



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**CONSTRUCCION DEL TUNEL DE CONDUCCION  
DEL PROYECTO HIDROELECTRICO ZIMAPAN.**

**T E S I S**

Que para obtener el Título de  
**INGENIERO CIVIL**

**p r e s e n t a**

**ROBERTO TEPOZ HERNANDEZ**



Director de Tesis:  
**ING. MIGUEL MORAYTA MARTINEZ**

**México, D. F.**

**1993**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

CAPITULO I	INTRODUCCION.....	PAG. 1
CAPITULO II	GENERALIDADES DEL PROYECTO.	
2.1	ESTUDIOS DE LA COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.....	PAG. 7
2.2	GENERALIDADES DEL SISTEMA HIDROLOGICO.....	PAG. 7
2.3	HIDROLOGIA.....	PAG. 9
2.31	DATOS CLIMATOLOGICOS E HIDROMETRICOS.....	PAG. 9
2.4	ESTUDIO DE AVENIDAS.....	PAG.10
2.5	ESCURRIMIENTOS.....	PAG.11
2.6	AZOLVES.....	PAG.12
2.7	GEOLOGIA REGIONAL.....	PAG.12
2.71	FISIOGRAFIA.....	PAG.12
2.8	TECTONICA.....	PAG.13
2.9	GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	PAG.14
2.10	SISMICIDAD.....	PAG.15
2.11	CARACTERISTICAS GENERALES DEL PROYECTO.....	PAG.16
CAPITULO III	GENERALIDADES DEL TUNEL DE CONDUCCION.	
3.1	DIMENSION DE LOS TUNELES.....	PAG.21
3.2	PROPUESTA DE EXPLORACION PARA EL DISEÑO DEL TUNEL.....	PAG.21
3.3	PROPUESTAS DE PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION DEL TUNEL DE CONDUCCION.....	PAG.23
3.3 a.	LA NACIONAL COMPAÑIA CONSTRUCTORA, S.A. DE C.V.....	PAG.23
3.3 b.	CONSORCIO ZIMAPAN: IMPERGILIO.....	PAG.23
3.3 c.	MEXICO COMPAÑIA CONSTRUCTORA, S.A. DE C.V.....	PAG.24
3.3 d.	INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS, S.A. DE C.V.....	PAG.24
3.3 e.	CONSORCIO DRAGADOS - AGROMAN.....	PAG.25
3.4	PROGRAMAS DE OBRA.....	PAG.26
3.4 a.	LA NACIONAL, COMPAÑIA CONSTRUCTORA, S. A. DE C.V.....	PAG.26
3.4 b.	CONSORCIO ZIMAPAN: IMPERGILIO.....	PAG.26

3.4 c.	MEXICO COMPAÑIA CONSTRUCTORA S.A.DE C.V...	PAG. 27
3.4 d.	INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS S.A.DE C.V...	PAG. 27
3.4 e.	CONSORCIO DRAGADOS - AGROMAN.....	PAG. 28
3.5	COMENTARIOS DE LAS PROPUESAS.....	PAG. 28
3.6	PROBLEMATICA DE CONSTRUCCION DEL TUNEL....	PAG. 29
3.6 a.	ACCESOS.....	PAG. 30
3.6 b.	ESTRATEGIAS DE CONSTRUCCION.....	PAG. 30
3.6 c.	TUNELES DE ACCESO.....	PAG. 30
3.6 d.	ALCANCES DE CADA FRENTE.....	PAG. 32
3.6 e.	CONTROL TOPOGRAFICO.....	PAG. 32
3.7	LOCALIZACION.....	PAG. 33
3.7 a.	CARACTERISTICAS PRINCIPALES.....	PAG. 34
3.7 b.	LINEAS "A" Y "B".....	PAG. 34
3.7 c.	SOBREEXCAVACION.....	PAG. 35
3.8	TIPOS DE SECCIONES.....	PAG. 35
3.8 a.	LOCALIZACION DE SECCIONES.....	PAG. 37
3.9	ASPECTOS GEOLOGICOS.....	PAG. 41
3.9 a.	GEOLOGIA SUPERFICIAL.....	PAG. 42
3.10	COMPETENCIA DE LA ROCA INFERIDA POR RESIS- TIVIDAD REAL.....	PAG. 45
3.11	INSTALACIONES INTERIORES.....	PAG. 47
3.11 a.	INFRAESTRUCTURA DE APOYO.....	PAG. 48
3.11 b.	SERVICIOS DE OBRA.....	PAG. 49
<b>CAPITULO IV PROCESO CONSTRUCTIVO.</b>		
4.1	METODO DE EXCAVACION.....	PAG. 53
4.2	TRAZO DE LA PLANTILLA DE BARRENACION.....	PAG. 53
4.3	BARRENACION.....	PAG. 54
4.3 a.	FUNCIONES DE LOS BARRENOS.....	PAG. 56
4.3 b.	NUMERO DE BARRENOS.....	PAG. 58
4.4	EMPLEO DE EXPLOSIVOS.....	PAG. 59
4.4 a.	CARACTERISTICAS DEL EXPLOSIVO.....	PAG. 59
4.4 b.	PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES.....	PAG. 60
4.5	INICIADORES.....	PAG. 60

5.2 f.	CONSUMO PROMEDIO DE LAS BROCAS POR FRENT	PAG. 91
5.3	EQUIPO DE REZAGA.....	PAG. 92
5.3 a.	CARGADOR FRONTAL.....	PAG. 92
5.3 b.	PALA REZAGADORA.....	PAG. 93
5.4	ACARREO DE REZAGA.....	PAG. 94
5.4 a.	LOCOMOTORA.....	PAG. 94
5.4 b.	VAGNETA.....	PAG. 95
5.4 c.	TRACTOCAMION.....	PAG. 96
5.5	SISTEMA CALIFORNIA.....	PAG. 97
5.5 a	CICLO DE REZAGA.....	PAG. 97
5.6	VOLCADER DE VAGNETAS.....	PAG. 98
5.7	TRACTOR SOBRE ORUGAS.....	PAG. 99
5.8	EQUIPO DE LANZADO.....	PAG.100
5.8 a.	ALIVA.....	PAG.100
5.8 b.	MEZCLADORA; MIXER.....	PAG.101
<b>CAPITULO VI</b>	<b>PROGRAMACION Y COSTOS.</b>	
6.1	PROGRAMA DE CONSTRUCCION.....	PAG.102
6.2	EVALUACION ECONOMICA.....	PAG.111
6.2 a.	PRESUPUESTO BASE SEGUN PROYECTO DE C.F.E.	PAG.112
6.2 b.	CUADRO COMPARATIVO DE IMPORTES POR CONCEPTOS DE OBRA.....	PAG.113
6.2 c.	PORCENTAJES DE PARTICIPACION POR INSUMOS.	PAG.113
6.2 d.	FACTORES DE SALARIO REAL.....	PAG.114
6.2 e.	MATERIALES.....	PAG.114
6.3	PROGRAMA DE ERGACIONES.....	PAG.115
6.4	UTILIZACION DEL EQUIPO.....	PAG.115
6.5	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.....	PAG.117
6.5 a.	COMENTARIOS A LOS PRECIOS UNITARIOS.....	PAG.117
<b>CAPITULO VII</b>	<b>CONTROL DE CALIDAD.</b>	
7.1	CONTROL.....	PAG.127
7.2	CONTROL TECNICO.....	PAG.127
7.3	SUPERVISION.....	PAG.127
7.4	FUNCIONES DE LA SUPERVISION DURANTE LA -	

	EXCAVACION.....	PAG.128
7.5	CONTROLES GRAFICOS.....	PAG.131
CAPITULO VIII	CONCLUSIONES.....	PAG.132
	BIBLIOGRAFIA.	

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCION.**

Para poder enmarcar el panorama en que se encuentra la producción de energía eléctrica mediante centrales que utilizan agua para su generación es necesario hablar sobre la utilización de otra fuente de obtención de energía, los residuos fósiles y sus derivados.

El Petróleo, el rey indiscutible de los energéticos, es el más versátil de todos; sus derivados pueden llevar a cabo cualquier función energética importante, sirven para producir electricidad, mover barcos y aeroplanos. También son combustibles que dan vida a la agricultura moderna y además son la fuerza que activa a cientos de millones de automóviles del mundo.

Aparte de sus usos como energético, con derivados del petróleo se pavimentan las calles y carreteras, con otros se lubrican las máquinas y se elabora una gran gama de productos químicos.

El Petróleo es el artículo de comercio más importante del mundo tanto en volumen como en valor. La producción, transformación y uso constituye una operación económica sin paralelo en la historia de la humanidad y se asegura que tras los altibajos de su desarrollo se han movido ejércitos y se han modificado derroteros de varias guerras.

Aunque la presencia del petróleo se hizo notar durante la primera guerra mundial, no fué sino hasta fines de la segunda en 1945 que el consumo de este producto, casi mágico comenzó a crecer en forma continua y a pasos agigantados, de esta manera, en relativamente poco tiempo, se convirtió en el eje mismo de la nueva civilización moderna del hombre del siglo veinte.

No obstante lo reciente que ha sido la presencia del petróleo en la vida de la humanidad, continuamente se han externado conceptos de que está por acabarse, y por lo tanto que su vida será sumamente efimera. Sin embargo el problema petróleo más importante hoy día, es el de su abundancia la O.P.E.P. en particular y el mundo en general hacen esfuerzos para restringir la producción con



objeto de que no se derrumban los precios.

Esto no quiere decir que existe en pequeñas cantidades y que se vayan a acabar pronto. A este respecto podemos decir que desde el punto de vista petróleo la tierra esta prácticamente virgen. A mediados de la década pasada el 75 por ciento de los pozos que se habían perforado en el mundo, se hicieron en Estados Unidos, y todavía se estaban encontrando hidrocarburos en ese país, esto se ha convertido en un serio problema ya que sobrantes inusitados obligan a bajar los precios del petróleo y del gas natural, pero también ocurre lo mismo en el Canadá, en la Unión Soviética, en el norte de Africa, en el Medio Oriente y en el sureste de Asia.

Hasta 1880 el mundo utilizó principalmente energía de origen no fósil. La leña y los animales de tiro de carga le proporcionaban la energía adicional a las fuerzas del hombre. La energía fósil solamente solamente tiene 100 años de dar a la humanidad el respaldo que ha generado el nivel actual de civilización y el estilo de vida más elevado.

Durante los últimos 60 años el mundo ha utilizado alrededor del 90 por ciento de su energía a partir de fuentes fósiles y ahora 17 años después de la crisis energética, todavía continúa abasteciéndose, no solo de energía principalmente de fuentes fósiles, sino que continúa utilizando el mismo 90 por ciento de su energía de este mismo origen. Todo indica que así seguirá siendo durante los próximos dos siglos según la tendencia.

En 1973 y durante todos los años que transcurrieron del presente siglo, el consumo de energía fué siempre en ascenso, durante los posteriores 10 años se presenta por primera vez en la vida moderna, un estancamiento en el consumo de esta, esto se ve reflejado en el consumo mundial de petróleo que para este entonces, era igual al que se tenía a principios de la década de los setentas.

En promedio, cada habitante del mundo consumía cinco veces --

menos energía que el habitante de los Estados Unidos. El consumidor promedio de la India, utilizaba veinticinco veces menos que el consumidor Norteamericano. Si el mundo pudiese elevar su nivel de vida a igualar el nivel Norteamericano, se requeriría la producción y el uso de cinco veces la energía usada por el hombre, en forma -- simplificada los requerimientos serian cinco veces más carbón, más petroléo, y los mismos cinco tantos del consumo de gas natural.

El incremento de la población principalmente, el aumento del nivel de vida de algunos sectores de la población, el desarrollo de más tecnología para un sin número de procesos de fabricación con -- tendencia a la automatización ha obligado a un repunte en el consumo de energía, situación, que inclusive ha superado las estimaciones de demanda de energía, ahora las exigencias de todo este crecimiento motivan por fuerza propia un incremento en la generación.

#### LA ENERGIA NUCLEAR.

Ya para fines de la década de los setentas se consideraba que la energía producto de fisión nuclear iba a ser lo que fundamentalmente respaldara las necesidades energéticas del mundo, desde entonces han transcurrido más de veinte años y los acontecimientos están indicando que la energía nuclear no será la gran solución que se esperaba, al menos no sera el mecanismo que vaya a sustituir a corto y a mediano plazo a los combustibles fósiles.

Hasta hace diez años la energía nuclear estaba proporcionando al mundo un poco más del 3 por ciento de sus necesidades de energía, quizás al término del siglo la contribución de esta fuente llegue a cerrar con una cifra del cinco por ciento.

#### LA HIDROELECTRICIDAD.

El agua ha sido contribuyente del abasto energético del hombre durante mucho tiempo, pero no ha sido sino hasta los principios del presente siglo que ha adquirido cierta importancia con motivo del --

advenimiento de la electricidad, la captación de importantes cantidades de agua en grandes presas y su utilización para la generación de energía eléctrica, ha sido el mecanismo utilizado.

La electricidad, para muchas actividades es el energético - ideal, el de lujo, sin embargo es un mecanismo caro, y en todos - aquellos usos en los que es posible utilizar cualquier energético - fósil, la electricidad es antieconómico.

La energía hidroeléctrica hoy abastece más o menos el seis por ciento de la energía del mundo, esta cifra no está calculada considerando el valor energético de la energía eléctrica producida, sino como cuanto combustible fósil se hubiere utilizado para generar la electricidad producida hidráulicamente, la energía calorífica de la electricidad que hoy se genera hidráulicamente en el mundo es solamente el dos por ciento. Sin embargo la cifra del seis por ciento es más representativa en la economía de los países. Este mismo porcentaje representa también la contribución de la electricidad hidráulica en el mundo durante 60 años. No ha variado en forma sensible este porcentaje, las posibilidades de generar volúmenes superiores a los que hoy se producen, existen, pero la mayor parte del potencial se encuentra en lugares alejados de los centros naturales de consumo, y en las más de las veces en sitios muy accidentados e inaccesibles, en donde la pretensión de su utilización requiere de grandes inversiones para infraestructura.

La hidroelectricidad se seguirá desarrollando, esto es indiscutible, pero es muy factible que en el transcurso de los años continúe conservando un papel similar al que hoy ocupa y siga siendo junto con la energía nuclear la pareja de energéticos menores, que sumados contribuyen con cerca del diez por ciento de los consumos energéticos del hombre.

#### IMPORTANCIA DE LA HIDROELECTRICIDAD EN MEXICO.

En la actualidad la situación se ha presentado con un repunte

de consumo de energía. México nuestro país, no esta exento de ello, incluso hoy día se considera como uno de los países con más posibilidades de desarrollo, existe una estabilidad económica y social -- deseable por otras naciones, los costos de utilización de mano de obra para la industria de la transformación son accesibles, esto -- promueve la inversión proveniente del exterior, inversión que al -- mismo tiempo demanda disponibilidad de energía para su quehacer.

El crecimiento del consumo de energía eléctrica en 1989, superó las expectativas que se tenían previstas, de tal forma que en algunas zonas de la República se presentaron tasas de crecimiento del diez y el once por ciento en lugar del siete por ciento estimado, -- la tasa promedio fué de 9.4 por ciento. Esta situación genera la -- necesidad, no solo de cumplir, sino de acelerar los programas de -- expansión de centrales generadoras y además establecer estrategias de ahorro de energía eléctrica, administración del agua almacenada en los vasos de las hidroeléctricas, mejoramiento de la eficiencia en las termoeléctricas y reducción de las pérdidas en las redes de distribución.

#### PROYECTO HIDROELECTRICO ZIMAPAN

Ante este programa se inicio la construcción del proyecto -- hidroeléctrico Zimapan en 1989, una de las grandes obras de ingeniería civil que se constuyen actualmente en nuestro país: en el que -- se tienen 65 centrales hidroeléctricas en operación, con una potencia instalada de 7,749 MW y en construcción los proyectos de Comedero, Sin.; Agua Prieta, Jal.; Agumilpa, Nay. y Zimapan, Hgo., que -- añadirán 1,590 MW entre 1991 y 1994, de los cuales 280 MW. corresponden al proyecto Hidroeléctrico Zimapan.

Dentro del potencial hidroeléctrico nacional, los ríos que pueden aportar la mayor cantidad de energía eléctrica son: Grijalva, -- Usumacinte, Balsas, Santiago y Moctezuma: a la fecha se ha desarrollado prácticamente todo el Grijalva con las Centrales de Angostura

Chicoasen, Malpaso y Peñitas, y en forma importante el Balsas con - Caracol, Infiernillo y Villita; por lo que respecta al Río Santiago tiene una ubicación muy favorable para abastecer a Centros importantes de consumo. En este Río están en operación Santa Rosa y otras pequeñas Centrales, y en construcción Agua Prieta y Aguamilpa.

Como primer proyecto en construcción en el Río Moctezuma se -- encuentra Zimapan, uno de los proyectos más ventajosos por su ubicación, cercano a las Ciudades de Querétaro y México, junto con su -- relativa facilidad de interconexión a la Red del Sistema Eléctrico.

Por su cercanía a las Plantas de Tula, Hgo. y el Saúz, Qro. lo hacen muy atractivas para satisfacer las necesidades de energía en la Región Central y Norte del País.

La capacidad total instalada en el sistema eléctrico Nacional en 1990 es de 23,954 MW., de los cuales 32.3 por ciento corresponden a Centrales Hidroeléctricas. Las perspectivas de crecimiento - para 1998, preveen alcanzar una capacidad total de 39,695 MW., 27.2 por ciento correspondería a la energía obtenida de las Centrales -- Generadoras Hidroeléctricas.

## **CAPITULO II**

### **GENERALIDADES DEL PROYECTO.**

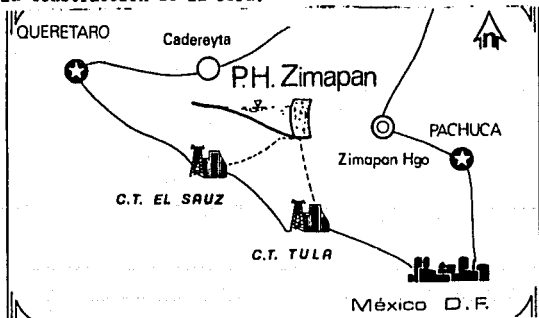
## 2.1 ESTUDIOS DE LA COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.

El Proyecto Hidroeléctrico Zimapan, fué estudiado en las etapas de evaluación y prefactibilidad por el entonces Departamento de -- Anteproyectos de Flechas Hidroeléctricas de la Subgerencia de Ingeniería Preliminar Civil y Geotécnica, entre los años 1982 y 1985. Durante el año de 1986 se realizó el estudio a nivel factibilidad, en el que se tomó en cuenta los resultados de estudios anteriores.

## 2.2 GENERALIDADES DEL SISTEMA HIDROLOGICO.

El Sistema Hidrológico del Río Pánuco, uno de los 27 sistemas en que se ha dividido el País para propósitos de estudio de planeación hidroeléctrica, ofrece un potencial de 7,621 GWH, distribuidos en 37 proyectos, ocupando el tercer lugar a nivel regional -- (Región Golfo) y el octavo a nivel Nacional, siguiendo a los sistemas Grijalva, Balsas, Usumacinta, Papaloapan, Santiago, Costa de -- Veracruz, y Costa de Guerrero, su generación representa el 4.8 por ciento del Potencial Nacional.

La posición geográfica del Proyecto Zimapán, muy cercano a las Ciudades de México y Querétaro, y a corredores industriales, junto con la relativa viabilidad de interconexión a la red eléctrica por su proximidad a las plantas termoeléctricas de Tula, Hgo., y el -- Sauz, Qro., presenta ventajas tecnico-económicas que hacen atractiva la construcción de la obra.



SISTEMA HIDROLOGICO	NUMERO DE PROYECTOS	POTENCIAL HIDRO ELECTRICO GWH	LUZAR.
PAPALOAPAN	45	14,235	1
COSTA DE VERACRUZ.	50	9,387	2
REGION GOLFC. PANUCO	37	7,621	3
COATZACOALCCS	11	3,084	4
TCTAL	143	34,327	

	GRIJALVA	22,542	GWH
	BALSAS.	17,839	GWH
SISTEMA	USUMACINTA	17,593	GWH
HIDROELECTRICO	PAPALOAPAN	14,325	GWH
A NIVEL	SANTIAGO	11,413	GWH
NACIONAL	COSTA DE VERACRUZ	9,387	GWH
	COSTA DE GUERRERO	7,786	GWH
	PANUCO.	7,621	GWH

Dentro del Sistema Hidrológico Pánuco, destaca en importancia el potencial del Río Moctezuma en la porción suroeste de la cuenca con 5,218 GWH, 68% del Total del Sistema en 18 proyectos, concentrándose 2,363 GWH (45% del potencial del Río) en dos de ellos: Proyecto Zimapan y Proyecto Jiliapan.

SISTEMA HIDROLOGICO PANUCO

CUENCA	NUMERO DE PROYECTOS	POTENCIAL GWH	PORCENTAJE
MOCTEZUMA	18	5,218	68.5
TEMPOAL	5	383	5.0
GUAYALEJO	2	112	1.5
TAMPAON	12	1,908	25.0
TOTAL	37	7,621	100



La Cuenca del Río Pánuco drene una superficie de 84,956 Km<sup>2</sup> y el volumen de sus escurrimientos es del orden de 20,000 M<sup>3</sup> anuales.

### 2.3 HIDROLOGIA.

#### 2.3.1 DATOS CLIMATOLÓGICOS E HIDROMÉTRICOS.

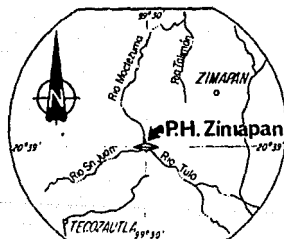
Para el estudio hidrológico del proyecto, se analizaron datos de 43 estaciones climatológicas distribuidas en las Cuencas del Valle de México, del Río Tula, y del Río San Juan, de las cuales las más antiguas operan desde 1963.

Los registros de escurrimiento, azolves, evaporaciones, temperatura y lluvias, han permitido determinar la magnitud del aprovechamiento, así como los gastos de diseño de las obras de desvío y excedencias, en la siguiente tabla se indican las aportaciones deducidas del Vaso.

AREA DE LA CUENCA DEL RIO PANUCCO	84.956 Km <sup>2</sup>
AREA DE LA CUENCA HASTA ZIMAPAN	11.860 Km <sup>2</sup>
NUMERO DE AÑOS DE REGISTRO (DEDUCIDOS)	27 OBSERVADOS.
ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL	982 MILLONES DE M <sup>3</sup> .
VOLUMEN MEDIO MENSUAL ESCURRIDO	81.8 MILLONES DE M <sup>3</sup> .
GASTO MEDIO	31.1 M <sup>3</sup> /seg.

Con este caudal medio permite tener una generación media anual de 1,300 millones de KW-hr al año que significa el 75% de la demanda de energía de los Estados de Querétaro a Hidalgo en 1990, lo cual posibilita que en 1889 días la planta generará lo que costó se paga en 5.173 años, considerando un costo medio en KWH en la zona de San Juan del Río, Querétaro de \$136.81

	ZONA SAN JUAN DEL RIO.	DIVISION BAJIO (TOTAL).	DIVISION BAJIO SIN GRANDES - EMPRESAS.
PRECIO MEDIO KWH	136.80894	112.78	115.0357
GENERACION MEDIA ANUAL GWH		1 300	
GENERACION DIARIA KWH		3'561,643	
IMPORTE DE PRODUCCION DIARIA.	487264717	401628180	409709060
AMORTIZACION DE LA IN VERSION EN AÑOS.	5.173	6.275	6.152



#### 2.4 ESTUDIO DE AVENIDAS.

Dadas las características hidrológicas de la cuenca, se consideraron cuatro eventos por separado, que al integrarlos define la avenida de diseño, tanto para la obra de desvío como la de excedencias.

Inicialmente se definió una avenida hasta la estación hidrométrica, paso de tablas y otra hasta la Estación Ixmiquilpan, teniendo estas dos Estaciones un período de registro hidrométrico aceptable.

Para la cuenca propia compuesta por dos subcuencas, se definió una tormenta que a través de un modelo lluvia-escorrimento para -- cada afluente proporciona las avenidas por cuenca propia.

Finalmente se integraron las cuatro avenidas para cada período de retorno relacionado, entre sí, y respetando su tiempo de traslado.

Los resultados obtenidos al utilizar el modelo anterior son -- los siguientes:

TR	GASTO MAXIMO	VOLUMEN
AÑOS	M <sup>3</sup> /seg.	M <sup>3</sup>
10	632	310
20	842	403
10000	2960	1209

En todos los casos la duración de las avenidas se consideró de 11 días.

## 2.5 ESCURRIMIENTOS.

Una parte muy importante del estudio hidrológico lo constituyen los escurrimientos que deberan ingresar al embalse del proyecto hidroeléctrico Zimapán, los que se integraron por los registros simultáneos de lluvias, volúmenes y gastos de las estaciones hidrometeorológicas involucrados, así como la dotación de agua potable a la Ciudad de México, las demandas de riego en las cuencas de los -- Ríos Tula y San Juan y los volúmenes empleados en la termoeléctrica de Tula, dada la complejidad de las cuencas en estudio, se planteó un modelo de funcionamiento, llamado de caja negra, que considera -- solo los factores que intervienen de manera directa en la integración de los escurrimientos.

Destaca la importancia que tiene el crecimiento del área metropolitana de la Ciudad de México, ya que sus excedentes representan

un volumen significativo y son desalojados hacia la cuenca del Río Tula principal aportador del proyecto. De tal suerte que estos -- volúmenes variaran de manera significativa con el crecimiento de -- la población en el Valle de México, se estima por lo tanto que el -- volumen máximo se alcanzará, cuando la tasa de crecimiento de la -- población se estabilice, lo que probablemente ocurra en las inme-- diaciones del año 2026, según las tendencias actuales y las proyec-- ciones efectuadas.

## 2.6 AZOLVES.

De acuerdo con estudios de aportación de sedimentos basados - en los registros de las estaciones Tula y San Juan, se obtuvo un - volumen de sedimentos del orden de  $250 \text{ Mm}^3$  para un período de 100\_ años

## 2.7 GEOLOGIA REGIONAL.

### 2.7.1 FISIOGRAFIA.

El área donde se construirán las obras del proyecto hidroeléctrico Zimapán, queda ubicada en la zona limítrofe de las provin-- cias fisiográficas de la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico transmexicano (RAISZ, 1959), las obras civiles del proyecto que daran alojadas en la primera, mientras que el embalse estará en la segunda.



Los rasgos fisiograficos correspondientes a la Sierra Madre -- Oriental consisten en sierras altas con orientacion NW - se forma-- das por rocas carbonatadas, separadas por valles amplios, desarro-- llados sobre lutitas y areniscas, estos rasgos topograficos están - parcialmente sepultados por rocas volcánicas, la mayoría de las - - cuales representan en su posición original de depósito y en menos - grado, afectadas por fallas, estas rocas dió origen a la topogra- - fía escalonada de la región y se considera que pertenece al extremo norte del llamado Eje Neovolcánico Transmexicano.

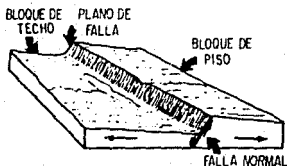
En el área del proyecto las máximas prominencias topográficas\_ son el Cerro los Lirios con 2,300 msnm. y la Sierra el Doctor con - 3,000 msnm.; la zona más baja se localiza sobre el Río Moctezuma en el área en donde se proyecta construir la subestación con cota 960\_ msnm.

## 2.8 TECTONICA.

En la región estudiada se observa una tectónica que se desarro- lló en varios eventos, ocurridos desde el Jurásico tardío hasta el\_ Plioceno.

Los eventos pre-laramidicos fueron de tipo distensional, con-- sistieron en un fallamiento normal, posteriormente los esfuerzos -- compresionales durante la orogenia laramide. (Paleoceno-Eoceno Tem- prano) desarrollaron una serie de pliegues de diversas magnitudes - dentro de la Cuenca Zimapan, Ejemplos de estos son las formaciones\_ Soyatal y Mendez, también provocaron grandes cabalgaduras como la - de el Doctor, la cual marca el borde oriental del banco calcareo - del mismo nombre y la cabalgadura El Fraile, ubicadas en el borde - occidental de la misma plataforma carbonatada de Valle- San Luis -- Potosí.

### Eventos Pre-Laramídicos



#### 2.9 GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

Los movimientos tectónicos ocurridos desde el Jurásico Tardío - hasta el Plioceno y la litología de las formaciones depositadas en - la región, marcaron en forma y estilo de deformación. Importante es mencionar en este aspecto las formaciones Las Trancas, Soyatal y El Doctor, que establecieron un factor importante en el diseño y disposición de las obras del proyecto.

Entre las discontinuidades mayores de particular importancia -- para el proyecto, resaltan; La Falla El Doctor, que se localiza en - dirección NE. con respecto al Eje de las Boquillas y cruza al eje -- del túnel de conducción a unos 7.5 Kms. aguas abajo de la obra de -- toma, es un corrimiento de gran magnitud, tiene una extensión de -- 15 Kms. y salto de 300 Mts.

Los movimientos de tensión que se presentaron y actuaron solo - en algunas partes y agrandaron la falla inversa original; la Falla - Tula que pasa cerca de la confluencia de los Ríos Tula y San Juan, - casi a la entrada del cañón del Infiernillo, es del tipo normal, con casi una extensión de 7 Kms. y salto de 630 Mts.; La Falla Cajón, -- que se localiza a unos 80 mts. aguas abajo de la entrada al cañón -- del Infiernillo (subsidiaria de la Falla Tula), es de tipo normal --

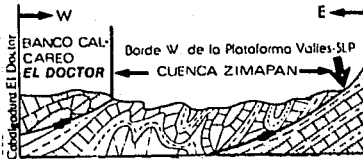
con un salto del orden de 40 mts. adicionalmente a estas discontinuidades, el paquete sedimentario se aprecia plegado, destacando lo siguiente: Sinclinal Maconi, Sinclinal del Cerro de los Lirios y Anticlinal de la Laja.

## 2. 10 SISMICIDAD

En función de las características geotécnicas de la República Mexicana, las Zonas continentales y marítimas se dividieron en provincias sísmicas. La región de estudio se encuentra ubicada en la frontera de las Provincias Penesísmicas y Asísmica. La primera se caracteriza por sismos ocasionales no mayores de 6° de la Escala de Richter, en donde los epicentros más cercanos se localizan a 200 Kms. al W, en el Océano Pacífico. Adicionalmente, se evaluó el potencial sísmico de las principales discontinuidades mayores, concluyéndose que el rasgo potencial más peligroso corresponde a la Falla El Doctor, de tipo inverso y mecánica compresional que en caso de reactivarse produciría aceleraciones máximas hasta de 0.21 g. en segundo lugar estaría la Falla La Florida que produciría aceleración del orden de 0.15 g. y en caso también de reactivarse y de existir continuidad en sus segmentos oriental y occidental.

Para adoptar el coeficiente sísmico se realizó un estudio de riesgo para ello se localizaron los epicentros en una área de 100 kms. de radio a partir del lugar en donde se desplantará la cortina, correspondientes a los eventos ocurridos en el período 1920-1984, de donde se concluye que la actividad es escasa y no hay evidencia histórica de eventos mayores a 5.5 Richter. La aceleración máxima fue de 0.19 g. en el Sitio de la Boquilla.

La tectónica actual de la región central del país es de tipo extensional y no compresional; de acuerdo a las evidencias de campo actuales, se considera que la Falla El Doctor es inactiva.



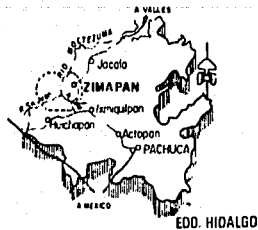
**2.11 CARACTERISTICAS GENERALES DEL PROYECTO.**

**DATOS PRINCIPALES.**

**UBICACION.**

**a). COORDENADAS:**

LONGITUD OESTE	.....	99° 30'
LATITUD NORTE	.....	20° 40'
RIO	.....	MOCTEZUMA.
ESTADO	.....	HIDALGO.
MUNICIPIO	.....	ZIMAPAN.





a) ELEVACION.		CAPACIDAD.
VASO DE ALMACENAMIENTO NAMINO	1520 m.s.n.m.	680 Mill.M <sup>3</sup>
NAMO	1560 m.s.n.m.	1,360 Mill.M <sup>3</sup>
NAME	1563 m.s.n.m.	1,426 Mill.M <sup>3</sup>

b) CAPACIDAD PARA AZCLVES.		250 Mill.M <sup>3</sup>
c) CAPACIDAD UTIL NAMINO-NAMO		680 Mill.M <sup>3</sup>
d) CAPACIDAD PARA CONTROL DE AVENIDAS NAMO-NAME.		66 Mill.M <sup>3</sup>
e) AREA OCUPADA POR EL EMBAL- SE AL NAME.		22.9 Kms <sup>2</sup>
f) AREA OCUPADA POR EL EMBAL- SE AL NAMO.		21.8 Kms <sup>2</sup>
g) AREA OCUPADA POR EL EMBAL- SE AL NAMINO.		13 Kms <sup>2</sup>

OBRA DE DESVIC CON PERIODO DE RETORNO DE LA AVENIDA. 10 AÑOS.

a) GASTO MAXIMO AVENIDA.		632 M <sup>3</sup> /seg.
b) GASTO DE DISEÑO MAXIMO.		609 M <sup>3</sup> /seg.
c) ELEVACION ATAJUA AGUAS ARRIBA.	1,405 m.s.n.m.	
d) ELEVACION ATAJUA AGUAS ABAJO.	1,385 m.s.n.m.	
e) TUNEL SECCION PORTAL.	9.4 x 9.4 mts.	
f) ELEVACION DE ENTRADA.	1,383 m.s.n.m.	
g) LONGITUD TOTAL		522 Mts.
h) VOLUMEN DE LA EXCAVACION EN TUNEL.	46,020 M <sup>3</sup> .	
i) VELOCIDAD MAXIMA.		8 m/seg.
j) CIERRE PROVISIONAL	OBTURADORES METALICOS.	
k) VOLUMEN DE LA AVENIDA.		298 Mill. M <sup>3</sup> .

CORTINA.

a) TIPO	ARCO BOVEDA EN CONCRETO.
b) ELEVACION DE LA CORONA.	1,565 m.s.n.m.
c) LONGITUD DE LA CORONA.	80 Mts.
d) ALTURA TOTAL AL DESPLANTE.	200 Mts.
e) VOLUMEN.	293,000 M <sup>3</sup>
f) DESPLANTE.	1,365 m.s.n.m.
g) BORDO LIBRE.	2 Mts.

OBRA DE EXCELENCIAS, CON "AVENIDA MAXIMA PROBABLE".

PERIODO DE RETORNO - 10,000 años.

a) GASTO MAXIMO AVENIDA.	2,960 M <sup>3</sup> /seg.
b) VOLUMEN DE LA AVENIDA.	1,209 Mill. M <sup>3</sup>
c) GASTO DE DISEÑO DESCARGA.	2,314 M <sup>3</sup> /seg.
d) ELEVACION DE LA CRESTA.	1,547 m.s.n.m.
e) LONGITUD EFECTIVA DEL OMACIO	21.8 Mts.
f) COMPUERTAS.	RADIALES 3 DE 7m. X 15m.
g) DIAMETRO DEL TUNEL	10.7 mts.
h) VELOCIDAD MAXIMA EN EL TUNEL.	30 m/seg.
i) LONGITUD DEL TUNEL.	422 Mts.
j) RELACION DE LLENADO.	0.8

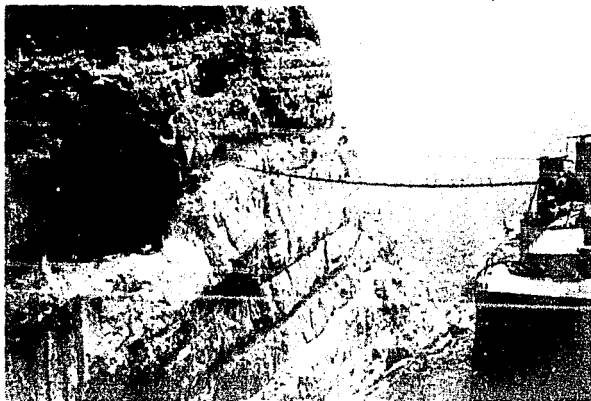
OBRAS DE GENERACION DE ENERGIA.

a) TIPO DE TOMA.	RAMPA.
b) ELEVACION DE LA OBRA DE TOMA	1,500 m.s.n.m.
c) ELEVACION PLANTILLA EN EL -- CARNAL DE LLAMADA.	1,496.5 m.s.n.m.
d) DIMENSIONES DE COMPUERTAS - REJILLAS.	3.90 X 4.5 mts.
e) DIAMETRO DEL TUNEL DE CONDUCCION	4.7 mts.
f) LONGITUD DEL TUNEL DE CONDUCCION.	20,955 mts.
g) DIAMETRO DE LA CONDUCCION A PRESION	3.5 mts.

h)	LONGITUD DE LA CONDUCCION A PRESION	659.5 Mts.
i)	GASTO DE DISEÑO POR UNIDAD.	29.5 m <sup>3</sup> /seg.
j)	NIVEL MEDIO DE DESFOGUE	950.0 m.s.n.m.
k)	VELOCIDAD DE ROTACION DE LAS TURBINAS.	360 r.p.m.
l)	CARGA BRUTA MAXIMA.	660 m.
m)	CARGA BRUTA MINIMA.	563 m.
n)	CARGA BRUTA DE DISEÑO.	589.8 m.
ñ)	CARGA NETA DE DISEÑO.	534.8 m.
o)	GENERADOR.	147.4 MVA.
p)	POTENCIA DE CADA UNIDAD.	140 MW.
q)	CAPACIDAD INSTALADA, 2 PELTON.	280 MW.
r)	FACTOR DE PLANTA MEDIO ANUAL.	0.53
s)	GENERACION MEDIA ANUAL FIRME.	1,139.6 Gwh/año.
t)	GENERACION MEDIA ANUAL SECUNDARIA.	152.8 Gwh/año.
u)	GENERACION MEDIA ANUAL.	1,292.4 Gwh/año.
v)	NIVEL DE LA SUBESTACION.	968.15 m.s.n.m.
w)	2 LINEAS DE SALIDA DE	230 Kv. c/u.



CAÑON DEL INPIERNILLO



MARGEN IZQUIERDA

### **CAPITULO III.**

#### **GENERALIDADES DEL TUNEL DE CONDUCCION.**

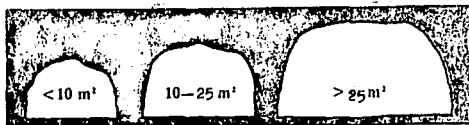
### 3.1 DIMENSION DE LOS TUNELES.

Ordinariamente, los túneles se dividen en tres grupos: pequeños con secciones de  $4-10 \text{ m}^2$ , medianas con secciones de  $10-25 \text{ m}^2$  y grandes de más de  $25 \text{ m}^2$ .

Los túneles más pequeños se usan para tubería y cables, y para aguas residuales. Su tamaño mínimo está limitado muchas veces por el espacio necesario para las cargadoras y para el equipo de transporte. Generalmente, las galerías de las minas son de tamaño mediano, mientras que los túneles de las centrales eléctricas y los túneles carreteros pueden tener secciones hasta  $200 \text{ m}^2$ .

Las cámaras subterráneas para almacenamiento se construyen frecuentemente haciendo una galería superior o túnel de avance, que se ensancha posteriormente.

Las cámaras subterráneas pueden tener secciones de hasta  $600 \text{ m}^2$  de hecho lo que limita su tamaño es la resistencia de la roca.



### 3.2 PROPUESTA DE EXPLORACION PARA EL DISEÑO DEL TUNEL.

#### ANTECEDENTES.

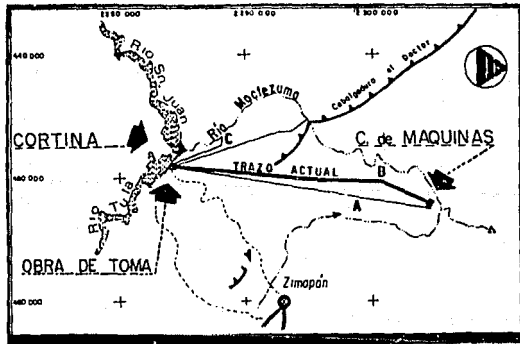
A fines del año de 1979 se dió inicio a los trabajos de geología, topografía y feofísica en el cañón El Infiernillo, lugar seleccionado como sitio de cortina del P.H. Zimapán.

En 1982, partiendo de un estudio fotogeológico, se hicieron los primeros trabajos de geología y geofísica, con apoyo topográfico en tres alternativas proyectadas para la obra de conducción por

la margen derecha, las cuales tienen una longitud que variaba de -- 10.6 a 21.2 Kms., de acuerdo a la localización del sitio para la -- casa de máquinas.

Ya en 1984, una vez analizados los estudios geológico-geofísicos, con el apoyo de cinco barrenos y un socavón, se seleccionó la alternativa de conducción denominada "B", considerada como la más factible desde el punto de vista geológico y civil. Posteriormente en el año de 1986, se concluyó y se entregó el informe de factibilidad del túnel de conducción.

En dicho informe se considera que la construcción del túnel es técnicamente factible con pocos problemas constructivos, dada la -- magnitud de la obra.



3.3 PROPUESTAS DE PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION DEL TUNEL DE CONDUCCION.

3.3 a. LA NACIONAL, COMPAÑIA CONSTRUCTORA, S.A. DE C.V.

EXCAVACION. Del Km. 0+000 al Km.0+500, se construirá por el método convencional. Tomando como punto de partida el acceso a la obra de toma, del Km. 21+000 al Km. 0+500, la excavación se realizará con máquina tunelera. El rendimiento que manejan en su programa de construcción es de 29.5 m/día. La máquina tunelera iniciará sus operaciones en marzo de 1991, un año después de iniciados los trabajos en el proyecto, es importante señalar que no se contemplan caminos de acceso a las ventanas del túnel, solamente se utilizarán los accesos por obra de toma y pozo de oscilación. La operación de rezoza, se efectuará a través de vagones y locomotoras, para la extracción de la misma serán túneles auxiliares para comunicar con la superficie, en los Kms. 17, 13, 11, 8+700 y en el Km 3.

El procedimiento presentado por esta empresa es a base de máquina tunelera, sería conveniente manejar la excavación del túnel en una combinación de jumbos hidráulicos y la máquina tunelera, y no esperar un año para el inicio de la construcción del túnel de conducción.

3.3 b. CONSORCIO ZIMAPAN; IMPERGILJO.

EXCAVACION. La construcción de esta estructura se realizará por el método convencional por medio de jumbos hidráulicos de 3 brazos, montados sobre rieles, con 6 frentes de trabajo; se ha previsto contar con accesos a las ventanas No. 1, 3, 4, y 6, con 2 frentes en V1 y V3. El tramo más largo a excavar es el V1 - V3 con una longitud de 7m/diarios por frente de trabajo. Se construirán 26 Kms. de caminos de acceso a las ventanas y 900 m. de túneles crucero.



REVESTIMIENTOS Y TRATAMIENTOS. El concreto lanzado, el concreto hidráulico y los tratamientos se realizarán después de terminada la excavación de cada tramo del túnel.

El procedimiento de excavación es factible realizarlo, vigilando estrictamente el tramo V1 - V3 que tiene 8.45 Kms. pero si fuera necesario se podría reducir esta distancia si se cuenta con un frente adicional en la V2. Los tratamientos de la roca y la colocación del concreto lanzado, pueden efectuarse en forma simultánea -- con la excavación y no necesariamente después de terminarla.

### 3.3 c. MEXICO, COMPAÑIA CONSTRUCTORA, S.A. DE C.V.

EXCAVACION. Para la construcción de esta estructura se utilizará el método convencional con jumbos hidráulicos, se aprovecharán prácticamente todas las ventanas propuestas por C.P.E., para lograr tener hasta 8 frentes de ataque. El acarreo de rezaga se hará por medio de camiones mineros de 23.6 toneladas de capacidad para lo -- cual se harán libraderos de 28 X 2.4 mts. a cada 500 mts. El rendimiento esperado es de 7.5 mts. por día en cada frente, la longitud de los caminos auxiliares que se construirán o mejorarán, es de -- 46 kms. con cada 900 mts. de túnel. No se menciona la reposición -- de concreto en los libraderos utilizados en la excavación del túnel.

### 3.3 d. INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS, S.A. DE C.V.

EXCAVACION. La contratista propone una excavación mixta, con explosivos y con tunelera. Para el primer caso, propone dos ventanas (en el 21+000 y en el 17+245), que con la obra de toma, se logran 4 frentes de ataque. Paralelamente a las excavaciones, se -- anclará e inyectará, posteriormente se procederá al lanzado del -- concreto. La cimbra entre los tramos 0+000 al 0+500, será con -- cimbra monolítica de 12 mts. de longitud.

La tunelera se utilizará en el tramo de 0+500 al 15+500, este

equipo tiene un diámetro de 5.15 mts., teniendo programado 14 meses desde la fabricación del equipo, hasta la colocación en la obra, -- fecha en la cual, la excavación de 0+000 a 0+500, estará totalmente terminada. El "Topo" se armara en la obra para deslizarlo hasta el 0+500 donde iniciará sus actividades en dos turnos de 8 hrs., utilizando el tiempo restante para mantenimiento. Adicionalmente a las ventanas de 21+100 y 17+245, se construirán otras 2 en 3+000 y - - 9+750 por donde se suministrarán los materiales para los tratamientos e inyecciones.

CONCRETO. El revestimiento de la sección 1 se hará con camión revoladora de 6 M<sup>3</sup>, con un acarreo no mayor de 1 km., suministrándose concreto en una planta de 30 M<sup>3</sup>/hr. de capacidad, la cimbra -- será de media sección.

### 3.3 a. CONSORCIO DRAGADOS-AGROMAN.

EXCAVACION. Se propone la utilización simultánea de dos procedimientos; el primero utilizando tunelera con acceso por obra de toma y salida por una ventana construida en el Km. 15+200, trabajando a sección completa y el segundo con dos equipos jumbo hidráulico, iniciando uno de ellos por la ventana del km 15+200 hacia -- aguas abajo, y el otro a través del tunel auxiliar en el km. 21+100 hacia aguas arriba. El rendimiento promedio que consideran en su programa es de 30 ml/día. El jumbo inicia sus actividades en marzo y la tunelera en abril de 1991, concluyéndose el túnel (incluyendo revestimiento) en mayo de 1991.

CONCRETO LANZADO. Se colocará en capas de 3 a 5 cms. de espesor con una plataforma montada en brazo robot, alimentado a través de un mezclador transportador de 4.5 m<sup>3</sup>., todo el equipo va montado sobre una plataforma jalada por una locomotora sobre carriles -- rodentes. Se prevé la utilización de dos equipos con lo cual se -- obtendrá un rendimiento de 20 ml/día.

### 3.4 PROGRAMAS DE OBRA.

Los programas de obra propuestos por las cinco compañías se describen y comentan a continuación:

#### 3.4 a. LA NACIONAL, COMPAÑIA CONSTRUCTORA, S.A. DE C.V.

El plazo de ejecución de la obra de 1,507 días (4 años 1.5 meses), corresponde exactamente al programa de conceptos principales entregados por la C.F.E. en las bases de la convocatoria. En términos generales el programa de construcción propuesto, se ajusta a las fechas de inicio y terminación indicadas por la C.F.E. para cada estructura, a excepción de los caminos definitivos, los cuales terminan un año después del programa de C.F.E., y en la casa de máquinas están terminando los concretos 6 meses antes que el programa de C.F.E., situación que no debería presentarse ya que los concretos de la casa de máquinas están sujetos al montaje electromagnético por lo cual se ve difícil que pueda reducirse este plazo.

#### 3.4 b. CONSORCIO ZIMAPAN, IMPERGILIO.

El plazo de ejecución marcado en su programa corresponde a 1,630 días calendario (4 años 5.5 meses), terminando sus actividades a finales de agosto de 1994, fecha en que C.F.E. tiene prevista la operación comercial. Existen tres conceptos que rebasan la fecha tope (abril 1994), establecida por la C.F.E., en el programa de conceptos principales que les fué proporcionado y corresponden a la cortina, el túnel de conducción y la casa de máquinas; en los tres casos es posible ajustarse a las fechas que marcan la C.F.E., ya que en la cortina la actividad que se sale del plazo son los acabados, y si se adelanta el inicio de las inyecciones y el drenaje se puede cumplir el programa; el túnel de conducción termina en mayo de 1994 y solo habrá de ajustar 1 mes y en casa de máquinas los acabados deben ajustarse a la fecha establecida.

3.4 c. MEXICO, COMPANIA CONSTRUCTORA, S.A. DE C.V.

El plazo de ejecución señalado en su programa es de 1,599 días calendario (4 años 4.5 meses), terminando sus actividades en julio de 1994, un mes antes de la entrada de operación. La actividad que tiene programada terminar en julio de 1994 son los concretos, en -- casa de máquinas, tres meses después de la fecha señalada por C.F.E. en términos generales los plazos de ejecución son razonables y se - ajustan a las fechas de programa de C.F.E.

3.4 d. INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS, S.A. DE C.V.

La Constructora planea la ejecución de la obra en 1,460 días - (4 años) terminando en febrero de 1994, 6 meses antes de la puesta\_ en servicio. Inicia con los caminos, extendiéndose esta actividad\_ todo 1991, cinco meses más que los considerados por C.F.E., para la cortina, se ajusta su inicio al programa de fechas principales, sin embargo, continúa sus actividades un mes más, terminando en febrero de 1994. Para el caso de la obra de toma, inicia sus actividades - tres meses antes y las termina cuatro meses después de lo programa- do por C.F.E., por otro lado los trabajos del túnel de conducción - se inician el 10 de abril de 1990, terminándose el 31 de diciembre de 1993, coincidiendo con C.F.E. en este último punto. Respecto al pozo de oscilación, presenta un programa de 35 meses, tres meses -- menos que el de C.F.E., iniciándose un año después y terminando en\_ febrero de 1994. Para los túneles de desvío y desfogue su programa coincide con el de C.F.E.

En general la programación propuesta por la I.C.A., se ajusta\_ a las necesidades de C.F.E., haciéndose la observación que tanto la cortina como el pozo de oscilación son las actividades que más se -- amplían, llegándose hasta febrero de 1994 (un mes adicional), lo --- cual no afecta a la programación global.

#### 3.4 e. CONSORCIO DRAGADOS-AGROMAN.

El plazo de ejecución de obra marcado en su programa establece un período de 1,664 días (4 años 6.5 meses), concluyendo sus actividades a finales de 1994, fecha en que C.F.E. tiene prevista la operación comercial de la unidad. En su programa existen dos actividades que rebasan las fechas tope establecidas por C.F.E., una de ellas es la construcción de caminos definitivos, los cuales consideraran terminarlos a finales de febrero de 1992, mientras que C.F.E. establece como tope, finales de julio de 1992, (se desfasa 7 meses) esta actividad se puede ajustar incrementando los equipos en cada frente, la otra actividad es el túnel de conducción, la cual inicia el 10. de diciembre de 1990, mientras que C.F.E. establece a mediados de abril de 1990 (por lo cual se desfasan 9 meses), y la concluyen el 31 de mayo de 1994 (5 meses después de la fecha establecida).

Este retraso se debe a que no inician las actividades sino hasta que se les suministran los jumbos hidráulicos, este retraso se podría corregir adelantando el suministro de los jumbos.

Para los conceptos restantes no existe problema con las fechas propuestas, salvo las observaciones descritas, en general el programa de obra se ajusta a las condiciones solicitadas por C.F.E.

#### 3.5 COMENTARIOS DE LAS PROPUESTAS.

La propuesta de la Nacional, cumple teóricamente el plazo y -- fecha establecidos por C.F.E., debido a las características de alta montaña, y al desconocerse las características detalladas de la tunelera (pieza más pesada, pieza de mayores dimensiones), no se cuenta con elementos suficientes que garanticen que la tunelera pueda transportarse al sitio utilizando los caminos provisionales, y en caso de descompostura atrasaría la excavación.

Impergilio en su oferta, los procedimientos de construcción -- están analizados con detalle, ya que además de describirlos se com-

plementan con las instalaciones para campamentos, servicios de energía eléctrica, agua industrial, aire comprimido, sistemas de telecomunicaciones, para las canteras y para las plantas de trituración, señalando las características de los equipos que utilizan, la información se soporta con sus planos correspondientes, lo que influyó para ganar el concurso.

### 3.6 PROBLEMATICA DE CONSTRUCCION DEL TUNEL.

El túnel de conducción comunicará la obra de toma, con el pozo de oscilación, obliga a describir el panorama de la concepción general del proyecto para posteriormente, particularizar en el proceso constructivo del túnel de conducción.

El proyecto abarca una gran extensión de kilómetros. En combinación con la geografía de la región de alta montaña, de clima semi desierto, constituida por grandes cabalgaduras y sinclínicos extensos con pendientes de laderas y cañadas grandes, dificultó la construcción de caminos de acceso para la construcción de toda la obra hidráulica sin la inclusión de túneles, por lo que la Comisión Federal de Electricidad decidió incluir la construcción de dos caminos de acceso definitivos, el primero desde Cadereyta, Qro., hasta la Boquilla, coincide con un camino existente de terracería, comunica la Boquilla con el vertedor y la obra de toma, a través de dos túneles de 400 y 800 mts. pasando por la corona de la cortina.

A este camino será necesario agregarle otro túnel de 1 Km. de longitud para atravesar una zona acantilada del macizo rocoso con bloques inestables de la Boquilla, la longitud de este camino desde la Boquilla hasta el entonque de la carretera Cadereyta - Xilitla es de 34 Kms.

El segundo camino desde San Joaquín, Qro., hasta la obra de -- máquinas consiste en la rectificación y mejoramiento de un camino de terracería existente de 20 Kms., entre San Joaquín y la Mojonera

y un tramo nuevo de 15 Kms. de camino sobre montaña, por consiguien-  
te con grado de dificultad para su construcción. Existen otros dos  
caminos de terracería que comunican Zimapan con la Boquilla y con  
la casa de máquinas, este último construido por los mineros, es len-  
to, difícil y peligroso.

Ante esa problemática de acceso Comisión Federal, decidió que  
la empresa contratista la selección de túneles de acceso al túnel -  
de conducción.

### 3.6 a. ACCESOS.

Para llegar a los frentes del túnel de conducción, se tuvo ne-  
cesidad de construir 37 Kms. de acceso de 6 mts. de ancho en prome-  
dio y pendientes máximas de 15%.

### 3.6 b. ESTRATEGIAS DE CONSTRUCCION.

Las condiciones topográficas y geológicas de la región, dada -  
la magnitud y ubicación del túnel de conducción; presentaron alter-  
nativas para atacarlo mediante la construcción de túneles de acceso  
(ventanas) siendo definidas las ventanas 1, 2, 3, 4, 5 y 6, además  
de la opción de utilizar un frente desde obra de toma. De estos, la  
contratista eligió abrir los frentes V1, V3, V4 y V6.

### 3.6 c. TUNELES DE ACCESO.

Se determinó la posición de entrada y geometría de los túneles  
de acuerdo a las condiciones topográficas de la zona; se localiza--  
ron muy cercanas a arroyos y cañadas naturales, lo cual además de -  
la problemática de su construcción, obligó a realizar obras de dra-  
nage especiales, en los casos de V1 y V3 se construyeron con dos --  
ramales para atacar al túnel en dos sentidos; sobre la marcha y de-  
bido al atasco en la construcción de los accesos y de los túneles -

de acceso en los cuales se prolongó el tiempo previsto, la contratista determinó la construcción de la ventana 2 con sus sentidos -- hacia V1 y V3, como característica principal en su longitud de -- 585 mts. y pendiente de 16%; la construcción de la ventana 4 programada inicialmente para atacar el túnel hacia ventana 6, abrió la posibilidad del frente hacia ventana 3; el acceso de la ventana 6 se construye para atacar un solo frente del túnel hacia ventana 4 y es a su vez aprovechado para la construcción del pozo de oscilación.

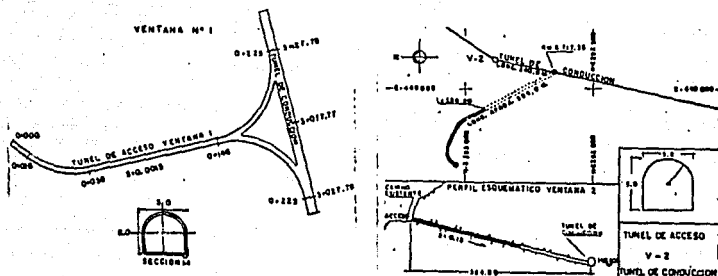
La excavación en todos los casos es de sección portal de 5.0 mts. y una pendiente de 0.15%, a excepción de la ventana 2; la longitud total de ventanas es de 2,053 mts.

CONCEPTO.	V1	V2	V3	V4	V6	TOTAL.
ACCESOS (Kms.)	2.1	2.6	13.6 7.7	8.0	3.0	37
CRUCERO.(mts.)	303	584	522	264		2053

Con todos los accesos al túnel y adicionalmente la obra de toma se trabaja con un total de 10 frentes de excavación.

En los aspectos importantes que influyeron en el atraso en la excavación de los cruceros se tuvieron; la poca cobertura y alteración natural de la roca, lo cual obligó a tratamientos de soporte, la falta de infraestructura que se presenta en todo inicio de obra, así como la distancia de los centros de abastecimiento para los diferentes servicios.





3.6 d. ALCANCES DE CADA PRENTE.

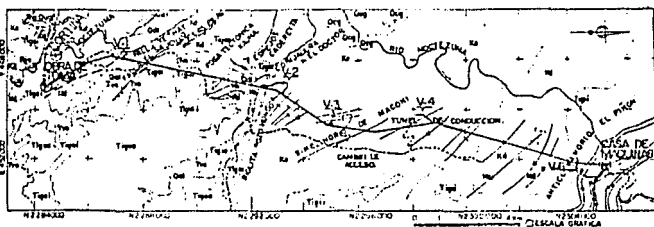
Al incrementarse el frente de la V2, y determinar la construcción del tramo V4 a V3, así como el adelanto del frente obra de toma a V1 se han incrementado a un total de 10 frentes de excavación; logrando un pico mensual de producción hasta 1,500 mts., los alcances de cada frente según programa, son los siguientes:

O. DE TOMA A V1	1360	V1 A V2	3792
V1 A O. DE TOMA	1700	V2 A V3	820
V2 A V1	1847	V3 A V4	2211
V3 A V2	2016	V4 A V6	2806
V4 A V3	1430		
V6 A V4	2973		

3.6 e. CONTROL TOPOGRAFICO.

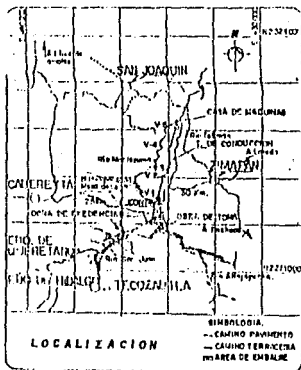
Para la construcción del túnel se estableció una red de puntos a lo largo del trayecto. que consistieron en la combinación de triángulos y polígonos, con la finalidad de acercar los apoyos para --

su mejor control a través de las ventanas de accesos; suman un total de 43 vertices y 30 monumentos de apoyo, ligados con una longitud de 115 Kms.; con este trabajo se determinó la nivelación de precisión -- entre la obra de toma y casa de máquinas, así como la fijación de -- coordenadas para el control horizontal y vertical del túnel.



### 3.7 LOCALIZACION.

El túnel de conducción a partir de la obra de toma, hasta su -- conexión con el pozo de oscilación cuenta con un desarrollo de 21 -- Xms., su orientación principal es N-S y se localiza entre las coord\_ nadas N 2'234,070 A 2'304,000 y E 448,000 A 452,000, fluctúa su ní-- vel entre la Elev. 1,500 A 1,483.



### 3.7 a. CARACTERISTICAS PRINCIPALES.

Sección tipo herradura de dimensiones de excavación 5.10 a --- 5.50 Mts. de diámetro, revestida de concreto hidráulico que varía de 20 a 25 cms. de espesor, con diámetro interior de 4.70 mts. y una -- pendiente que oscila de 0.0015 a 0.0027.

### 3.7 b. LINEAS "A" Y "B".

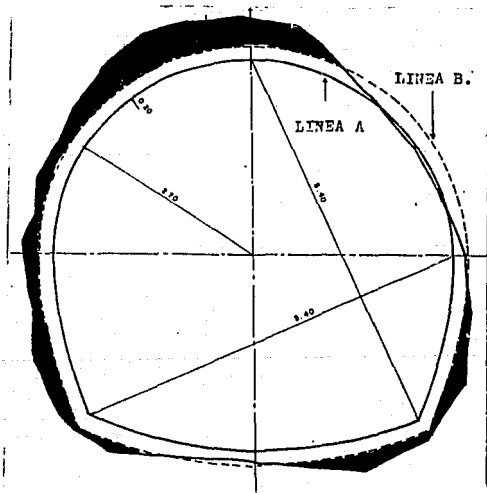
La línea "A" o línea de proyecto es aquella línea considerada -- en el diseño del revestimiento del concreto, por lo tanto, la línea -- de excavación no deberá sobresalir de la línea "A".

La línea "B" o línea de pago, es la línea teórica que define -- las áreas con las que se estimarán las secciones de excavación y de -- revestimiento de concreto.

La separación entre líneas "A" y "B" siempre será de 20 centí -- metros.

3.7 c. SOBREEXCAVACION.

Toda excavación que sobrepase la línea "B", niveles y grados de curvatura indicados en los planos, se denomina sobreexcavación y no será pagada al contratista. La Comisión podrá ordenar la reposición de las sobreexcavaciones por medio de rellenos con o sin compactación, mampostería junteada con mortero o con concreto simple o reforzado, a su juicio. Cualquier reposición será con cargo al contratista.



3.8 TIPOS DE SECCIONES.

Se proyectaron cuatro tipos de secciones en función de la calidad de la roca.

SECCION TIPO 1. Corresponde a aquellas partes del túnel en que exista roca de buena calidad, con fracturas cerradas y limpias o con estratificación sin interacciones arcillosas y con orientación favorable, a juicio de la Residencia, podrá colocarse un anclaje selectivo.  
Dimensión de la excavación 5.10 Mts.

AREA HASTA

LINEA A: 21.79m<sup>2</sup>

LINEA B: 25.35m<sup>2</sup>

SECCION TIPO 2. Corresponde a las partes del túnel en que se encuentre roca de mala calidad o fallas geológicas. El concreto lanzado y el anclaje serán selectivos a juicio de la Residencia.  
Dimensión de la excavación 5.50 Mts.

AREA HASTA.

LINEA A: 25.35m<sup>2</sup>

LINEA B: 29.16m<sup>2</sup>

SECCION TIPO 3. Corresponde a aquellas partes del túnel en que exista roca con fracturamiento espaciado, definiendo bloques en combinación con estratos, fracturas y fallas y que además tenga poca cobertura de roca.

AREA HASTA.

LINEA A: 24.17m<sup>2</sup>

LINEA B: 27.89m<sup>2</sup>

El tratamiento consistirá de anclaje sistemático y concreto lanzado selectivo de 7.5 cms. de espesor, f'c. 200 Kg/cm<sup>2</sup>, reforzado con malla electro soldada de 10 X 10 X 0.48 cms.  
Dimensión de la excavación 5.40 Mts.

SECCION TIPO 4. Corresponde a aquellas partes del túnel en donde se encuentren bloques espaciados definidos por estratos, fallas y fracturas, el tratamiento de la roca es a base de anclas y concreto lanzado.  
Dimensión de la excavación 5.25 Mts.

AREA HASTA.

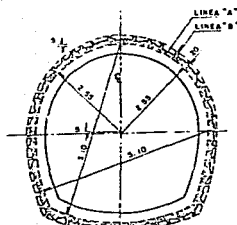
LINEA A: 22.83m<sup>2</sup>

LINEA B: 26.46m<sup>2</sup>

3.8 a. LOCALIZACION DE SECCIONES.

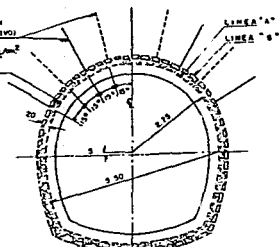
TIPO DE SECCION	DIANETRO DE EXCAVACION	CADENAMIENTOS
(1) (ANLAJE SELECTIVO CONCRETO e=20 cm.)	5.10 m.	0+500 — 1+350 1+570 — 2+480 3+120 — 3+600 4+000 — 4+320 4+460 — 6+300 6+400 — 6+300 6+400 — 6+500 6+600 — 6+740 14+380 — 21+000
(2) (MARCOS 20 cm., CONCRETOS e=20cm.)	5.50 m.	1+350 — 1+570 2+480 — 2+900
(3) (CONCRETO ARMADO e= 35 cm.)	5.40 m.	0+000 — 0+500 11+270 — 11+460 12+540 — 12+720 13+970 — 14+150
(4) (ANLAJE Y CONCRETO LANZADO e= 7.5 cm. Y CONCRETO e=20 cm)	5.25 m.	2+900 — 3+120 3+600 — 4+000 4+320 — 4+460 6+300 — 6+400 6+500 — 6+600 6+740 — 11+000 11+000 — 11+270 11+460 — 12+540 12+720 — 13+970 14+150 — 14+380

PROYECTO HIDROELECTRICO ZIMAPAN  
 TUNEL DE CONDUCCION  
 SECCIONES DE EXCAVACION



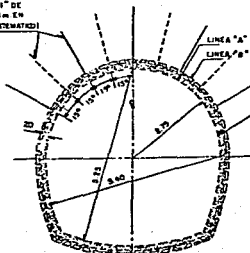
SECCION TIPO-1

ANCLAS DE VARILLA # 1" DE  
 $f_y = 4200 \text{ kg./cm}^2$  L = 3 m. EN  
 PATRON DE 15. 2m. (SELECTIVO)  
 CONCRETO LANZADO DE  $f_c = 2000 \text{ kg./cm}^2$   
 CON MALLA ELECTROREFORZADA DE 1/8"  
 Y 10x10 cm. (SELECTIVO)  $\phi = 7.5 \text{ cm.}$



SECCION TIPO-2

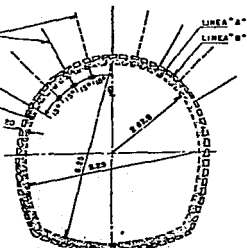
ANCLAS DE VARILLA # 1" DE  
 $f_y = 4200 \text{ kg./cm}^2$  L = 3 m. EN  
 PATRON DE 15. 2 m. (SYSTEMATIC)



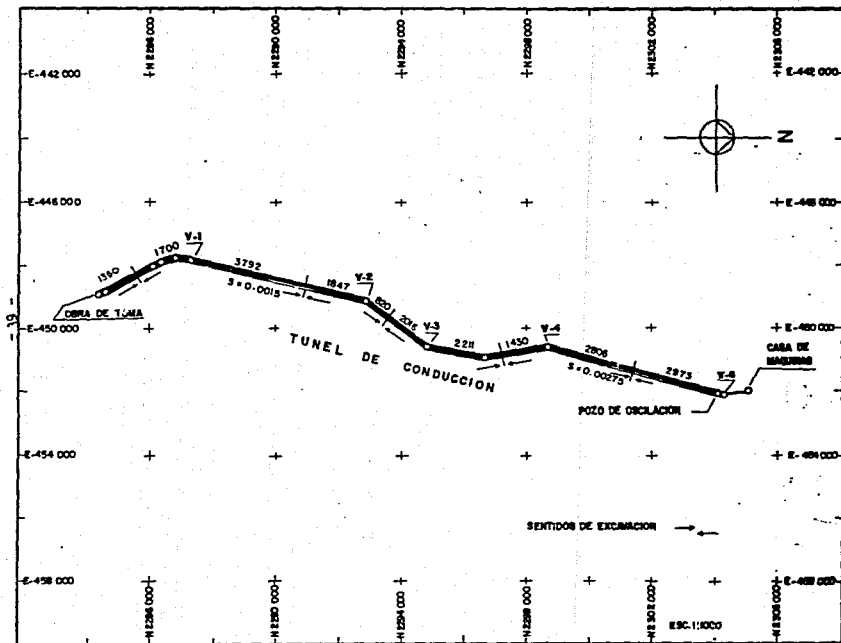
SECCION TIPO-3

ANCLAS DE VARILLA # 1" DE  
 $f_y = 4200 \text{ kg./cm}^2$  L = 3 m. EN  
 PATRON DE 15. 2m. (SELECTIVO)

CONCRETO LANZADO DE  $f_c = 2000 \text{ kg./cm}^2$   
 CON MALLA ELECTROREFORZADA DE 1/8"  
 Y 10x10 cm. (SELECTIVO)  $\phi = 7.5 \text{ cm.}$

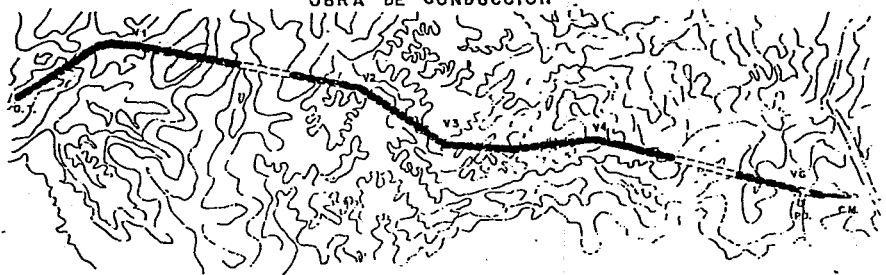


SECCION TIPO-4

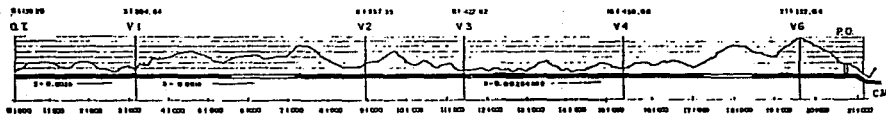




# OBRA DE CONDUCCION



PLANTA



PERFIL

1991

EXCAVACION  
 PROYECTO: 3064 M.L.  
 EJECUTADO: 4817 M.L.

1992

EXCAVACION  
 PROYECTO: 15719 M.L.  
 EJECUTADO: 14000 M.L.

### 3.9 ASPECTOS GEOLOGICOS.

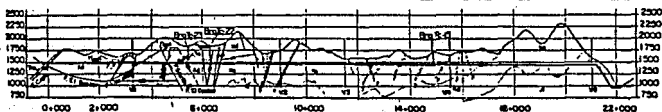
Las rocas que afloran a lo largo del tunel de conducción son de origen sedimentario e ígneo.

Las sedimentarias son carbonatas, arcillosas y clásticas (sedimentos formados por mineral de desintegración de las rocas preexistentes), que en algunas zonas se encuentran metamorizadas por contacto de cuerpos intrusivos o cercanos a ellos.

Comprende las siguientes Unidades;

- El Doctor, constituido por rocas calizas.
- Soyatal, constituida por lutitas, calcareas, areniscas y calizas.
- Trancas, lutites y calizas en estratificación delgada y metamorizada.

Las ígneas son del tipo extrusivo e intrusivo, estas últimas corresponden a estructuras que dan a la roca encajonante una buena calidad, para fines de excavación.



3.9 a. GEOLOGIA SUPERFICIAL.

De manera general la geología superficial del área sobre el --  
trazo se resume del modo siguiente:

CADENAMIENTO.	CARACTERISTICAS.
0 + 000 A 0 + 700	Formación El Doctor constituida por calizas.
0 + 700 A 1 + 500	Formación El Doctor constituida por calizas.
1 + 500 A 5 + 410	Aflora una secuencia volcánica, formada por andesíticas y riolitas.
5 + 410 A 7 + 100	Aflora secuencia volcánica, formada por -- andesíticas y riolitas.
7 + 100 A 7 + 300	Formación Soyatal, constituida por calizas_ y lutitas.
7 + 300 A 7 + 910	Formación Méndez, constituida por lutitas y areniscas.
7 + 910 A 7 + 970	Dique riolítico fluidal afectando a la formación Méndez.
7 + 970 A 10 + 350	Formación Méndez, formada por lutitas y areniscas, afectadas por diques de composición andesítica.
10 + 350 A 11 + 000	Formación Soyatal, constituida por calizas, lutitas y algunas porciones con yeso inte-- restratificado.
11 + 000 A 11 + 200	Formación Méndez, constituida por lutitas y areniscas.
11 + 200 A 16 + 550	Formación Soyatal, constituida por calizas_ y lutitas.
16 + 550 A 18 + 000	Formación el Doctor, calizas con pedernal.
18 + 000 A 19 + 200	Formación el Doctor, constituida por cali-- zas.

19 + 200 A 19 + 250      Formación Soyatal, constituida por calizas y lutitas.

19 + 250 A 19 + 500      Formación el Doctor, constituida por calizas.

19 + 550 A 20 + 300      Es la parte más alta, hacia el contacto -- con la formación el Doctor, aflora el miembro calcáreo-arcilloso de la formación -- Trancas, constituida por calizas y lutitas laminares, hacia la parte baja, predominan las calizas medianas. Toda la secuencia esta afectada por una serie de diques de composición cuarzomonolítica y de textura equigranular.

La información obtenida permite concluir -- que la obra es factible en toda su longi-- tud.

FRENTE.	R O C A S .	PROBLEMAS GEOLOGICOS Y OBSERVACIONES.
OT - VI	CALIZAS.	BARRENACION PERIMETRAL INSUFICIENTE -- SOBREEXCAVACION ALTA PROVOCADA POR EL JUMBO. ESTRATOS MEDIANOS A GRUESOS.
VI - OT	CALIZAS.	BARRENACION PERIMETRAL INSUFICIENTE -- SOBREEXCAVACION ALTA PROVOCADA POR EL EL JUMBO, ESTRATOS MEDIANOS A GRUESOS.
VI - V2	LUTITAS Y CALI ZAS ARCILLOSAS.	DEFORMACION EN LA ROCA, PLEGAMIENTOS. FRACTURAMIENTO QUE PROVOCAN DESPRENDI- MIENTO DE BLOQUES PEQUEÑOS.  TRATAMIENTO A BASE DE CONCRETO LANZADO PRIMARIO. BARRENACION PERIMETRAL INSU- FICIENTE, ESTRATIFICACION LAMINAR A -- DELGADA.
V2 - VI	LUTITAS Y CALI- ZAS ARCILLOSAS.	DEFORMACION EN LA ROCA ORIGINAL POR -- DIQUES.  TRATAMIENTO A BASE DE CONCRETO LANZADO SECUNDARIO Y ANGLAS. ESTRATOS LAMINAR_ A DELGADO.
V2 - V3	LUTITAS Y CALI- ZAS ARCILLOSAS.	ROCA PLEGADA CON FRACTURAMIENTO. ANCLAJE - POCO.
V3 - V2	LUTITAS Y CALI- ZAS ARCILLOSAS.	BARRENACION PERIMETRAL INSUFICIENTE - ESTRATIFICACION MEDIANA A GRUESA. LA - ROCA SE CORTA FAVORABLEMENTE.
V3 - V4	LUTITAS Y CALI- ZAS ARCILLOSAS.	ROCA PLEGADA CON FRACTURAMIENTO.  BARRENACION PERIMETRAL INSUFICIENTE -- ESTRATIFICACION MEDIANA A GRUESA LA RO CA SE CORTA DESFAVORABLEMENTE.
V4 - V3	SKARN: CALIZAS METAMORFIZADAS.	BARRENACION PERIMETRAL INSUFICIENTE ES TRATIFICACION MEDIANA A GRUESA SOBRES CAVACION ORIGINADA POR JUMBO.
V4 - V6	SKARN: CALIZAS METAMORFIZADAS.	BARRENACION PERIMETRAL INSUFICIENTE -- ESTRATIFICACION MEDIANA A GRUESA SOBRE EXCAVACION ORIGINADA POR JUMBO.

3.10 COMPETENCIA DE LA ROCA INFERIDA POR  
RESISTIVIDAD REAL.

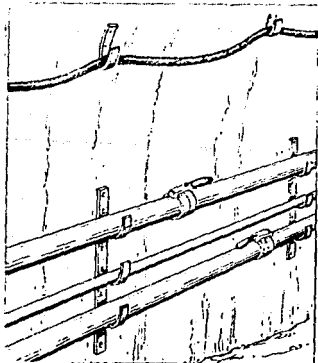
CADENAMIENTO.	RESISTIVIDAD REAL.	SISMOLOGIA.
0 + 000 - 1 + 650	BUENA.	
1 + 650 - 2 + 100	MALA.	
2 + 100 - 4 + 100	REGULAR.	
4 + 100 - 4 + 500	MALA.	
4 + 500 - 5 + 390	BUENA.	BUENA.
5 + 390 - 5 + 550	BUENA.	BUENA.
5 + 550 - 7 + 350	DUDOSA.	
7 + 350 - 7 + 500	BUENA.	
7 + 500 - 7 + 800	REGULAR.	
7 + 800 - 7 + 900	REGULAR.	
7 + 900 - 8 + 350	BUENA.	
8 + 350 - 8 + 800	BUENA.	
8 + 800 - 9 + 000	REGULAR.	BUENA.
9 + 000 - 10 + 300	BUENA.	
10 + 300 - 11 + 000	MALA.	
11 + 000 - 11 + 100	REGULAR.	BUENA.
11 + 100 - 11 + 750	REGULAR.	
11 + 750 - 12 + 000	MALA.	
12 + 000 - 12 + 300	REGULAR.	
12 + 300 - 12 + 400		
12 + 400 - 12 + 500	DUDOSA.	BUENA.
12 + 500 - 12 + 650	DUDOSA.	
12 + 650 - 12 + 900	MALA.	BUENA.

12 + 900 - 13 + 000	REGULAR.	
13 + 000 - 13 + 050	BUENA.	
13 + 050 - 13 + 150	REGULAR.	BUENA.
13 + 150 - 13 + 300	REGULAR.	
13 + 300 - 13 + 600	BUENA.	BUENA.
13 + 600 - 13 + 700	BUENA.	BUENA.
13 + 700 - 13 + 750	BUENA.	
13 + 750 - 13 + 850	MALA.	
13 + 850 - 13 + 900	REGULAR.	BUENA.
13 + 900 - 14 + 450	BUENA.	
14 + 450 - 14 + 550	BUENA.	BUENA.
14 + 550 - 14 + 850	BUENA.	
14 + 850 - 15 + 050	MALA.	BUENA.
15 + 050 - 15 + 150	REGULAR.	
15 + 150 - 15 + 400	MALA.	
15 + 400 - 15 + 550	BUENA.	BUENA.
15 + 550 - 15 + 650	DUDOSA.	BUENA.
15 + 650 - 15 + 750	REGULAR.	
15 + 750 - 15 + 950	DUDOSA.	BUENA.
15 + 950 - 16 + 800	BUENA.	
16 + 800 - 17 + 550	BUENA.	BUENA.
17 + 550 - 18 + 250	BUENA.	BUENA.
18 + 250 - 20 + 300	BUENA.	

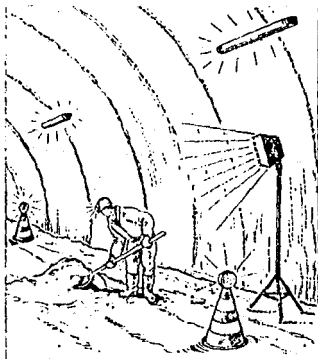
### 3.11 INSTALACIONES INTERIORES.

Para el movimiento interno de los equipos, principalmente para la barrenación y rezaga, se instalan vías de ferricarril a lo largo del túnel, siendo la característica principal la instalación en segmentos de componentes metálicos, con longitudes en promedio de 9 mts. y 1 mt. de ancho con rieles de 30 Kg/m. sobre durmientes de madera y fierro, los cuales se colocan al frente de la excavación y se utilizan también para la formación de laderos para el movimiento de equipo de rezaga principalmente.

El alumbrado se realiza con 2 lámparas de 40 watts, así como - focos de 160 watts, en distancias no mayores de 20 mts. alimentadas por una línea de 220 volts.; así mismo se instalan a lo largo del túnel los transformadores y línea eléctrica que sirve como toma de fuerza para los jumbos y rezagadores, a un voltaje de 440 volts.



TUBERIA.



ILUMINACION.



Para el bombeo al exterior se han considerado estaciones de rebombeo.

Para la alimentación de aire y agua para los equipos de barrenación principalmente, así como el bombeo de agua de deshecho hacia el exterior, se han instalado líneas de tubería a lo largo del túnel acercándolas al frente conforme avanza; para el aire, de 6"; agua 2" y desagüe 3", y cable eléctrico de alta tensión.

### 3.11 a. INFRAESTRUCTURA DE APOYO.

En cada ventana se cuenta con las instalaciones siguientes:

- Comedor.
- Oficina.
- Bodega para materiales.
- Polvorín para guarda de explosivos.
- Taller mecánico y eléctrico.
- Captación y línea de alimentación por bombeo de agua industrial para el servicio de la ventana.
- En ventana 1, 3 y 4 planta dosificadora y en ventana 6, este servicio será a través de las plantas del lugar.
- Líneas telefónicas.

Para evitar la dependencia de los talleres e instalaciones centrales se ha previsto la construcción de las instalaciones antes mencionadas. A través de estos comedores se proporcionan los alimentos al personal que se encuentra trabajando en turno; en la bodega de materiales se maneja el Stock mínimo como son: cemento, editivos, anclas, mallas, tuberías, tubos de ventilación, brocas, barras, rieles, etc. El polvorín se localiza en la cercanía de la ventana y contiene las cantidades necesarias de explosivos y accesorios para cubrir las necesidades inmediatas del frente; el taller mecánico está formado por una cubierta donde se cuenta con refacciones y materiales para proporcionar los servicios de mantenimiento -

preventivo y correctivo de los equipos de la ventana, al servicio - de este taller se cuenta con el personal para atender los aspectos mecánicos, eléctricos y soldadura; para los concretos, las plantas dosificadoras para 50 m<sup>3</sup>/h, teniendo considerado el suministro de los agregados ya procesados desde su lugar de extracción; las captaciones de agua para su uso industrial ha sido principalmente a través del Río Moctezuma, en un principio para la barrenación a partir de captaciones provisionales cercanas al sitio.

### 3.11 b. SERVICIOS DE CERRA.

Se utilizará la energía eléctrica suministrada por C.F.E. desde la línea a 13.2 kv.

Desde esta línea se distribuirá con redes de media tensión a los diferentes sitios de utilización donde se instalarán subestaciones de transformación.

Desde las subestaciones de transformación la energía se distribuirá con líneas de baja tensión (440 V), con excepción de las necesarias para alimentar las excavaciones subterráneas del túnel de conducción que serán de 6.6 Kv. y cuya transformación final, a 440 V, se efectuará al interior del túnel en proximidad del frente.

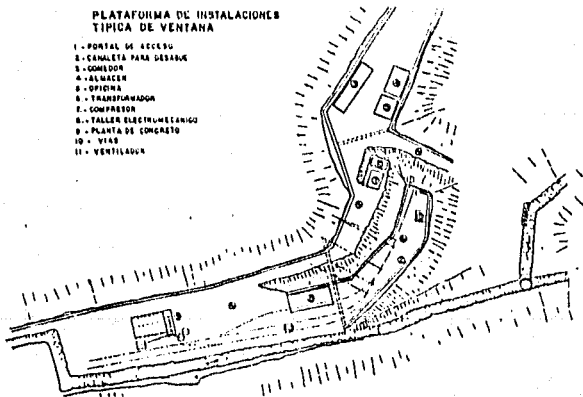
Se han provisto además plantas diesel de emergencia por una potencia total de 1,500 Kw., para suplir en caso de necesidad las exigencias principales de la obra tales como desagüe, ventilación e iluminación en túnel y otros servicios de emergencia.

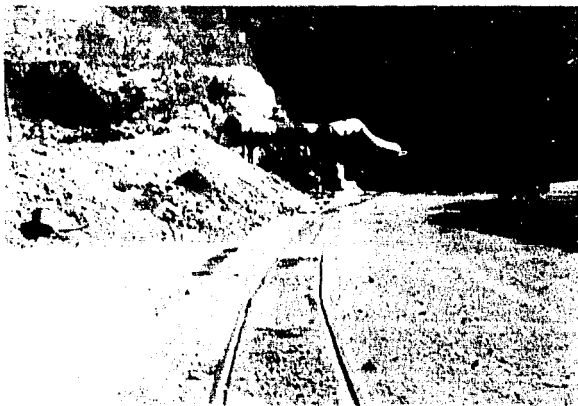
Por lo extenso de la obra, este servicio se ha dividido en dos partes; los frentes de obra de toma y Vl clojan al personal en el campamento de Mesa de León, localizado a 7 Kms. de La Boquilla;

El personal de los frentes de V2, V3 y V4, se alojan y se proporcionan los servicios principales en el Campamento de Bothiña, el cual se localiza en la parte media de la conducción a 15 Kms de la población de Zimapan, Hgo.: El personal de V6 se aloja en la Zona de casa de máquinas. En estos Campamentos se cuenta con comedores - oficinas, clínicas, áreas deportivas, etc.

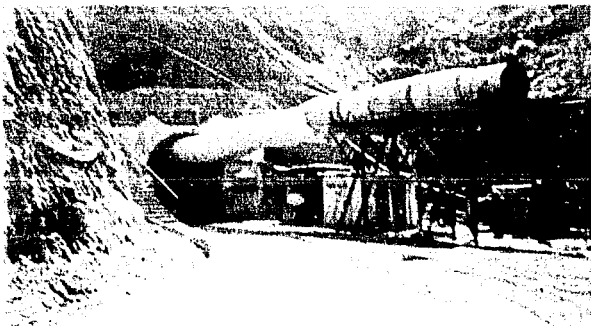
PLATAFORMA DE INSTALACIONES  
TÍPICA DE VENTANA

- 1 - PORTAL DE ACCESO
- 2 - CASILLERA PARA DESARME
- 3 - COMEDOR
- 4 - ALMACEN
- 5 - OFICINA
- 6 - TRANSFORMADOR
- 7 - COMPRESOR
- 8 - TALLER ELECTROMECANICO
- 9 - PLANTA DE CONCRETO
- 10 - VIVAS
- 11 - VENTILADOR

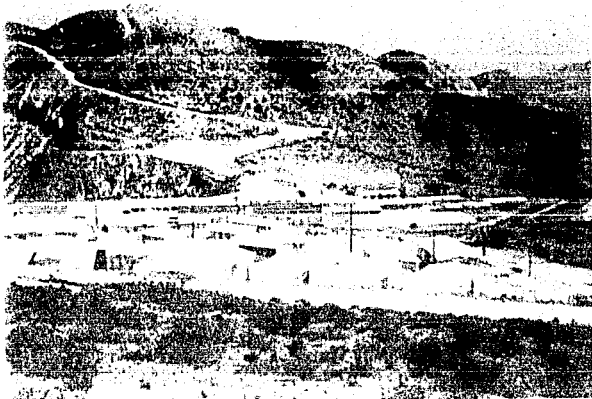




VENTANA DOS



VENTANA TRES.



CAMPAMENTO BOTHIÑA, HGO.

## **CAPITULO IV.**

### **PROCESO CONSTRUCTIVO.**

#### 4.1 METODO DE EXCAVACION.

El método que se está empleando en la construcción del túnel - de conducción de Proyecto Hidroeléctrico Zimapan, es el método convencional por considerarlo, después de hacer un estudio, es más funcional y económicamente factible de realizarse.

En los trabajos de excavación subterránea, las operaciones que se realizan, lo recomendable, es que sean sucesivas, se pueden - - traslapar para reducir el tiempo, pero esto ocasiona que las actividades tengan interferencia, lo que repercutira en un bajo rendimiento del ciclo.

El mismo personal participa en todas las fases del trabajo y - las diversas máquinas son dependientes unas de otras.

Las operaciones del ciclo por el método convencional son:

- Trazo de la plantilla de barrenación.
- Barrenación.
- Carga y conexión de explosivos.
- Voladura.
- Ventilación.
- Amacize.
- Rezaga

#### 4.2 TRAZO DE LA PLANTILLA DE BARRENACION.

Se utiliza una brigada de topografía, así como el equipo de - rayo laser instalado en el frente. Que hace la función de nivel - y se utiliza como punto de referencia para ubicar el trazo a una - distancia máxima de 500 mts., se controla el alineamiento de la -- barrenación.

La plantilla de barrenación es la representación esquemática\_ de la ubicación de los barrenos.

Para la construcción del túnel fueron proyectadas ventanas o túneles crucero para atacar el túnel de conducción, dada la magnitud de 21 Kms.; por lo que se tendrán diversas estrategias, por consiguiente las plantillas de barrenación no serán iguales.

#### 4.3 BARRENACION.

Consiste en hacer una serie de perforaciones denominadas barrenos convenientemente distribuidos y de una longitud determinada en donde la roca es sana, se está barrenando hasta 3.80 Mts. y donde la roca es de menor calidad a 3.20 Mts., para no tener problemas de sobreexcavación dentro del proceso constructivo es muy importante ya que su función es la de ser cargados con explosivos para volar la roca en pedazos, económicamente representa el 30% del costo de la excavación del túnel.

Para el caso de maquinaria que se desplaza sobre vía de ferrocarril.

La barrenación se realiza con un jumbo de tres brazos electrohidráulico, los cuales perforan al mismo tiempo, siendo dos los operadores, es movido por una locomotora que lo lleva al frente del trabajo.

Durante la barrenación la broca es fundamental, ya que de ella depende el buen funcionamiento de la perforación.

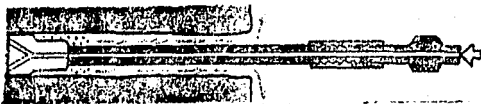
La broca está unida a una barra mediante una rosca, esta permanece unida a la barra y gira con ella.

Los diámetros de los barrenos son pequeños 45 mms. para los que son cargados y 102 mms para los no cargados, por lo que como consecuencia el espacio es limitado para evacuar el material fragmentado, que va quedando de la perforación, por lo que se utiliza un barrido con agua que limpia el barreno, para no obstaculizar la carga con el explosivo.



La perforación por rotación - trituración es el método aplicado a los frentes de trabajo, la energía es transmitida hasta la roca a través de las barras de acero, las que puestas en rotación - fuerzan la broca contra la roca.

Si la perforación dentro del ciclo interrumpe, debido a descompostura del equipo, el proceso de excavación se para totalmente.



BARRIDO CON AGUA.

La perforabilidad de una roca depende entre otras cosas, de la dureza de los materiales incluidos y del tamaño máximo de los granos de los mismos.

La resistencia comprensiva de una roca es la medida que traduce la capacidad de una muestra de roca para resistir la carga estática aplicada sobre ella, hasta que la misma se quiebre, esta magnitud es usada para medir la perforabilidad de las rocas.

#### TIPOS DE ROCA.

YESO	CAJIZA	GRANITO	TACONITA.
ARENISCA	PIZARRAS	CUARCITA	

RESISTENCIA COMPRESIVA (kg/cm<sup>2</sup>).

500	1000	1500	2000	2500	3000	4000	5000
-----	------	------	------	------	------	------	------

La roca caliza contiene calcita y es fácilmente perforada, --

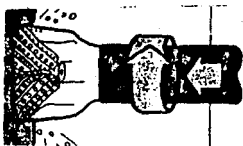
por lo que es poco abrasiva, es de interés ya que predomina en algunos frentes de ataque del túnel.

Un indicador razonable de perforabilidad se obtiene estudiando la composición mineralógica, la granulación y estructura de la misma. Lo más recomendable es hacer una prueba de perforación en el terreno.

En la masa rocosa se establece un estado de esfuerzos alrededor del punto de contacto, el cual va aumentando conforme se incrementa la carga compresiva o de impacto.

La roca al punto de contacto se quiebra continuamente hasta quedar pulverizada y la zona inmediatamente alrededor del contacto se convierte en una zona de fracturas.

Cuanto mayor es la penetración mayor será la fuerza requerida para la trituración.



ROTACION-TRITURACION.

#### 4.3 a. FUNCIONES DE LOS BARRENOS.

Los barrenos perforados para efectuar una voladura en la construcción del túnel de conducción tienen diversas funciones:

- 1) BARRENOS VACIOS.

- 2) BARRENOS DE PRECORTE.
- 3) BARRENOS AYUDANTES INTERIORES.
- 4) BARRENOS DE POSCORTE.
- 5) BARRENOS DE PISO.

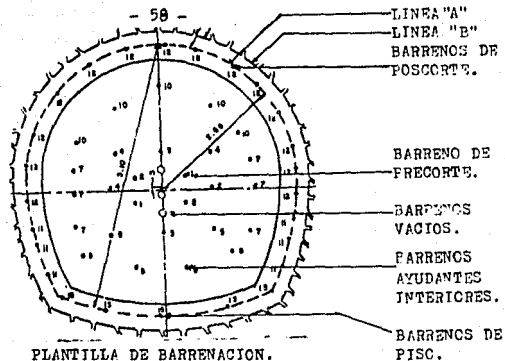
1) BARRENOS VACIOS. Se empleen como espacio para la expansión de la roca volada en la abertura.

2) BARRENOS DE PRECORTE. Se vuelan primero y en un orden determinado, de forma que la abertura se ensanche gradualmente, lo que proporciona espacio para la roca fragmentada.

La cuña forma parte de los barrenos de precorte, es una abertura en el terreno sólido, generalmente en el centro de la cara.

Al realizar las barrenaciones, se barrena de tal modo que rompa dos pulgadas más que el resto de la barrenación, lo que proporciona más olivio en el fondo del barreno, facilitando que el resto de los barrenos rompan hasta el fondo.

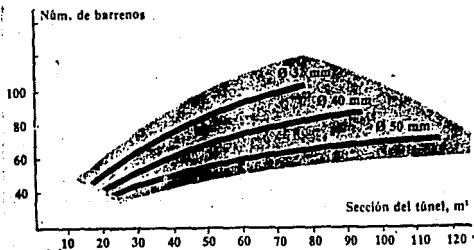
- 3) BARRENOS AYUDANTES INTERIORES. Son los que vuelan la mayor parte de una voladura.
- 4) BARRENOS DE POSCORTE. Están bastante próximos en el techo y en las orillas del túnel y se cargan con explosivos menos potentes, de esta forma se limita la formación de grietas en la zona lateral más próxima al túnel y se evita la sobreexcavación, estén distribuidos ligeramente hacia afuera para mantener el perfil mínimo del túnel.
- 5) BARRENOS DE PISO. Están cargados con un explosivo potente para elevar y sacudir la roca desprendida, facilitando el descombrado, se dirigen oblicuamente hacia abajo para evitar el peligro de que queden salientes de roca sólida en el fondo del túnel.



#### 4.3b. NUMERO DE BARRENOS.

El número de barrenos de una voladura depende de la dimensión del túnel, del diámetro de los barrenos y de la volabilidad de la roca, en una plantilla de barrenación se manejan del orden de 50 A 60 barrenos, es variable en cada frente de trabajo por los diferentes tipos de roca que se manifiestan a lo largo del túnel de conducción.

La siguiente gráfica nos da la idea del número de barrenos -- que se necesitan, en función del área del túnel en M<sup>2</sup>.



#### 4.4 EMPLEO DE EXPLOSIVOS.

La estratificación y mineralización hacen cambiar el comportamiento ante el efecto de explosivos.

El túnel de conducción es una estructura de construcción peligrosa e incierta, la construcción cambia el propio medio, el empleo de explosivos reduce la resistencia de la roca, puede ocasionar desprendimientos y producir una sobreexcavación, lo cual no es conveniente pues retrasa la excavación, todo lo anterior obliga a realizar estudios para determinar que explosivo hay que utilizar y la cantidad de explosivos de cierta potencia que se requieren para volar un volumen de roca y la distribución de los mismos en la plantilla de barrenación.

Para poder entender lo que es una voladura hay que definir los elementos que lo ocasionan.

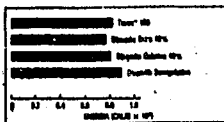
Un explosivo es una sustancia que tiene poca estabilidad química y que son capaces de transformarse violentamente en gases, esta transformación puede realizarse a causa de una combustión como la pólvora o a causa de un impacto en cuyo caso será una detonación, a este grupo pertenecen las dinamitas y los nitratos de amonio, en este último se encuentran el que se utiliza en los frentes de trabajo del túnel de conducción de nombre "Tovex 100 de 1 1/2 de diámetro - por 16" de longitud, así como el "Tovex 1 de 1" X 39".

#### 4.4 a. CARACTERISTICAS DEL EXPLOSIVO.

Tovex, es un hidrogel (explosivo licuado) sensible al fulminante, tiene características y propiedades requeridas para todo tipo de voladuras de roca mineral de dura a mediana dureza.

#### 4.4 b. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES.

- Densidad 1.10 gms./c.c.
- Energía.
- Velocidad: 4,050 m/seg.
- Gases tóxicos: mínimos.
- Resistencia al agua: Excelente.



Ø DEL CARTUCHO.

NUMERO DE CARTUCHOS POR CAJA DE 25 Kg.

mm. pulg.

25 1

53

38 1 1/2

43

La Compañía que produce el explosivo es Dupont.

Para el éxito de una voladura es necesario seleccionar correctamente el explosivo, tomando en cuenta sus propiedades y los dispositivos de iniciación y accesorios.

Para que una voladura se realice eficientemente es necesario contar con accesorios para cebar cargas explosivas, transmitir una llama que inicie la voladura, llevar una carga explosiva de un lado a otro, hacer las conexiones y disparar los explosivos para realizar la voladura.

#### 4.5 INICIADORES.

Su función es iniciar la explosión, son la mecha de seguridad, el cordón detonante y el nonel.

#### 4.5 a. MECHA DE SEGURIDAD.

La mecha usada tiene por nombre "Clover", su función es transmitir la flama a una velocidad continua y uniforme al cordón detonante, está formada por un núcleo de pólvora negra, cubierto por una capa impermeable plástica y material asfáltico, los cuales la protegen contra la humedad y el maltrato.

Si se destruye el recubrimiento y la pólvora tiene contacto con la humedad, tendrá un funcionamiento deficiente.

Cuando se inicia la mecha, se produce un flameo inicial, lo que significa que el núcleo de pólvora ha sido encendido y que la mecha está encendida, su velocidad de combustión es de 128 a 135 segundos por metro, ya que la velocidad que dá el fabricante puede variar aproximadamente más o menos 10%, tiene un diámetro de 1.5 mm.

#### 4.5 b. CORDON DETONANTE.

El cordón detonante se usa en la conexión de noneles, siendo ilimitado el número de éstos.

Su núcleo explosivo es de pentrita cubierto por varias capas protectoras plásticas, es difícil de encender.

El cordón detonante más usado es el Primacord, aunque también se usa el Ecord, se diferencian por los gramos de pentrita y grado de protección.

#### CARACTERISTICAS.

CORDON DETONANTE	NUCLEO	GRAMOS POR METRO.	DIAMETRO EXTERIOR MM.	RESISTENCIA EN TENSION.
PRIMACORD	PENTRITA	10.6	5.15 ± 0.40	90 Kg.
ECORD	PENTRITA	5.3	4.0 ± 0.20	63 Kg.

#### 4.5 c. NONEL.

Es un sistema de transmisión de señal absolutamente no eléctrico, consta de un tubo de plástico revestido en su interior con una pequeña capa de material reactivo.

Solamente 0.460 Kg. por cada 21,336 mts. de tubo, éste está unido a un detonante conocido como fulminante, éste es metálico y de forma cilíndrica, que contiene una carga explosiva y del otro extremo tiene un gancho plástico, cuando es iniciado el nonel transmite la señal a una velocidad de 1,828 m/seg.

Los componentes del nonel son totalmente ensamblados en fábrica, es resistente al agua e insensible a impactos, golpes, choques y fricciones, el sistema es fácil y rápidamente conectado.

En el mercado existen dos tipos de noneles: Ms. (milisegundo.) y LP (Período largo), debido a que los noneles son muy similares en su apariencia se ha establecido un código de colores para diferenciarlos, así el tubo nonel con retardo tipo MS en color naranja, en tanto que el tubo tipo LP es color amarillo, para identificar más fácilmente los tiempos de retardo y longitud, en los tubos nonel, se han colocado etiquetas de diferentes colores que siempre están colocadas en el extremo del tubo nonel.

#### DESCRIPCION TECNICA.

APARIENCIA:	TUBO PLASTICO.
LONGITUD:	4.9 m
DIMENSIONES:	DIAMETRO EXTERIOR 0.30 cm. DIAMETRO INTERIOR 0.13 cm.
PESO DEL NUCLEO:	0.33 gr./pie.
VELOCIDAD:	1,828.8 m/seg.

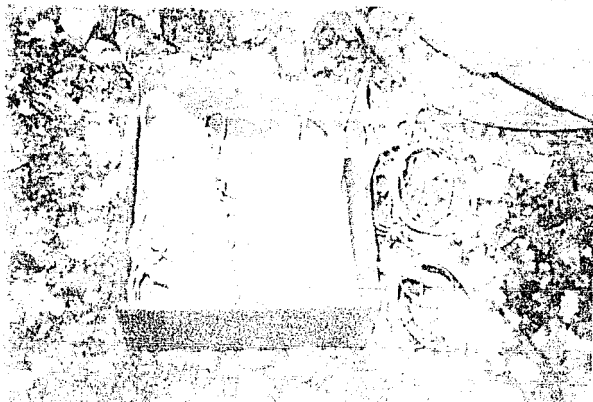


**Nonel Primadet tipos MS y LP Retardos**

Serie MS		SERIE LP	
Periodo	Retardo	Periodo	Retardo
0	Instantáneo	0	Instantáneo
1	85 MS.	1/8	0.1 Seg.
2	80 MS.	1	0.2 Seg.
3	75 MS.	1 1/8	0.3 Seg.
4	100 MS.	2	0.4 Seg.
5	125 MS.	2 1/8	0.5 Seg.
6	150 MS.	3	0.6 Seg.
7	175 MS.	4	1.0 Seg.
8	200 MS.	5	1.4 Seg.
9	250 MS.	6	1.8 Seg.
10	300 MS.	7	2.4 Seg.
11	350 MS.	8	3.0 Seg.
12	400 MS.	9	3.8 Seg.
13	450 MS.	10	4.6 Seg.
14	500 MS.	11	5.5 Seg.
15	600 MS.	12	6.4 Seg.
		13	7.3 Seg.
		14	8.5 Seg.
		15	9.6 Seg.

**Codificación de color para banderas que indican el retardo en los productos MS y LP**

Periodo	Tipo LP (Tubo Amarillo)	Tipo MS (Tubo Naranja)
0	Rojo	Rojo
1/8	Azul	(N/P) No Disponible
1	Amarillo	Marrón
1 1/8	Gris	N/P
2	Rosa	Café
2 1/2	Verde	N/P
3	Azul	Verde
4	Gris	Azul oscuro
5	Morado	Naranja
6	Blanco	Morado
7	Verde	Gris
8	Naranja	Azul claro
9	Amarillo	Marrón
10	Rosa	Café
11	Azul	Verde
12	Gris	Azul oscuro
13	Morado	Naranja
14	Verde	Morado
15	Naranja	Gris



**NONELES Y EXPLOSIVO TOVEX 100**

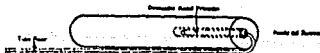
#### 4.6 CARGA Y CONEXION DE EXPLCSIVCS.

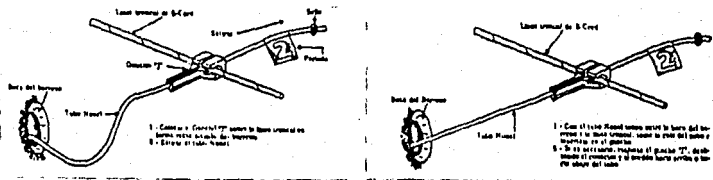
Los explosivos son transportados al frente de excavación en la plataforma del jumbo, se utilizan sus tres brazos como base para -- realizar la carga y conexión.

Una vez concluida la barrenación, se procede a cebar un explosivo introduciéndole el fulminante, de forma tal que el 100% del -- mismo quede inmerso en su masa y con orientación hacia la columna -- explosiva, se procede a introducir los explosivos requeridos en cada barreno, que son retacados con un fainero, para posteriormente -- introducir el taco hecho de cartón de forma cilíndrica de aproximadamente 20 cms. de longitud, para tapar el barreno que análogamente es retacado con el fainero.

Parte del tubo nonel queda fuera del barreno, en su extremo -- tiene un gancho, que se conecta al cordón detonante generalmente -- Primacord, el cual es extendido sobre la superficie barrenada, de -- tal forma que todos los noneles puedan ser activados, cuidando que -- la distancia sea la más corta posible de la boca del barreno, para -- ser estirado y obtener un ángulo de 90 grados, concluidas las actividades anteriores en todos los barrenos cargados, finalmente se -- hace un nudo, con los extremos del cordón detonante y la mecha que -- es extendida sobre el piso del frente de excavación.

La mecha enciende al cordón detonante, éste acciona a los tuggos noneles que transmiten la señal al fulminante que estalla dentro del barreno con la carga explosiva, se empleen retardos del tipo MS. (Milisegundo) para los números 1 y 2 y tipo LP (Período largo del 3 al 15, colocados para proporcionar una secuencia de disparo de pequeños intervalos.





#### 4.6 a. TIPO DE VOLADURA

La apertura del túnel se realiza en voladuras, cada voladura - origina un cierto avance, el avance es de 10 a 30 cms. menor que la profundidad de los barrenos, ya que la explosión no rompe perpendicularmente a los fondos de los barrenos.

Cuando se detona el explosivo, se gasifica una presión muy - - grande, unos 100,000 bars., y una temperatura extremadamente elevada, varios miles de grados centígrados.

La distribución del explosivo en el barreno tiene importancia - fundamental para el efecto de la voladura.

La voladura que se utiliza en los frentes de trabajo es el denominado perfilada o afine.

El principio es el siguiente, se hacen barrenos a lo largo de - los límites de la excavación y se cargan con explosivos, disparando con un mínimo de retardo entre los barrenos, se obtiene un efecto - cortante que proporciona paredes lisas con un mínimo de sobreexcavación.

En los frentes de trabajo la roca, de la bóveda y los contra- - fuertes se derrumba y se desmorona por falta de consolidación del - material, el exceso de rompimiento se puede presentar ocasionando - desprendimientos de roca por falta de consolidación del material, -

se debe a la acción triturante y sacudimiento de las voladuras.

Se utilizan barrenos perimetrales con una relación aproximada de 1 1/2 a 1 entre el ancho de la berma (Y) y el espaciamiento (X).

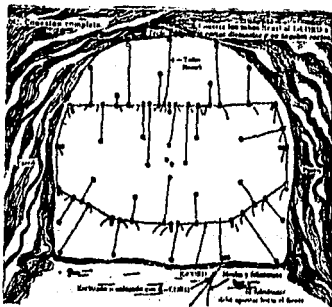
#### 4.6 b. SECUENCIA DE DETONACION.

En la detonación, una potente onda de choque pasa a la roca -- antes de que los gases de explosivos producidos por los explosivos hayan alcanzado su gran presión y temperatura extremadamente elevada.

PRIMERA FASE. Se forman grietas en la roca, por que la onda de choque crea, primero esfuerzos de compresión que son seguidos -- por esfuerzos de tensión mayores que la resistencia a tensión de la roca, estas grietas avanzan radialmente desde el barreno y están -- dirigidas sobre todo, hacia superficies libres.

SEGUNDA FASE. Los gases de explosivos penetran las grietas, -- rompen la roca en fragmentos y lanzan la roca volada hacia la superficie libre, tienen influencia sobre su capacidad de ser volada.

La mayor o menor capacidad de la roca a ser volada se expresa en términos de su carga específica, la cantidad de explosivos de -- cierta potencia que se requiere para volar un volumen dado de roca.

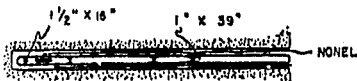


CONEXION COMPLETA

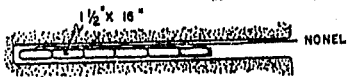
4.6 c. FORMA DE LLENADO DEL BARRENO.

UBIC.	No.	CANT.	PESO ESP.
			$1\ 1/2" \times 16" = 0.580\ \text{Kgs.}$
BNOS.	BNOS. EXPL.	(Kg).	$1" \times 39" = 0.470\ \text{Kgs.}$

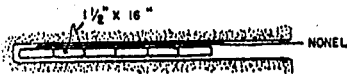
PCSCORTE. 18 37.80



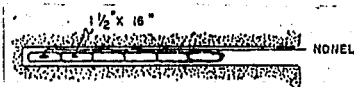
INTERICRES. 15 52.20



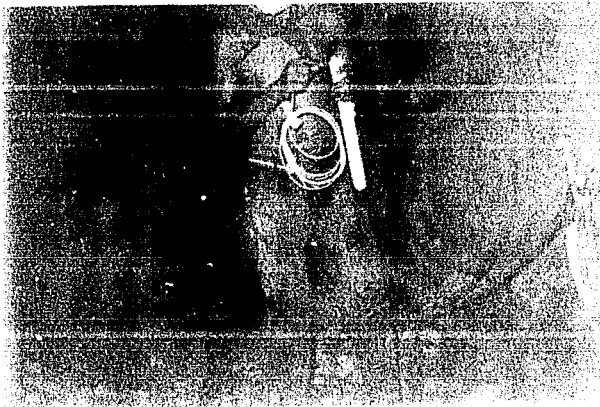
PRECCORTE. 16 55.60



PISO. 5 17.40



SUMA. 54 163



CEBADO DE EXPLOSIVO.



## PLANTILLA DE BARRENACION

FECHA 25-06-92

CADENAMIENTO 73-+ 236.70

LONG. BARR. 3.20 M HORA 11:40 A.M

NUM. DE BARRENOS 57

CARGA TOTAL 163 Kg

AREA DE EXCAVACION 25.35 m<sup>2</sup>

SECCION TIPO. 1

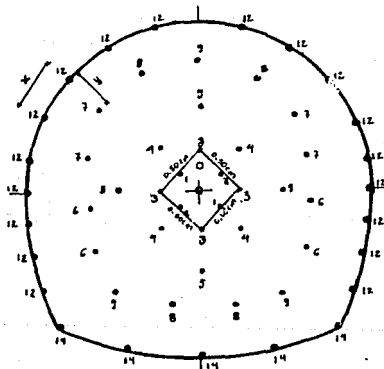
REND. DE BARRENACION 130.28 ML/HR.

LONG. TOTAL BARR. 182.4 Mt.

VOLUMEN EXTRAIDO 75.05 m<sup>3</sup>

DENSIDAD CARGA 2.14 Kg/m<sup>3</sup>

DIAMETRO BARRENACION 45 mm.



No. TIEMPO	No. BARR. X TIEMPO
1	2
2	2
3	4
4	4
5	4
6	4
7	4
8	4
9	3
12	18
14	5

BARRENACION. CANTIDAD. CALCULO DEL EXPLOSIVO EMPLEADO.

CLAVE.	10	$(10 \times 0.580) \times 2 + (10 \times 0.470) \times 2 = 21.0$
TABLA.	8	$(8 \times 0.580) \times 2 + (8 \times 0.470) \times 2 = 16.80$
PISO.	5	$(5 \times 0.580) \times 6 = 17.40$
CUÑA.	4	$(4 \times 0.580) \times 6 = 13.90$
AY. CUÑA	12	$(12 \times 0.580) \times 6 = 41.70$
INTERIORES.	15	$(15 \times 0.580) \times 6 = 52.20$
PRIMACORD	35 M.	163 Kg.
SUNA	54 + 3aire=57	

#### 4.7 VENTILACION.

Después de cada voladura se requiere un tiempo determinado para desalojar los gases aunque se realice de manera permanente.

Un mecanismo de seguridad para los trabajadores es la ventilación, su función es mantener aire fresco en el interior de los túneles especialmente cerca del frente de trabajo, evitando la contaminación por gases producidos por explosiones, después de cada tronada debido a la desintegración de los explosivos, y por los motores de combustión interna, estos contienen monóxido de carbono, por lo que es necesario mantener aire fresco del túnel bajo ciertos límites permisibles que son 0.06% a 0.01%.

Quando el calor producido por las rocas es alto, la ventilación se requiere para mantener una temperatura máxima de 35°C., el tipo de ventilación utilizado en los frentes de trabajo es el denominado sople, se obtiene por la circulación de aire desde el portal de entrada al túnel hacia el lugar de trabajo por medio de un ducto que transporta el aire que es arrojado por ventiladores, son movidos por un motor que se localiza a la entrada del túnel, de cada uno de los frentes y su potencia varía de 90 a 200 H.P.

##### 4.7 a. FLUJO DE AIRE.

Cada frente tiene necesidades de flujo de aire que están en función del equipo disponible en obra y de los gases y polvos que se acumulen en el túnel de conducción durante el proceso constructivo, en especial después de la voladura.

Se utilizan flujos de aire de 18 m<sup>3</sup>/seg. para algunos frentes, donde hay más contaminación de gases hasta de 25 m<sup>3</sup>/seg. debido a la utilización de maquinaria pesada, que produce monóxido de carbono con más frecuencia.

4.7 b. TUBERÍA DE VENTILACION.

Es de tipo flexible de lona con un diámetro de 900 mm., y utilizándose para varios frentes tubería de 1,200 mm. debido a que presenta una excelente relación entre sección útil y pérdidas de carga permitiendo un buen aporte de aire y realizar las maniobras con la maquinaria, no obstaculizando ninguna actividad.

Para la ventilación se utilizan los siguientes modelos de ventiladores según las necesidades:

MARCA	POTENCIA	DIAMETRO
ABC - - -	200 HP - - -	1400 mm.
ABC - - -	150 HP - - -	1200 mm.
BERRY - -	120 HP - - -	900 mm.
BERRY - -	100 HP - - -	800 mm.

Con una correcta selección de los ventiladores se abastece a los frentes de las cantidades de aire requeridas.

Se trata de ventiladores de tipo axial con motor incorporado longitudinal trifásico de 440 V.

4.7 c. CALCULO DE LOS FLUJOS DE AIRE.

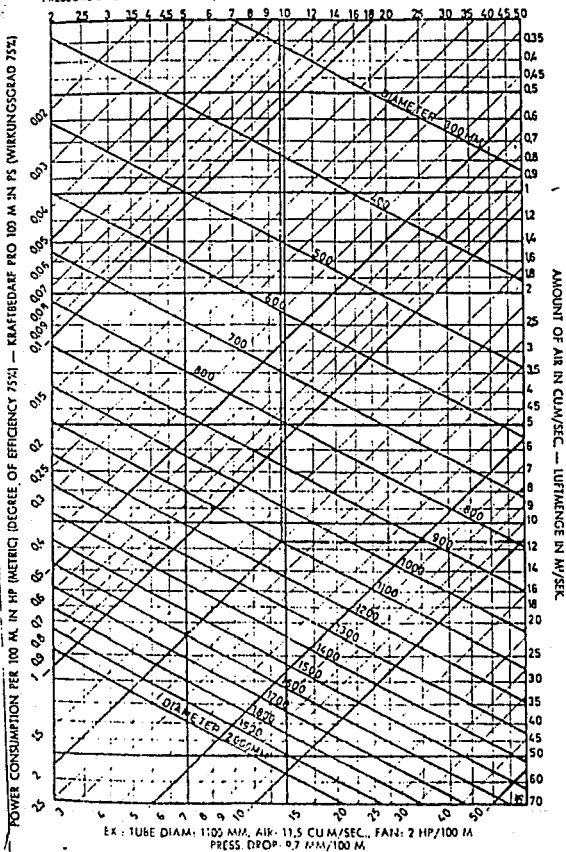
Para cada frente la cantidad de aire que se requiere se calcula con los nomogramas del fabricante de tubería flexible, en base a la potencia disponible y el diámetro de la tubería, se obtiene el flujo de aire de abastecimiento.



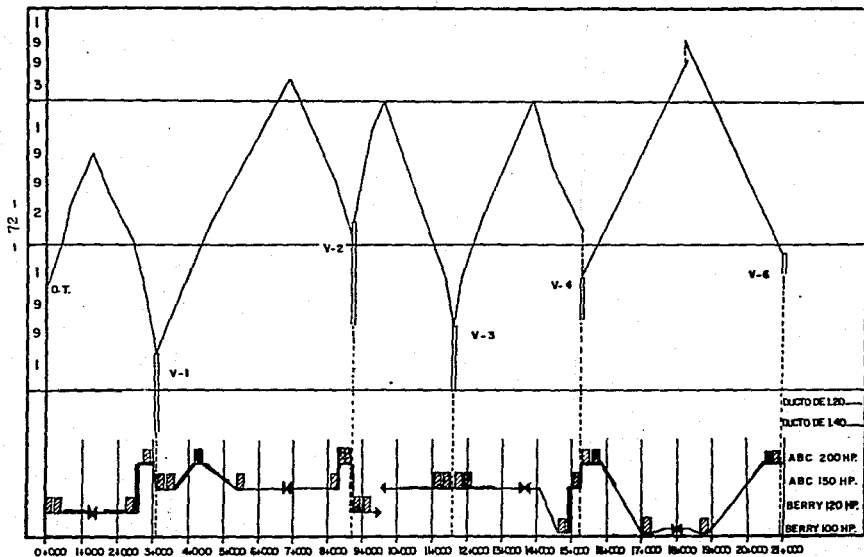


# NOMOGRAM FOR DIMENSIONING NOMOGRAMM FÜR DIMENSIONIERUNG

PRESSURE DROP IN MM W.G./100 M. — WIDERSTANDVERLUST IN MM W.S./100 M.

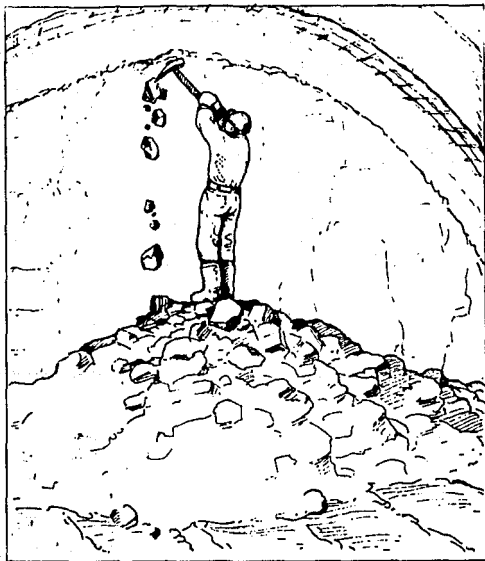


PROYECTO HIDROELECTRICO ZIMAPAN  
 TUNEL DE CONDUCCION  
 SISTEMA DE VENTILACION



#### 4.8 AMACTICE.

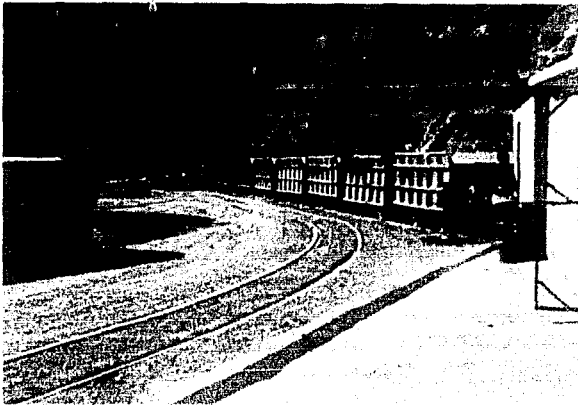
Después de la voladura algunas rocas quedan próximas a desprenderse, pero necesitan ser desprendidas con ayuda de barretas, esta actividad se realiza manualmente, es necesaria ya que durante la -- rezaga pudiera ocurrir un desprendimiento y ocurrir algún accidente.



#### 4.9 REZAGA.

Para el caso de maquinaria que se desplaza sobre vía de ferrocarril, la rezaga producto de la voladura se obtiene de diversos -- tamaños como máximo de 20", el retiro de la rezaga se realiza con -- palas rezagadoras electro - diesel, que cuentan con cucharón y -- transportador de banda, montadas sobre orugas. Una vez que la reza gadora se encuentra en el frente de excavación, la locomotora tras- lada las seis vagonetas de 6 m<sup>3</sup> de capacidad. Para ser llenada ca- da una de ellas por la rezagadora, se utiliza un cambio de vía cer- cano al frente de excavación donde acomoda la carga, y traslada las cinco vagonetas restantes al frente de excavación, una vez termina- das de llenar las vagonetas son llevadas a la zona de tiro, donde -- son descargadas, se utiliza un volcador electromecánico, esta acti- vidad se realiza hasta desalojar el volúmen total de la voladura.

Para el caso de maquinaria que se desplaza sobre neumáticos se utiliza un cargador frontal, que transporta la rezaga a tractocamio nes que descarga la rezaga en la zona de tiro.



#### 4.10 SOPORTE Y TRATAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO.

La finalidad de los sistemas de soporte y los tratamientos que se realizan en la excavación del túnel, permiten convertir las rocas inestables en estables.

El mejoramiento y la capacidad incrementada están basados en:

- ANCLAS DE FRICCIÓN.
- CONCRETO LANZADO.
- ADEMÉS.
- DRENAJES DE FRENTES SUBTERRANEOS.

FORCENTAJE APROXIMADO DE TRATAMIENTO REFERIDO A LAS  
SECCIONES TIPO.

TIPO	%
1	54
2	3
3	5
4	38

4.10 a. ANCLAJE.

Existen dos principios básicos de estabilización del medio rocoso por medio del anclaje.

La roca es perforada por elementos de acero que toman los esfuerzos de tensión y los de corte.

El medio rocoso es confinado por el tensado de anclas, las que activen las fuerzas friccionales a lo largo de los planos naturales de discontinuidades.

El anclaje asegura la capa superficial inestable de la roca a partes más profundas del macizo rocoso y reestructura la capa suelta superficial de la roca transformándola en una masa reforzada capaz de soportar su propio peso y de prevenir cualquier bloque suelto en la masa, del mismo modo, la roca en la superficie de influencia es soportada.

Primordialmente el anclaje en roca se utiliza para absorber -- fuerzas de tensión, creadas por la estructura y su carga o por el -- desarrollo de fracturas superficiales.

Primordialmente el anclaje en roca se utiliza para absorber -- fuerzas de tensión, creadas por la estructura y su carga o por el -- desarrollo de fracturas superficiales.

El ancla constituida de barras de acero, es el elemento que -- asegura que la cooperación entre el medio rocoso y la estructura, -- esta interacción obtenida entre el sistema de anclas, actúa de tal -- manera que el anclaje es capaz de proporcionar resistencia al corte o a la tensión.

Un ancla es un elemento mecánico con una función estática la -- cual transfiere fuerzas en una dirección dada, se encuentra compues -- ta de tres partes, las cuales son: cabezal, tendón y base.

El cabezal del ancla se encuentra situado en el extremo exter -- no el cual es usado para el tensado como para la interacción y --

transferencia de las fuerzas de anclaje a la estructura.

El tendón del ancla es la parte media de la misma, la cual -- conecta el cabezal y la base, permite por su deformación elástica, el establecimiento de un esfuerzo permanente del ancla durante el proceso de anclaje.

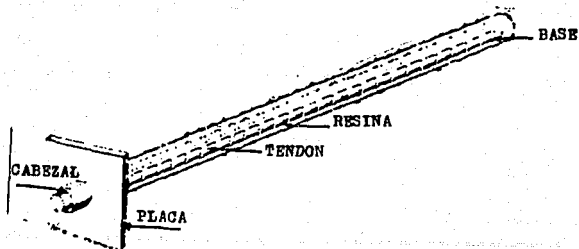
La base del ancla, se encuentra situada en el extremo interno y es usada para fijar el ancla en el medio.

Se utilizan anclas de varilla corrugada de  $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ .  
son de fricción.

#### 4.10 b. INCREMENTO DE SEGURIDAD.

El método de anclaje, gracias a su clara función estática y - control permiten por su eficiencia, obtener una reducción en el número de accidentes y por lo tanto un incremento de seguridad es la verificación de la capacidad de carga de las anclas.

Cuando ésta ha sido tensada y el control permanente del mismo, lo que quiere decir que cada ancla tiene su capacidad funcional de transmitir las fuerzas tensoras requeridas, lo que debe ser verificado en el sitio.



#### 4.10 c. PROCEDIMIENTO DE COLOCACION.

Definido el sitio donde se instalará el sistema de anclaje, se procederá a realizar un barrenado de un diámetro mayor en una pulgada al del ancla que se va a instalar, efectuando el barrenado de 3 a 4 M.

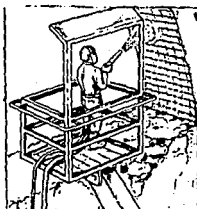
Se coloca en su interior resina epoxica, almacenada en recipientes cilíndricos de plástico, que es un pegamento de alta resistencia, después de llenado el barrenado se introduce una ancla constituida por una varilla corrugada de 1" o 1 1/2" de diámetro, y con un empujador neumático o el equipo utilizado en la barrenación, se coloca el ancla que va acompañada en el extremo, inferior de una placa de 15 X 15 X 0.9 cms. y tuerca de fijación apoyada contra la roca.

#### 4.10 d. CONCRETO LANZADO.

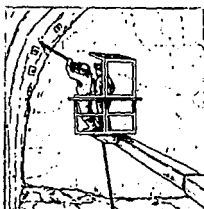
Con el fin de evitar la erosión, la impermeabilización de la roca y problemas de estabilidad en zonas de alto fracturamiento, se aplica un tratamiento de concreto lanzado, con o sin malla de alambre electrosoldada de 10 X 10 X 0.48 cms. (4" X 4" X 3/16) y un  $f_y = 5,000 \text{ Kg/cm}^2$ .

El espesor del concreto varía de 3 a 7.5 cms. de acuerdo a las condiciones de la roca.

El proporcionamiento de concreto será para una  $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ .



CONCRETO LANZADO



ANCLAJE



4.10 e. DRENAJE.

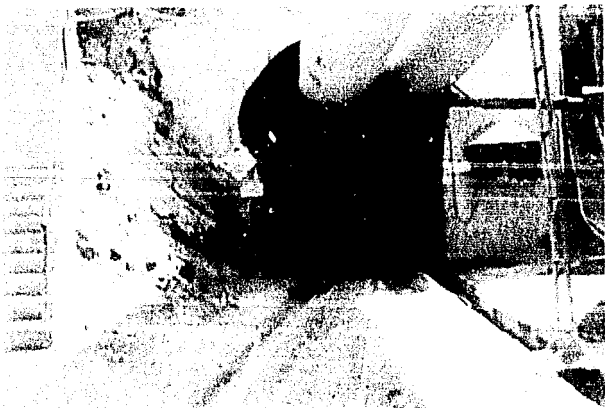
Tiene por objeto eliminar las presiones del agua en el macizo rocoso, así como la presión hidrostática sobre las estructuras.

Los tramos cubiertos con concreto o con mortero lanzado serán drenados con barrenos de  $\phi$  2 1/2 y 4.0mts. de profundidad.

4.10 f. ADEMES.

Los marcos de acero se emplean como soportes de la roca después de la excavación, principalmente en los portales.

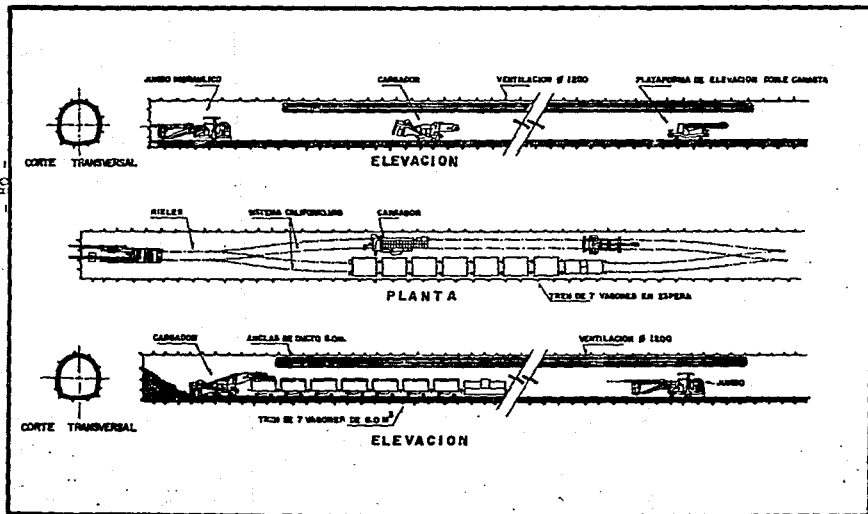
Los marcos deberán colocarse sobre una trabe de concreto, cimbrándose con madera tanto en la bóveda como en los muros, para la ejecución del coledo.



MARCO DE ACERO EN PORTAL DE VENTANA TRES.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

**PROYECTO HIDROELECTRICO ZIMAFAN  
TUNEL DE CONDUCCION  
PROCESO CONSTRUCTIVO**



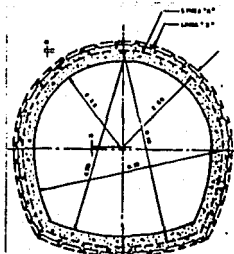
#### 4.11 REVESTIMIENTO DE CONCRETO.

Se ha previsto el recubrimiento principal del túnel en un 95% de su longitud de concreto hidráulico simple y el resto con concreto armado variando su espesor de 20 a 25 cms.; para fabricación de concreto se instalarán cuatro plantas, en las ventanas 1, 3, 4 y 6, además de utilizar las instalaciones en la Boquilla para la obra de toma. En un principio se ha considerado la utilización de tres juegos de cimbras, las cuales pueden incrementarse a 4, dependiendo de los resultados en la excavación, se emplearán para 3,700 mts., - - 6,500 mts. y 5,800 mts.

Respectivamente, se han formado secciones de 6 mts. con segmentos en la clave de 4 partes de 1.5 mts. cada uno, en secciones de dos partes de 3 mts. cada uno y la cubeta de secciones de 6 mts., - el tren de coque estará formado de 10 módulos de 6 mts. cada uno, - para formar un total de 60 mts., en el caso de la cubeta se contará con 11 módulos para dar espacio al movimiento del carro transportador de longitud de 6 mts., localizado dentro del cuerpo de la cimbra, el cual se desplazará sobre rieles, el desplazamiento y movimiento será neumático.

Para afine de la cubeta se contará con 14 carros de 1.0 m. de sección, los cuales estarán accionados con sistemas neumáticos.

Se han programado colados continuos durante 25 días hábiles -- por mes, para obtener rendimientos mensuales de 600 mts.



SECCION DE REVESTIMIENTO

4.11 a. METODOLOGIA PARA EL COLADO DEL REVESTIMIENTO CON MEZCLA HUMEDA.

LIMPIEZA Y TRABAJOS PREPARATORIOS.

Una vez abiertos los frentes y terminadas las excavaciones se procederá a una serie de trabajos preliminares al colado para garantizar una más expedita replización de labores que se desarrollarán una vez instalada la cimbra telescópica. Las actividades que se pretenden efectuar son las siguientes:

- Control topográfico para garantizar la sección mínima requerida a línea A para todo el tramo interesado y en el caso de detectarse subexcavaciones, se procederá a las correcciones oportunas (peines), así mismo se adecuará el eje teórico a lo realmente ejecutado definiendo así el eje de colado del túnel.
- Excavación de la rezaga en piso con pala rezagadora Schaeff.
- Limpieza de piso con chiflón de aire y agua para garantizar una buena adherencia del concreto de reconstrucción de roca.
- Colado de una plantilla de concreto con  $f'c=150 \text{ Kg/cm}^2$  tangente a línea A, así como detallada en las especificaciones técnicas y en el plano del Consorcio No. TC - 1214.

Para lo que se refiere a la ventilación, una vez que los frentes se habrán comunicado se procederá al retiro de toda la manga de ventilación y de los ventiladores que se encuentren en el túnel.

Acabados los trabajos de limpieza y definido el eje de colado del túnel se procederá a la instalación del encofrado metálico, que tiene un largo total de 66 mts. siendo compuesto de 11 tramos de 6 mts.

Para el colado se procederá a bombear el concreto en la bóveda del túnel y debido al gran número de vibradores de contacto previstos éste se distribuirá por gravedad en toda la sección. Para realizar esta actividad, la cimbra metálica está dotada de ventanillas de inspección por las cuales se podrá intervenir para asegurar la

recta distribución del concreto.

El concreto será bombeado de una distancia de 60 a 90 mts. con una bomba sobre ruedas Schwing mod BF2000-23RHDE con capacidad de 50m<sup>3</sup> a 100 mts. con motor de 120 CV, alimentada con una mezcla húmeda apropiada para el bombeo, con un tamaño máximo de agregados de 3/4" y que alcance un f'c=250 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Para el transporte del concreto desde la planta se utilizarán trenes, compuestos de 1 locomotora y 1 mixer de 6m<sup>3</sup> de capacidad cada uno. La producción media diaria será alrededor de 40 m/día que lleva a disponer de una capacidad de bombeo de 17 m<sup>3</sup>/h, ampliamente alcanzable con la metodología descrita.

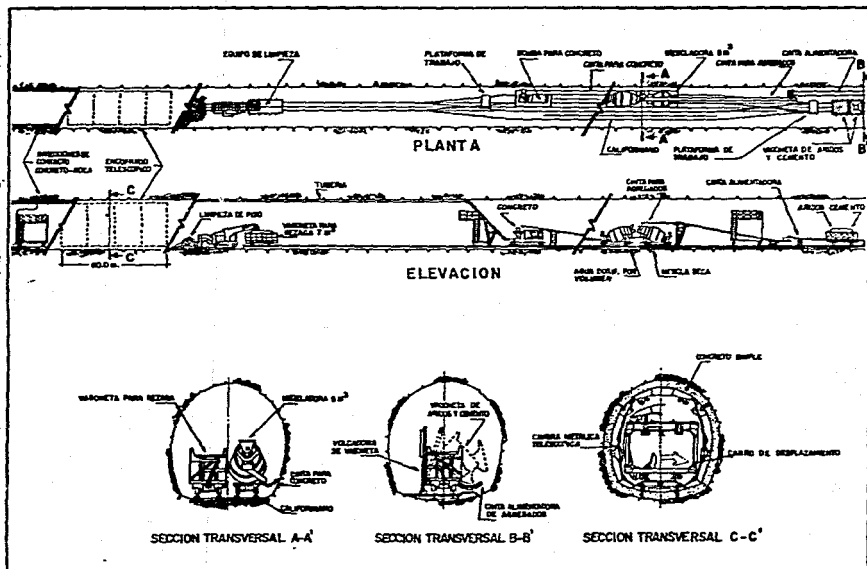
#### 4.11 b. ACABADOS E INYECCIONES.

Retirada la cimbra en el tramo ya colado, se procederá al acabado de las superficies de concreto con el tratamiento de eventuales juntas frías, pequeñas oquedades, que pudieran producirse, para la ejecución de este tratamiento, se respetarán las especificaciones y demás comunicaciones al respecto, consistiendo en una limpieza y remoción del área donde se presente el desperfecto y su reposición con un mortero de oportunas características.

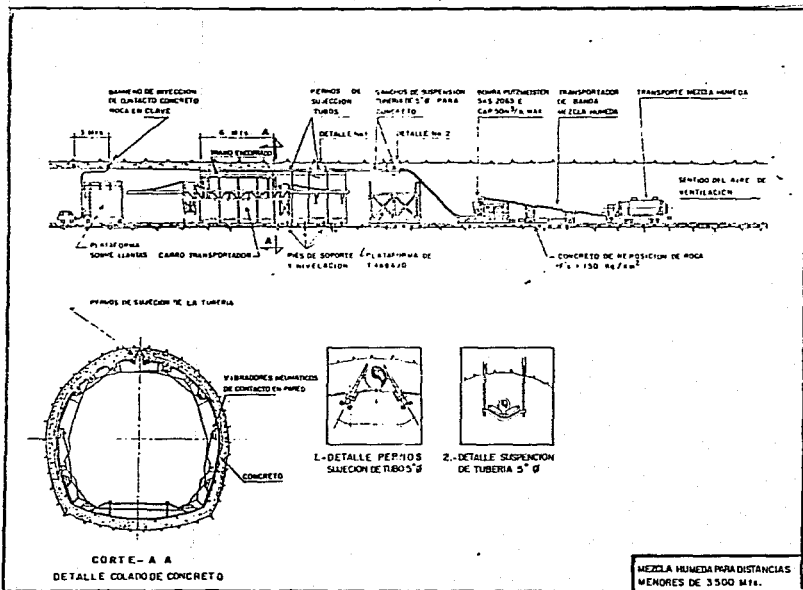
Contemporáneamente se ejecutará la inyección de contacto concreto-roca, ejecutándose cada 3 m. una perforación en la clave con 40 mm., para la inyección se utilizará un mortero apropiado.

Donde sea requerido, se ejecutarán los tratamientos de consolidación, drenaje, etc., que aún no se tienen definidos a detalle.

PROYECTO HIDROELECTRICO ZIMAPAN  
 TUNEL DE CONDUCCION  
 PROCEDIMIENTO DE COLADO



PROYECTO HIDROELECTRICO ZIMAPAN  
 TUNEL DE CONDUCCION  
 PROCEDIMIENTO DE COLADO



## **CAPITULO V.**

### **DESCRIPCION DEL EQUIPO.**



En el equipo que se utiliza en los frentes de la excavación -- del túnel de conducción, se distinguen dos casos: que transita sobre vía y sobre neumáticos.

LOS FRENTES.

V1, V3, V4 y V6 se realizan sobre vía.

CT y V2 se realizan sobre neumático.

5.1 RAYO LASER.

Este equipo es fijo se ubica en la parte media de la sección sobre el lado derecho en el sentido de la excavación, a 70 cms. de la pared es alineado y con la pendiente del túnel, el cual se regula con placas de un orificio al frente de la plantilla de barrenación es marcada tomando como base el haz del rayo laser, sirve como punto de referencia a medida que el frente avanza, el rayo - - laser se traslada a una distancia máxima de 500 mts.

CARACTERISTICAS.

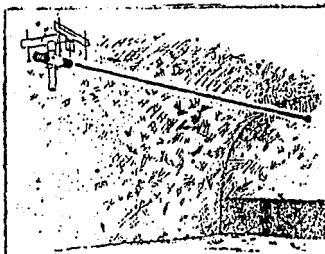
VOLTAJE: 220 VOLTS.

ALCANCE: 500 MTS.

DIAMETRO DEL  
HAZ DE LUZ: 12 MM.

PESO: 5.5 Kg.

MARCA: BRAMALL.



5.2 EQUIPO DE BARRENACION.

5.2 F. JUMBO ELECTROHIDRAULICO.

La barrenación se realiza con jumbo electrohidráulico, para ser cargados con explosivos o colocar anclaje, su tránsito se realiza -- montado sobre rieles o neumáticos, se utilizan dos operadores para -- su manejo.

CARACTERISTICAS.

MARCA: TAMROCK.  
MODELO: PARAMATIC.  
TIPO: H 307 M.

DATOS GENERALES.

PAIS DE ORIGEN: FINLANDIA.  
No. DE BRAZOS: TRES.  
LONGITUD DE BARRAS. 3.20 Y/O 3.80 M.  
VOLTAJE: 440 VOLTS.  
CAPACIDAD MOTOR: 50 H.P.  
CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA  
POR MOTOR: 37.KW.  
ROMBA PARA PERCUSION Y AVANCE: 110 Lts/Min.  
BOMBA PARA RECTACION: 28 Lts/Min.  
BOMBA PARA MOVIMIENTO DE BRAZOS: 16 Lts/Min.  
BOMBA DE ACEITE: 21 K.V.  
PRESION DE AGUA: 10 BAR  
CONSUMO POR PERFORADORA: 35 Lts/Min.  
CONSUMO CICLO DE BARRENACION: 7,000 Lts.



5.2 b. PERFORADORA DE PIEDRA.

Es una perforación manual, es la perforación ejecutada con perforaciones livianas, operadas a mano por el perforista, se utiliza para el instalado de enclaje y colocación de ductos de ventilación y para la colocación de las instalaciones interiores, tubería de -- aire, agua y desagüe.



#### 5.2 c. TIPOS DE BROCAS QUE SE UTILIZAN.

Las brocas son fundamental importancia durante la barrenación de la roca, ya que de ellas depende el buen funcionamiento de la perforación.

Las brocas son de acero y los botones son de carburo de tungsteno que proporciona dureza y resistencia al desgaste.

Los botones se fijan por contracción o presión en frío.

Se efectúan taladros en el cuerpo de la broca, la cual después es calentada y los botones son colocados en posición, cuando el acero se enfría, el taladro se contrae fijando los botones firmemente.

Los botones tienen una configuración redondeada de 8 a 10, en promedio por broca; de 1 y 2 orificios, para inyectar el agua, su elección depende del tipo de roca; entre más fracturada se encuentre o con la presencia de empujes de arcilla se utiliza la broca con más orificios; la roca más compacta requiere menos agua.

#### 5.2 d. CONEXION DE LA BROCA.

La broca está unida a una barra mediante una rosca, que permanece siempre unida a la barra y gira con ella.

#### 5.2 e. BARRA.

La barra es de acero de sección redonda, esta forjada en los extremos de la misma.

Cuando las condiciones de perforación son favorables y la vida útil depende solo del desgaste de las roscas.

El uso de las barras con rosca doble es económico, cuando la primera parte de la rosca se gasta, esta puede ser cortada y la per-

foración puede continuar con la segunda parte de la rosca, la parte no gastada cuando se lleva a efecto el desgaste de las dos roscas - simultáneamente se lleva a un estado en que el acero esta normalmente fatigado, continuar la perforación con una tercera rosca, sería arriesgado por el peligro de roturas o problemas operativos.



BARRA



ROSCA.

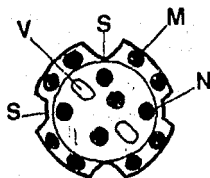
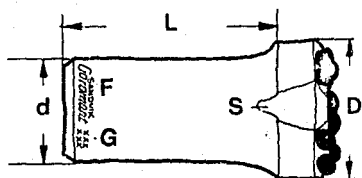


JUMBO ELECTROHIDRAULICO.

La vida útil de una broca este dada en metros lineales y es variable de acuerdo a la dureza de cada tipo de roca que se presenta a lo largo del túnel de conducción.

5.2 f. CONSUMO PROMEDIO DE BROCAS POR FRETE.

TIPO DE FORMACION.	TIPO DE ROCA.	DURACION PROM. M1	CONSUMO M <sup>3</sup> .
DOCTOR.	SALIZA	200 - 220	95
SCYATAL.	LUTITAS	200 - 220	95
TRANCAS.	LUTITAS Y ARENISCAS METAMORFIZADAS.	90 - 120	45



**Brocas de botones**



**Nomenclatura**

- B Longitud del inserto
- B<sub>1</sub> Ancho del flanco
- B<sub>2</sub> Ancho del inserto
- D Diámetro de la broca
- d Diámetro del faldón
- F Marca de fábrica (Sandvik)
- G Código: rosca, dimensión, detalle y fecha de fabricación (7/2: segundo trimestre 1977)
- H Altura del inserto
- K Dado central
- L Longitud del faldón
- M Botón de contorno
- N Botón central
- S Ranuras del detritus
- T Orificio lateral de barrido
- V Orificio central de barrido
- $\alpha$  Angulo de conicidad
- $\beta$  Angulo de incidencia

5.3 EQUIPO DE REZAGA

5.3 a. CARGADOR FRONTAL.

Es utilizado como equipo de carga y acarreo, tienen un cucharón en la parte delantera del tractor, accionándolo por medio de gatos hidráulicos, tienen 4 ruedas, el eje delantero del cargador es el que soporta el transporte de la carga, cuenta con frenos de servicio, son hidráulicos con mecanismos independientes para los ejes delantero y trasero.

El cucharón es del tipo bote reforzado de dientes para excavar y cargar, los dientes tienen la función de facilitar la penetración del cucharón dentro del material.

**CARACTERISTICAS.**

**MARCA:** DRESSER

**MODELO:** H - 120 C

**LONGITUD TOTAL:** 8.55 mts.

**ALTURA TOTAL:** 3.68 mts.

**DISTANCIA ENTRE EJES:** 2.44 mts.

**CAPACIDAD DEL CUCHARON:** 3 M<sup>3</sup>.



5.3 b. PALA REZAGADORA.

La rezaga se realiza con una pala rezagadora que transporta la roca producto de la voladura a vagones.

Su tránsito se realiza sobre orugas o neumáticos.

CARACTERISTICAS.

MARCA: SCHAEFF

TIPO: ITC/112.

DATOS GENERALES.

PAIS DE ORIGEN: ALEMANIA.

MOTOR ELECTRICO: 53 H.P.

CONSUMO ENERGIA: 40 KW

MOTOR DIESEL: 56 H.P.

RENDIMIENTO: 2 M<sup>3</sup>/MIN.

TEORICO. 6 120 M<sup>3</sup>/H.

RENDIMIENTO REAL: 1.5 M<sup>3</sup>/Min. 6 90 M<sup>3</sup>/H.





5.4. ACARREO DE REZAGA.

5.4. a. LCCOMOTORA.

El acarreo de la rezaga se realiza con una locomotora que jala a las vagonetas hacia el frente de la excavación y posteriormente - al patio de tiro, una vez que han sido cargadas las vagonetas.

CARACTERISTICAS.

MARCA: PLYMOUTH  
MODELO: D.M.D.  
TIPO: SOBRE VIA - DIESEL.  
CAPACIDAD: 15 H.O. (15 Ton)  
PAIS DE ORIGEN: U.S.A.

Locomotoras de concepto sólido diseñada especialmente para las conducciones de trabajo en obras de construcciones subterráneas.

Dos motores totalmente encapsulados y montados de manera amortiguada separada en el chasis en posición protegida.

Ruedas de tracción caladas sobre los ejes por expansión hidráulica de sus cubos y dotadas de llantas de acero reemplazables.

Tres velocidades sin resistencia y doce velocidades por regulación reostática.

Tres sistemas de frenado independientes: freno electrodinámico, servo-freno hidráulico y freno mecánico sinfin.



5.4 b. VAGONETA.

CARATTERISTICAS.

TIPO: VCLT30

MARCA: VIGNOZ VALENTE

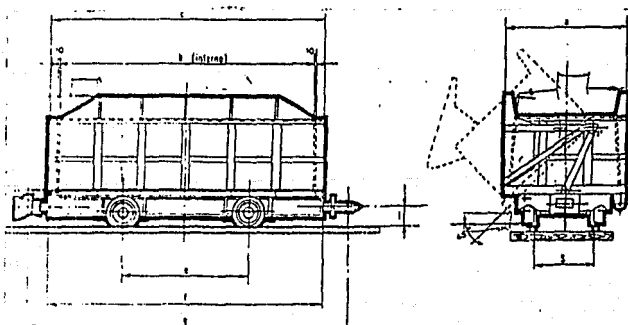
CAPACIDAD: 6 M<sup>3</sup>

LONGITUD: 4.470 M ANCHO 1.20 M., ALTURA 1.35 M.

PAIS DE ORIGEN: ITALIA.

dimensioni d'ingombro (in millimetri)

a	b	c	d	e	f	g	h	H	l	l'	m	n	Ø
1.200	3.400	3.655	Ø 400	1.750	3.900	4.470	1.000	1.800	500	245	1.200	3.020	Ø 14

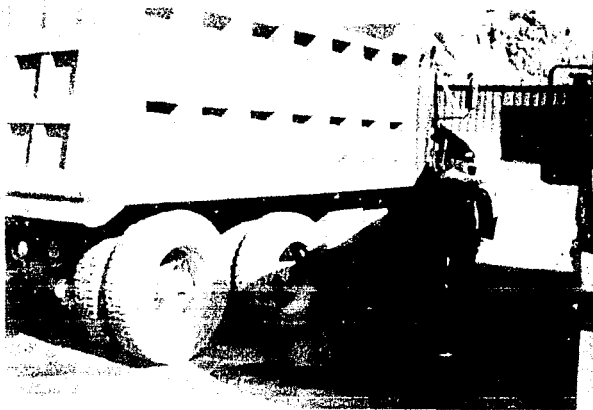


5.4 c. TRACTOCAMION.

Se utilizan camiones para el acarreo de la rezaga para posteriormente llevarla al patio de tiro, constituido por una caja para contenerla, una unidad motora que los transporta.

La caja tiene un mecanismo de volteo que le permite descargar la rezaga hacia atrás.

Tiene una capacidad de 10 M<sup>3</sup>.



### 5.5 SISTEMA CALIFORNIA.

Consiste en dos vías de ferrocarril, una para acomodar los vagones llenos de rezaga y otra para realizar maniobras de tránsito de vagones vacíos.

#### CARACTERISTICAS GENERALES.

ANCHO DE LA VIA 1 M.

PESO DE LOS RIELES 30 Kg/ml.

A medida que la excavación avanza el sistema californiano se - -  
traslada a una distancia máxima de 500 m. del frente.



#### 5.5 a. CICLO DE REZAGA.

a) TRASLADO Y ACCOMODO DE VAGONETA. 1 Min.

b) CARGA. 5 "

c) RETIRO DE VAGONETA.  $\frac{2}{8}$  "

DISTANCIA DEL CAMBIO DE VIA 300 Mt. .

CICLO: 8 Min.

No. DE TOLVAS POR CORRIDA: 6 UNIDADES.

TIEMPO DE CORRIDA. 48 MINUTOS.

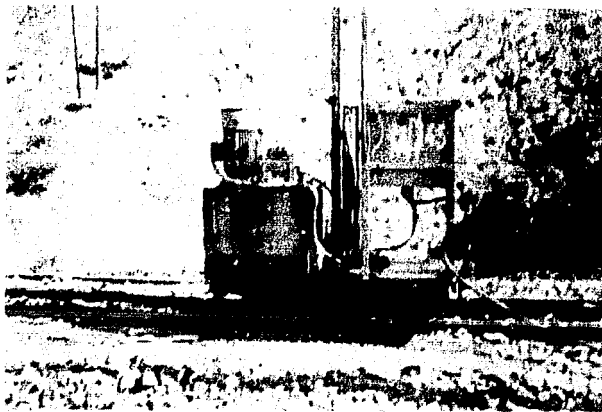
No. DE CORRIDAS. 4

TIEMPO TOTAL DEL CICLO  $4 \times 48 = 192$  Min. 3.12H. prom.

A medida que el cambio de vía se encuentre próximo al frente -  
de excavación el tiempo se reduce.

### 5.6 VOLCADOR DE VAGONETAS.

En el patio de tiro de cada frente en el que el equipo se des-  
plaza sobre vía, se retira la rezaga de las vagonetas, se hace con\_  
un volcador electromecánico este inclina a la vagoneta de la parte\_  
lateral para que la rezaga sea desalojada fácilmente.



5.7 TRACTOR SOBRE ORUGAS.

Se utiliza el tractor sobre orugas para acomodar convenientemente la rezaga en el patio de tiro.

CARACTERISTICAS.

MODELO: CATERPILLAR.

ALTURA PARTE SUPERIOR: 2.44 m.

LARGO TOTAL CON HOJA: 5.56 m.

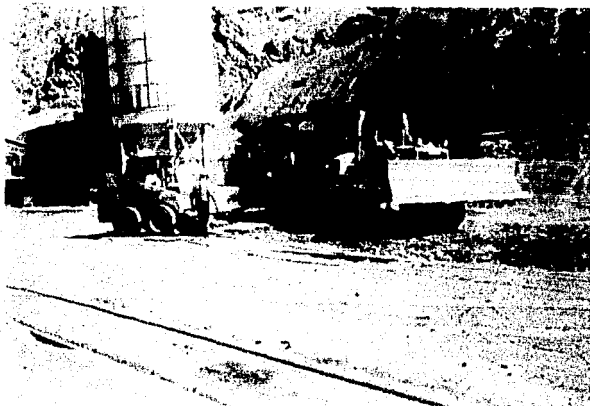
ANCHO DE LA HOJA: 2.54 m.

CAPACIDAD DE LLENADO TANQUE DE COMBUSTIBLE: 488 lts.

POTENCIA: 215 H.P.

PESO DE OPERACION: 24,077 Kgs.

CILINDROS: 6



5.8 EQUIPO DE LANZADO.

5.8 a. ALIVA.

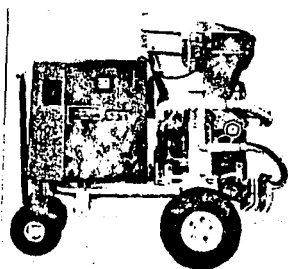
Es una máquina de accionamiento eléctrico para proyectar concreto.

Funciona según el principio de transporte del material seco.

La mezcla será (cemento con arena y gravilla), es llevada por el rotor desde la tolva hasta la cámara de salida. El chorro de aire de la manguera, arrastra el material hasta la pistola de proyección en donde se adiciona el agua.

La aliva es desplazante. El eje trasero, rígido, lleva dos neumáticos y el delantero otros dos. El chasis que es simultáneamente carter del engranaje, tiene las siguientes dimensiones:

ALTURA MAXIMA:	1,550 mm.
ANCHURA MAXIMA:	850 mm.
LONGITUD MAXIMA:	1,650 mm.
PESO:	1,110 Kgs.
MOTOR:	TRIPASICC.
POTENCIA:	7.5 Kw. A 1,460 R.P.M.
MANGUERA:	90 - 120 mm. Ø
GRANULOMETRIA MAXIMA:	50 mm.



APLICACION:

Colocación de un revestimiento de concreto durante la construcción de túneles en condiciones particularmente difíciles, tales como espacios y accesos limitados, pendientes o declives.

Si la maquinaria se desplace sobre neumáticos:

La aliva es alimentada por camiones de volteo, previamente se proporcionó la mezcla seca de cemento, arena y grava, fuera del túnel en un removedor.

Si la maquinaria se desplace sobre vía la aliva es alimentada por una mezcladora.

5.8 b. MEZCLADORA MIXER.

En la mezcladora se realiza la dosificación de los materiales y son transportados por una banda a la aliva, para producir concreto, utiliza ruedas metálicas, una locomotora la lleva al frente -- donde se requiere concreto lanzado.

CARACTERISTICAS.

CAPACIDAD:	6 M <sup>3</sup> .
POTENCIA:	15 CV.
PESO:	4,000 Kgs.
LONGITUD TOTAL:	6.6 M.
ANCHO:	1.1 M.
ALTURA:	1.56 M.





## CAPITULO VI

### PROGRAMACION Y COSTOS.

### 6.1 PROGRAMA DE CONSTRUCCION.

Fue programada inicialmente la excavación del túnel en 25 meses con producciones máximas mensuales de 950 m., después de una reprogramación respetando los fechas de terminación establecidas contractualmente, fué necesario incrementar a 10 el número de frentes de excavación, con lo que se tiene programado durante el mes de mayo de 1992, un máximo de 1,525 m. Una de las condiciones para efectos del programa en el aspecto geológico; en el tramo V1 a obra de toma, se prevé cruzar depósitos volcánicos que requieren de la colocación de ademes metálicos; el tramo V3 a V4, cruza arroyos y cañédas con recerques de agua donde la excavación requiere de tratamientos; el frente V2 a V3 depende del jumbo del frente y las condiciones de rezaga son muy difíciles por las características del túnel crucero.

El frente que termina en la fecha más lejana y se considera crítico es el de V4 a V6 que termina durante el mes de mayo de 1993.

#### EXCAVACIONES.

FRENTE.	LONG.	REND/DIA.	FRENTE.	LONG.	REND/DIA.
OT - V1	1,360	5 - 7.5	V3 - V2	2,016	5.15
V1 - OT	1,700	4 - 7.5	V3 - V4	2,211	5 - 6.5
V1 - V2	3,792	7.5 - 8	V4 - V3	1,430	7.5 - 5
V2 - V1	1,847	6 - 6.7	V4 - V6	2,806	7.5
V2 - V3	820	3 - 6	V6 - V4	2,973	7.5

DIAS LABORADOS POR MES: 24

RENDIMIENTO: EN METROS.

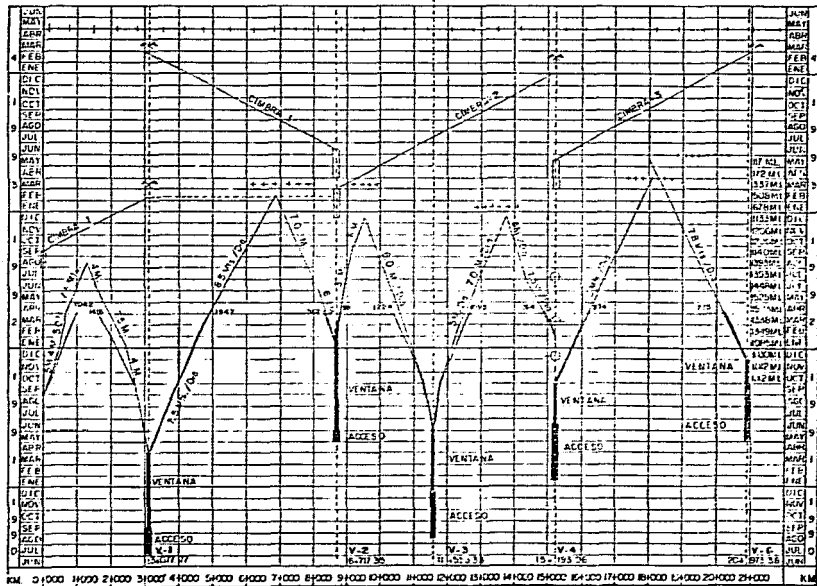
El recubrimiento del túnel se hará con concreto armado en los primeros 500 m. y en las zonas de baja cobertura lateral y vertical, el resto será concreto simple. Aprovechando los accesos por las ventanas se programó la utilización de tres cimbras para alcanzar rendimientos de 600 M./Mes.

Los tratamientos y acabados del túnel, que consisten en construcción de tapones en cruceros, inyecciones de contacto, concreto roca principalmente, se realizarán en 45 días del programa y podrán adelantarse conforme se avance en la colocación de concreto.



3) PRUEBAS U1      EXCAVACION      PROYECTO HIDROELECTRICO ZIMAPAN      □ PREPARATIVOS  
 4) EN OPERACION U1      CONCRETOS      TUNEL DE CONDUCCION      ▲ TERMINACION DE ACT. PROGRAMAS DE OBRA

- 105 -



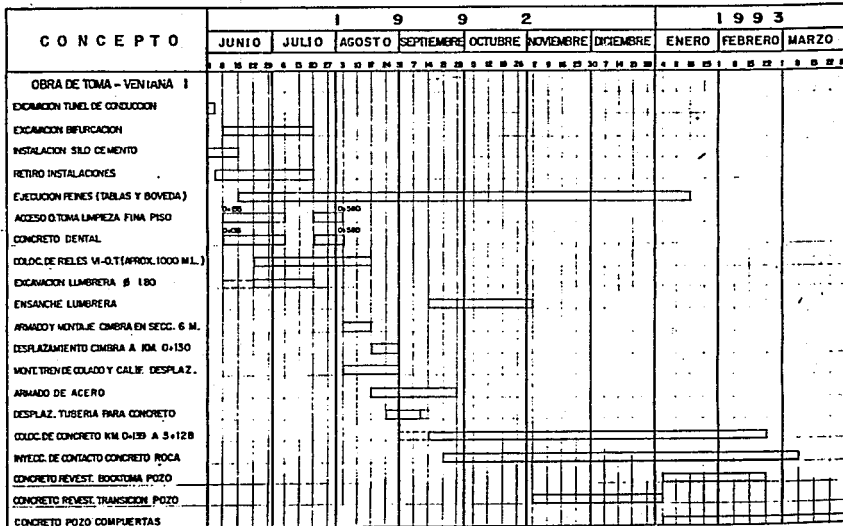
**PROYECTO HIDROELECTRICO ZIMAPAN  
TUNEL DE CONDUCCION  
PROGRAMA DE INSTALACIONES**

PERIODO: NOVIEMBRE 91

CONCEPTO	O DE TOMA	VENTANA 1	VENTANA 2	VENTANA 3	VENTANA 4	VENTANA 6	OBSERVACIONES
<b>INSTALACIONES</b>							
* BODEGA DE MATERIALES							* PROVISIONAL
* TALLER MECANICO ELECTRICO							** INCOMPLETO
* COMEDOR							*** CONTAMINADA
* OFICINAS 1							**** NO INSTALADO
CONSORCIO ZIMAPAN							***** SE ESTA CONSTRUYENDO
DIRAC							
* PATIO DE MANIOBRAS							
* PATIO DE DESCARGA							
* LINEA ELECTRICA							
* AGUA INDUSTRIAL DIRECTA - DEL RIO							
* PIPAS							
* POLVORIN							
<b>TUNEL</b>							
* LUMINACION							
* SERIALIZACION							
* COMUNICACION							INTERIOR
* CAMBIOS DE VIA							INTERIORES Y EXTERIORES TUNEL
* CALIFORNIA							
* LADEROS							INTERIOR DEL TUNEL
* DRENAJES							
* RAYO LASER							
* TRANSFORMADORES							INTERIOR DEL TUNEL
<b>VENTILACION</b>							
* VENTILADORES	V1-V2	V1-O.T	V3-V2			V6-V4	
* DUCTOS		V1-V2	V3-V4	V4-V6			
							EN OPERACION



PROGRAMA DE REVESTIMIENTO  
FRENTE OBRA DE TOMA A VENTANA I  
ESTACION C+139 A 3+128





PROYECTO HIDROELECTRICO ZIMAPAN  
TUNEL DE CONDUCCION  
PROGRAMA DE MAQUINARIA E INSTALACIONES

CONCEPTO	QDE TOMA		VENTANA 1		VENTANA 2		VENTANA 3		VENTANA 4		VENTANA 6	
	PROG	REAL	PROG	REAL	PROG	REAL	PROG	REAL	PROG	REAL	PROG	REAL
<b>EQUIPOS DE BARRENACION</b>												
Jumbo sobre riel			2	2			2	2	2	2	1	
Jumbo sobre neumáticos	1	1			1	2						
Perforadora de pierna	2		2		2		2	3	2		2	
Compresor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Martillo neumático				1				2				
Bomba para extracción		1			2				2		2	
<b>EQUIPO DE REZAGA</b>												
Rezagadora			2	2			2	2	2	1		
Cargador frontal	1	1	2		1	2	2		2	2	1	
Locomotoras	3		5	6			5	4	6	5	3	
Vagonetas	14		25	20			25	23	25	13	14	
Camiones normant 10 tn.					4	2						
Tractor sobre prugas			1	1			1	1	1	1		
Volcador hidráulico				1				1		1		
Ventiladores	1	1	2	4	1	1	2	2	1	1	1	1
Depósito de aire		1		1		1		1			1	
Plataforma acondic.				2				2		2		
<b>BANDA PARA REZAGAR</b>						2						
<b>EQUIPO DE LANZADO</b>												
Planta de concreto			1	1			1	1				
Lanzado de concreto	1		1	1	1	1	1	1	1		1	
Revolvedora de concreto	1		2	1	1	1	1	2	1			
Carro Morán			2	1			2	1		1		
<b>SERVICIOS</b>												
Bomba para alimentación				3				2		1		
Depósitos de agua				1				1		1		
Planta generadora					1	1				1		
Planta movil iluminación												
Planta de soldar				1		1		1		1		
Grúa												
Retroexcavadora								1	1			
Camión - volteo			1	1	1	2	1	1		1		
Sistema california			1	1						1	1	
Bomba para gancción				1				2		1		
Carro minero - grúa								1				
Rayo laser		1		1		1		2		1		1

PROYECTO HIDROELECTRICO ZIMAPAN  
TUNEL DE CONDUCCION  
PROGRAMA DE PERSONAL

CONCEPTO	ODE TOMA		VENTANA 1		VENTANA 2		VENTANA 3		VENTANA 4		VENTANA 6	
	PROG	REAL	PROG	REAL	PROG	REAL	PROG	REAL	PROG	REAL	PROG	REAL
<b>EXCAVACION</b>												
Cabo de excavacion	2	2	4	4	4	2	4	2	4	4	4	2
Operador de timbo	3	4	6	4	3	4	6	10	6	6	3	
Perforista	4			11		1		5			2	
Op. de rezagadora	2		5	4			5	4	5			2
Op. de track-drill		2										
Poblador	6		12	12	6	4	12	10	12	16	6	
Op. de locomotora	7		8	10			8	9	8	6	6	
Ayde. de locomotora	7		6	7		5	6	4	6	8	3	
Op. de camión				1		3		1		2		
Op. de cargador		3			1	5	1				6	
Ayde. poblador	6	4	12	7	6	3	12	10	12	13	6	
<b>SUMA</b>	<b>33</b>	<b>19</b>	<b>53</b>	<b>46</b>	<b>24</b>	<b>23</b>	<b>53</b>	<b>55</b>	<b>53</b>	<b>63</b>	<b>28</b>	
<b>CONCEPTO LANZADO</b>												
Cabo de lanzado			2		2	1	2	3				
Lanzador			2		2	1	2					
Ayde. de lanzado			10	5	10	2	10	5				
Op. de lanzadora			2		2	2	2	1				
Op. de camión		4	2		2	2	2	2	1	1	1	
Compresorista		1						2				
Sobrestante de lanzado								2		1		
<b>SUMA</b>		<b>5</b>	<b>18</b>	<b>5</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	
<b>PATIO DE MANIOBRAS</b>												
Cabo	1		1				1		1		1	
Manoibrista	2		2	1	1		2	2	2	2	2	
Rielero	2		4	3			2		2	3	2	
ayudante	8		8	10	2	1	8		8	5	8	
Op. de tractor			2	1	2	1	3	1	1			
Op. de retroexcavador							1					
Op. de grua		1										
<b>SUMA</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	
<b>MANTENIM. DE EQUIPO</b>												
Jefe de mecánicas			1	1	1	1	1	1	1	2	2	
Mec. de maq. pesada	2		2	2	2	4			2	3	8	
Ayde. de maq. pesada	1		3	2	2				1	3	2	
Mec. de aire com.							1				1	
Ayde. de aire com.					1		1				1	
Jefe de electricistas			1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Electricista	2		2	2	1	2	2	4	2	4	3	
Ayde. de electricista	1		2	1	1	2	2	3	2	1	4	
Soldador			1	2	1	2	1	5	1	4		
Ayde. de soldador			1	1	1	1	2	1		1	2	
<b>SUMA</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>8</b>	
<b>SERVICIOS</b>												
Tomador de tiempo	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	
Bodeguero				2		2		2		2		
Velador	1		1	1	1	1	1	2	1	1	1	
Despachador	2		2		2		2		2		2	
<b>SUMA</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	
<b>INDIRECTOS</b>												
Jefe de ventana	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Jefe de turno	2		1	2	2	2	2	2	2	2	2	
Ayde. de sobrestante	2		2	2	4	2	2	2	3	2	4	
Otros			1		1		3		4		3	
<b>SUMA</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	
<b>T O T A L</b>	<b>56</b>	<b>45</b>	<b>110</b>	<b>92</b>	<b>65</b>	<b>57</b>	<b>103</b>	<b>102</b>	<b>92</b>	<b>110</b>	<b>50</b>	

6.2 EVALUACION ECONOMICA.

EVALUACION DE LAS OFERTAS.

EN LA FECHA DE LAS APERTURAS DE LAS OFERTAS SE PRESENTARON LAS SIGUIENTES EMPRESAS.

- LA NACIONAL COMPAÑIA CONSTRUCTORA, S.A. DE C.V.  
CON UN MONTO DE \$431,842'582,285
- CONSORCIO ZIMAPAN FORMADO POR:  
IMPRESIT - GIRICLA - LODIGIANE, S.P.A.
- DUMEX INTERNACIONAL.
- CONDUK S.A. DE C.V.
- COGEPAR CONSTRUCCION GENERALI, S.P.A.  
CON UN MONTO DE \$492,127'796,528.
- MEXICO COMPAÑIA CONSTRUCTORA, S.A. DE C.V.  
CON UN MONTO DE \$528,005'261,612.
- INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS, S.A. DE C.V.  
CON UN MONTO DE 654,360'440,388.
- DRAGADOS Y CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V.
- AGROVAN EMPRESA CONSTRUCTORA, S.A.  
CON UN MONTO DE \$808,295'374,980.

6.2 a. PRESUPUESTO BASE SEGUN PROYECTO DE C.F.E.

CONCEPTO.	IMPORTE.	/\$
TUNEL DE DESVIO.	7,166	1.36
ATAGUIAS.	7.547	1.43
CORTINA.	138,025	26.14
OBRA DE TOMA.	4,045	0.77
TUNEL DE CONDUCCION.	173,766	32.91
POZO DE OSCILACION.	10,319	1.95
TUBERIA A PRESION.	31,077	5.89
CASA DE MAQUINAS.	28,263	5.35
OBRA DE EXCEDENCIAS.	23,611	4.47
SUBTOTAL OBRAS HIDROELECTRICAS.	423,819	30.27
CAMINO SAN JOAQUIN - CASA DE MAQUINAS - POZO DE OSCILACION.	64,534	12.22
CAMINO PUERTO SALITRE - BOQUILLA.	25,704	4.87
TUNEL DE ACCESO A CORONA DE CORTINA.	10,357	1.96
PUENTES.	3,601	0.68
SUBTOTAL CAMINOS Y PUENTES.	104,186	19.73
IMPORTE TOTAL EN PESOS.	528,005	100.00
IMPORTE EN DOLARES (1) EN MILLONES.	197.3	
COSTO DIRECTO.	369.235	100.00
COSTO INDIRECTO.	110,770	30.00
UTILIDAD.	48,000	10.00

EL TUNEL DE CONDUCCION REPRESENTA EL 32.91 SEGUN EL PRESUPUESTO, REPRESENTA LA OBRA HIDRAULICA MAS CARA.

NOTA: TIPO DE CAMBIO AL 30/01/90: \$ 2,676.00

6.2 b. CUADRO COMPARATIVO DE IMPORTES POR CONCEPTOS DE OBRA EN PESOS.

CONCEPTO	PROPUESTA	LA NACIONAL	IMPRESION	VENIDO	I. C. A.	AFONVA
OBRA DE DESARROLLO	15,029,924,751	11,050,296,982	11,054,722,583	14,713,044,517	12,541,780,297	24,926,278,824
OBRA DE CONSTRUCCION	182,722,994,613	111,487,154,112	99,779,254,681	128,677,779,519	151,462,797,065	186,847,556,973
OBRA DE RECONSTRUCCION	207,251,101,027	111,902,285,714	162,969,765,172	173,784,514,615	222,262,127,752	228,754,261,124
OBRA DE REGENERACION	71,256,276,000	62,156,447,492	82,729,424,149	73,724,129,221	36,140,272,215	112,825,165,621
OBRA DE MANUTENCION	21,122,428,449	21,321,214,686	21,541,424,226	22,611,472,021	26,718,475,172	26,974,712,199
INFRAESTRUCTURA	140,167,172,761	112,742,257,425	111,695,226,406	134,288,820,809	129,224,261,746	177,488,281,514
IMPORTE TOTAL	544,359,867,614	429,342,586,412	497,127,776,575	525,268,750,362	554,260,440,736	777,297,961,127

6.2 c. PORCENTAJES DE PARTICIPACION POR INSUMOS (CONCEPTOS PRINCIPALES).

RESUMEN GENERAL						
INSUMOS	PROPUESTA	LA NACIONAL	IMPRESION	VENIDO	I. C. A.	AFONVA
Materiales	40.2%	42.1%	45.1%	52.2%	51.8%	40.3%
Fuero de Obra	12.8%	12.9%	14.2%	16.2%	22.1%	19.3%
Mano de Obra / Etc.	47.0%	37.9%	36.7%	31.7%	26.1%	40.4%

6.2 d. FACTORES DE SALARIO REAL.

LOS FACTORES DE SALARIO REAL INDICADOS EN LA PROPUESTA BASE -  
Y EN LAS OFERTAS SON LOS SIGUIENTES:

C.F.E.	2.8284
LA NACIONAL.	2.6354
IMPERGILIO.	2.3200
MEXICO.	2.5482
I.C.A.	3.5300
AGROMAN.	4.2685

LAS DIFERENCIAS MAS IMPORTANTES CORRESPONDEN A BONIFICACIONES  
Y SEGURO SOCIAL.

6.2 e. MATERIALES.

MATERIAL	LA NACIONAL.	IMPERGILIO	MEXICO	I.C.A.	AGROMAN.
		(IMPORTE EN MILES)			
ACERO DE RFZO. (TCN)	1,080.79	1,110.00	1,260.00	1,002.73	1,220.00
PLACA DE ACERC A 515 72 GR7D (TCN)	1,400.00	2,388.62	1,614.00	1,167.14	2,541.00
CEMENTO EN SACO (TON)	159.54	162.93	220.00	176.49	165.00

### 6.3. PROGRAMA DE EROGACIONES.

Se anexa a esta evaluación una gráfica del flujo de erogaciones propuestas por los cinco concursantes en sus ofertas.

En esta gráfica se observa que las erogaciones acumuladas semestrales de las Compañías Impergilio y México, son más altas que la de la Nacional, desde los primeros meses debido a que inician el túnel de conducción 6 y 7 meses antes respectivamente, y a que sus costos son más altos.

### 6.4 UTILIZACION DEL EQUIPO.

En términos generales la utilización de equipo y el programa de construcción que presentan las Compañías, La Nacional, Impergilio, I.C.A. y Agroman están balanceados. La Compañía México, no proporciona la suficiente información relativa a la utilización del equipo en el programa correspondiente, por lo que no es posible hacer su evaluación al respecto.

Parte del equipo básico que emplearán las cinco Compañías para la construcción del túnel de conducción, tubería a presión y cortina, no es de su propiedad, por lo que deberán adquirirlo o rentarlo a fin de ponerlo en obra en las fechas estipuladas en sus propuestas, como se indica a continuación.

EQUIPO BASICO POR ADQUIRIR O RENTAR PARA LA CONSTRUCCION DEL  
TUNEL DE CONDUCCION, TUBERIA A FRESICH Y CORTINA.

EQUIPO.

LA NACIONAL.

PUESTO EN OBRA.

1 TUNELERA.

MARZO 91.

5 JUMBS.

JULIO 90 - ENERO 91.

1 TRITURADORA.

JULIO 91.

1 CONTRAOCERA.

SEPTIEMBRE 90.

1 CABLEVIA.

DICIEMBRE 92.

IMPERGILIO.

3 JUMBOS HIDRAULICOS

NO SE ESPECIFICA.

1 ALIFAK

NO SE ESPECIFICA.

MEXICO

2 GRUAS TORRE.

SEPTIEMBRE 90-SEPTIEMBRE 92

7 JUMBOS HIDRAULICOS.

JULIO 90 - SEPTIEMBRE 90.

1 CONTRAOCERA.

MAYO 91.

2 PLANTAS TRITURADORAS Y CLASIFICADORAS.

MAYO 90.

I.C.A.

1 TUNELERA.

NO ESPECIFICA.

1 CABLE-VIA.

NO ESPECIFICA.

1 CONTRAOCERA.

NO ESPECIFICA.

3 JUMBOS.

NO ESPECIFICA.

AGROMAN.

1 TUNELERA.

NO ESPECIFICA.

7 JUMBOS.

OCTUBRE 90

2 CABLE-VIAS.

JULIO 90

1 CONTRAOCERA.

NO ESPECIFICA.

1 TRITURADORA.

JUNIO 90

1 PLANTA DE CONCRETO.

JUNIO 90



### 6.5 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.

La siguiente tabla muestra las diferencias más significativas de los principales conceptos entre el presupuesto base y las ofertas -- presentadas por La Nacional, Impergilio, y México.

#### DIFERENCIAS DE LAS OFERTAS RESPECTO AL PRESUPUESTO BASE C.F.E. (IMPORTE EN MILLONES DE PESOS).

CONCEPTO.	LA NACIONAL.	IMPERGILIO	MEXICO.
TUNEL DE CONDUCCION.			
EXCAVACIONES.	- 46,450	- 23,017	- 38,387
CONCRETOS.	- 18,316	+ 8,802	+ 15,988
ACERO ESTRUCTURAL.	+ 4,010	- 2,663	- 5,040
TRATAMIENTO DE ROCA.	- 19,790	- 19,082	- 2,539
CAMINOS Y TUNELES			
AUXILIARES.	- 19,410	- 8,914	- 3,688

#### 6.5 a. COMENTARIOS A LOS PRECIOS UNITARIOS.

Del resultado del análisis de los puntos anteriores se observa -- que las cinco Compañías presentadas para esta evaluación cumplen en -- general con los requisitos para la construcción de la obra, siendo -- La Nacional la más económica ya que cotiza \$ 60,285,214,243 (13.96%), menos que Impergilio y \$ 96,162,679,327 (22.27%), menos que la México.

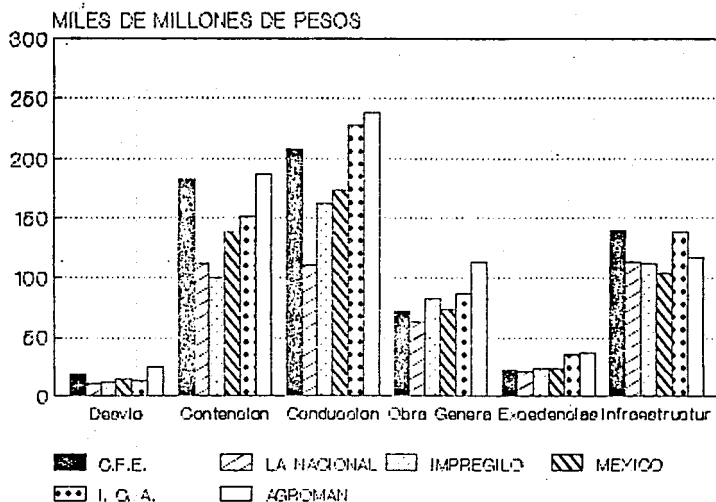
TUNEL DE CONDUCCION. Para la excavación de túneles, La Nacional\_ y el presupuesto base consideran la utilización de tunelera, lo que -- permite ofrecer el precio más atractivo. Sin embargo el rendimiento -- considerado por la contratista se estima alto, por lo cual deberán -- tomarse las providencias necesarias para que en caso de adjudicarse-- le la obra, garantice el costo y tiempo sin perjuicio de la C.F.E.

Impergilio y la México consideran excavación de túneles por el -- método tradicional, motivo por el cual sus costos resultan más altos\_ que La Nacional, I.C.A. y Agroman consideran la excavación del túnel\_

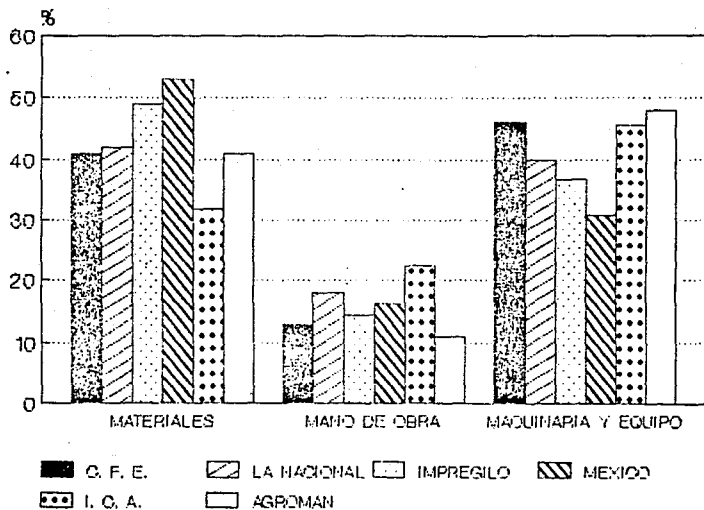
CANTIDADES DE OBRA A EJECUTAR Y COSTOS.

LONGITUD.	TIPO DE SEC.	P. U.				P.U.				TOTAL		
		EXCAVACIONES.		IMPORTE MILLONES.		CONCRETO.		IMPORTE MILLONES.		MILLONES.		
M.		N\$.	DLS.	N\$.	DLS.	N\$.	DLS.	N\$.	DLS.	N\$.	DLS.	
11.340	1	3,644	1,176	41.3	13.33	3,719	1,200	42.1	13.60	83.5	26.94	
630	2	4,191	1,352	2.6	8.85	4,318	1,393	2.7	0.87	5.3	1.73	
1.050	3	4,009	1,293	4.2	1.35	4,690	1,513	4.9	1.59	9.1	2.94	
7,980	4	3,084	1,227	30.3	9.79	4,067	1,312	32.4	10.47	62.8	20.26	
									TOTAL		160.8	51.87

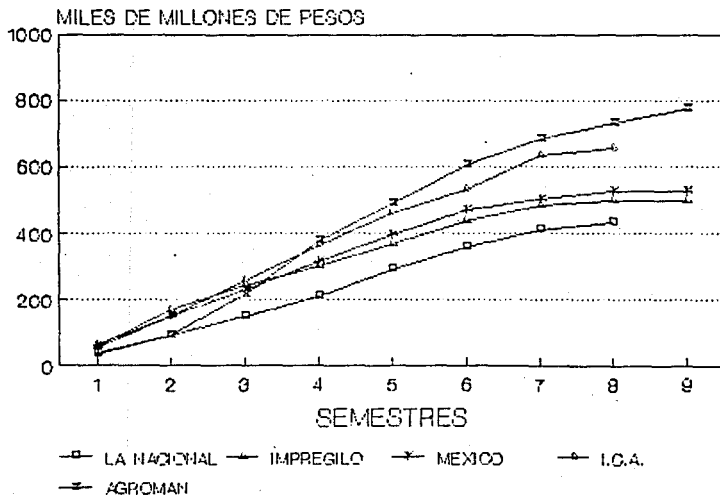
## PROYECTO HIDROELECTRICO ZIMAPAN IMPORTES POR OBRAS



## PROYECTO HIDROELECTRICO ZIMAPAN PORCENTAJES DE PARTICIPACION POR INSUMOS

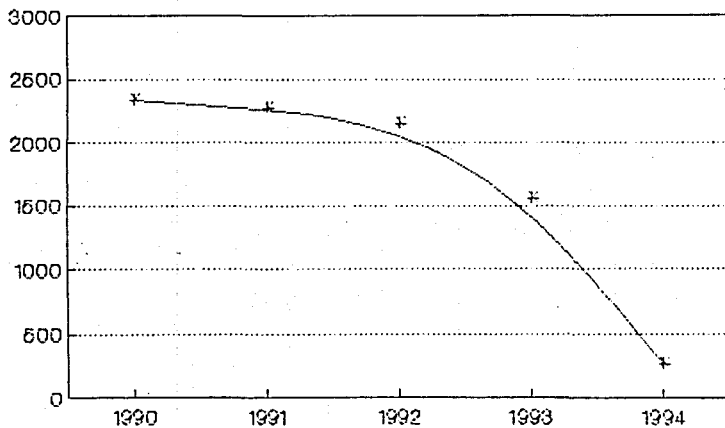


## PROYECTO HIDROELECTRICO ZIMAPAN DIAGRAMA DE EROGACIONES



# PROYECTO HIDROELECTRICO ZIMAPAN

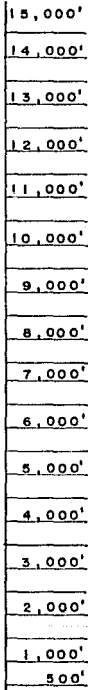
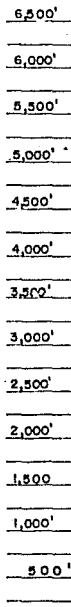
## ANALISIS DE TURNOS OBRERO-MES



PROGRAMA UTILIZACION PROMEDIO MANO OBRA

### ESTADO FINANCIERO

FRENTE: TUNEL DE CONDUCCION  
(NO INCLUYE CAMINOS Y TUNELES AUXILIARES).

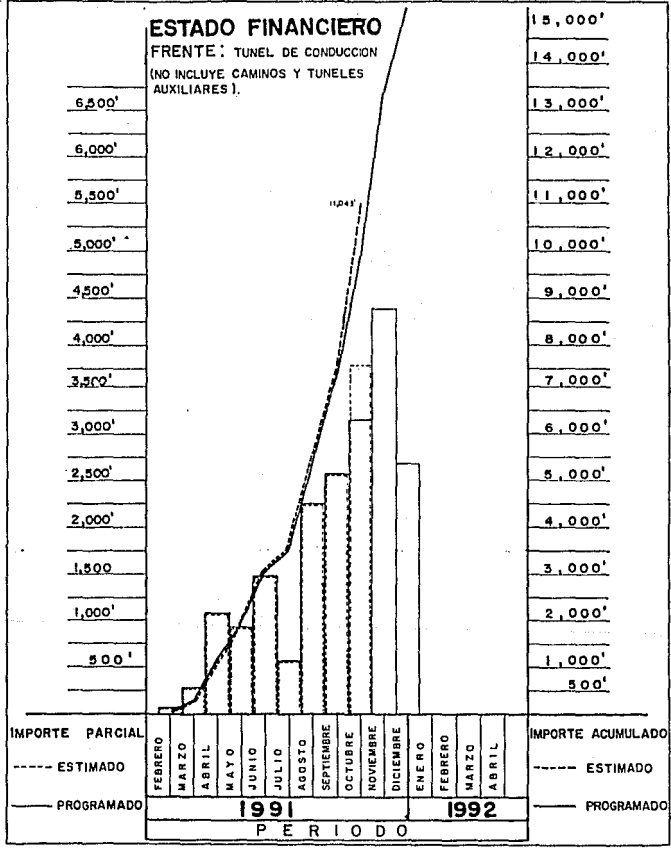


IMPORTE PARCIAL  
- - - - ESTIMADO  
— PROGRAMADO

IMPORTE ACUMULADO  
- - - - ESTIMADO  
— PROGRAMADO

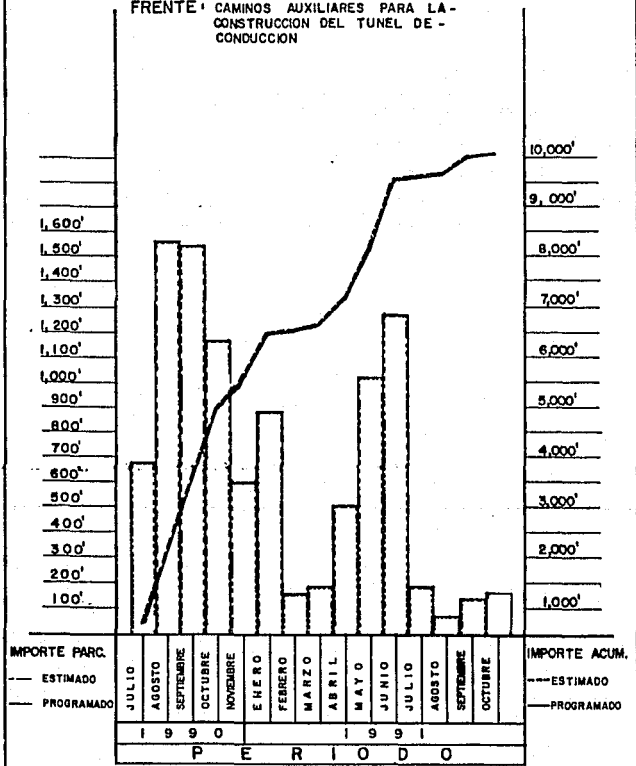
FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
<b>1991</b>											<b>1992</b>			
<b>PERIODO</b>														

11,241



## ESTADO FINANCIERO

FRENTE: CAMINOS AUXILIARES PARA LA  
CONSTRUCCION DEL TUNEL DE -  
CONDUCCION

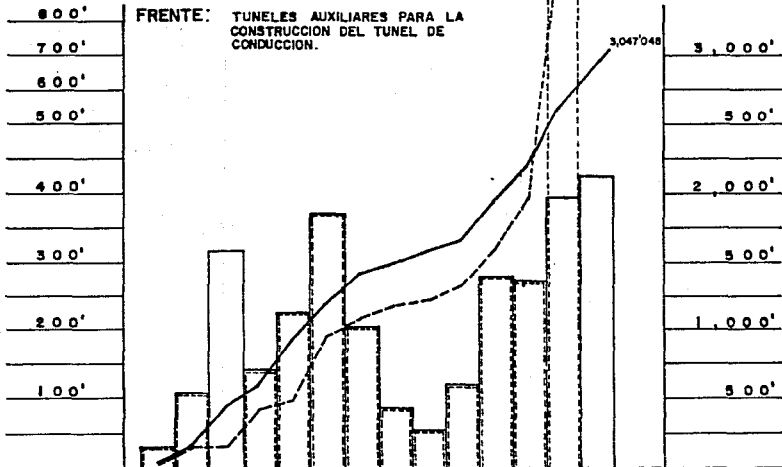




# ESTADO FINANCIERO

FRENTE: TUNELES AUXILIARES PARA LA CONSTRUCCION DEL TUNEL DE CONDUCCION.

13,909,366  
2014,100



IMPORTE PARCIAL

--- ESTIMADO

— PROGRAMADO

OCTUBRE  
NOVIEMBRE  
DICIEMBRE  
ENERO  
FEBRERO  
MARZO  
ABRIL  
MAYO  
JUNIO  
JULIO  
AGOSTO  
SEPTIEMBRE  
OCTUBRE  
NOVIEMBRE  
DICIEMBRE

1990

1991

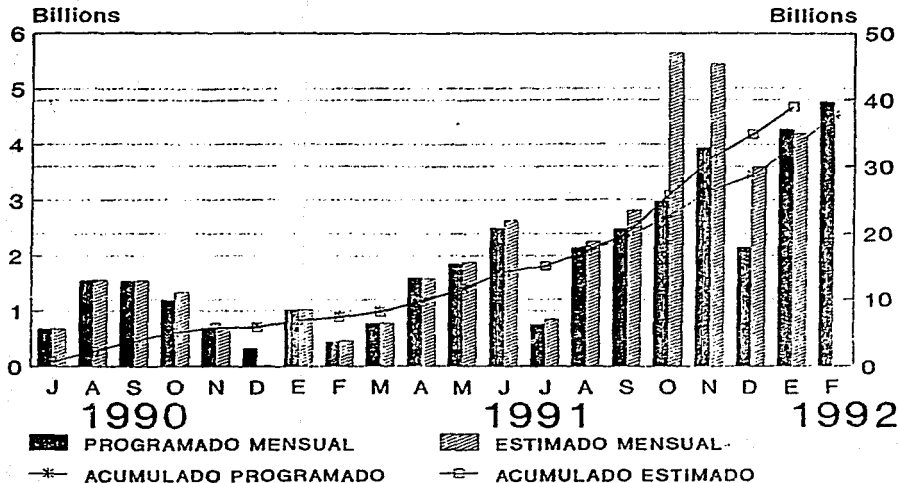
P E R I O D O

IMPORTE ACUMULADO

--- ESTIMADO

— PROGRAMADO

# TUNEL DE CONDUCCION



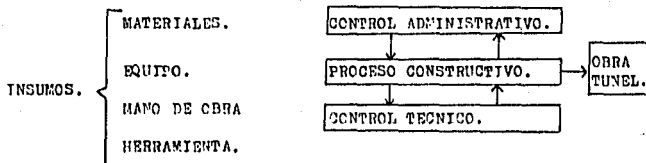
## CAPITULO VII

### CONTROL DE CALIDAD

### 7.1 CONTROL.

Para el desarrollo de la construcción de un túnel, en cualquier material, es indispensable el conocimiento y el dominio de lo que se entiende por control, éste es, la acción de verificar la planeación, diseño, programación y evaluación contra lo ejecutado en los avances de la obra.

En la gráfica se muestra una posible alternativa del mecanismo a seguir dentro de la actividad de control.



### 7.2 CONTROL TECNICO.

En esta parte se trata de corregir o en su caso de auxiliar todos los elementos que de este requieran, como, el caso de maquinaria, proceso constructivo, etc.

#### CONTROL ADMINISTRATIVO:

La principal característica de este evento es llevar en forma equitativa y económica los presupuestos con los avances respectivos de obra.

### 7.3 SUPERVISION.

La supervisión de obras consiste en controlar el desarrollo de la misma para que resulte en el costo, tiempo y calidad establecida.

El control de calidad queda a cargo del supervisor, quién ocupa su atención en esta actividad diariamente, desde la etapa preliminar

al inicio de la obra y durante todo el desarrollo y terminación de la misma.

Para lograr sus objetivos, la supervisión se apoya en lo pactado en el contrato de obra, presupuestos, programas y especificaciones, debe efectuarse principalmente con acciones preventivas, que tienen por objeto evitar resultados no deseados en cualquier parte del proceso constructivo, complementadas con acciones de verificación oportunas y en caso necesario acciones correctivas.

La C.F.E. por medio de su Departamento de Proyectos, establece el nivel de calidad deseado por medio de sus especificaciones, ya que el constructor de obra debe asegurar los requerimientos pedidos.

Se define como nivel de calidad, al conjunto de características cualitativas y cuantitativas que deben satisfacer los materiales, las instalaciones y componentes de la obra en los aspectos de geometría, apariencia, durabilidad, capacidad de carga, etc.

El control de calidad incluye todas las operaciones referentes al muestreo, inspección, y selección de materiales, previos a la ejecución del proyecto, para asegurar que el procedimiento constructivo satisfaga las exigencias del mismo, ya que de ella depende el buen funcionamiento de vida útil de la obra.

#### 7.4 FUNCIONES DE LA SUPERVISIÓN DURANTE LA EXCAVACIÓN.

La supervisión se realiza de manera permanente en cada uno de los frentes de trabajo.

Se controlan las órdenes de ejecución de obra, por medio de, formatos de avance, controles gráficos previamente establecidos y que tienen la finalidad de llevar en cierto lapso, la conclusión de la misma.

Se lleva control del tiempo de inicio y término de cada actividad del ciclo y si es desarrollada adecuadamente, se detectan causas de atraso y se establecen medidas que deban implementarse para solucionarlo

- | CONCEPTO.                             | SUPERVISION.   |
|---------------------------------------|--|
| TRAZO DE LA PLANTILLA DE BARRENACION. | - Se realiza con el apoyo del rayo -- laser y éste se encuentra a una distancia máxima de 500 mts.   |
| BARRENACION.                          | - No se debe barrenar más allá del -- trazo de la plantilla ya que produce sobreexcavaciones.  |
| CARGA Y CONEXION.                     | - Se lleva un registro de la cantidad de explosivos utilizados en la barrenación, así como los accesorios para realizar la voladura.<br>- Se dé tiempo suficiente para retirarse al producirse la voladura.  |
| VENTILACION.                          | - Se realiza de manera permanente y se dá el tiempo necesario para el desalojo de gases.<br>Para los ductos de ventilación.<br>- Deben de localizarse cerca del frente de excavación.<br>- Evitar curvas y recodos.<br>- Darle mantenimiento, remendado, orificios y sellar las uniones. |
| AMACICE.                              | - De preferencia user una máquina, ya que después de la voladura algunas rocas tienden a desprenderse.   |
| INSTALACIONES INTERIORES.             | - Iluminación.<br>- Iluminar todos los lugares de trabajo y caminor de acceso.<br>- Todos los accesorios eléctricos deben estar protegidos contra el agua y la humedad.  |

INSTALACIONES ELECTRICAS.

- Inspeccionar, limpiar y mantener regularmente las instalaciones eléctricas.
- Sujeter los cables y las conducciones por medio de soportes a las paredes del túnel.
- Usar accesorios eléctricos y conexiones adecuadamente diseñadas para todos los cables y tuberías.

VIA.

- Darle mantenimiento a la vía, para evitar descarrilamientos.

BOMBEO.

- Se realice de manera permanente para evitar acumulaciones de agua producto de barrenación y filtraciones que producen enlodamiento, que obstaculizan el tránsito de maquinaria y personal.

MAQUINARIA Y EQUIPO.

- Se lleva el control de las obras - efectivas de trabajo, así como de la maquinaria en reparación.

FUERZA DE TRABAJO.

- Se vigila la fuerza de trabajo para determinar si a la contratista se le exigen los elementos humanos para cumplir con las metas programadas.

TRATAMIENTOS.

- Los tratamientos de soporte del macizo rocoso tienen prioridad sobre la excavación.
- Se cuenten con los insumos necesarios para efectuar el tratamiento requerido.
- Colocación de concreto.
- Se realice con el espesor y zona requerido.

- Se coloquen escantillones para asegurar el espesor.
- Sea curado.

ANCLAJE.

- Se realice en el lugar, cantidad y patrón indicado.

### 7.5 CONTROLES GRAFICOS.

Los programas de trabajo de una manera gráfica representan las condiciones reales de la obra.

Estos elementos se pueden idealizar de diferentes maneras de acuerdo a los factores que se vayan presentando tales como: monto-obra, monto-tiempo, obra-tiempo, recursos-obra, ruta crítica, etc.

Los controles gráficos son de gran utilidad ya que muestran el atraso o el avance de obra con respecto al importe y al tiempo.

De esta manera, el control que se tenga de la obra, estará completo, ya que se ejerce pleno conocimiento de los problemas de la misma, y a la vez, permite la aprobación y rectificación de las actividades que intervienen en la obra.



## **CAPITULO VIII.**

## **CONCLUSIONES.**

La construcción del Túnel de Conducción de 21 Kms. en el Proyecto Hidroeléctrico Zimapán, Hgo., solamente es superado por los 57 --- Kms. del emisor central del sistema del drenaje profundo de la Ciudad de México.

Para la construcción de un túnel se debe contar con los recursos financieros, humanos, maquinaria y la infraestructura requerida, tales como talleres, campamentos, caminos de acceso, etc. para el buen desarrollo del proyecto.

Dentro del sistema hidrológico del Río Pánuco destaca el Río - - Moctezuma, como primer proyecto hidroeléctrico se encuentra Zimapán.

El principal aportador es el Río Tula, ya que los excedentes del área metropolitana son desalojados en él.

Resulta ventajoso geográficamente por su ubicación cercano a la red del sistema eléctrico por su viabilidad de interconexión a las - Plantas de Tula, Hgo. y el Sauz, Qro., su cercanía a la Ciudad de México, lo hacen atractivo, para satisfacer las necesidades de energía de la población y de la industria, ya que se ha firmado el tratado - de libre comercio entre México, Estados Unidos y Canadá.

El Proyecto Hidroeléctrico, contribuirá con 280 MW.

Se realizaron una serie de estudios de factibilidad saliendo -- positivos, determinándose que era posible la construcción del proyec to.

Se sometió a concurso y ganó el Consorcio Zimapán, una serie de Empresas de la que Impergilio S.P.A. es líder y lleva a cabo la construcción, proponiendo para la excavación del túnel el método convencional, debido a la diversidad de la roca, se determinaron cuatro ti pos de secciones de excavación en función de la calidad de la roca.

El empleo de explosivos es fundamental ya que una sobrecarga -- origina sobreexcavaciones, fracturamiento de la roca y caídas, lo -- que atrasa la excavación, ya que se aplicen tratamientos de soporte

del macizo rocoso que tienen prioridad sobre la excavación.

La excavación se dificultó en sus inicios por la limitación de caminos de acceso y la construcción de túneles de acceso o ventanas.

Actualmente hay cuatro frentes de excavación, ya que se han comunicado seis de ellos: V1 con obra de toma, V2 con V3, y V3 con V4. La excavación está por concluir ya que se encuentra al 80%.

La maquinaria que se utiliza en la excavación se clasifica en dos casos, la que se desplaza sobre vía de ferrocarril y la que lo hace sobre neumáticos.

Un ciclo de excavación es variable en lo que a tiempo se refiere ya que pueden ocurrir demoras por descompostura de la maquinaria, descarrilemientos, fallas eléctricas, etc.

Para hacer el ciclo más eficiente hay cambio de vía, para acomodo de vagonetas con rezaga y nichos para almacenar la rezaga.

Las instalaciones anteriores, tubería de aire, agua y desagüe, ducto de ventilación, iluminación y cable de alta tensión, se colocan conforme avence la excavación.

Económicamente el túnel representa el 30% del presupuesto del proyecto.

Las sobreexcavaciones corren a cuenta del Consorcio a menos que sean geológicas en cuyo caso se pagan al 60%.

El control de calidad corre a cargo de la supervisión de ella depende que la obra se realice en el costo, tiempo y calidad establecida, para lograr sus objetivos se apoya en las especificaciones de construcción, contratos de obra, presupuestos, programas, etc.

Se tiene programado terminar a finales de agosto de 1994, todo el proyecto, para ello se trabajan dos turnos de 12 horas cada uno, y en algunas ocasiones por oncena con tres días de descanso, la fecha programada para terminar el túnel es mayo de 1994.

#### BIBLIOGRAFIA.

1. CONSTRUCCION DEL TUNEL DE 21 KMS. DEL PROYECTO HIDROELECTRICO, ZIMAPAN, HGO.  
ED. C.F.E. MEX. 1992.
2. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO, ZIMAPAN.  
ED. C.F.E. MEX. 1989.
3. EVALUACION DE LAS OPORTUNIDADES DEL CONCURSO SDC-GHP 1-02-89.  
ED. C.F.E. MEX. 1989.
4. INFORME GEOLOGICO COMPLEMENTARIO DEL AREA TUNEL DE CONDUCCION, PROYECTO HIDROELECTRICO, ZIMAPAN ETAPA DE FACTIBILIDAD.  
ED. C.F.E. MEX. 1987.
5. LOS EXPLICATIVOS EN LA CONSTRUCCION.  
ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO.  
ED. FUNDEC A.S. MEX. 1990.
6. MANUAL DE PERFORACION EN ROCAS, APLICACION DE LOS UTILES DE PERFORACION.  
ED. SANDVIC COROMANT MEX. 1988.
7. MANUAL DE PERFORACION EN ROCAS, TEORIA Y TECNICA.  
ED. SANDVIC COROMANT MEX. 1988.
8. NUNEL PRIMADENT.  
ED. ENSIGA BICKFORD Y CIA. MEXICANA DE MECANICA PARA MINAS S.A. DE C.V. MEX. 1986.
9. PROYECTO HIDROELECTRICO ZIMAPAN.  
ED. IMPRESIT - GIRIOLA - IODIGIANE MILAN ITALIA. 1989.
10. RESIDENCIA CIVIL FUNCIONES Y ORGANIGRAMA.  
ED. C.F.E. MEX. 1990.

11. DETALINE SYSTEM.  
ED. DUPONT U.S.A. 1987.
12. SEGURIDAD EN EL TRABAJO, EN LA CONSTRUCCION DE  
TUNELES.  
ED. C.F.E. MEX. 1993.
13. SUPERVISION DE OBRAS CIVILES DEL PROYECTO  
HIDROELECTRICO, ZIMAPAN.  
ED. C.F.E. MEX. 1990.
14. SUPERVISION DE OBRAS DE CONCRETO.  
ING. JOSE ANTONIO CORTINA.  
REVISTA CONSTRUCCION Y TECNOLOGIA 1989.
15. SOPORTE Y TRATAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO  
ED. IMPRESIT - GIRIOLA - LODIGIANI MILAN,  
ITALIA 1989.