



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

"ACATLÁN"

COORDINACION DEL PROGRAMA DE INGENIERIA

7425911-3



ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS Y
PROCEDIMIENTOS UTILIZADOS EN LA
EXCAVACION DEL TUNEL ANALCO
SAN JOSE Y RAMAL NORTE DEL
SISTEMA CUTZAMALA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A N
MARCELINO PALACIOS MELLADO

Y

RAUL ROSALES SANCHEZ

M-0028739

Sta. Cruz Acatlán, Naucalpan Edo. de Méx Abril de 1985



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN
COORDINACION DEL PROGRAMA DE INGENIERIA

CI/136/1984

SRES. MARCELINO PALACIOS MELLADO Y
RAUL ROSALES SANCHEZ
Alumnos de la Carrera de Ingeniería Civil.
P r e s e n t e s .

De acuerdo a su solicitud presentada con fecha, 19 de julio de 1982, me complace notificarles que esta Coordinación tuvo a bien - asignarles el siguiente tema de tesis: "Análisis Comparativo de Costos y Procedimientos Utilizados en la Excavación del Túnel Analco San José y Ramal Norte del Sistema Cutzamaia", el cual se desarrollará como sigue:

- Índice.
- Introducción.
- I.- Consideraciones Generales.
- II.- Descripción del Procedimiento Constructivo Utilizado en los Diferentes Tramos.
- III.- Equipo y Maquinaria Utilizada.
- IV.- Ciclos de Operación.
- V.- Costos Directos de los Conceptos Contemplados en la Ejecución de la Obra.
- VI.- Programa General de la Obra.
- VII.- Análisis Comparativo de Costo y Tiempo de Acuerdo al Procedimiento Constructivo Utilizado en los Tramos.
- Conclusiones.
- Bibliografía.

Asímismo fué designado como Asesor de Tesis el señor Ing. - Salvador Díaz Díaz, profesor de esta Escuela.

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

A t e n t a m e n t e ,
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
ENEP - ACATLAN
Acatlan, Pue. de Méx., a 12 de septiembre de 1984.
COORDINACION DEL
PROGRAMA DE INGENIERIA
ING. ALEJANDRO RAMIREZ SECEÑA
Coordinador del Programa de
Ingeniería.

A MIS PADRES:

SR. JOSE CARMEN ROSALES LARIOS

SRA. TRINIDAD SANCHEZ MIRANDA

Gracias por todo el apoyo y cariño
que me brindaron para poder conclu
ir mi carrera de Ingeniero Civil.

A MIS HERMANDOS:

TERESA, GABINO, CERVANDO, ANTONIO, OLGA,
DR. FELIX, RAMON, LUIS Y CARMEN.

Que me brindaron su apoyo y cariño.

A MIS TIOS:

Gracias por sus consejos.

A MIS MAESTROS:

Gracias por sus enseñanzas.

A MIS AMIGOS:

Gracias.

SRITA. MA. DEL CARMEN HERNANDEZ VILLAFANA

SRITA. MA. ELENA MAGALLON CEJA.

ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS Y PROCEDIMIENTOS UTILIZADOS EN
LA EXCAVACION DEL TUNEL ANALCO-SAN JOSE Y RAMAL NORTE DEL SIS
TEMA CUTZAMALA.

INDICE

INTRODUCCION

- CAPITULO 1. CONSIDERACIONES GENERALES
- 1.1. Localización
 - 1.2. Datos básicos de construcción del proyecto.
 - 1.3. Características geológicas de los tramos.
 - 1.4. Obras necesarias para el inicio de actividades.
- CAPITULO 2. DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO --
UTILIZADO EN LOS DIFERENTES TRAMOS.
- 2.1. Descripción general de excavación en los tramos.
 - 2.2. Procedimiento constructivo utilizado en el --
tramo 0+000 - 16+000 correspondiente al túnel
Analco-Sn. José.
 - 2.3. Procedimiento constructivo utilizado en el --
tramo 0+000 - 3+279.09 correspondiente al túnel
Ramal Norte.
 - 2.4. Procedimiento constructivo utilizado en el --
tramo 3+279.09 - 12+569.25 correspondiente al
túnel Ramal Norte.
- CAPITULO 3. EQUIPO Y MAQUINARIA UTILIZADA.
- 3.1. Excavación.
 - 3.1.1. Equipo de ventilación
 - 3.1.2. Equipo de aire comprimido.
 - 3.1.3. Equipo de bombeo.
 - 3.1.4. Equipo de acarreo y transporte
 - 3.1.5. Equipo eléctrico.
 - 3.1.6. Equipo para lanzado de concreto.

CAPITULO 4. CICLOS DE OPERACION.

4.1. Ciclo de excavación.

CAPITULO 5 COSTOS DIRECTOS DE LOS CONCEPTOS CONTEMPLADOS
EN LA EJECUCION DE LA OBRA.

5.1. Excavación (m1)

CAPITULO 6 PROGRAMA GENERAL DE LA OBRA.

CAPITULO 7 ANALISIS COMPARATIVO DE COSTO Y TIEMPO DE ACUER
DO AL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO UTILIZADO EN -
LOS TRAMOS.

CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFIA.

INTRODUCCION

Debido al crecimiento demográfico en el Area Metropolitana que crece a razón de 600,000 habitantes cada año, el abastecimiento de agua potable es cada vez más insuficiente.

Hasta la fecha la demanda de agua generada por este crecimiento ha sido cubierta por medio de pozos en los valles de México y Lerma.

Para continuar satisfaciendo esta demanda ya no es conveniente perforar más pozos ya que los hundimientos en el Area Metropolitana alcanzan hasta 9 metros en lo que va del siglo, por otra parte las grietas que han aparecido en ambos valles, exigen detener este proceso de deterioro ecológico. Por esta razón fué necesario buscar nuevas captaciones en otras cuencas. Después de analizar las posibilidades de captación en cerca de 15 cuencas, se decidió seleccionar la cuenca del río Cutzamala, como la más conveniente para el abastecimiento a partir de 1982.

Un aspecto fundamental de esta selección de cuencas fué el respetar los usos locales presentes y futuros, de modo que solo se transportaran las excedencias para no afectar el desarrollo de las regiones donde se capta el agua.

El proyecto Cutzamala, actualmente en construcción permitirá no sólo abastecer el Area Metropolitana sino también cancelar algunos pozos en las zonas más afectadas del Valle de México.

El proyecto consiste en captar 19 metros cúbicos por segundo, de agua de las presas Villa Victoria, Valle de Bravo y Colotlán, ya construídas, y construirán dos presas más para captar las filtraciones de la Presa El Bosque y algunos arroyos altos cerca de un lugar conocido como Chilesdo.

Esta agua será conducida hasta el Area Metropolitana de la ciudad de México mediante 6 plantas de bombeo, 2 tuberías de concreto presforzado de 90 kilómetros de longitud y 2.50 metros de diámetro cada una, 4.5 kilómetros de tubería de acero de 3.10 metros de diámetro con espesor de 1.5 pulgadas, 2 túneles

con longitud total de 38 kilómetros con diámetro de 4 metros y un canal cubierto de 9 kilómetros de longitud.

El agua será purificada en una planta potabilizadora que se ubica antes de la última planta de bombeo, con 6 módulos que podrán producir 4 metros cúbicos por segundo, cada uno. De esta manera se tendrá una reserva para en caso de que ocurran fallas.

Para permitir la construcción y operación de las obras, se construyeron 160 kilómetros de caminos de acceso y operación.

La altura que el agua será elevada desde la captación más baja (presa Colorines) hasta la cima de la sierra que divide las cuencas de Cutzamala y Lerma, de donde ya escurrirá por gravedad, es del orden de 1100 metros.

La primera fase del proyecto capta 3 metros cúbicos por segundo de la presa Villa Victoria. Esta fase inició su operación en mayo de 1982 y alcanzó un costo aproximado de 3200 millones de pesos.

La segunda fase captará 6 metros cúbicos por segundo de la presa Valle de Bravo. Esta fase iniciará su operación en diciembre de 1984 y tendrá un costo aproximado de 5500 millones de pesos.

La tercera fase captará 8 metros cúbicos por segundo de la presa Colorines, a donde llegan las aguas provenientes de El Bosque. Esta fase iniciará su operación en octubre de 1985 y tendrá un costo aproximado de 3900 millones de pesos.

La electrificación de las plantas de bombeo se hará por medio de una subestación que tomará la tensión a 440 kv. de las líneas provenientes de Infiernillo, de donde saldrán líneas de 115 kv por cada una de las plantas de bombeo. Estas obras serán construídas por la Comisión Federal de Electricidad. En cada una de las plantas de bombeo se instalarán subestaciones para transformar la tensión a 13.8 kv que será la alimentación para los motores instalados.

Además del agua demandada por el crecimiento poblacional del Area Metropolitana, ésta demandará entre 1981 y el año 2000, --

17 metros cúbicos por segundo para sustituir esta cantidad que por diversas causas ya no se obtendrá (10 M3/seg. cancelados - dentro del Valle de México, 1 M3/seg. cancelado dentro del valle de Toluca e Ixtlahuaca y 6 M3/seg. que abastecerán a las - poblaciones en desarrollo en éstas zonas). Estas acciones han sido previstas a partir de la introducción de agua de nuevas - fuentes externas al valle de México.

En todos los casos se consideró la factibilidad hidrológica, sanitaria, técnica en general, política, económica y financiera. La conclusión final a que se llegó, fué que el abastecimiento futuro del Area Metropolitana debería provenir de las partes altas de las cuencas de los ríos Cutzamala, Amacuzac y Tecolutla. Los proyectos que se construyan en estas cuencas - alcanzarán hasta el año 1993 o más allá del año 2000, dependiendo del crecimiento demográfico del Area Metropolitana. Los caudales posibles de obtener son 19, 13 y 22 M3/seg. respectivamente.

En general el proyecto consistirá en; presas de almacenamiento y derivadoras, plantas de bombeo, canales, tuberías a - presión de acero y de concreto presforzado, túneles, tanques - de oscilación, tanques de sumergencia, cajas rompedoras de presión, tanques de regulación y planta potabilizadora. Todas estas obras están localizadas a lo largo de unos 150 kilómetros de longitud de sus líneas de conducción, desde el inicio en el vaso de Colorines hasta la entrada del agua en bloque a la salida del túnel Analco-San José, para su posterior distribución al Estado de México por los túneles del norte, y al Distrito - Federal por los túneles del Sur.

El objeto de esta introducción es de dar una breve explicación del sistema y a la vez ubicar la posición que tiene el tramo de conducción que son los túneles Analco-San José y Ramal Norte, de los cuales se tomarán los datos necesarios para la elaboración del trabajo "Análisis comparativo de los procedimientos constructivos utilizados en la construcción de los - túneles Analco-San José y Ramal Norte, de los cuales haremos -

comparación de costo, tiempo y equipo de los conceptos de ---
obras más importantes como son;excavación y adémado primario.

Se resumen los resultados en una tabla mencionando las --
ventajas y desventajas de cada procedimiento utilizado para ca
da concepto.

NOTAS:

Los costos de los materiales y mano de obra que se
consideraron para la elaboración de este trabajo,
son del año 1979.

Para actualizar los costos de los materiales y ma-
no de obra; se les deberán incrementar el porcenta
je de aumento hasta el año en curso.

CAPITULO 1
CONSIDERACIONES GENERALES

La construcción de un túnel es siempre un problema complejo - que requiere de una metodología en los siguientes conceptos:

- 1.- Un estudio geológico completo.
- 2.- Una clasificación adecuada de las calidades del terreno a excavar y revestir.
- 3.- La tipificación de los procesos de avance y consolidación.
- 4.- Los procedimientos constructivos tanto de excavación como de revestimiento.
- 5.- La evaluación de los tiempos en los ciclos generales de - avance.
- 6.- La evaluación de los costos en función de los terrenos ex cavados.
- 7.- El programa de construcción.

Si analizamos cada uno de estos puntos veremos que en ver dad son determinantes para el buen desarrollo del proceso --- constructivo de la obra, por ejemplo:

El estudio geológico nos sirve para definir las caracte--- rísticas de los terrenos a atravesar por el túnel, es lo que nos indica como se va a comportar el terreno cuando se halla excavado y como van a actuar las fuerzas de acuerdo a la es--- tructura del terreno. Además de que nos indica el procedi--- miento de excavación para obtener los mejores resultados en - cuanto a seguridad, tiempo y por consecuencia economía.

En lo que se refiere a las calidades mecánicas del terre- no es importante conocerlas por la tendencia a mecanizar los procesos constructivos que implica elevadas amortizaciones -- del equipo especializado. Por lo que debe conocerse con cier ta precisión las calidades intrínsecas de los terrenos y sus dificultades específicas, para no reducir los rendimientos o bien preverlos cuando se presenten terrenos difíciles.

De esta manera, los actuales constructores de túneles, necesitan conocer con mayor detalle posible, los datos mecánicos de los terrenos que tienen que atravesar, para poder programar la obra y decidir de acuerdo a su experiencia y sus conocimientos peculiares de la geológica. Las circunstancias en que se habrán de desarrollar las labores de excavación y revestimiento. Con ello podrán eliminar la mayor parte de casos imprevistos y poder realizar su trabajo, dentro del orden de la magnitud del plazo y presupuesto fijado.

En consecuencia, está justificado que desde hace cierto tiempo se hayan venido clasificando los terrenos de una determinada obra subterránea, según clases o grados de calidad más o menos convencionales pero siempre de un objetivo común, consistente en la definición de su estructura mecánica y sus dificultades para poder conocer la importancia de ellas y actuar en consecuencia con la técnica adecuada.

Existe cierta clasificación convencional que en conjunto con unos diagramas de estabilidad de los terrenos, deducidos de la observación de numerosos casos experimentales, se puede determinar el tiempo que puede soportar cualquier terreno después de que es excavada la sección sin que se produzca un colapso.

Este fenómeno es debido a que inicialmente la resistencia al corte de la mayor parte de los terrenos supera a los esfuerzos tangenciales que se presentan en la zona excavada, retrasando su descompresión y por consiguiente el peligro de falla.

Esta circunstancia nos permite disponer de un intervalo de tiempo dentro del cual hay que sostener el terreno antes de que la zona próxima al hueco se descomprima y se derrumbe. El tiempo que dura dicho proceso es variable...

pero siempre dependerá de las características mecánicas del terreno, principalmente de su cohesión, su ángulo de fricción interna y su grado de humedad, así como las dimensiones geométricas de la sección, especialmente la longitud de avance sin proteger.

Para una facilidad de interpretación de los estudios efectuados en un caso particular, vamos a definir a continuación y de una manera genérica, las calidades específicas exigidas a un terreno para incluirlo dentro de una clase determinada.

TIPO DE TERRENO: Muy bueno

Se incluye dentro de esta clase los terrenos de características ideales para ser excavados. Constituye este grupo las rocas homogéneas de baja dureza, estructura monolítica o no diaclasada y enteramente exentas de agua.

TIPO DE TERRENO: Bueno.

Son rocas que litológicamente difieren de las anteriores por su dureza y rigidez, y que resultan algo más desfavorables que aquellas para perforación y arranque.

Constituyen estas rocas un conjunto que aunque diaclasado y con pequeña presencia de agua (goteo), se encuentra bien orientado el corte (a cortabanco) y formado por bancos rocosos de potencia apreciable. Se pueden asimilar a esta clase los tramos de cuarcitas masivas, dispuestas verticalmente y con rumbos sensiblemente normales a las direcciones del avance.

TIPO DE TERRENO: Malo.

Lo constituyen los terrenos de fácil meteorización y bajo coeficiente de rozamiento interno, que tienen que ser rápidamente reforzados y protegidos para que no se entumescan y originen empujes desfavorables.

Partiendo de una correcta clasificación de los terrenos a excavar se puede definir la magnitud e importancia de las previsiones que habrían de ser adoptadas en la ejecución de los túneles.

La tipificación de los procesos de avance y consolidación del túnel es necesaria para evitar los imprevistos que se -- presenten.

Por esta razón, en todas las obras subterráneas modernas bien planificadas se programan con todo detalle, el complejo de operaciones constructivas que van a realizarse, se analizan con la mayor precisión posible las características estratigráficas, litológicas e hidrológicas de los terrenos que - se hacen precisos atravesar, y, finalmente se tipifican las etapas de excavación, y las labores de refuerzo y consolidación que puedan resultar necesarias.

Es muy importante obtener una velocidad media de avance a un costo razonable, al mismo tiempo que una completa garan--tía en la seguridad del personal operario y en la estabili--dad mecánica de la sección de corte.

En este sentido hay terrenos que por su bondad permiti--rían el avance casi sin ningún refuerzo, pero hay algunos - terrenos que requieren que se les coloquen marcos metálicos y concreto lanzado, este trabajo se lleva bajo un mismo proceso constructivo que solo varía con la separación lineal a que se colocan los marcos metálicos y la profundidad de los anclajes.

Los sistemas constructivos en los trabajos de excavación son función de numerosas variables y entran de lleno en el campo de acción del contratista especializado.

Aquí tratamos solamente de exponer la necesidad de coordi--nar las operaciones de avance en excavación para que las la--bores que resulten necesarias sean muy semejantes al ejecu--tarlas, siguiendo un procedimiento de ciclos repetidos; es - el caso de un túnel de amplia sección transversal y gran de--sarrollo lineal para un terreno difícil.

La operación de avance tipo, se ejecuta en todo el largo

del túnel y consta de las siguientes labores para cada ciclo de avance:

- a).- Diseño del diagrama de barrenación conforme al terreno encontrado.
- b).- Perforación de los barrenos y carga de los mismos.
- c).- Disparo y ventilación.
- d).- Remoción de la roca volada.
- e).- Refuerzo de la sección avanzada, con la ejecución de anclas, marcos metálicos, etc. según los casos.
- f).- Consolidación de la sección con concreto lanzado.
(en caso de requerirse)

Con este proceso de avance sistemático se calcula el tiempo de duración de cada ciclo y su costo en función de los terrenos excavados.

De los procedimientos constructivos tanto de excavación como de revestimiento, comprende una cierta metodología de acuerdo a que tan especializado es el equipo que se utiliza en cada una de las actividades de excavación y esto nos da unos resultados de avance, además de las condiciones naturales del terreno que anteriormente se explicaron.

Finalmente la evaluación de los tiempos en los ciclos generales de avance, y de los costos en función de los terrenos excavados, es ya una aplicación numérica y permite llegar a establecer los avances diarios para cada tipo de terreno y su respectivo costo, ya que todos los trabajos están tipificados y controlados.

De aquí que se pueda estimar con buena precisión el tiempo y costo de ejecución previendo a detalle los posibles obstáculos.

1.1 LOCALIZACION

El proyecto contempla tres túneles con las siguientes características generales.

Analco - Sn. José

Túnel de sección herradura con una longitud de 16 km. con diámetro de 4.10 m y una pendiente de 0.00067.

Ramal Norte

Túnel de sección herradura con longitud de 12.570 Km. con diámetro de 4.10 m y una pendiente general de 0.002.

Ramal Sur

Túnel en proyecto, no tratado en este trabajo por no quedar aún definido el trazo, por problemas geológicos y topográficos.

El túnel Analco-Sn. José parte del portal de entrada localizado en el pueblo Santiago Analco en el Edo. de Méx., atravieza esta región hasta llegar a la lumbrera # 1 recorriendo una longitud de 3,312 m.

El portal de entrada y la lumbrera 1 estan ubicadas en la cuenca del Lerma, para atravesar esta cuenca a la cuenca del Valle de México tendrá que cruzar la Sierra de las Cruces hasta unirse con la lumbrera 2. La lumbrera 2 esta cerca del barrio de Agua Bendita en el municipio de Huixquilucan, este tramo tiene una longitud de 7087.349 m. La lumbrera 2 se une con la lumbrera # 3 con una longitud de 3739.431 m al norte del poblado Dos Ríos en el mismo municipio. El tramo final de este túnel mide 1861.22 m. Parte de la lumbrera 3, atraviesa el pueblo de Dos Ríos, y llega a su punto final, portal de salida, ubicado en el paraje denominado San José.

Es conveniente mencionar que las lumbreras 1 y 2 fueron excavadas cuando estuvo en construcción el acueducto Lerma y viendo la posibilidad de utilizarlas para la construcción de este túnel, se ampliaron para poder introducir el equipo.

Por eso es que a partir de la lumbrera 1 hasta la lumbrera 3 el túnel Analco-Sn. José sigue en línea paralela al eje del túnel Lerma, con una separación horizontal de 19 m y una separación vertical de 35 m.

El túnel Ramal Norte tiene su punto de partida en la lumbrera 3, y llega al punto final que se encuentra en el barrio La Rosa, al oriente del poblado Santiago Tepatlaxco Edo. de México.

Para su construcción, este túnel se dividió en 5 tramos denominados en orden consecutivo de la forma siguiente:

- Tramo 1 - La Mina
- Tramo 2 - La Magdalena
- Tramo 3 - El Olímpico
- Tramo 4 - Loma Colorada
- Tramo 5 - Santiago

El tramo 1 tiene una longitud de 1699.956 m tiene origen en la lumbrera 3 y termina en una mina de arena abandonada.

El tramo 2 tiene una longitud de 3158.279 m tiene origen en la misma mina y termina en el pueblo de Magdalena Chichicapa municipio de Huixquilucan.

El tramo 3 inicia en este mismo pueblo y termina en la propiedad caminal el Olímpico, con una longitud de 2111.979 m cerca de este frente cruza la carretera Naucalpan-Toluca aproximadamente en el km. 13.5

El tramo denominado "Loma Colorada" tiene origen en la propiedad comunal el Olímpico y termina cerca del pueblo de Loma Colorada.

Finalmente tenemos el tramo 5 que se inicia cerca de Loma Colorada y termina en el barrio La Rosa perteneciente del pueblo de Santiago Tepatlaxco con una longitud de 5,599.786 m.

El túnel dará servicio en la zona norte de la Cd. de México y a los poblados del Edo. de México que limitan con el D.F. en esa zona.

El Túnel Ramal Sur

Tiene origen en el portal de salida del túnel Analco-San José y conducirá el agua a su punto final localizado en el -- Cerro del Judío. Para su posterior distribución al sur de la ciudad de México.

NOTA: NO SE DA UNA EXPLICACION A DETALLE DE LA LOCALIZACION DE ESTE TUNEL, PORQUE NO SE CONTEMPLA EN ESTE TRABAJO LAS ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION.

1.2 DATOS BASICOS DE CONSTRUCCION DEL PROYECTO

Se ha considerado que para realizar este proyecto el gasto medio que pasará por el túnel será de $40 \text{ M}^3/\text{seg.}$, el cual es necesario para satisfacer la demanda considerada para el abastecimiento de agua potable a la zona metropolitana de la ciudad de México hasta el año 2000.

Asimismo el gasto máximo que circulará en el túnel se determinó tomando en cuenta la consideración de que es más conveniente la utilización de energía secundaria en las plantas de bombeo anteriores al punto de entrega en el portal de entrada. Dicha consideración fija el tiempo de bombeo diario en 20 horas, por tanto:

$$\begin{aligned} \text{SÍ} \quad Q \text{ medio} &= 40 \text{ M}^3/\text{seg.} \\ \text{Entonces } Q \text{ máximo} &= 40 \text{ M}^3/\text{seg.} \times \frac{24 \text{ hrs.}}{20 \text{ hrs.}} \\ &= 48 \text{ M}^3/\text{seg.} \end{aligned}$$

Se pretende que de este volúmen la mitad circule por el RAMAL NORTE y la segunda mitad por el RAMAL SUR.

La pendiente de los túneles de acuerdo a sus elevaciones es para el túnel Analco - Sn. José.

$$S = \frac{2592 - 2581.344}{16000} = 0.000666$$

Para el túnel RAMAL NORTE.

$$S = \frac{2578.861 - 2556.923}{12569.25} = 0.0017$$

SECCION DE LOS TUNELES

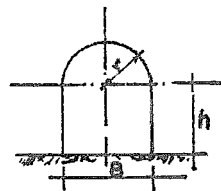
En base a las condiciones anteriores expuestas, se obtuvo la sección del túnel, el cual será de 4.10 mt. para el túnel Analco-Sn. José.

Para el túnel Ramal Norte, será de 4.10 m.

Velocidad a Sección llena: (Analco-Sn. José)

DATOS:

$r = 2.05$ mt.
 $h = 2.10$ mt.
 $B = 4.10$ mt.
 $Q = 48$ mt.³/seg.
 $S = 0.000666$



Determinaremos la velocidad. (v) por Manning.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$A_1 = \pi r^2 = 3.1416 \times 2.05^2 = 13.20 \text{ mt.}^2$$

$$A_1 = 6.60 \text{ mt.}^2$$

$$A_{1/2} = \frac{13.20 \text{ mt.}^2}{2} = 6.60 \text{ mt.}^2$$

$$A_2 = Bh = 4.10 \times 2.10 = 8.61 \text{ mt.}^2$$

$$A_t = A_1 + A_2 = 6.60 + 8.61 = 15.21 \text{ mt.}^2$$

Determinaremos Radio Hidráulico (R)

$$R = \frac{A}{\text{Perímetro Mojado}}$$

$$P_1 = 2\pi r = 2 \times 3.1416 \times 2.05 = 12.88 \text{ mt.}$$

$$P_{1/2} = \frac{12.88 \text{ mt.}}{2} = 6.44 \text{ mt.}$$

$$P_2 = 2h + B = (2 \times 2.10) + 4.10 = 8.30 \text{ mt.}$$

$$P_t = P_1 + P_2 = 6.44 + 8.30 = 14.74 \text{ mt.}$$

$$R = \frac{15.21 \text{ mt.}^2}{14.74 \text{ mt.}} = 1.03 \text{ mt.}$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.011} \times 1.03^{0.666} \times 0.000666^{0.5} = 90.901 \times 1.019 \times 0.0256 = 2.39$$

V (máx.) = 2.39 mt./seg. (Analco-Sn. José)

V (máx.) = 1.6 mt./seg. (Ramal Norte)

NOTA: Para el cálculo del túnel Ramal Norte, es la misma secuencia.

1.3 CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE LOS TRAMOS.

Una de las consideraciones más importantes para ejecutar - una excavación subterránea, es la composición estructural del - terreno, ya que dependiendo de sus características geológicas, es lo que nos indica como se va a comportar el terreno cuando - se haya excavado y como van actuar los esfuerzos cortantes dentro del túnel.

También se debe de considerar el procedimiento de construcción, de este modo se debe de tener una información lo más acercada a la realidad.

Esto implica que se eligió el procedimiento de construcción más adecuado, y con esto mayor seguridad, se utilizó menor tiempo, y se tuvo una mejor economía.

El principal objetivo, es definir las condiciones geológicas del subsuelo a lo largo de los túneles y así de esta forma - determinar el procedimiento de excavación y elaborar un programa de avance lo más real posible.

Para lograr este objetivo se desarrolla una metodología que consiste en predeterminar una serie de levantamientos Geológicos superficiales y exploraciones Geofísicas y contemplar estos resultados con los materiales encontrados en las perforaciones que se efectuaron a lo largo del trazo.

Una vez obtenidos los resultados se interpretan conjuntamente para que de esta manera se pueda obtener, la Geología del subsuelo a lo largo del trazo definitivo de los túneles.

Finalmente estos resultados se vaciaron en perfiles Geológicos de cada túnel, para así poder determinar en un momento dado el tipo y la calidad del material y las posibles filtraciones -- que se puedan encontrar a lo largo del trazo.

Uno de los obstáculos más importantes con los que se enfrentó este túnel fué en el Cerro de las Cruces.

El túnel Analco-San José atravesará esta sierra para continuar en dos ramales hacia la zona de distribución. Esta sierra está localizada en la parte central del eje neovolcánico.

La formación de las cruces está constituida por diferentes emisiones de lava de composición andesítica y dacítica combinados con diferentes tipos de material piroclásticos, como los aglomerados volcánicos, las brechas volcánicas y las tobas arcillo-arenosas. Podemos decir que la sierra de las cruces parece estar constituida esencialmente en su parte superior por una gruesa secuencia de material piroclástico y en su parte inferior, por derrames lavicos estratificados.

En esta zona se observó que los diferentes derrames provienen de centros eruptivos alineados de NW-SE que se encuentran al occidente de la franja de estudios.

Toda la región está sujeta a la intensa acción del intemperismo que ha dado lugar a gruesas capas de alteración alrededor de todos los materiales volcánicos.

Estas zonas de alteración también se observaron a profundidad debido a los efectos de una agua infiltrada por los diferentes planos de debilidad que ofrecen las rocas, por lo que en los lugares en donde el material está muy fracturado se contará con la presencia de agua por los efectos de filtración. Algunas veces la alteración ha dado lugar a que rocas homogéneas como la andesita y dacita se muestren muy blandas dando lugar en ocasiones a la formación de arenas sueltas.

Resumiendo diremos que la sierra de las cruces está constituida por andesita con sus respectivas tobas y brecha, las cuales se designarán en general como "Formación las Cruces". Se encontró que esta formación es de origen ígneo extrusivo, constituido por material de composición intermedia.

En cuanto al túnel RAMAL--NORTE diremos que tiene origen en la lumbreira 3, está al oriente de la sierra de las cruces y también es parte de la Formación las Cruces.

Dentro de la zona de estudio se encuentran dos unidades -- principales que son las siguientes:

- a) Formaciones rocosas resistentes a la erosión.
- b) Formaciones de rocas débiles a la erosión.

A la primera clasificación pertenecen las andesitas, dacitas y aglomerados muy compactos que existen en el área. Esta clase de rocas se manifiestan, formando rocas masivas redondeadas, alargadas y relativamente angostas.

Las formaciones de rocas débiles a la erosión son: Los sue los residuales, los depósitos aluviales, las tobas Arcilloarenosa, los aglomerados y brechas volcánicas pobremente consolidadas, Andesitas y Dacitas muy alteradas. Estos materiales, forman la segunda unidad en estudio y se manifiestan en el área, formando cañadas labradas por el drenaje, que a la vista resultan ser por el efecto de erosión.

1.4. OBRAS NECESARIAS PARA EL INICIO DE ACTIVIDADES

Una de las actividades necesarias para la iniciación de la excavación del túnel, son sus tajos cuyas características se explican en el inciso 1.4.1.

Se puede decir que estableciendo el 0+000 del túnel, se -- procede a la construcción del túnel falso que consta de: colocado de dadas de desplante, dentellón de entrada en ambos portales, colocamos los marcos metálicos sobre la dala a cada metro, la -- longitud del portal en este caso es de 6 m, ésto nos implico colocar 7 marcos metálicos; posteriormente se armó el acero de refuerzo de la zona del portal de entrada (túnel falso).

En el marco pegado al túnel, se colocaron unas anclas de -- tensión a cada 30 cm en el diámetro de la sección hasta la altura del nacimiento del túnel u hombro.

Se procede a cimbrar una vez colocado lo anterior y luego se coela con concreto de $f'_c = 200 \text{ Kg/CM}^2$.

Para iniciar la excavación una vez colocado el túnel falso ó portal se procede a colocar según sea el sistema a usar para la excavación si es neumático: al inicio del túnel se puede utilizar un traxcavo para rezagar y los camiones necesarios; ésto es a la entrada porque a mayor longitud ya se utilizo una rezagadora. Si el sistema es de vía se colocan los rieles suficientes, vagonetas de 4 m^3 , un volteador de vagonetas y dos tolvas de 20 m^3 cada una con su locomotora de 20 ton. de capacidad. Los marcos metálicos que se utilizan son de vigueta tipo "I" de 6" tipo ligero a la distancia necesaria dependiendo de las condiciones del terreno, esto se complementa con una capa entre 3 y 5 cm de concreto lanzado para evitar la intemperización del suelo.

Otras actividades que se deben de tener presentes para el inicio de la excavación es el del abastecimiento del aire -- comprimido para el equipo de perforación y el abastecimiento de agua para el concreto lanzado del emportalamiento. Abastecer el aire comprimido implicó la colocación de compresores de alta capacidad. Conforme se avanza se debe ir colocando el equipo de ventilación, de alumbrado, y agua como ya se detallará más adelante.

1.4.1. CORTE O TAJO PARA EMPORTALAMIENTO

Para iniciar la construcción del túnel, se hizo indispensable hacer un corte en el lugar de inicio el cual tiene una cierta inclinación, esto se hace en la entrada y salida del túnel. Hubo necesidad de cortar un tajo con el objeto de tener un frente en el rompimiento del túnel, con una profundidad sobre la clave del túnel que va a ser igual a un mínimo de tres veces el diámetro del mismo. Lo antes mencionado tiene la finalidad de evitar que el túnel una vez iniciado su excavación tienda a cerrarse ya que la fuerza actuante por corte del peso del terreno debe ser soportado, por si mismo.

La inclinación que debe presentar el talud en las paredes laterales de los tajos es igual a más o menos medio por ciento, este por ciento puede variar, dependiendo de las condiciones -- del terreno.

Existen fallas que se nos pueden presentar al hacer un -- corte, como puede ser falla por deslizamiento superficial: --- cualquier talud está sujeto a fuerzas naturales que tienden a hacer que las partículas y porciones del suelo próximas a su frontera deslicen, el fenómeno es más intenso cerca de la su--- perficie inclinada del talud a causa de la falta de presión -- normal confinante que allí existe; el fenómeno mencionado ante riormente puede ser por: disminución de resistencia del suelo al esfuerzo cortante ó en este caso por razones de formación - geológica.

Falla por erosión: Estas fallas son provocadas por arras tres de vientos, agua, etc. El fenómeno es tanto más notorio cuanto más empinadas sean las laderas de los cortes. Una mani festación típica del fenómeno suele ser la aparición de irregu laridades en el talud, originalmente uniforme. Desde el punto de vista teórico, esta falla suele ser imposible de cuantifi-- car detalladamente, pero la experiencia ha proporcionado nor-- mas que la atenúan si se aplica con cuidado.

La estabilización de los taludes se puede lograr dependiendo de la presión que se vaya a soportar, podemos anclar el terreno si es que así lo amerita o como en este caso en los túneles solamente, se le a puesto una malla y se le a -- lanzado concreto.

El equipo que se uso para hacer los cortes fueron: un tractor, un trascavo y martillos neumáticos de rompimiento, camión de volteo, etc.

NOTA: En el estudio de costos no se tomará en cuenta, el -- costo de los portales de entrada, debido a que la Comisión de Aguas del Valle de México, fué el que los -- excavo.

1.4.2. INSTALACION PARA BOMBEO DE AGUA FILTRADA

Las Bombas:

Son máquinas para elevar el agua u otro líquido y darle - impulso en dirección determinada. Estas bombas se clasifican por el diámetro del tubo de succión y descarga.

La bomba nos sirve para sacar el agua filtrada en el tú-- nel; se puede decir que en gran parte del túnel se esta necesi tando de la extracción del agua, se puede decir que si ha sido un problema en la construcción del túnel.

Hay bombeos verticales y bombeos horizontales, para el -- bombeo vertical se esta usando bombas para pozo profundo con - tantos impulsores como sea necesario para vencer la carga pre vista, estas bombas son movidas por motores eléctricos.

En el bombeo horizontal se bombea con bombas centrífugas eléctricas. Su capacidad varia según el gasto.

En este caso como ya se dijo si es de consideración el -- bombeo por lo cual se tuvo cuidado de elegir el tipo de bomba lo más adecuado.

Las bombas centrífugas tienen un elemento giratorio, lla- mado impulsor, que imparte el agua que pasa a través de la bom ba con suficiente fuerza para que fluya el agua. En éste caso del túnel, lo que se ha considerado es la distancia a la que - se encuentre el agua filtrada ya que como es lógico a mayor -- profundidad mayor gasto para lo cual consideramos la potencia (HP) de las bombas para que alcance a salir el agua fuera del túnel evitando con esto inundaciones en el túnel que obstruyan el ciclo de excavación.

1.4.3. INSTALACIONES DE AIRE COMPRIMIDO:

Las instalaciones de aire comprimido en el caso de la construcción de este túnel fueron indispensables debido a las condiciones de trabajo y el equipo que se utilizó, el cual se describe a continuación:

Generalmente en estas instalaciones se utilizan compresores, y sus aditamentos necesarios como son llaves o válvulas y recipientes de almacenamiento.

Características, funcionamiento y uso de los compresores.

Se puede decir que los compresores son máquinas de gran empleo en obras diversas de construcción que comprimen y almacenan aire para alimentar herramientas neumáticas; tales como: PERFORADORAS (en el caso del túnel) ROMPEDORAS, APISONADORAS.

Sus partes esenciales son: el motor, el compresor y el tanque o receptor del aire, que sirve para regularizar la descarga.

Además de estas partes esenciales pueden considerarse como elementos necesarios: el regulador o gobernador, que incrementa, disminuye o para la fase de compresión; la válvula de seguridad, que evita presiones peligrosas en el tanque; y los manómetros para el control de las presiones en las herramientas de trabajo. Asimismo, en el tanque que se ubica la válvula de salida a la que se conecta la tubería de conducción que alimenta las herramientas.

Las pérdidas por Presión:

Se deben a la fricción, a la longitud de la tubería, a -- los cambios de dirección y estrechamientos; por ello, para que las pérdidas sean mínimas y el rendimiento, máximo deberán tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Nivelar el compresor lo mejor posible
- b) Seleccionar adecuadamente el diámetro de la tubería de distribución ya que a mayor diámetro menor fricción.
- c) Colocar el compresor lo más cerca posible de las herramientas a fin de acortar la longitud de las tuberías.
- d) El tendido de la tubería de ser lo más recto posible de las cuales deben de evitarse, los quiebres muy agudos.
- e) No sobrecargarlos nunca con demasiadas herramientas. El -- compresor estará sobrecargado, cuando el total del aire necesario para todas las herramientas acopladas exceda de su capacidad normal; pues los compresores sobrecargados se sobrecalientan y no rinden lo que deben.
- f) Extraer del compresor el agua condensada y conservar todas las válvulas perfectamente ajustadas.
- g) Pérdida por válvulas y por fugas.

USOS:

- a) Para accionar herramientas de mano para:
 - hacer barrenos en roca o en otro material triturable.
 - extraer material pegajoso como la arcilla.
 - apretar o aflojar tornillos estructurales, etc.
- b) Para muchos usos en la perforación de túneles, tales como:
 - perforar barrenos para voladuras o para tornillos de anclaje en la roca.

- soplar los fragmentos de roca de los barrenos perforados, -
 - potencia aerodinámica para mover perforadoras montadas en -
columna, y apuntaladas con gato y otros equipos en el túnel
- c) Para mezclar y atomizar para lanzamiento, material formado por partículas finas, como pinturas u hormigón de revestir en su lugar.
- d) Para el transporte de un líquido, a través de una tubería,
- e) Para bombas centrífugas accionadas por aire.

Dentro del uso de los compresores se hace necesario darles un manejo adecuado; el transporte de un lugar a otro, así como cuando se instalan dependiendo si van a ser móviles o fijos los cuales nos van a dar como resultado ventajoso, que si se tiene un alto grado de movilidad lo más conveniente es - que estén montados sobre ruedas para poderse mover a diferentes posiciones dependiendo del proyecto de construcción.

Si las condiciones de construcción requieren de que es--ten fijos se pueden recomendar compresores del tipo de trineo o esqui.

La mayoría de los compresores cuentan con su propio recipiente de aire. La finalidad del recipiente es reducir el --efecto de las pulsaciones del aire y mantener la alta presión deseada del aire comprimido entregado en las tuberías que alimentan a las diversas herramientas de equipos accionados por el compresor. El principal objetivo del recipiente de aire - hace posible la toma súbita de un volumen de aire, como lo --que ocurre cuando se ponen a trabajar todas las herramientas a la vez.

LAS INSTALACIONES SE COMPONEN DEL SIGUIENTE EQUIPO Y MATERIAL.

EQUIPO	CAPACIDAD
a) Compresor Ingersoll Rand	1300 ft ³ /min
b) Compresor Atlas Copco	600 ft ³ /min
c) Compresor Joy	800 ft ³ /min
d) Compresor Gardner Denver	750 ft ³ /min
e) Recipientes	5 M ³ /cada uno
f) Ventiladores	5000 ft ³
g) Bombas Williams M-15	

NOTA: Los compresores son de Tornillo --- ELECTRICOS

MATERIAL

- a) Tubería de Aire de 4" Ø Cédula 40 para cada frente uno que conduce del compresor al recipiente, hay otro que conduce del recipiente a la entrada de los frentes.
 - b) Válvulas de compuerta de 4" Ø
 - c) Válvula tipo macho
- Las válvulas de compuerta estan situadas una a la entrada de los recipientes y una a la entrada de los compresores.

Se puede decir que a cada 200 mts. hay una válvula como medida de seguridad, y como válvula de servicio en caso de ser necesario.

PARA SELECCIONAR UN COMPRESOR ADECUADO PARA UNA SITUACION -----
PARTICULAR DE CONSTRUCCION, SE NECESITA DETERMINAR LO SIGUIENTE:

- 1.- LAS HERRAMIENTAS Y DEMAS EQUIPOS que han de ser accionados por - el aire comprimido entregado por el compresor.
- 2.- NECESIDADES TOTALES DE AIRE M³/MIN.
- 3.- NECESIDADES DE PRESION KG/CM², para cada equipo neumático que -- utiliza aire comprimido.
- 4.- SISTEMAS DE TUBERIAS Y MANGUERAS, incluyendo las longitudes de - las tuberías de conducción, procedentes del compresor y situadas estratégicamente para alimentar a los diferentes equipos.
- 5.- EL EQUIPO REGULADOR de la presión necesaria en el compresor, con - siderando para ello las pérdidas de presión en las tuberías de - presión que son las de distribución de lo cual se puede decir -- que es, directamente proporcional a la longitud equivalente de - tubería, y tomando en cuenta que las mangueras originan una caí- da de presión mucho mayor que la tubería de diámetro comparable y de igual longitud.
- 6.- LA PRESION DE AIRE DESEADA EN EL RECIPIENTE del compresor para - proporcionar la presión necesaria, y compensar con el las pérdi- das de presión en la tubería.
- 7.- LA CANTIDAD DE PRESION ADMISIBLE EN EL COMPRESOR, para proporció- nar la presión necesaria al recipiente.
- 8.- UN FACTOR DE DIVERSIDAD ACEPTABLE para el número de máquinas o - herramientas que el compresor alimenta.
- 9.- EL TAMAÑO TEORICO DEL COMPRESOR, para generar la capacidad de - aire y la presión, tomando en cuenta la diversidad de los equi- pos de aprovechamiento que han de alimentarse.
- 10.- EL COMPRESOR ECONOMICO, comercialmente disponible, que satisfaga o sobrepasa ligeramente las necesidades del compresor de tamaño ideal.

1.4.4. INSTALACIONES DE AGUA.

Las instalaciones de agua se componen con su equipo y material para la obtención y abastecimiento de agua de acuerdo a las necesidades de trabajo, para poder tener las condiciones óptimas de trabajo.

Estas instalaciones constan del siguiente Equipo y Material:

E Q U I P O	C A P A C I D A D
a) 1 Recipiente	1 000 Lts.
b) 2 Recipientes de agua a presión	5 000 Lts.
c) Pipa de agua	25 000 Lts.

M A T E R I A L

- a) Tubería de agua de 2" Ø Galvanizado
- b) Válvulas de compuerta

El abastecimiento del agua se va a conducir de los recipientes por gravedad hasta otros recipientes, que van a ser los que ya van a mandar el agua a abastecer las necesidades dentro del túnel; el agua que llega a los segundos recipientes se le inyecta aire para que lleve presión. El agua que se conduce ya en el interior de túnel lleva una cierta presión, dicha presión va a ser utilizada en el lanzado del concreto, dentro de la presión que se le aplica, se deben de considerar las pérdidas por conducción, fricción y válvulas.

Para el análisis del conducto sencillo se utiliza la ecuación de continuidad y la energía.

La presión del aire que se inyecte no debe ser mayor de 3 Kg/cm², con el objeto de que no lave la lubricación de las máquinas que se utilizan para la perforación.

1.4.5. INSTALACIONES ELECTRICAS.

Se entiende por instalaciones eléctricas, al conjunto de canalizaciones, cajas de conexión, elementos de unión entre las canalizaciones y las cajas de conexión, conductores eléctricos, accesorios de control y de protección necesarios para interconectar una o varias fuentes de energía.

Los objetivos a considerar en una instalación eléctrica, están de acuerdo al criterio de todas y c/u de las personas que intervienen en el proyecto, cálculo y ejecución de la obra por lo cual se debe de considerar lo siguiente:

- a) Seguridad (contra accidentes e incendios)
- b) Eficiencia
- c) Economía
- d) Mantenimiento
- e) Distribución de elementos, aparatos, equipos, etc.
- f) Accesibilidad.

Líneas Eléctricas.

Cada frente estará alimentado por 150 KVA en tres circuitos distintos; uno para alumbrado, otro para bombeo y otro para ventilación con sus aditamentos necesarios.

Independientemente, de los requisitos que establece el reglamento de obras e instalaciones eléctricas, deberán de observar las disposiciones que se indican a continuación:

- a) El equipo eléctrico deberá ser instalado de manera que no presente peligro para el personal ni riesgos por incendio ni explosión.
- b) Todas las partes metálicas de las instalaciones eléctricas como armazones de motores, transformadores, -

generadores, tubos conduit, cajas de conexión, tablero, etc. Deberán estar conectadas a tierra.

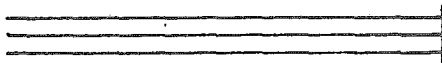
- c) Los interruptores deberán tener letreros que identifiquen claramente las máquinas que accionan.
- d) En caso de reparación de motores o circuitos eléctricos deberá existir un interruptor.
- e) Las subestaciones de transformadores se instalarón - en lugares bien ventilados con distancia no menor de 50 mts. de cualquier dispositivo de explosivos además estarán provistos de un interruptor.

Instalación Eléctrica.

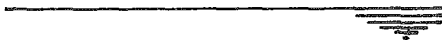
- a.- Una subestación de 500 KVA.
- b.- Una planta de 250 KVA.
- c.- Una planta de 150 KVA.

MATERIAL Y EQUIPO.

- a) Cables /0 4 líneas de 120 mts. llegan a un interruptor.
- b) 4 líneas de No. 2 con una longitud de 2050 mts.



Líneas de 440 del No. 2



Línea de Tierra

Cada frente cuenta con sus instalaciones necesarias para tener una iluminación adecuada dentro del túnel.

Las medidas necesarias que se deben tener en cuenta ya fueron mencionadas en el capítulo anterior.

Cada frente estará alimentado por 150 KVA en tres circuitos distintos.

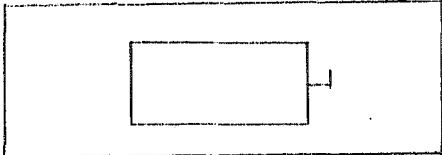
- A) UNO PARA ALUMBRADO
- B) UNO PARA BOMBEO
- C) UNO PARA VENTILACION. Que son los aditamentos indispensables en la construcción de un túnel.

EQUIPO	CAPACIDAD
a) Generador	
b) Planta de luz No. 1	100 KV ; 125 KVA
c) Interruptor 3x200x600 No. 1	
d) Transformador	30 KVA
e) Transformadores 4 de ...	15 KVA
f) Planta de Luz No. 2	100 KW ; 125 KVA
g) Interruptor 3x200x600 No. 2	
h) Arrancadores (capacidad especificada en los diagramas).	

Las instalaciones de alumbrado se colocan cada 10 mt. focos de 150 y 125 watts.

Los cables están especificados y la capacidad de los mismos, en los diagramas que a continuación se presentan.

CABLE 3/0
SUBMARINO LONGITUD
=50 mt.
C/U



INTERRUPTOR 3x200x600
MARCA CUTLER

PLANTA DE
LUZ I

100 KW
125 KVA

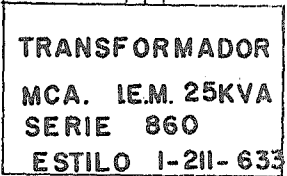
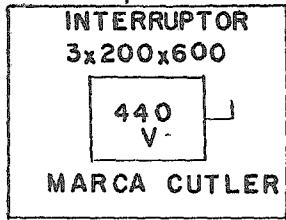
GENERADOR SINCRONO
MODELO 4 PZ-0963
MOTO EQUIPOS SA.

CABLE N° 6

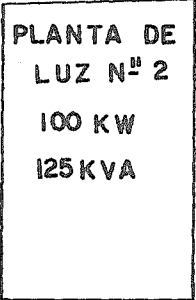
30 KVA
MARCA TESA

CABLE 2 / 0 100mt. c/u

CABLE 1 / 0 100mt. (A TIERRA)

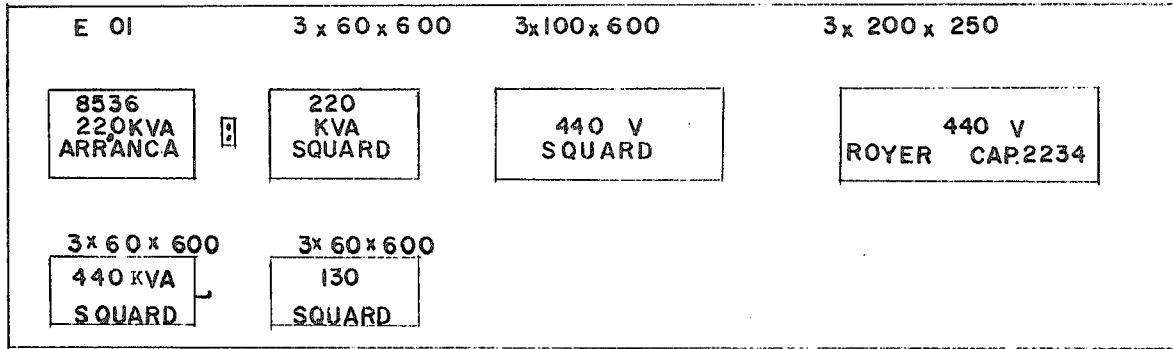


GENERADOR MOD.4PZ-0063



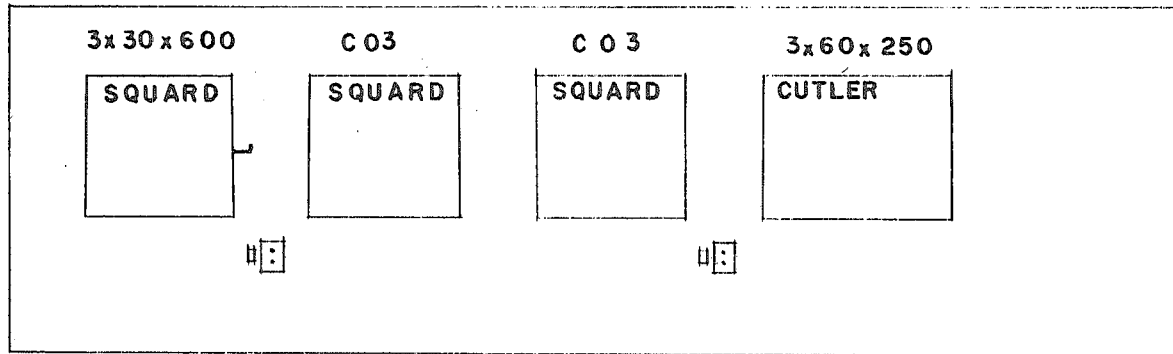
MOTO EQUIPO S.A.
ROLLS ROYCE MOD, C6N 131030-M12

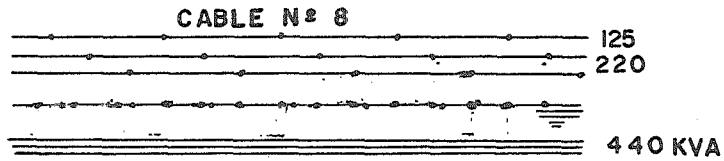
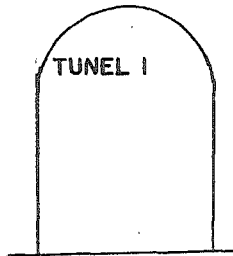
TABLERO DEL TUNEL



- 36 -

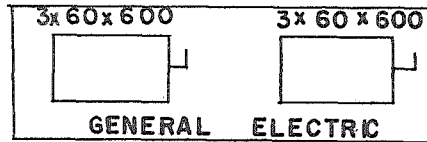
TABLERO PARA VENTILADORES DE 5 H.P.
DOS MOTORES MARCA U. S. TIPO 0098





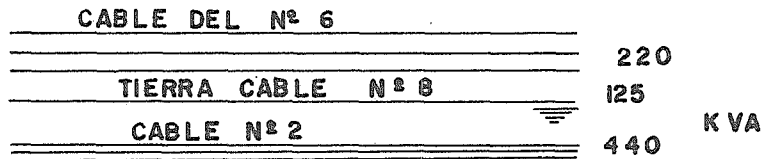
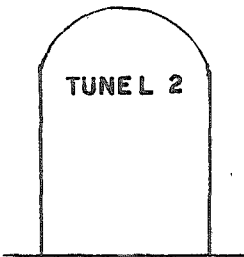
LONGITUD DE LA LINEA 440 1080 mt CABLE N°2 c/u
 LONGITUD DE LA LINEA 220 1160 mt CABLE N°6 c/u

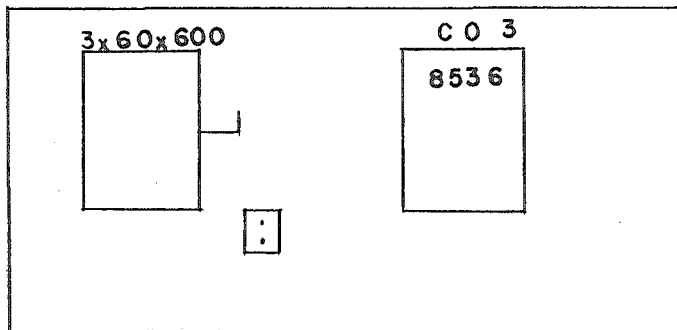
- 37 -



TRANSFORMADOR 15 KVA
 SE TIENE TAMBIEN OTRO EN
 EL KM. 1+080

LONGITUD LINEA 440 1000 mt.
 " " 220 1260 mt.

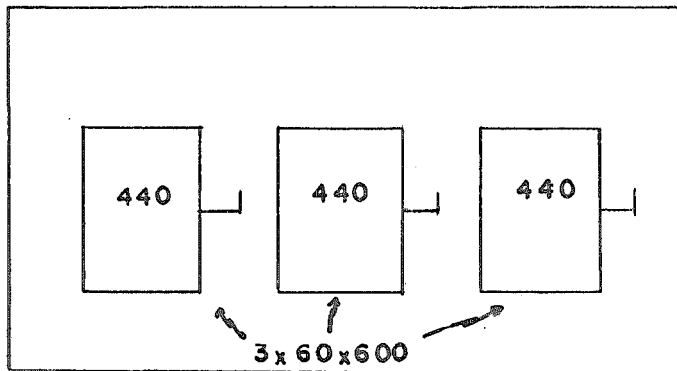




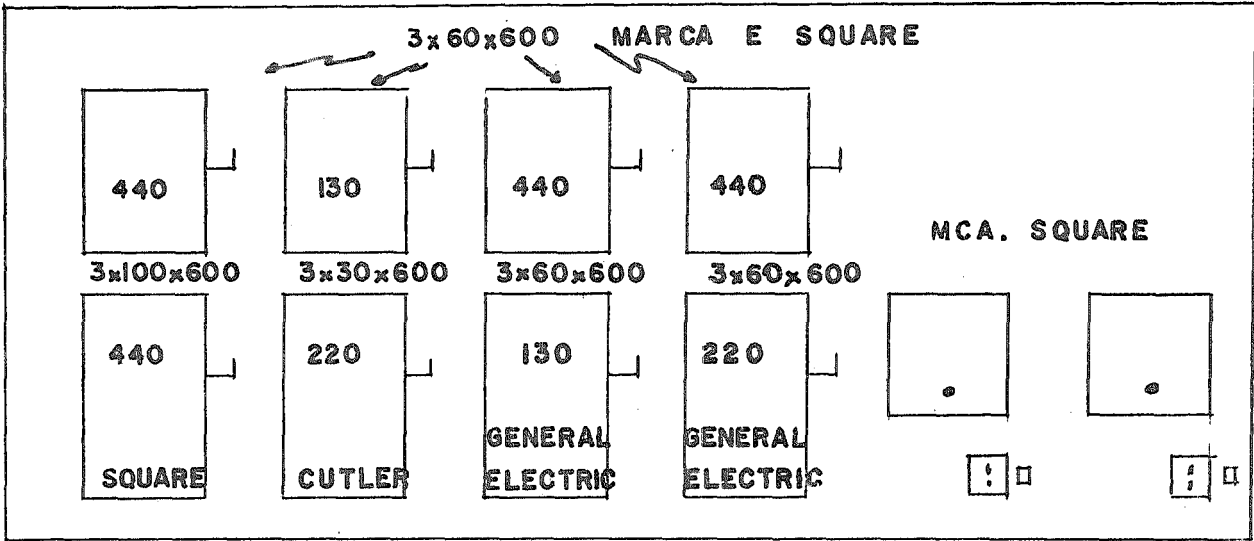
BOMBA SITUADA EN EL KM.
0+860

BOMBA ELEC.
TRICA.
CP 15
TIPO AP 6

1
- 8C -



TRANSFORMADOR DE 15KVA
SE ENCUENTRA OTRO
EN EL KM 1+040



ARRANCADORES DE LOS VENTILADORES DE 15HP Y 20H.P.

1.4.6. INSTALACION DE VENTILACION

El propósito de la ventilación es mantener el aire fresco en el interior de los túneles especialmente en el frente de trabajo, evitando así la contaminación por gases tóxicos, polvo, calor, etc.

La ventilación se obtiene generalmente por la circulación del aire desde el portal de entrada al túnel, hacia el lugar de trabajo por medio de ductos que transportan el aire que es arrojado por ventiladores. Este sistema de ventilación de aire, comunmente se llama ventilación por el método de "Soplo". Cuando el aire se extrae del interior del túnel hacia afuera se le denomina "Ventila de Escape". La ventilación también se puede efectuar por un sistema combinado de soplo y escape simultáneamente utilizando para éste efecto dos ductos separados, uno para soplar y otro para el escape.

La ventilación mecánica por lo general se suministra por medio de uno o más abanicos impulsado con un motor eléctrico, que puede inyectarle aire fresco al túnel o sacar el polvo y el aire viciado.

El inyectado del aire se hace colocando un tubo ligero o por medio de un tubo de tela. Si se saca aire, es necesario emplear un ducto lo suficientemente rígido para evitar su colapso bajo la acción de un vacío parcial. Muchas instalaciones estan diseñadas para permitir la operación del sistema de ventilación por inyección o por extracción.

El equipo que se utilizó, en este caso fué de tubo de lona con un diámetro de 36". Son cuatro los ventiladores que van a estar funcionando con una capacidad de 500 pies cúbicos, los cuales se van a encargar de suministrar el aire suficiente en el lugar de trabajo.

FACTORES QUE DETERMINAN LA VENTILACION EN EL AREA DE TRABAJO

Causas de contaminación en el aire

- a).- Gases producidos por explosiones.- Después de cada trona da, una cierta parte del túnel es cargado con gas y el humo - que se forma, debido a la desintegración de los explosivos.
- b).- Formación de polvo.- La explosión en un túnel produce un alto, contenido de polvo; y no solamente esta operación sino durante la barrenación misma.
- c).- Formación de gases debido a los motores de combustión interna.- Estos gases contienen una cierta cantidad de gases - tóxicos que contienen especialmente monóxido de carbono.
- d).- Calor producido por las rocas.- Cuando la temperatura de la roca es alta la ventilación es requerida para mantener temperaturas máximas de 35° sobre todo en el área de trabajo.

Remoción de la Carga Explosiva.

Esto se debe principalmente a problemas ocasionados por un mal sistema de ventilación, destacando: la circulación de la ventilación.

DETERMINACION DE LA CANTIDAD DE AIRE REQUERIDO (Q)

El volúmen de aire requerido para la ventilación de un túnel - variará con el número de obreros, con la frecuencia de las detonaciones, de las cargas de explosivos, con el método para -- controlar el polvo y con la cantidad de máquinas que consuman aire comprimido, si las hay.

La cantidad de aire fresco que se le debe proporcionar a un -- obrero en el frente de trabajo esta entre 200 a 500 ft³/min.

En base a resultados obtenidos de la practica, se ha demostrado que usando la siguiente fórmula se calcula el aire que debe circular en un túnel para mantener la ventilación en forma eficiente en el frente de trabajo.

$$v = 2n \text{ en m}^3/\text{min.}$$

donde n es el total de la fuerza expresada en caballos de fuerza del total de vehículos de combustión interna que trabajan en el interior del túnel.

Después de aplicar esta fórmula empírica, el contenido de monóxido de carbono contenido en los gases puede ser determinado en forma directa tomado de los gases de los vehículos. Así si este contenido de monóxido de carbono se representa por C_1 , y si V es el volúmen de los gases de escape dado por un vehículo en M3/seg., el volúmen requerido para disipar el contenido de monóxido de carbono en el túnel y 0.01% (1/10,000) debe ser:

$$Q = 10,000 V. C_1$$

Para aplicar esta fórmula es necesario lógicamente conocer V.

TAMAÑO Y CAPACIDAD DEL TUBO DE VENTILACION

Una vez que se ha determinado la cantidad de aire requerida para ventilar un túnel, el siguiente paso consiste en determinar el tamaño del tubo y del abanico o abanicos que resulten en el menor costo total. El costo total incluirá los costos de instalación del abanico y del tubo, haciendo una tolerancia por el valor de rescate al terminar la obra, más el costo de la energía eléctrica que se requiera para operar los abanicos. Si se va a suministrar una cantidad fija de aire en la cara del túnel, el empleo de un tubo pequeño requerirá de un abanico más grande, lo cual redundará en un alto costo de instalación y de operación. Si se utiliza un tubo de grandes dimensiones, el costo del abanico y el de operación serán menores, pero el costo del tubo será mayor. Para cada proyecto en particular existe una combinación de tamaños que proporcionan el menor costo total. Esta es la instalación más económica.

LA SELECCION DE UN SISTEMA DE VENTILACION SE PUEDE
BASAR EN LAS SIGUIENTES CONSIDERACIONES .

1. Determinación de los factores relativos a la ventilación en el área de trabajo, siendo las más importantes.
 - a) El tipo de ventilación
 - b) La cantidad de aire requerido (Q)
 - c) La distancia desde el portal de entrada hasta el frente de trabajo.

2. Selección del ventilador y el tipo de ducto para proporcionar la cantidad de aire requerida en el área de trabajo.

Es de vital importancia antes de construir un proyecto, hacer una planeación de ciertas instalaciones para dar inicio a la construcción del proyecto con el objeto de dar seguridad y comodidades al personal, mantenimiento al equipo y materiales que intervienen en la construcción del proyecto -- dichas instalaciones se hacen según las necesidades de la -- construcción que se tenga; en este caso las instalaciones -- que se hicieron necesarias para la construcción del túnel.

LAS INSTALACIONES SON LAS SIGUIENTES:

- a.- Bodegas de cemento.
- b.- Bodega para mineral y material.
- c.- Oficina para departamento técnico.
- d.- Taller mecánico.
- e.- Taller para soldadura.
- f.- Taller para carpintería.
- g.- Oficinas (en el tramo) generales de obra.
- h.- Sub-estación de 100 KVA
- i.- Almacén general de la obra.
- j.- Patios de almacén
- k.- Oficina de superintendencia.
- l.- Oficina jefe administrativo.
- ll.- Oficina jefe de personal.
- m.- Oficina jefe contador.
- n.- Oficina jefe cajero.
- ñ.- Oficina jefe de maquinaria
- o.- Comedor
- p.- Teléfono en la oficina y en cada frente.
- q.- Radio en la oficina y radio en cada frente.
- r.- Un polvorín para estopínes y otra para artificios.

CAPITULO 2

DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO UTILIZADO EN LOS DIFERENTES TRAMOS

2.1 Descripción general de excavación en los tramos.

En base a los resultados obtenidos en el capítulo # 1 en la parte 1.3, el tipo de material a excavar estará localizado casi en su totalidad en formaciones rocosas, por lo que la excavación se efectuará por el procedimiento convencional a base de explosivos.

El procedimiento convencional de barrenación y voladura, consiste en ciertos movimientos repetitivos que conviene describir para tener una idea clara de como se excava un túnel - por éste método.

Las actividades se inician una vez marcados los niveles y elevaciones correspondientes en cada frente de ataque y proceder a fijar en el frente la sección del proyecto. La sección de proyecto o línea "A" se marca para evitar excavaciones mayores ó menores, ya que en el primer caso resulta un gasto inútil tanto para el material que tiene que ser rezagado como para el concreto que se utiliza para cubrir la sobre-excavación. En el segundo caso se tiene también el gasto inútil de tener que "peinar" la superficie del terreno por impedir la colocación del marco metálico, la madera de retaque y las formas para el revestimiento.

Una vez marcada la línea de proyecto con su respectiva --alineación vertical y horizontal, se traza en el frente el diagrama de barrenación adoptada.

La barrenación se puede hacer de varias formas, por ejemplo:

- a) SECCION COMPLETA.
- b) BANQUEO.
- c) TUNEL PILOTO.

En los tres tramos la barrenación fue a sección completa, pues como su nombre lo indica se utilizo una barrenación diseñada para romper la totalidad del área de la sección con un sólo disparo. Este procedimiento se ha usado siempre para túneles de sección pequeña.

Dentro de esta forma de barrenación se tienen varias alternativas, que corresponden a la forma de colocar los barrenos en el frente se logra esto eligiendo una cuña adecuada.

La cuña es la parte más importante de la voladura ya que - el resto de los barrenos no pueden romper con efectividad a menos que la cuña salga totalmente, existen tres tipos generales de cuñas.

- 1.- Cuña en "V" o en ángulo en la cual se hacen los barrenos -- formando un ángulo con el frente para proporcionar la mayor libertad de movimiento que sea posible para la roca quebrada.
- 2.- Cuña quemada o fragmentada, en la cual se hacen varias barrreras muy próximas entre si y perpendiculares a el frente y en la que solamente algunos de ellos se disparan para romper hacia el espacio abierto proporcionado por los barrenos vacíos.
- 3.- Combinaciones entre estas dos.

La forma de colocar los demás barrenos dependerá del resultado que se tenga de varias voladuras, por lo tanto una barrenación confinada en donde sólo se tenga una cara libre constará - del siguiente tipo de barreno:

- 1.- Barrenos de cuña
- 2.- Primeros ayudantes
- 3.- Segundos ayudantes
- 4.- Barrenos de tabla

La forma de obtener un diagrama de barrenación adecuado se logrará observando los resultados de varias voladuras, pues el número de barrenos ayudantes y la calidad y tipo de explosivos son los que determinan el cuele máximo y la fragmentación requerida, ya que el cuele es el que determina el avance por voladura y la fragmentación es la que nos indica que equipo de carga y acarreo debemos de utilizar.

Por lo que es función del equipo disponible debemos de formar nuestro diagrama de barrenación de tal forma que se obtenga un tamaño máximo de material que sea posible cargarlo y transportarlo con facilidad y que no suceda el problema del desprendimiento de una roca mayor que se tenga que fragmentar, incrementando el costo y tiempo. Una vez hecha la barrenación en el frente se procede a sopletear los barrenos con el fin de limpiarlos, una vez limpios se fondea con el fainero para checar que no hay ninguna obstrucción debido a desprendimiento de materiales, por efecto, de la percusión cuando se esta barrenando.

La actividad siguiente será la carga de barrenos, los materiales utilizados para la carga deben ir preparados antes de introducirlos al túnel por razones de seguridad.

Para describirles el procedimiento de carga es importante hacer mención de los tipos de materiales utilizados y como se colocan y se concentran y bajo que condiciones se va a efectuar la voladura.

Sabemos pues que se trata de una excavación subterránea en donde, las condiciones atmosféricas no son muy favorables. El uso de los explosivos se debe de limitar al producto en exceso

de gases tóxicos, deben ser resistentes al agua en el caso de que haya filtraciones y además que tenga la suficiente potencia para obtener la fragmentación deseada.

Como ya explicamos que la idea fundamental es que sacando la cuña los demás barrenos rompan con libertad su zona de influencia. Para obtener esto debemos considerar que los primeros barrenos que rompan la estructura son los de la cuña, una vez hecho el hueco el rompimiento debe ser en forma radial -- del centro hacia los lados.

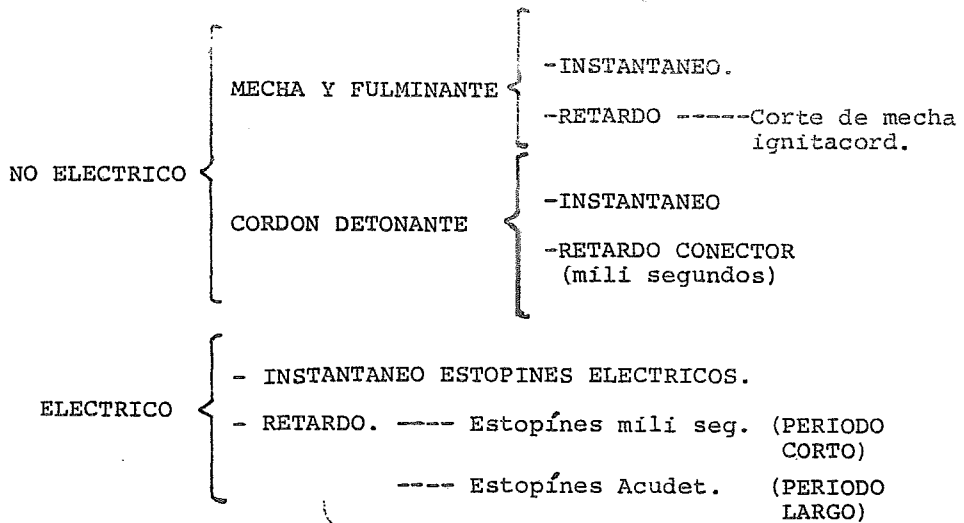
Para que esto suceda tenemos que dar tiempo entre un rompimiento y otro de tal suerte que ceda todo el material esperado. Para lograr este efecto se cuenta con dos de estas técnicas más importantes para voladuras de rocas:

DE INICIACION ELECTRICA Y NO ELECTRICA

El cebo es aquel dispositivo de disparo que sirve para -- iniciar la carga entera de explosivos con los que esta en con tacto de aquí al hecho de que, se puede iniciar de dos formas: Con un cordón insertado en un fulminante y fijado adecuadamente en el cartucho o bien un estopín eléctrico también fijado - dentro del cartucho.

Cuando se emplea fulminante y mecha para iniciar la voladura, es imposible asegurar que dos barrenos disparen simultánea mente, la forma de asegurar que dos o más barrenos disparen -- practicamente al mismo tiempo es utilizar estopines eléctricos de retardo.

Sí, se dispara con mecha, la iniciación esta determinada - por la longitud de ella ó por orden de encendido del ignitacor del tiempo de disparo de cada barrenación, es aproximado a causa de la variable de velocidad de quemado de la mecha.



Antes de ejecutar la tronada, se retiro al personal y el equipo a un lugar seguro, las puntas de la línea conductora - se conectan al explosor o el interruptor, se checa nuevamente el circuito y si todo esta bien se hace contacto.

Inmediatamente después de tronar se deja tiempo suficiente para la ventilación; cabe mencionar que la ventilación es constante durante todas las actividades.

Esta se puede hacer de tres formas:

- 1.- Inyección de aire fresco desde el exterior durante toda la operación del ciclo.
- 2.- Extracción de humos y gases desde el interior del túnel durante toda la operación del ciclo.
- 3.- Inyección de aire fresco durante las operaciones generales de barrenación y rezaga, extracción durante la carga y voladura.

En algunos casos se auxilian estos casos, liberando aire comprimido para aumentar el volúmen y desalojar rápidamente - los gases raros, pero resulta antieconómico por la cantidad - de aire que se requiere.

La actividad inmediata a la ventilación es la extracción del material producto de la tronada. Esta se realizará según el procedimiento propuesto por el contratista, que explicaremos más adelante.

Otra actividad considerada importante por la tardanza y complicación, que representa es el ademado o amacize del terreno, por lo que es conveniente conjugarlos con los trabajos de barrenación, siempre y cuando las condiciones del terreno lo requieran.

Cuando se requiera ademar se puede hacer con concreto -- lanzado, marcos metálicos o concreto lanzado y marcos metálicos simultáneamente.

El revestimiento es la actividad final que se contempla en la construcción de un túnel. Es una actividad totalmente independiente a las anteriores, pues por sus características es imposible intercalarla en algunos de los trabajos anteriores por lo tanto debemos concluir, todos los trabajos de excavación para iniciar el revestimiento.

Es conveniente que esta descripción se haga independientemente una de otra, por la diferencia de procedimientos propuestos.

Selección de Explosivos

1.- La selección inicial debe guiarse por las consideraciones ambientales.

- . Subterránea
- . Agua (Res. al agua)
- . Otras particularidades.

2.- Debe tomarse en cuenta el equipo disponible y lo que se pretende hacer.

3.- Considerar el material que se va a trabajar, incluyendo los resultados deseables.

- . Dureza
- . Características
- . Clases de roca, fragmentación requerida.

4.- Determinación del ϕ de los explosivos adecuados.

CEBO.- Es la porción de la carga que contiene el dispositivo de disparo. Sirve para iniciar la carga entera de explosivos.

Factores que gobiernan la selección del cebo.

- a) Seguridad
- b) Tamaño. El diámetro del cebo debe ser igual al del barrenado.
- c) Velocidad y presión detonante. Un buen cebo requiere una velocidad y presión detonante no inferiores a la del explosivo que ceba.
- d) Densidad. Un explosivo de mayor densidad producirá una mayor presión detonante.
- e) Resistencia al agua. Un buen cebo debe tener mayor resistencia al agua que el producto, que ceba debe ser semisensible a la iniciación mínima requerida.

Técnica de los explosivos:

1.- Economía

- . Eficiencia
- . Costo final
- . Seguridad

2.- Planeación:

- a) Trabajo Pretendido
- b) Equipo disponible
 - 1) Perforación
 - 2) Rezaga
 - 3) Acarreo
- c) Geología y Características del terreno.

Fragmentación.

- Se debe tener en cuenta, el tiempo suficiente para el movimiento de la roca.

Precauciones:

- a) Barrenaciones (cuñas) congeladas.
- b) Fondo Apretado (patas)
- c) Lanzamiento de rocas
- d) Movimiento vertical

- El control puede lograrse por:

- 1) Magnitud de la carga explosiva
- 2) Voladuras de retardo.

A.- Estopines Eléctricos de Retardo "Acudet" Markv.

Tiene intervalos de 1/2 segundos y mayores entre períodos para dar el más amplio tiempo de movimiento a la roca, se usará en túneles.

B.- Estopines de Retardo MS DU Pont.

Los estopines de esta serie vienen separados por intervalos de retardo mucho más cortos, diseñados para producir la máxima fragmentación para el disparo de múltiples hileras de barrenos en peines, para disparos en rebajes y para diferentes otras voladuras subterráneas donde las filas de barrenos rompen a una cara libre. Se utiliza también en las cuñas.

C.- Conectores de Retardo Ms para Sistemas con Cordón Detonante.

Puesto que funcionan como parte integral del proceso de amarre superficial del cordón detonante, están mayormente sujetos a los cortes provocados por el movimiento de la tierra. Este tipo de cortes conducen con mayor frecuencia dejar el fondo de los barrenos sin explotar que los estopines eléctricos colocados al fondo de los barrenos.

Los intervalos de retardos deben escogerse de forma que la útil regla de "mínimo un milisegundo por cada pie que los conectores provocan una pausa en la detonancia de las líneas troncales de cordón detonante, no existe un límite de orden técnico al número de barrenos o de líneas de barrenos que pueda ser retardado en secuencia al colocarlos entre barrenos; entre hileras.

Retardo del conector	Sugeridos para espacimientos entre
5 Ms	3-8 pies (0.90-2.40 mts.)
9 Ms	8-15 pies (2.40-4.50 mts.)
17 Ms	15-20 pies (4.50-6.00 mts.)

La selección de un método de retardo para una voladura -- está influenciado por varios factores. Muchos problemas, tales como la fragmentación, el lanzamiento, el ruido, las vibraciones, los cortes, la corriente eléctrica indeseables, -- las patas, etc., pueden encontrar solución segura, eficiente y económica en la selección apropiada del sistema de iniciación retardo.

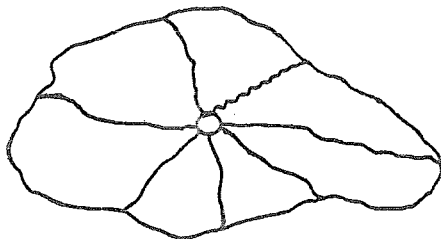
VOLADURAS CONTROLADAS

- a) Barrenación en línea (límite o costura)
- b) Amortiguada: Una sola línea a lo largo de la excavación. Cargas pequeñas, bien distribuidas, retacadas. Se detona después de la voladura principal.
- c) Prefactura: Una línea cargada (2-4 in.) Se dispara antes que la voladura principal.

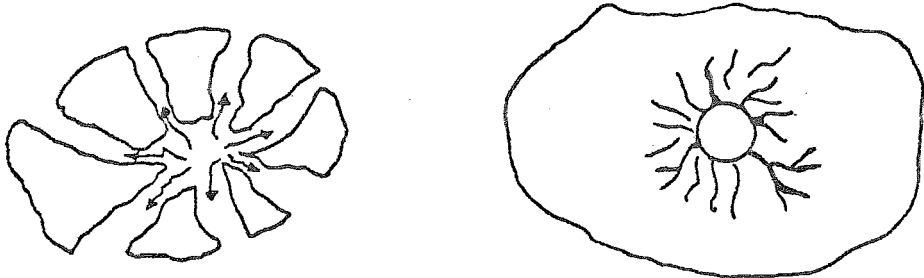
A continuación se explicará de la voladura de barrenos, los efectos que causa una vez que actúa el explosivo.

Proceso destructivo del explosivo al ser detonada una carga dentro de un barreno. El proceso destructivo del explosivo se lleva a cabo en 2 etapas a saber:

La Primera: Consiste en un agrietamiento en forma radial al barreno producida por la onda de choque, siendo la longitud de las grietas función del tipo de explosivo, cantidad y características de la roca.



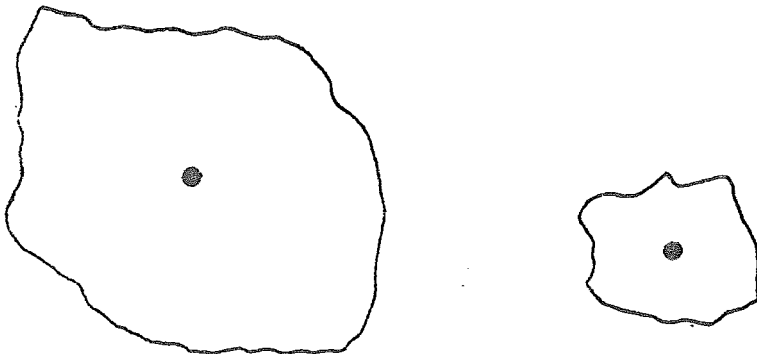
La Segunda: Consiste en la expansión de los gases, los cuales al introducirse en las grietas formadas por la onda de choque, producen un efecto de cuña que tiende a separar los fragmentos de roca.



Si la línea de grietas logra salir a la periferia, se produce el efecto mencionado pero si las grietas no llegan al exterior los gases escapan por el propio barreno sin efectuar -- ninguna acción exterior.

Factores que afectan la separación de los barrenos en una plantilla de barrenación: En el diseño de la separación entre barrenos, existen tres factores que afectan directamente el -- cálculo y que son: la relación de carga expresada en Kg/M³, el diámetro del barreno y la densidad del explosivo.

FACTOR A). Relación entre el volumen de roca por tronar y la -- cantidad de explosivo utilizada.



CASO No. 1:

Volumen de Roca = 100 M3

Kg. de explosivo = 1 kg.

$$\text{Rel. } \frac{\text{KG de explosivo}}{\text{Vol. de roca}} = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ KG/M3}$$

EFFECTOS: La gran roca no se entera que pasó debido a que la relación de explosivo/roca es muy pequeña.

CASO No. 2:

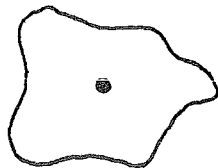
Volumen Roca = 1 M3

Kg. de explosivo = 1 kg.

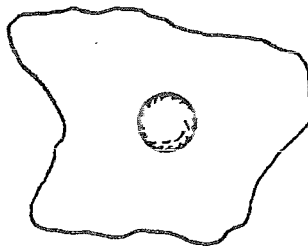
$$\text{Rel. } \frac{\text{KG/M3}}{1} = \frac{1}{1} = 1 \text{ KG/M3}$$

EFFECTOS: La pequeña roca -- prácticamente desaparece debido a que la relación explosivo/roca es muy grande.

FACTOR B) Relación del Diámetro utilizado



CASO No. 1



CASO No. 2

CASO No. 1:

Volumen de Roca = 10 M3

Diámetro del barreno = 7/8"

Kg. de explosivo = 0.39 Kg.

$$\text{Rel. } \frac{\text{Kg. de explosivo}}{\text{Vol. de roca}} = \frac{0.39}{10} = 0.04 \text{ KG/M3}$$

EFFECTOS: La roca no se entera que pasó debido a que la relación de explosivo/roca es muy pequeña.

CASO No. 2

Volumen de Roca = 10 M3

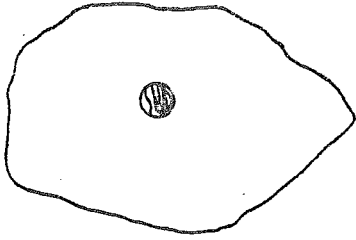
Diámetro del barreno = 5"

Kg. de explosivo = 12.67 Kg.

$$\text{Rel. } \frac{\text{KG/M3}}{10} = \frac{12.67}{10} = 1.27 \text{ KG/M3}$$

EFFECTOS: La roca prácticamente desaparece debido a que la relación explosivo/roca es muy grande.

FACTOR C) Densidad del explosivo.



CASO No. 1

CASO No. 1:

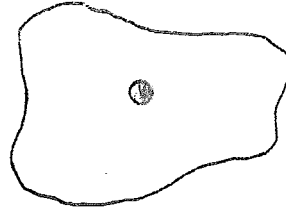
Volumen de roca = 10 M³

Densidad de explosivo = 0.65 Kg/M³

Diámetro del barreno = 3"

$$\text{Rel. KG/M}^3 = \frac{2.26}{10} = 0.23 \text{ Kg/M}^3$$

EFFECTOS: La roca se fractura en grandes bloques debido a - la baja relación explosivo/roca.



CASO No. 2

CASO No. 2:

Volumen de roca = 10 M³

Densidad = 1.6 Kg/M³

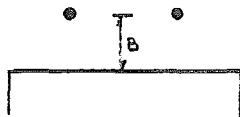
Diámetro = 3"

$$\text{Rel. KG/M}^3 = \frac{7.3}{10} = 0.7 \text{ KG/M}^3$$

EFFECTOS: La roca se fractura en pequeños bloques debido a - la mayor relación explosivo/roca.

Determinación de la Frontera de un barreno

La distancia que existe entre el barreno y la cara libre o frente se denominará Frontera y se representa por la letra "B".



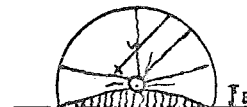
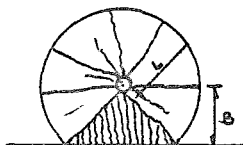
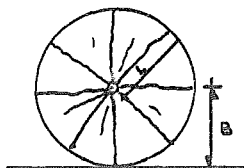
Existe una relación óptima donde colocar el barreno con respecto a la cara libre, para determinar esta distancia analizaremos tres ca sos:

- 1) Donde L (Longitud de las grietas) = "B"
- 2) Donde $\frac{L}{2}$ (Longitud de las grietas) = "B"
- 3) Donde $\frac{L}{10}$ (Longitud de las grietas) = "B"

CASO No. 1

CASO No. 2

CASO No. 3

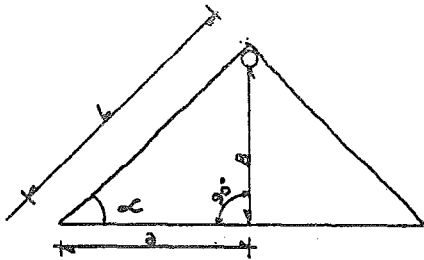


En el CASO No. 1 Las grietas, no alcanzan a llegar al frente por lo que los gases no tienen donde expandirse obligándose a salir - por el propio barrenos.

En el CASO No. 2 Existe la zona ashurada donde las grietas llegaron al frente produciéndose grietas abiertas, donde los gases actúan desplazando los bloques de roca hacia el frente.

En el CASO No. 3 La acción del explosivo se desarrolla en la misma forma que en el CASO No. 2 con la diferencia que el volumen desplazado por el explosivo (zona ashurada) es menor.

De lo anterior se deduce que la frontera óptima es aquella con la que se obtiene la mayor área y queda determinada de acuerdo a la siguiente figura:



$$d = \frac{B}{t \cdot \alpha}$$

Cantidad de explosivo de un barrenno.

Al efectuar con el equipo de barrenación una perforación en la roca, lo que está uno fabricando es un hueco para que posteriormente este sea llenado con explosivo, el volúmen que se obtiene por ML. es el siguiente:

$$B = \frac{\pi d^2}{4} \times 100$$

DONDE d = Diámetro de la broca en CM.

La cantidad de explosivo que uno puede colocar en el hueco, es -- igual al volúmen del barrenno, multiplicando por la densidad del -- explosivo que se utilice. (GR./CM3).

Ejemplo No. 1. barrenno de 2" de d = (5.08) y Total de densidad de 1.6 gr/cm3

$$\text{Cantidad de explosivo} = \frac{3.14 \times 5.08^2}{4} \times 100 \times 1.6 = 3.24 \text{ Kg. de expl.}$$

Ejemplo No. 2. barrenno de 2" de d = (5.08) - y Dinamita Extra - 40% densidad = 1.29

$$\text{Cantidad de explosivo} = \frac{3.14 \times 5.08^2}{4} \times 100 \times 1.29 = 2613 = 2.61 \text{ Kg. de expl.}$$

Analizando los dos ejemplos anteriores se deduce que para un mismo diámetro de barrenno puede uno tener diferente cantidad de explosivo, únicamente utilizando diferente clase de explosivo.

Para el diseño de la plantilla de barrenación, lo que importa es la cantidad de explosivo y no el tipo de dinamita por utilizar.

Determinación de la frontera.

En el diseño de una plantilla de barrenación con salida libre la - separación de los barrenos está en función del diámetro de la broca "d" en cm. de la densidad del explosivo por utilizar "d" en gr/cm3 y de la relación tomada de kg de explosivo por M3 de roca.

La parte más difícil de sacar en una tronada es el fondo del barrenado debido a que el explosivo actúa muy debilmente en planos normales al eje del barrenado.

Para lograr resultados óptimos se recomienda que se diseñe la plantilla de barrenación precisamente en el plano que forma el fondo de los barrenos.

Diseño de la cuña doble espiral para túnel.

En el banqueo de una pedrera a cielo abierto o subterráneo se tiene cuando menos un frente y a partir de esa cara se puede diseñar la plantilla de barrenación sin mayor problema, pero cuando se trata de la excavación de un túnel, galería o lumbrera no existe ningún frente libre de donde partir para el diseño de la plantilla, por lo que hay que fabricar artificialmente un frente libre utilizándose para ello las "CUÑAS".

Existe un gran número de cuñas, pero en nuestro caso nos ocuparemos únicamente de la cuña con barrenado quemado DOBLE ESPIRAL.

CUÑAS DE BARRENOS PARALELOS DOBLE ESPIRAL Y CALCULO PARA LOS BARRENOS ROMPEDORES.

Como su nombre lo indica, todos los barrenos efectuados en estas CUÑAS son Paralelos. El fundamento de esta CUÑA consiste en efectuar disparos consecutivos a partir del primer barrenado que tiene como frente libre un barrenado de diámetro mayor NO CARGADO. Tanto estos como los subsiguientes en la CUÑA requieren una gran precisión en la Barrenación de la Carga.

La CUÑA Quemada es la predecesora de la Cuña de Barrenos paralelos, teniendo como diferencia principal que, siendo también paralelo los barrenos, los no cargados, son del mismo diámetro que el resto de la barrenación.

Para cada tipo de roca, utilizando el mismo diámetro en los barrenos y la misma separación entre ellos, las cargas se deben determinar por medio de pruebas efectuadas en el campo hasta obtener una rotura satisfactoria, Ejem.: Si la carga usada es muy pequeña la CUÑA no romperá completamente, Si la carga usada es muy grande la roca se volverá polvo y la CUÑA fallará por congelamiento.

Una simple regla para calcular la Frontera entre el barrenado de gran diámetro y sus adyacentes es la siguiente:

$$B = 0.7 \varnothing \quad (\text{GRANDE})$$

En casos de dos grandes barrenos la forma se modificará a lo siguiente:

$$B = 0.7 \times 2 \phi \text{ (GRANDE)}$$

Esta relación también se usa para los barrenos rompedores, en donde el ancho del frente libre corresponde a la letra "B", -- la separación del barreno a este frente libre es igual:

$$B = 0.7 B$$

Esta relación es aplicable hasta el momento en que la B equivale a dos veces la Frontera diseñada para el banqueo libre, a partir de ahí se utiliza la frontera y el espaciamiento cálculo para el banqueo.

Separación centro a centro de los barrenos adyacentes al barreno de gran diámetro.

Es casi imposible escoger por adelantado un tipo particular de barrenación a menos de que haya una extensa y previa experiencia en terreno adyacente y similar. En las minas mayores las barrenaciones usualmente se estandarizan a pesar de que en la misma mina existan diferentes tipos de terreno. La estandarización ayuda a entrenar al trabajador para el trabajo en un túnel en particular, facilita la planeación y generalmente muestra ahorro en explosivos puesto que el trabajador, por lo general, tiende a utilizar más explosivo del necesario. Su comprensible teoría es la de llenar el barreno con tanto explosivo -- que rompa la roca, sin importarle mayormente su colocación u otros factores.

La Cuña Quemada.- Debido al desarrollo de las brocas de tungsteno de carbono, la barrenación larga se ha facilitado más y en consecuencia, ha permitido barrenaciones más profundas. Es to además ha sido posible por la ayuda de las rezagadoras mecánicas. El incremento de las barrenaciones largas en túneles,

ha obligado en muchos lugares y determinado convenientemente en muchos otros, el uso de la barrenación con Cuña Quemada. Por tal motivo se incluyen varias tablas y otros datos relativos a este tan común tipo de barrenación.

Principio.- La cuña quemada consiste de uno o más barrenos vacíos paralelos a uno o más barrenos cargados de explosivos. El disparo de los barrenos cargados fractura el material y lo expande hacia el interior de los barrenos vacíos, para finalmente expelerlo del cuerpo de la barrenación dejando un mayor espacio vacío de dimensión y configuración variables, hacia el cual los disparos subsecuentes puedan arrojar la roca así como vayà fracturándose.

Propósito de la Cuña Quemada.- Básicamente el propósito de toda cuña quemada es:

1.- La correcta localización de la cuña en sí, para controlar - dirección del lanzamiento de la roca resultante de la voladura inicial. Si la cuña se carga correctamente, la roca no debiera lanzarse a más de 15 metros, máximo. La roca del cuerpo principal de la barrenación rompe en su mayoría hacia el interior de la abertura producida por la cuña, y por lo tanto no debiera moverse lejos de la cara. La cuña puede apuntarse como el cañón - de un arma y la dirección del lanzamiento de la roca puede controlarse muy efectivamente.

2.- Arrancar barrenaciones de profundidades mayores a las comunes que usan otros tipos de cuñas. Como regla general la profundidad de una barrenación está limitada por la dimensión menor - del túnel Teóricamente la profundidad de una barrenación de cuña quemada se limita solamente por la profundidad a la que la - cuña pueda perforarse y ser despejada de roca. Desde un punto - de vista práctico la profundidad se limita a 1.5 - 2 veces la - dimensión mínima del túnel. Se calcula que la profundidad práctica, máxima, de una cuña quemada, no debe normalmente exceder de 6 metros.

Barrenaciones más Profundas.- Si después de las pruebas iniciales se desea una profundidad mayor de barrenación, pueden obtenerse buenos resultados: a) aumentando la cantidad de explosivo, b) disminuyendo el distanciamiento entre barrenos y c) aumentando la sección de los barrenos vacíos. Es usualmente preferible aumentar la cantidad de explosivo.

Relación entre los barrenos vacíos y los barrenos cargados.- La relación entre barrenos vacíos y cargados se basa en la siguiente regla: El número de barrenos cargados no puede ser mayor del que permita la libre expansión de la roca quebrada hacia el interior de los barrenos vacíos. Debe además tomarse en cuenta que el material quebrado y dentro de los barrenos vacíos necesita también ser arrojado fuera de la cuña para permitir la expansión y penetración al interior de la abertura de las grandes masas del material envolvente. La expansión depende de: a) tipo de la roca y b) cantidad y energía por unidad volumétrica del explosivo.

Tipos varios de cuñas quemadas.- Aunque pudiera diseñarse una variedad infinita de cuñas, las siguientes son las básicas:

a) Redonda y Hoja de Trébol.- Este tipo de cuña quemada puede usarse tanto en rocas plásticas como en las frágiles o quebradizas. La principal diferencia está en que en la roca frágil se requiere de barrenos ayudantes para auxiliar el agrandamiento de la cuña. El barreno central se deja vacío y se equidistan tres o cuatro barrenos a su alrededor. Se carga uno ó más barrenos dependiendo del tipo de roca, y el rompimiento ocurre hacia el barreno central. En esta y todas las barrenaciones subsiguientes, los barrenos de la periferia de la barrenación romperán hacia la abertura de la cuña, hasta alcanzar la sección deseada del túnel.

b) Hoja de Trébol Invertida.- Este tipo es simplemente el reverso de la cuña anterior por cuanto a que el barreno central debe cargarse y romper hacia afuera. Es aplicable cuando la --

roca es friable y fácil de romper. Se dejan vacíos tres ó más barrenos dependiendo de la friabilidad y de la fragmentación deseada. Tanto esta como la anterior barrenación deben producir un hueco redondo a lo largo de la profundidad de la cuña.

El diámetro del hueco depende del número de barrenos, del espaciamiento entre ellos y de la cantidad de carga en su interior.

c) Cuña Cuadrada o Rectangular..- Este tipo utiliza de 9 a 16 barrenos en los que pueden usarse diversas combinaciones de la utilidad de cada tipo depende de los siguientes factores --- a) Costo de los retardos eléctricos, b) tipo de roca y c) expansión de la roca de acuerdo a la fuerza de la explosión.

Cantidad de Explosivos a usar en la Cuña Quemada..-

Para determinar la cantidad de explosivo que deba usarse en cada cuña, tómesese el área de la abertura como 1 yarda cuadrada y multiplíquese por la profundidad de la barrenación.

En muchos casos el consumo de explosivo para una roca suave -- puede llegar a ser igual al de una roca dura; sin embargo, los explosivos para roca blanda tienen una menor densidad, por lo que ofrecen mayor número de cartuchos al mismo costo de los de mayor poder. En otras palabras, el peso del explosivo es el -- mismo en ambos casos pero el costo varía con la densidad de explosivo. Si la rezaga fuera mayor a tres veces la longitud de la cuña, contada a partir de la cara nueva, reduzca la cantidad de explosivo en la siguiente prueba.

El método más sencillo para determinar la cuña correcta es --- adaptar algún tipo de cuña quemada a una plantilla de barrenación de una frente ya determinada y establecida.

Tipos de Roca.- En las tablas siguientes se listan las rocas de acuerdo a su clase, de plásticas a frágiles o quebradizas.

CLASE A

Yeso
Pizarra - Muy suave
Arcilla
Roca desintegrada

CLASE B

Caliza Suave
Pizarras Suaves
Caliza Carbonífera
Calcita
Roca Medio Desintegrada

CLASE C

Caliza de Mediana Dureza
Arenisca - Suave
Pizarra de Mediana Dureza
Pizarra Arenisca
Caliza semi-silicosa

CLASE D

Caliza Dura
Pizarra Dura
Pizarra Bituminosa
Caliza Cristalina
Caliza Silicosa

CLASE E

Granito Suave
Uematita
Roca Silica Estratificada
Mica, Esquistos
Silica en Roca

CLASE F

Cuarzo
Cuarcita
Conglomerado de Cuarzo
Marmol
Granito de Mediana Dureza
Arenisca - Dura

CLASE G

Granito Duro
Cuarcita de Grano fino
Silice Dura
Tactita

Las clases anteriores de rocas pueden generalmente subdividirse en plásticas (A-C) y frágiles (D-C). En la clasificación anterior se han desconsiderado algunos factores como la solidez y la elasticidad. Como un ejemplo la caliza cristalina no es plástica, pero es elástica, y en consecuencia requiere de un explosivo más lento.

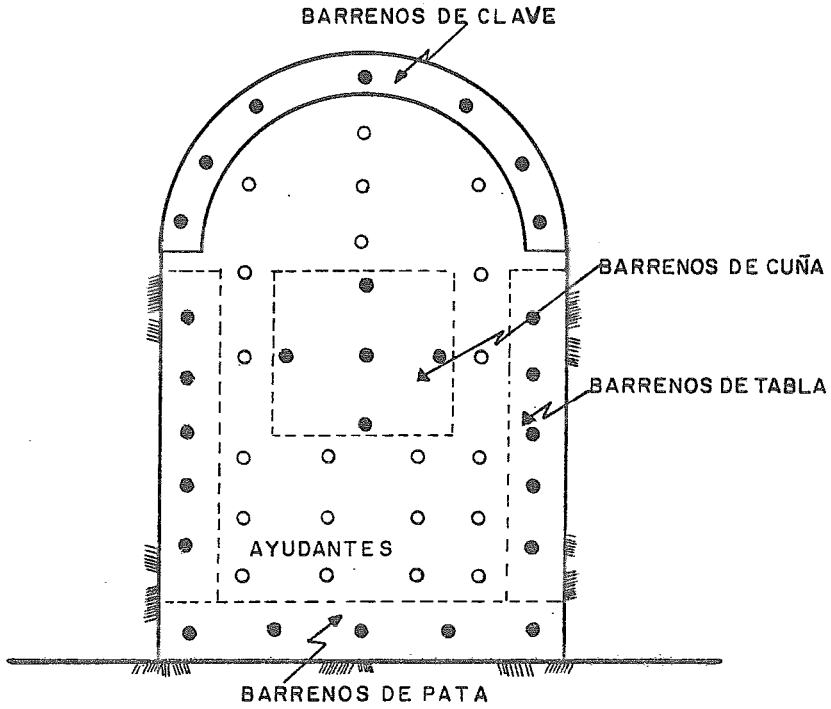
DETONADORES DE TIEMPO "MS"

ATLAS DE MEXICO, S.A.

CIA. MEXICANA
DE EXPLOSIVOS, S.A.

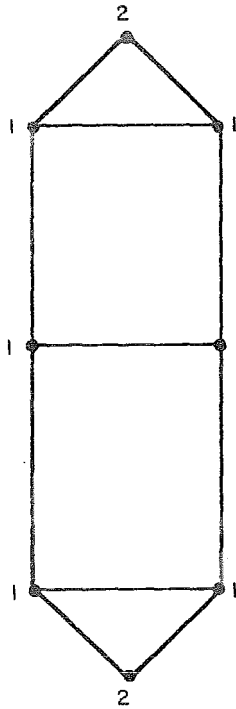
Número	Retardo	Número	Retardo
0	0	1	25
1	8	2	50
2	25	3	75
3	50	4	100
4	75	5	125
5	100	6	150
6	125	7	175
7	150	8	200
8	175	9	250
9	200	10	300
10	250	11	350
11	300	12	400
12	350	13	450
13	400	14	500
14	450		
15	500		
16	550		

SECCION TIPO

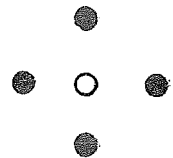
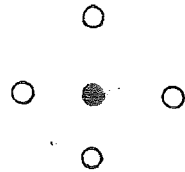


3- Combinaciones de estos

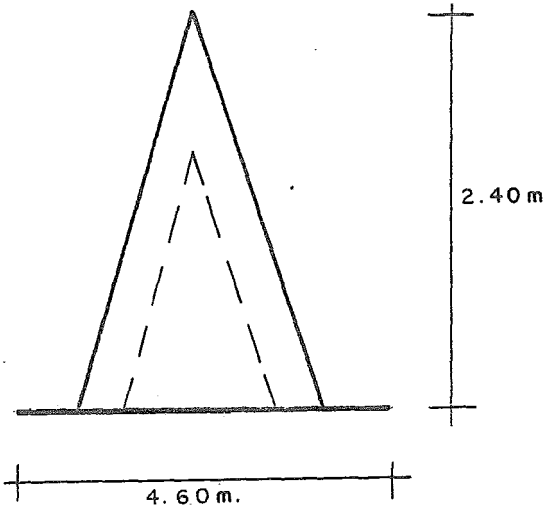
CUÑA EN "V"



- BARRENO CARGADO
- BARRENO VACIO



CUÑA QUEMADA



2.2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO UTILIZADO EN EL TRAMO 0+000 - 16+000 CORRESPONDIENTE AL TUNEL ANALCO-SAN JOSE

Como anteriormente se hablo de las características del material a excavar permite el uso de explosivos; por lo que la em - empresa designada para la construcción de este túnel ha decidido atacar la excavación con el procedimiento convencional a ba se de explosivos.

Debido a la longitud de este tramo se establecieron 6 --- frentes de ataques: cuatro de los cuales se atacaron por lum-- brera y los dos restantes, serán por los portales de entrada y salida.

La barrenación se ejecutará a sección completa y cuña en "V" de 6 barrenos con jumbo ALIMAK MODELO L-532 equipado con 2 perforadoras neumáticas (húmedas) marca TAMREK 8400T con avance de 25 ft/hr. (7.62 M/Hr.) montadas en los brazos del jumbo con longitud de 2.50 mt., para dar barrenos de 1" de \varnothing y 2.40 m de profundidad promedio.

Se perforo cuña en "V" de 6 Barrenos de 1" de diámetro y 2.40 m de profundidad de promedio.

El tipo de acero que utilizo fué de alta resistencia integral, explosivos y artificios; se utilizó como explosivo, el tovax 700, como detonante el estopín eléctrico de retardo y co rriente eléctrica con un interruptor.

REZAGA: Se propone emplear para la carga, rezagadora MITSUIR - 585-A accionada por aire comprimido para llenar directamente vagonetas de 4m³ de capacidad, formando trenes de 36 m³; la rezagadora estará auxiliada por piso ex-- tensible.

El cambio de vagonetas se hizo con cambio california que se moverá cada 6 días, empleando como fuerza tractiva para las vagonetas en el frente Locomotoras Diesel.

MANEJO DE LA REZAGA EN EL EXTERIOR.

- A) Para portales: se volteraran las vagonetas con volteador hidráulico y cargador frontal para cargar camiones de volteo de 6 m³, de capacidad, para llevar la rezaga a los tiraderos.
- B) Para lumbreras: se contará con camiones de volteo que recibirán la rezaga del material directamente de las tolvas de las lumbreras para proceder a llevar la rezaga a los tiraderos respectivos.

TRENES Y VIAS:

Se emplearon locomotoras diesel de 8 toneladas y 100 HP. capaces de arrastrar a nivel, trenes de 50 toneladas de peso total con velocidad de 15 Km/Hr. sobre vía de 91 cm. de escantillón con riel de 60 lb/yd apoyadas en durmientes de madera y cambios fijos a cada 1000 M.

VENTILACION.

Se inyectó la cantidad de aire que determinaron los cálculos respectivos. El barrido de los gases nocivos y polvo producido de las voladuras se inyectó aire del exterior con ventiladores auxiliares operando la tubería del tipo galvanizada calibre No. 18 de 30" de diámetro, en tramos de 9 M. de longitud, los ventiladores son de tipo Booster eléctricos y se utilizó el sistema de "ventiladores sobre la línea" líneas eléctricas, cada frente está alimentado con 440 KVA, por medio de circuitos de la línea general; bombeo ventilación; alumbrado y otros.

COMUNICACIONES.

Se emplearon líneas técnicas y radio con estaciones en el interior a cada 800 m y en estaciones exteriores en cada una de las casetas de campo.

Se emplearán líneas telefónicas con estaciones en oficina de superintendencia.

Oficina de Portal de Entrada

Oficina de Portal de Salida

Planta de Concreto

Planta de Agregados

Estaciones a cada 800 mts.

Control topográfico, se utilizarán aparatos

CONTROL TOPOGRAFICO:

Se utilizan aparatos topográficos de precisión; rayos la ser, etc. con verificaciones a cada 300 mts.

Después de la voladura se inyecta un volúmen de aire -- igual al de la ventilación normal. Se utilizan ventiladores centrífugos eléctricos para la ventilación normal y ventiladores neumáticos para la ventilación adicional, después de las -- voladuras y en los 2 casos, las tuberías se harán a base de po lietileno.

LINEAS ELECTRICAS:

Cada frente está alimentado por 130 KVA entre circuitos distintos, una para alumbrado; otro para bombeo y otro para -- ventilación con los conductores y aislamientos que resulten.

2.3 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO UTILIZADO EN EL TRAMO.
0+000 - 3+279.09 CORRESPONDIENTE AL TUNEL RAMAL NORTE.

En base a los estudios geológicos previos se decidió ejecutar la excavación por el procedimiento convencional, a base de explosivos.

Debido a las características del tramo, esta obra se ataca por 2 frentes; portal de entrada y portal de salida.

Se barreno a sección completa con cuña quemada de 7 barrenos, la barrenación se ejecutará con perforadoras de pierna -- Gardner Denver S 83F para dar barrenos de 3.1 cms. de diámetro y 2.4 m de profundidad con una velocidad de barrenación de --- 20 m/Hr.

Se barreno la parte superior de la sección apoyando las máquinas en una plataforma de acero (Tarango) y la parte superior se barreno apoyando la máquina en el piso de terreno natural.

REZAGA:

Se propone para la carga un cargador frontal (Scop trams) a diesel de 100 H.P. de 1.68 m³, combinado con camiones de volteo de 6 m³ que entrarán de frente y se regresarán de frente - maniobrando para darse vuelta en libradores (Chocolones), localizados a cada 300 m aproximadamente, a lo largo del túnel.

Estos libradores tienen las dimensiones que se muestran en diagramas para que tanto el camión se de vuelta para su regreso, como para que el cargador efectúe la descarga utilizando -- una rampa que se habilitó por sus propias características técnicas.

VENTILACION.

Fu  injectada la cantidad de aire que determinaron los cálculos respectivos. El barrido de gases tóxicos y polvos, - producto de las voladuras, se hizo con ventiladores auxilia-- res, inyectando un volúmen de aire igual al de la ventilación normal. Se utilizó ventiladores centrífugos, eléctricos para la ventilación normal y ventiladores neumáticos para la venti-- lación adicional, después de las voladuras, y en los dos casos, las tuberías son a base de tubos de polietileno.

Líneas eléctricas.

Cada frente esta alimentado por 130 KVA en 3 circuitos -- distintos; uno para alumbrado; otro para bombeo y otro para -- ventilación con los conductores y aislamientos que resulten.

COMUNICACIONES:

Se emplearon líneas telefónicas con estaciones en oficina de superintendencia.

Oficina de Portal de Entrada.

Oficina de Portal de Salida.

Planta de Concreto.

Planta de Agregados.

Estaciones a cada 800 Mts.

Control topográfico, se utilizar n aparatos.

2.4 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO UTILIZADO EN EL TRAMO
3 + 279.09 - 12+569.25 CORRESPONDIENTE AL TUNEL RAMAL --
NORTE.

- a) En base a los estudios geológicos previos, se decidió ejecutar la excavación por el procedimiento convencional a base de explosivos.

Debido a la magnitud de la obra se establecieron 7 frentes de ataque de la siguiente forma:

TUNEL 2 -- Portal de salida
TUNEL 3 -- Portal de entrada y salida
TUNEL 4 -- Portal de entrada y salida
TUNEL 5 -- Portal de entrada y salida

- b) BARRENACION.

Se barreno a sección completa con cuña quemada de nueve barrenos, la barrenación se ejecuto con perforadoras de pier-na de la marca INGERSOLL RAND modelo JR-300 para dar barrenos de 38 mm de diámetro y 2.4 m de profundidad promedio, - con una velocidad de barrenación de 20 m/hr.

Se barreno la parte superior de la sección apoyando la má-quina sobre la rezaga producto de la tronada y la parte inferior inmediatamente después de que se termina de rezagar.

REZAGA.

Se propone para la carga, rezagadora EIMCO G34 de descarga lateral accionada por aire comprimido para descargar directamente a una banda transportadora de 24" de ancho equipado con motor eléctrico para llenar vagonetas de 5 M3 de capacidad for-mando trenes de 7 vagonetas.

Se emplearon locomotoras diesel de 8 ton. y 100 HP capas de arrastrar a nueve trenes de 50 ton. de peso total con velo-

ciudades de 15 Km/Hr. sobre vía de 91 cm. de escantillón con riel de 60 lbs./yd. apoyado sobre durmientes de madera.

VENTILACION.

Se inyecta la cantidad de aire necesario conforme las especificaciones, la cantidad de aire fresco que debe proporcionarse en el frente no debe ser menor de $10 \text{ M}^3/\text{min}/\text{trabajador}$ a presión ambiente y de $2.5 \text{ M}^3/\text{min}/\text{HP}$ de los motores de combustión interna que estén operando en el interior del túnel.

Se utilizaron ventiladores centrífugos eléctricos, las tuberías serán a base de tubos de lona de 36".

LINEAS ELECTRICAS.

El sistema de alumbrado estuvo alimentado a 440 Kva. en circuitos que son de línea general. El sistema deberá suministrar iluminación con intensidad suficiente con lámparas incandescentes ordinarias para que los peatones no necesiten usar lámpara, para poder transitar en cualquier zona del túnel.

COMUNICACIONES.

Se emplearon líneas telefónicas y radio en el interior o cada 800 m y en estaciones exteriores en cada una de las casetas de campo.

Control topográfico: Se utilizaron aparatos topográficos de precisión: TRANSITO, NIVEL CON VERIFICACIONES A CADA 20 m.

CAPITULO - 3

EQUIPO Y MAQUINARIA UTILIZADO

3.1.- EXCAVACION.

- a) Jumbo L-632 ALIMAK (2 brazos)
- b) Brazo
- c) Perforadora con pierna INGERSOLL RAND JR-300
- d) Rompedora
- e) Martillo
- f) Rezagadora ----- MITSUI-EIMCO RS-150
- g) Rezagadora ----- SCOOP TRAM
- h) Vagoneta de fondo móvil
- i) Vagonetas de 4 M³ de tiron
- j) Volteador Neumático de Vagonetas
- k) Locomotoras diesel 100 HP
- l) Vagon para Explosivos y pasajeros
- ll) Cambios California
- m) Accesorios
- n) Cargador frontal Michigan

3.1.1. EQUIPO DE VENTILACION

- a) Ventiladores (Axial)
- b) Válvulas
- c) Filtros
- d) Accesorios
- e) Tubo de lona 90 cm ø

3.1.2. EQUIPO DE AIRE COMPRIMIDO

- a) Compresor chicago pneumatic 600 P.C.M. (Eléctrico)
- b) Compresor 600 p.c.m. (Eléctrico)
- c) Recipiente
- d) Accesorios para el suministro de aire para perforadoras

3.1.3. EQUIPO PARA BOMBEO (Equipo eléctrico)

El equipo de bombeo, se utiliza esencialmente en el tramo de Lumbreras, ya que es donde hay filtraciones (tramo 0+000-16+000 Analco-Sn. José); en el tramo Ramal Norte no hay necesidad de bombear debido a que no hay filtraciones.

- a) Bomba de sumidero $\varnothing = 10''$
- b) Bomba centrífuga $\varnothing = 2''$ Traspaleo Autocebante
- c) Bomba centrífuga $\varnothing = 3''$ " "
- d) Bomba centrífuga $\varnothing = 4''$ " "
- e) Bomba centrífuga $\varnothing = 2'', 3'', 4''$ Gasolina
- f) Bomba de pozo profundo $\varnothing = 10''$
- g) Accesorios
- h) Tubería de 2" y 4" de \varnothing
- i) Válvulas de compuerta
- j) Manguera de 2" \varnothing

3.1.4. EQUIPO DE ACARREO Y TRANSPORTE.

- a) Camion 6M³
- b) Camion Redilas 8 TON.
- c) Camioneta 3 TON. Cap. DIESEL
- d) Camioneta PICK-UP 3/4 TON.
- e) Camion PIPA 6 M³

3.1.5. EQUIPO ELECTRICO

- a) Grupo Electrogeno 150 Kw
- b) Sub Estación
- c) Transformadores
- d) Otros

3.1.6. EQUIPO PARA LANZADO DE CONCRETO.

- a) Lanzadora de concreto EIMCO P-18
- b) Accesorios

CAPITULO - 4

CICLOS DE OPERACION

Las operaciones que componen un ciclo de excavación en un túnel por el método convencional a base de explosivos pueden - variar de un frente a otro por el equipo con que se cuenta, pero en general serán las mismas, es decir, mientras en algunos frentes se cuenta con el equipo especializado en otros el equipo es adaptado para este tipo de trabajos.

4.1. CICLO DE EXCAVACION.

La excavación en un túnel esta compuesta de una serie de operaciones repetitivas, en forma sucesiva (algunas de ellas - simultáneas o traslapadas en un período de tiempo conveniente), de tal manera que se forma un ciclo para dar un avance longitudinal determinando las operaciones que forman el ciclo de trabajo en la excavación de un túnel por el método convencional - es el siguiente:

- 1) Barrenación
- 2) Limpieza de barrenación
- 3) Carga de explosivos
- 4) Conexiones eléctricas o amarre de las puntas de las mechas
- 5) Retiro y voladura
- 6) Ventilación
- 7) Rezaga

8). Amacize del terreno (ademe)

9). Topografía y movimiento de equipo

Para fines prácticos, al hacer el análisis tiempo del ciclo las operaciones se resumen de la siguiente manera.

1). Barrenación.

Esta operación comprende desde que principia a trabajar la primera perforadora, hasta que termina de trabajar la última de ellas y consiste en hacer las perforaciones necesarias distribuidas según un "Diagrama de Barrenación" propuesto.

La barrenación debe iniciarse sobre el frente de trabajo - del túnel, en la que previamente se ha trazado con pintura, tanto el eje vertical, el eje horizontal, así como el contorno de la sección que se desea excavar.

La barrenación se hará como ya hemos explicado con el equipo propuesto por el contratista.

2). Limpieza de Barrenación.

Esta actividad consiste, en que una vez terminada la barrenación y antes de iniciar la carga de explosivos, cada barrenado debe limpiarse con aire comprimido, para desalojar cualquier residuo de material dentro de los barrenos que impidan el buen retaque de los explosivos. El soplador debe estar dotado de una conexión y válvula para regular el aire para limpiar.

Debe tenerse especial cuidado cuando el terreno es fracturado o no es una roca muy consistente, pues corre el peligro de inutilizar el barrenado o los barrenos.

3). Carga de Explosivos.

Esta operación comprende desde que termina la limpia de la barrenación hasta que se carga el último barreno. Esta operación es la más delicada y deben tomarse todas las precauciones necesarias para el manejo de los explosivos, el inspector de explosivos debe preparar las cargas con anticipación a su uso, es decir, de acuerdo con el diagrama de barrenación, se hará un número de cebos igual a los indicados en el diagrama, separando estos y sus respectivas cargas para que cada perforista cargue sus barrenos. Las cargas deberán hacerse y separarse en cajas de acuerdo con el diagrama de tiempos y cargas. La carga no se iniciará hasta que no termine la barrenación el último perforista.

4). Conexión eléctrica o amarre de puntas de las mechas.

Esta operación comprende desde que se termina de cargar el último barreno hasta que se hace la conexión a la línea de disparo o bien hasta que se obtienen todos los amarres necesarios de las mechas y unirlos a varias puntas para inicio del encendido.

Cuando se esta usando estopínes eléctricos se conectan las guías entre si. Normalmente en túneles se hacen las conexiones en series paralelas, nunca en serie, pues sería muy difícil detectar en un momento dado una falsa conexión.

Si una vez conectadas las series el galvanómetro no acusa lectura o lectura infinita entonces es muy fácil desconectar -- las series y comprobar cada una de ellas con esto se comprobará si las series estan en buenas condiciones para conectarse a la línea fija de disparo.

Todas estas medidas de seguridad las deberan tomar el jefe en turno, el sobrestante, el electricista y su ayudante.

Todo el equipo se retira del frente para que no se dañe, por la voladura y las últimas personas en retirarse deben ser el sobrestante, el jefe en turno y el electricista, y deberán hacerlo hasta donde se encuentre el interruptor de disparo.

Entonces la comprobación de las conexiones eléctricas se hace como quedo indicado con el galvanómetro o bien lo más seguro es hacerlo con ohmetro ya que de esta forma el ingeniero puede calcular la resistencia total de su circuito y comprobarla con este aparato. Si la variación entre el cálculo y la lectura es más de 5%, deberá volverse a comprobar físicamente el circuito.

5). Retiro y Voladura.

Una vez en el sitio en donde se encuentra el interruptor de disparo, el sobrestante entregará la llave al electricista quien abrirá la caja del interruptor y accionará este para hacer la voladura, el personal debe siempre estacionarse de espaldas a las paredes del túnel.

No debe quedar de pie a mitad de la sección.

La distancia a que debe estar el interruptor de disparo del frente no debe ser menor de 300 mts.

Si la voladura se hace con corriente eléctrica, está puede ser 440v/220v/110v/ también puede hacerse con explosor de capacidad adecuada y en buenas condiciones.

6). Ventilación.

El tiempo que esta operación dura se cuenta desde el momento de la voladura hasta el momento en que se inicia la rezaga, el tiempo de esta actividad esta comprendido entre 30 y 45 min. si los requerimientos de ventilación no han sido superados.

7). Rezaga.

Esta operación se considera desde el momento en que empieza a trabajar la rezagadora, cargador, etc. hasta que se mueve el equipo de barrenación hacia delante.

Esta operación consiste en la carga de material producto de la voladura, si se excava por lumbrera esta operación consiste en carga de vagonetas para que posteriormente sean transportados y vaciados en las alcancías localizadas en el fondo de las lumbreras y de aquí manteado el material al exterior. Puede considerarse, en estas condiciones que consta de cuatro partes principales:

- a). Carga del material en el frente a vagonetas.
- b). Transporte en vagonetas del frente a la base de la lumbrera.
- c). Vaciado en las alcancías en la base lateral de las lumbreras.
- d). Izado (manteo) del material del fondo de la lumbrera a la superficie en botes especiales de vaciado automático. (skips).

- a). Carga de Material en el Frente a Vagonetas.

Esta operación se hace con rezagadora Mitsui RS85A, la carga se hace en combinación con un cambio california que deberá permanecer siempre lo más cerca posible (100 mts.) a el frente, para hacer los cambios de carros cargados por vacíos. La operación coordinada de las tres partes principales de la rezaga, traerá como consecuencia un menor número de vagonetas a utilizar evitando congestionamiento innecesario ; el equipo de transporte se reduce a tres locomotoras y el equipo de carga trabajará casi en forma continua y eficiente.

Con objeto de evitar los tramos cortos colocados como vía provisional hasta que se complete la longitud correspondiente

a un riel completo, se usa en algunos casos el piso extensible. Con este Aditamento es posible colocar rieles enteros y moviéndolos oportunamente el producto de la voladura caerá encima de este, operando la rezagadora Mitsui en condiciones optimas evitando los descarrilamientos.

En práctica común que al iniciarse la rezaga, un lado del cambio californiense contenga el número de vagonetas vacías que se cargarán durante el tránsito de ida y regreso (sin contar el tiempo de carga y descarga que se hace con otra locomotora), de la locomotora y tren de tránsito es decir habrá en el frente una locomotora y para el cambio de carros indicado. Habrá otra para efectuar el tránsito de carros cargados y carros vacíos y habrá otra en la lumbrera para hacer el movimiento de vaciado de carros.

b). Transporte de vagonetas del frente a la base de la lumbrera.

El transporte ya sea de un tren de varias vagonetas o de una sola, debe hacerse siempre tirando (jalando) y no empujando. Esta práctica de empujar en lugar de tirar es insegura y no indica más que una falla absoluta del conocimiento del proceso de construcción.

Se considera que el tren de transporte al iniciar la rezaga debe estar cercano al cambio californiense, de tal suerte que tan pronto como los carros que están en el cambio han sido llenados, la locomotora de tránsito los enganchará para iniciar su recorrido a la lumbrera. La locomotora del frente enganchará los carros vacíos y los estacionará en el cambio californiense, para proseguir con la rezaga. La locomotora de tránsito, una vez que llega a la lumbrera desenganchará las vagonetas rezagadas y enganchará las vacías hacia el frente.

Si estos movimientos de trenes se coordinan conveniente--

mente mediante teléfonos y un despachador de trenes, se pueden evitar, falta de vagonetas para rezaga y tener un número exagerado de ellos, que unicamente causan congestionamiento innecesario. Por otra parte es indispensable tener una buena vía de tránsito para lo cual es necesario tener un dren y una buena cuadrilla de mantenimiento para ambas cosas.

c). Vaciado en las alcancías en la base lateral de las lumbreras.

Una vez que la locomotora de lumbrera ha enganchado las vagonetas llenas, debe hacer los movimientos en las vías de la base de las lumbreras, para poner las vagonetas en posición de vaciado y de acuerdo a las instalaciones con que se cuente es decir, hay lumbreras en que se opera con un solo bote de manteo (Skip), en otras existen dos. La operación se hará tan aprisa como lo permita el equipo e impidiendo cualquier entorpecimiento de la operación tan pronto se termine el vaciado, las vagonetas vacías deben quedar estacionadas en forma conveniente en un escape o ladero especial de manera que la locomotora de tránsito los pueda enganchar rapidamente.

Es una condición que las vías que están circunscribiendo la zona de la alcancía, esten desalojadas ambas ó por lo menos una.

De ninguna manera debe permitirse que ambas vías esten ocupadas y menos con equipo fuera de uso u ocioso.

d). Izado (Manteo) del material del fondo de la lumbrera a la superficie en botes especiales de vaciado automáticos (Skips).

Esta operación se hace a base de malacates de doble tambor, ya sea operando dos botes (Skips) o solamente uno y un

contrapeso. El manteo no debe interrumpirse por ningún motivo, salvo causa de fuerza mayor. Si no se hace en esta forma, toda la coordinación se rompe y empezará a desequilibrarse el manteo propiamente dicho con el vaciado acarreo horizontal y con la carga en el frente. Esta condición debe lograrse principalmente en las instalaciones en donde el manteo se hace con un solo bote o bien con botes chicos (botes iguales a la capacidad de una vagoneta). Deben hacerse instalaciones apropiadas en las bases de las lumbreras, con objeto de evitar el derrame de material al carcamo, o bien tener algún mecanismo que permita hacer periódicamente la limpia de este sitio, sin problema de tener que suspender el manteo.

8). Amacize del terreno (Ademe).

Esta operación comprende desde el momento en que termina la rezaga, hasta el momento en que empieza a trabajar la primera perforadora.

La operación como su nombre lo indica, consiste en proteger la zona previamente excavada convenientemente mediante el procedimiento y elementos adecuados. Esta protección en nuestro caso, es de 2 tipos generales.

- A). Marcos metálicos y retaque de madera
- B). Concreto lanzado.

La duración de esta operación, solo se le considera en un tiempo del ciclo en la protección a base de marcos metálicos y madera de retaque y el lanzado de concreto se les puede considerar de más posibilidad de traslape. En una operación bien coordinada el traslape puede ser del 100% con la que la duración del ciclo de excavación con protección de concreto lanzado puede reducirse hasta 33%.

A). Marcos Metálicos y Retaque de Madera:

La protección con marcos metálicos, consiste en colocar los elementos que formen dos piezas con posición correcta, tanto en línea como en nivel.

Para lograr esta actividad la operación se divide en dos partes principales:

- a) Colocación de los dos elementos metálicos.
- b) Retaque de madera.

a) Colocación de los Elementos Metálicos.

La colocación de los dos postes se hace preparando una --- plantilla sobre el terreno, removiendo todo el material suelto que pudiera haber. Sobre esta preparación se colocará una zapa ta de madera de 4" x 8" x 12", que se nivelará de acuerdo con el proyecto de razante. La separación con respecto al marco an terior estará determinada de antemano y de acuerdo con las con diciones del terreno que se excava. Las patas del marco deben colocarse con un escantillón, que dan la separación transver-- sal. Este escantillón debe tener una marca, señalamiento o pun to que de en coincidencia con la visual del tránsito a este -- punto. Esta visual será la prolongación del alineamiento general del túnel. El movimiento indicado se logra a base de blo-- ques pequeños de madera y cuñas.

Una vez centrados y nivelados los dos elementos del mar-- co, se ligarán estos con sus respectivos tensores y separado-- res con el marco anterior.

La verticalidad en sentido longitudinal debe comprobarse mediante un nivel de albañil.

En el sentido transversal se comprobará siempre que las - patas del marco sean verticales.

Con esta operación queda practicamente formado y erigido el marco metálico de ademe y se procede enseguida a realizar el retaque de madera.

b) Retaque de Madera

Consiste en colocar en puntos bien definidos, bloques de madera entre el patín exterior del marco y del terreno, con objeto de colocar el marco en su línea y de nivel correctos y -- principalmente para transmitir a lugares determinados las cargas provenientes del terreno.

Estas posiciones para nuestro caso son:

En la clave dos y uno en cada extremo del eje horizontal, además en tres puntos intermedios equidistantes en cada lado - del arco.

En las patas en cada extremo superior, y uno en cada extre--mo inferior.

B). Concreto Lanzado:

No entraremos en detalle de este procedimiento de protección de la excavación, pues es objeto de un capítulo muy especial. Nos concretaremos a indicar en forma breve en qué consiste y su modo de aplicación. El concreto lanzado consiste en -- que, mediante máquinas especiales llamadas "lanzadoras", se -- aplica éste, utilizando aire comprimido inyectado en la propia máquina, y a través de una manguera y un chiflón en donde en - forma se inyecta el agua para completar la mezcla y hacer reaccionar el cemento y aditivos acelerantes de fraguado. Los agregados pétreos (arena y grava) de granulometría adecuada, son - mezclados previamente. La mezcla con el cemento se hace propiamente en los carros-tolva. Este mezclado se hace en el trans--portador de hélice en su rotación para descargar en la tolva -

de la lanzadora. La aplicación de este concreto aplicado neumáticamente sobre la superficie rocosa, requiere de habilidad de los operadores de chiflón y que se adquiere únicamente a través de la experiencia pues no es lo mismo aplicarlo sobre una superficie vertical inclinada, que sobre la bóveda del túnel, ya que el grado de dificultad es diferente y que se traduce en una mayor cantidad de "rebote", y que no debe ser mayor de 50%. La aplicación debe hacerse en capas sucesivas de espesor de dos en dos centímetros y por zonas hasta completar espesores que pueden llegar a ser de 15 cm. de controlar estos espesores, se deben colocar testigos apropiados.

9). Topografía y Movimiento de Equipo.

La topografía comprende desde el momento en que sale la rezagadora hasta que llega el equipo de barrenación al frente.

La topografía se divide en dos tipos:

- A). Topografía de detalle del frente.
- B). Topografía de precisión.

A). Topografía de detalle del frente consiste en:

- a) Prolongar el alineamiento de la línea definitiva del túnel.
- b) Marcar tanto el eje vertical como el horizontal
- c) Marcar la sección de excavaciones
- d) Hacer el levantamiento de la sección excavada
- e) Determinar el avance obtenido de la voladura y el cadenamiento del frente sobre la que se barrenará el siguiente ciclo.
- f) Colocar puntos de control de alineamiento y bancos de nivel, para poder prolongar el alineamiento durante una o dos semanas, mientras se prolonga la línea de precisión.

B). Topografía de precisión consiste en:

- a) Bajar el alineamiento de precisión al interior del túnel cuando se trate de una lúbrera.
- b) Los puntos de la línea de precisión deben marcarse sobre placas metálicas y a un nivel fuera de la superficie de trabajo, para lo cual deberá hacerse una excavación y -- ahogar los anclajes de que debe estar provista esta placa. Si por condiciones de agua de filtraciones no es posible marcar estas mojoneras en el piso, deben colocarse en el techo del túnel.
- c) La línea de precisión debe prolongarse por lo menos cada dos semanas (puntos de alineamiento y marcas del túnel).

A). Topografía de detalle del frente.

El trabajo de prolongar el alineamiento y marcarlo en el frente en un eje vertical, puede hacerse durante la rezaga, -- fuera de la zona de donde trabaja el cargador. El trabajo de localizar el eje horizontal, se puede hacer con la ayuda de -- un nivel de mano y estadal, para pasar el nivel a el frente -- de una referencia cercana a éste.

El trazo de la sección de excavación se hace fácilmente una vez que se ha determinado la intersección, se hará con -- pintura la parte superior circular hasta el eje horizontal. -- La parte inferior se traza ligando las intersecciones del arco superior con el eje horizontal, con los puntos situados a nivel de piso equidistantes del eje vertical, de acuerdo con la geometría de la sección del proyecto.

El trazado de la sección puede hacerse en la parte superior con un tramo de madera con longitud igual a la del radio, amarrándole en la punta una brocha para poder marcar la sec-- ción circular en forma de compás.

El levantamiento de la sección de excavación, se hará un metro atrás de el frente y por medio del seccionador en donde, en el círculo central estan marcados los puntos de la sección que deben formarse, para posteriormente dibujarla y determinar la sobre-excavación ó peine. Es necesario que en cada voladura se haga este trabajo.

La sección levantada de esta manera se dibuja posteriormente en formas especiales. En estas, estará dibujado previamente la sección de proyecto o línea "A" y línea "B". La diferencia entre esta última y la sección levantada, dará el área de sobre-excavación y/o peine obtenidos. Estas áreas se medirán con el planimetro y se determinará el porciento de sobre-excavación y/o peine.

B). Topografía de precisión.

Este trabajo deberá realizarse en condiciones de visibilidad óptima. Esto se logra únicamente los domingos y dejando trabajando el sistema de ventilación, por otra parte es necesario que se suspenda completamente el tránsito del equipo de acarreo.

Los puntos de alineamiento y marcas de nivel deben ser reportados por escrito debidamente referenciados, y, si es posible entregarlos físicamente, a la brigada de topografía de el frente.

En general, la topografía de el frente, es ejecutada por el personal del contratista, la topografía de precisión normalmente la controla el contratante a través de la residencia de obra.

EXCAVACION DEL TUNEL.

por procedimiento convencional a base de explosivos.

CONSIDERACIONES: (TEORICO)

+ Area media de la sección	19.00 M ²
+ Profundidad de barrenación	3.20 M
+ Avance medio por ciclo	2.80 M
+ Cuña piramidal con 8 barrenos más 16 auxiliares	
+ Barrenos perimetrales 20 de peine más 6 de pata	

ANALISIS TEORICO DEL CICLO EN ROCA SANA

1.- Retirar rezagadora del frente.....	3 min.
2.- Acercar Jumbo, conectarlo y fijarlo.....	7 min.
3.- Trazos.	
4.- Barrenación.....	150 min.
5.- Carga y prueba del circuito detonador.....	30 min.
6.- Voladura y eliminación de gases y polvos.....	10 min.
7.- Rezaga.....	120 min.
8.- Alargamiento de vía.....	20 min.
9.- Corrimiento de equipo auxiliar.	

DURACION DEL CICLO: SUMA..... 340 min.

EFICIENCIA = 80% del frente x 90% Superintendencia x 98% Gerencia =
= 71%

CICLOS DIARIOS = $\frac{1440 \text{ min/dfa} \times 71\% \text{ de eficiencia}}{340 \text{ min/ciclo}} = 3 \text{ ciclos}$

(AVANCE)

VELOCIDAD OPTIMA = 3 ciclos/día x 2.8 M/ciclo = 8.40 M/dfa

Determinaremos una velocidad media de excavacion por frente (m/día)

VELOCIDAD OPTIMA - 8.4 m/día

TRAMO	LONG(m)	SUB-TRAMO		VELOCIDAD OPTIMA	VELOCIDAD MEDIA	DIAS HABILES
		EST. A	EST. LONGITUD m			
P.E.-LI	3300	0 + 000	1650	8.40	4.17	396
		a				
		1 + 650				
LI-L2	7100	3 + 300	1650	8.40	4.17	396
		a				
		1 + 600				
L-2-P.S.	5600	3 + 300	3550	8.40	5.65	630
		a				
		6 + 850				
L-2-P.S.	5600	10 + 400	3550	8.40	5.65	630
		a				
		6 + 850				
L-2-P.S.	5600	10 + 400	2800	8.40	5.19	540
		a				
		13 + 200				
L-2-P.S.	5600	16 + 000	2800	8.40	5.19	540
		a				
		13 + 200				
NOTA:						
L-3: LE LLAMARON		P.S., YA QUE	ES DONDE TERMINAN LOS	16.0	KM.	

RESUMEN:	FRENTE No. 1	396 días hábiles		
	" " 2	396 " "	VEL. MEDIA GENERAL	
	" " 3	630 " "	V.M.G. = $\frac{16000 \text{ m. long.}}{3132 \text{ dias}}$	
	" " 4	630 " "		
	" " 5	540 " "	V.M.G. = 5.11 m/día	
	" " 6	540 " "		
	SUMA =	3132 " "		

EXCAVACION.-

DURACION:

$$T_1 = \frac{L - (D_2 - D_1)}{V_1} + (D_2 - D_1)$$

$$T_2 = T_1 - (D_2 - D_1)$$

FECHA DE CONEXION: $F = D_1 + T_1$

ESTACION DE CONEXION: $E = Ear + Tar \times Var$

T_1 = Duración total del tramo o primer frente.

T_2 = Duración del segundo frente.

D_1 = Día de iniciación del primer frente

D_2 = Día de iniciación del segundo frente

V_1 = Vel. del primer frente

V_2 = Vel. del segundo frente

F = Fecha de conexión

E = Estación de conexión

Ear = Estación de partida aguas arriba

Tar = Duración del frente aguas arriba

Var = Vel. del frente de aguas arriba

L = Longitud del tramo

1.- TRAMO: Portal de entrada - Lumbrera No. 1 (LONGITUD = 3300 m)

a.- FRENTE P.E.-L1

	<u>DURACION</u>	<u>INICIA EL DIA</u>	<u>TERMINA EL DIA</u>
MOVILIZACION	30 dias	1	30
INSTALACION	15 "	31	45
SE INICIA EXCAVACION		46	

b) FRENTE L1-P.E.

	<u>DURACION</u>	<u>INICIA EL DIA</u>	<u>TERMINA EL DIA</u>
MOVILIZACION	30 días	1	30
INSTALACION	15 "	31	45
SE INICIA EXCAVACION.		46	

$$T_1 = \frac{3300 \text{ m. } (46-46) 5.28 \text{ m/día} + (46-0)}{(4.71 + 4.71) \text{ m/día}} = 395.68 = 396 \text{ días}$$

$$T_2 = 396 \text{ días} - (46-46) = 396 \text{ días}$$

$$F = 46 \text{ días} + 396 \text{ días} = 442 \text{ días}$$

$$\text{Est.} = 0 + 000 + 396 \text{ días} \times 4.17 \text{ m/día} = \text{Est. } 1 + 650 \text{ --- (Teórico)}$$

$$\text{Est.} = 0 + 000 + 396 \text{ " } \times 5.28 \text{ m/día} = \text{Est. } 2 + 090 \text{ --- (Real)}$$

NOTA: El análisis para los demás tramos se hará y se obtendrán los resultados como se hizo en el tramo L1 - PE

a) FRENTE L1-L2	30 días	1	30
	15 "	31	45
		46	
b) FRENTE L2-L1	30 días	1	30
	15 "	31	45
		46	

$$T_1 = 629 \text{ días} = 630 \text{ días}$$

$$T_2 = 630 \text{ días}$$

$$F = 675 \text{ días}$$

$$E = \text{Est. } 6 + 854 \text{ --- (Teórico)}$$

$$E = \text{Est. } 6 + 621 \text{ --- (Real)}$$

TRAMO: LUMBRERA # 2 - PORTAL DE SALIDA. (L = 5600 m)

a) FRENTE L # 2 - P.S. y b) FRENTE P.S. - L # 2

	<u>DURACION</u>	<u>INICIA EL DIA</u>	<u>TERMINA EL DIA</u>
MOVILIZACION	30 DIAS	1	30
INSTALACION	15 DIAS	31	45
SE INICIA EXCAVACION		46	

RESULTADOS:

T1 = 540 días

T2 = 540 días

F = 586 días

E = Est. 13 + 200 — (Téorico)

E = Est. 13 + 251 — (Real)

- S A L A R I O S -

De acuerdo a la ley federal del trabajo, el salario de un obrero debe ser analizado como a continuación se plantea para poner un salario -- real, tomando en cuenta la ley del seguro y demás impuestos que se de ben de considerar.

1.- INCREMENTO POR PRESTACIONES LABORABLES

SALARIO	=	365 días/año
AGUINALDO	=	15 días/año
OTROS	=	2 días/año
PERCEPCION ANUAL	=	382 días/año

DIAS NO LABORABLES	DOMINGOS.....	52 días/año
	FESTIVOS.....	6 días/año
	VACACIONES.....	8 días/año
	OTROS.....	6 días/año
	SUMA.....	72 días/año

TIEMPO LABORADO 365 días - 72 no laborables = 293 días/año

$$\text{INCREMENTO} = \frac{382 \text{ días percepción anual}}{292 \text{ días laborables/año}} - 1.0 = 0.308$$

2.- INCREMENTO POR SEGURO SOCIAL CON EXTRA PRIMA DE RIESGO MODERADO DEL 125%

a) Salarios mínimos = $\frac{382 \text{ días/año}}{293 \text{ días/año}} = 1.303 \times 0.1968 = 0.257$

b) Salarios no mínimos = $\frac{382}{293} \times 0.159375 = 0.2077$

RESUMEN:

	<u>SALARIO MINIMO</u>	<u>SALARIO NO MINIMO</u>
a) SALARIO BASE	1.00.....	1.000
b) PRESTACIONES.....	0.308.....	0.308
c) SEGURO SOCIAL.....	0.257.....	0.208
d) EDUCACION.....	0.010.....	0.010
INCREMENTO TOTAL.....	1.575.....	1.526

NOTA: Según disposiciones legales, la cuota de 5% para infonavit no deberá cargarse al costo de la mano de obra.

OBTENCION DEL SALARIO REAL DE UN OPERADOR Y SU AYUDANTE

EJEMPLO: OPERADOR LOCOMOTORA.

<u>OPERADOR</u>	<u>AYUDANTE</u>
SALARIO: \$250.00 ⁰⁰	\$ 125.00 ⁰⁰
a) Salario.....	\$ 250.00 ⁰⁰ \$ 125.00 ⁰⁰
b) Días no Laborables	
30.80%.....	\$ 77.00 ⁰⁰ \$ 38.50 ⁰⁰
	\$ 327.00 ⁰⁰ 163.50 ⁰⁰
c) I. M. S. S. 20.8%...	\$ 52.00 ⁰⁰ \$ 26.00 ⁰⁰
d) Impuesto para educación	
1%.....	\$ 2.50 ⁰⁰ \$ 1.25 ⁰⁰
SUMA	\$ 381.50 ⁰⁰ \$ 190.75 ⁰⁰

FACTOR DE INCREMENTO

$$\frac{381.50}{250.00} = 1.526$$

.- EXCAVACION DE TUNEL

a) FRENTE DE LUMBRERA

SALARIOS POR CUADRILLA

CATEGORIA	No. de Personas.	Salario Base	Incremento	Costo Individual	Costo total por turno
Sobrestante General	1	400.00	1.526	610.40	610.40
a) EN EL INTERIOR.					
1.- Jefe de turno	1	300.00	1.526	457.80	457.80
2.- Perforista	1	350.00	1.526	534.10	534.10
3.- Rezagador	1	250.00	1.526	331.50	381.50
4.- Maquinista	2	250.00	1.526	381.50	763.00
5.- Electricista	1	200.00	1.526	305.20	305.30
6.- Cabo de Vía	1	190.00	1.526	289.94	289.94
7.- Rielero	1	190.00	1.526	289.94	289.94
8.- Tubero	1	190.00	1.526	289.94	289.94
9.- Ayudante de Perforista.	2	125.00	1.526	190.75	381.50
10.- " " Rezagador	1	125.00	1.526	190.75	190.75
11.- " " Maquinista	1	125.00	1.526	190.75	190.75
12.- " " Electricista.	1	125.00	1.526	190.75	190.75
13.- " " Tubero	1	125.00	1.526	190.75	190.75
14.- Reportero/Telefonista	1	125.00	1.526	190.75	190.75
15.- Peón	15	115.00	1.526	175.49	2.632.35
16.- Poblador	1	200.00	1.526	305.20	305.20
17.-					
18.-					
19.-					
20.-					
b) EN EL EXTERIOR					
1.- Compresorista	1	140.00	1.526	213.64	213.64
2.- Plantero					
3.- Sobrestante de ma- niobras					
4.- Maniobrista	1	190.00	1.526	289.94	289.94
5.- Peón	4	95.00	1.575	149.63	598.52
6.-					
7.-					
8.-					
9.-					
10.-					

.- EXCAVACION DE TUNEL

b).- FRENTE POR LUMBRERA

SALARIOS.

C A T E G O R I A	No. de per- sonas	Salario Base	Incremen- to	Costo In- dividual	Costo to- tal por Turno
Sobrestante General	1	400.00	1.526	610.40	610.40
a) EN EL INTERIOR					
1.- Jefe de turno	1	300.00	1.526	457.80	457.80
2.- Perforista	1	250.00	1.526	534.10	534.10
3.- Rezagador	1	250.00	1.526	381.50	381.50
4.- Maquinista	2	250.00	1.526	381.50	765.00
5.- Electricista	1	200.00	1.526	305.20	305.20
6.- Rielero	1	190.00	1.526	289.94	289.94
7.- Tubero	1	190.00	1.526	289.94	289.94
8.- Ayudante de Perforista	2	129.00	1.526	190.75	190.75
9.- " " Rezagador	1	125.00	1.526	190.75	190.75
10.- " " Maquinista	1	125.00	1.526	190.75	190.75
11.- " " electricista	1	125.00	1.526	190.75	190.75
12.- " " Tubero	1	125.00	1.526	190.75	190.75
13.- Reportero / Telefonista	1	125.00	1.526	190.75	190.75
14.- Cabo de maniobras	1	250.00	1.526	381.50	381.50
15.- Maniobrista	1	190.00	1.526	289.94	289.94
16.- Peón	17	115.00	1.526	175.49	2,923.33
17.- Poblador	1	200.00	1.526	305.20	305.20
18.-					
19.-					
20.-					
b) EN EL EXTERIOR					
1.- Sobrestante de maniobras					
2.- Malacatero	1	200.00	1.526	305.20	305.29
3.- Compresorista	1	140.00	1.526	213.64	213.64
4.- Plantero	1/2	140.00	1.526	213.64	106.82
5.- Maniobrista	1	190.00	1.526	289.94	289.94
6.- Peón	6	95.00	1.575	149.63	897.78
7.-					
8.-					
9.-					
10.-					

NOTA: Los mecánicos y sus auxiliares se consideran cubiertos por -- las cuotas de mantenimiento y seguro de equipo.

SUMA= 10,740.48 (A)

CATALOGO DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS DE CONSUMO

C O N C E P T O

- 1.0 .- PARA EXCAVACION DE TUNEL
- 1.1 .- Barrenas 7/8" x 0.8 exagonal-integral
- 1.2 .- Barrenas " x 1.6 " "
- 1.3 .- Barrenas " x 3.2 " "
- 1.4 .- Zanco
- 1.5 .- Coples
- 1.6 .- Broca 2" en acero 1 1/4" 7733-1951-xx
- 1.7 .- Broca 2 1/2" " 1 1/4" 7733-1064-xx
- 1.8 .- Broca
- 1.9 .- Cuña rompedora
- 1.10.- Cuña
- 1.11.- Pala de porta mango corto
- 1.12.- Pico con mango
- 1.13.- Marro de 8 lbs con mango
- 1.14.- Dinamita Gelatina 40% (caja 25" Kg.)
- 1.15.- Dinamita Extra 60%
- 1.16.- Agente explosivo Mexamon (Saco 25 Kg.)
- 1.17.- Agente explosivo Anfomex
- 1.18.- Agente explosivo
- 1.19.- Fulminante No. 6
- 1.20.- Estopín eléctrico 1er. tiempo de 5 m.
- 1.21.- " " 2do. " " "
- 1.22.- " " 3er. " " "
- 1.23.- " " 4to. " " "
- 1.24.- " " 5to. " " "
- 1.25.- " " 6to. " " "
- 1.26.- Mecha para minas con vela blanca
- 1.27.- Primacord reforzado
- 1.28.- Gufa de disparo (alambre T.W. No. 20)
- 1.29.- Manguera 3/4" para Aire T. No. 15.24 mts.
- 1.30.- " 1/2" " " " "
- 1.31.- " 1" " " " "
- 1.32.- " 1 1/4" " " " "
- 1.33.- " Succión 3" (6.10 mts.)
- 1.34.- " Descarga 3" (15.24 mts.)

2.0 .- PARA CONCRETO DE REVESTIMIENTO DE TUNEL

- 2.1 .- Cemento tipo I
- 2.2 .- Cemento tipo II
- 2.3 .- Cemento tipo III
- 2.4 .- Arena
- 2.5 .- Grava
- 2.6 .- Aditivo
- 2.7 .- Membrana de curado

- 2.8 .- Madera lera.
- 2.9 .- Madera
- 2.10.- Clavo
- 2.11.- Acero de refuerzo A. R. 3/8" - Ø
- 2.12.- Acero de refuerzo Alta Resistencia 1 1/2" - Ø
- 2.13.- Acero de refuerzo
- 2.14.- Alambre recocido No. 16
- 2.15.- Soporte para cimbra de
- 2.16.- Palas
- 2.17.- Junta unión para tubería sufisa 4"
- 2.18.- Tubo de acero 2" Ø
- 2.19.- Tubo de acero 6" Ø
- 2.20.- Manguera 8/4" de Aire
- 2.21.- Manguera 2" de Aire
- 2.22.- Junta unión para tubería Sufisa 6"
- 2.23.- Junta unión para Tubería Sufisa 8"
- 2.24.- Manguera 3/4" para Agua
- 2.25.- Manguera 2" para Agua

3.0 .- PARA ADEMÉS

- 3.1 .- Anclas 3/4" Corrugada Alta Resistencia
- 3.2 .- Anclas 3/4" Expansión
- 3.3 .- Anclas 1" Expansión
- 3.4 .- Marco de 6" (I)
- 3.5 .- Marco
- 3.6 .- Herrajes
- 3.7 .- Malla electrosoldada 6 x 6 4.4
- 3.8 .- Malla electrosoldada
- 3.9 .- Metal desplegado
- 3.10.- Cemento Tipo III
- 3.11.- Arena
- 3.12.- Grava
- 3.13.- Aditivo
- 3.14.- Madera para retaque de 4 x 8" de 3era.
- 3.15.- Madera tablon 3" x 6 x 10 de 3era.
- 3.16.- Madera 2" x 8 x 10 de 3era.
- 3.17.- Manguera para concreto lanzado alta presión 2"
- 3.18.- Manguera
- 3.19.- Soldadura 30-18
- 3.20.- Seguetas 1/2" x 12
- 3.21.- Oxígeno
- 3.22.- Acetileno
- 3.23.- Butano
- 3.24.- Propano
- 3.25.- Cable acero Ø = 1"
- 3.26.- Cable Manila Ø = 1"

4.0 .- PARA BOMBEO

- 4.1 .- Empaque grafitado 1/4"
- 4.2 .- Empaque 3/8"

- 4.3 .- Empaque grafitado 1/2"
- 4.4 .- Sellador shalae o similar
- 4.5 .- Sellador
- 4.6 .- Oxígeno
- 4.7 .- Acetileno
- 4.8 .- Butano
- 4.9 .- Propano
- 4.10.- Soldadura 70-18
- 4.11.- Soldadura
- 4.12.- Seguetas 1/2" x 12"
- 4.13.- Cable acero de 1"
- 4.14.- Cable manila de 1"
- 4.15.- Perfil de acero Angulo
- 4.16.- Perfil de acero Solera
- 4.17.- Placa de acero

5.0 .- PARA INYECCIONES

- 5.1 .- Cemento Tipo III
- 5.2 .- Arena
- 5.3 .- Bentonita
- 5.4 .- Asfalto
- 5.5 .- Aditivo
- 5.6 .- Acero de barrenación
- 5.7 .- Cople
- 5.8 .- Broca
- 5.9 .- Manguera
- 5.10.- Boquilla
- 5.11.- Empaque
- 5.12.- Zanco

6.0 .- PARA MANIOBRAS

- 6.1 .- Cable
- 6.2 .- Poleas
- 6.3 .- Palancas
- 6.4 .- Palancas
- 6.5 .- Rodillos
- 6.6 .- Grapas
- 6.7 .- Llaves

7.0 .- EQUIPO DE SEGURIDAD

- 7.1 .- Casco
- 7.2 .- Traje impermeable
- 7.3 .- Botas de hule
- 7.4 .- Guantes
- 7.5 .- Mascarilla
- 7.6 .- Gafas
- 7.7 .- Linterna

- 7.8 .- Extinguidor
- 7.9 .- Botiquín primeros auxilios
- 7.10.- Oxígeno respiradores
- 7.11.- Camillas

8.0 .- COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES

- 8.1 .- Gasolina
- 8.2 .- Diesel
- 8.3 .- Aceite motor gasolina
- 8.4 .- Aceite motor diesel
- 8.5 .- Aceite máquinas neumáticas
- 8.6 .- Aceite para transmisiones
- 8.7 .- Aceite hidráulico
- 8.8 .- Grasa lubricante

9.0 .- MATERIALES METALICOS

- 9.1 .- Vigueta I 4" y 6"
- 9.2 .- Vigueta H 6"
- 9.3 .- Vigueta I 8" y 10"
- 9.4 .- Canal 4"
- 9.5 .- Canal 6"
- 9.6 .- Canal 8"
- 9.7 .- Angulo 1"
- 9.8 .- Angulo 2"
- 9.9 .- Angulo 4"
- 9.10.- Placa 3/8"
- 9.11.- Placa 1/4"
- 9.12.- Placa 1/2"
- 9.13.- Lámina cal. 10
- 9.14.- Lámina cal. 18 Galvanizada
- 9.15.- Lámina cal. 18 Negra
- 9.16.- Redondo 1/2"
- 9.17.- Redondo 5/4"
- 9.18.- Redondo 3/4"
- 9.19.- Solera

10.0 .- MATERIALES ELECTRICOS

- 10.1 .- Lámparas 100 Watts
- 10.2 .- Lámparas 500 Watts
- 10.3 .- Lámparas 1000 Watts
- 10.4 .- Pantallas Sodio 500 Watts
- 10.5 .- Protectores
- 10.6 .- Aislantes
- 10.7 .- Conector
- 10.8 .- Elemento térmico
- 10.9 .- Herraje

11.0 .- MATERIALES DIVERSOS

11.1 .- Alambre T.W.D. Cal. No. 14

11.2 .- Postes de concreto de 9 mts. de longitud

11.3 .- Aparato telefónico

11.4 .- Conmutador (30 ext.)

VIAS FERREAS

PLAN GENERAL : Material

- 1.- La vía será de 91 cm. de escantillón construída con el riel 60 lb/yd apoyadas sobre durmientes de madera con curvas de radio mínimo.
- 2.- Se instalarán cambios fijos del # 5 a cada 1000 mts. aproximadamente.
- 3.- El patio en el portal de entrada tendrá un desarrollo aproximado de 5.0 mts. y constará de 2 laderos y una espuela equipada con cambios del # 5.
- 4.- En cada crucero de lumbrera se construirá un desarrollo de vía de -- 500 mts. con cambios del # 5
- 5.- El patio en el portal de salida tendra un desarrollo aproximado de 500 mts. y constará con 2 laderos y una espuela equipada con cambios del # 5.

COSTO:

- MATERIAL PARA VIA SENCILLA -

1.- Riel 60Lb/yd. (incluyendo planchuelas)	<u>2 m X \$ 164.97/m</u> = \$ 329.95/m 1 M vía
2.- Durmientes 5" X 6" X 4"	<u>1.08 a \$ 92.39/pza.</u> = \$ 99.78/m 1 M vía
3.- Clavo de vía 9/16" X 5 1/2"	<u>6.48 a \$ 5.54/pza.</u> = \$ 35.92/m 1 M vía
4.- Planchuelas (incluidas en el riel)	
5.- Tornillería 3/4" x 4"	<u>0.8 a \$ 10.16/pza.</u> = \$ 8.13/m 1 M vía
	SUMA = \$ 473.78/m

MATERIAL PARA CAMBIOS:

- 1.= Cambio # 5 completo..... \$ 22,497.62/jgo.
Recuperación 10%.....

COSTO DE MATERIALES POR METRO DE TUNEL.

Longitud total de vía:

a) Longitud neta del túnel.....	=	16,000 m.
b) Patio de entrada.....	=	500 m.
c) Cruceros en lumbreras.....	=	300 m.
d) Patio de salida.....	=	500 m.
e) Laderos en cambios fijos.....	=	<u>200 m.</u>
	SUMA	17,500 m.

COSTO DE VIA SENCILLA (SIN MANO DE OBRA)

17500 m. X \$ 473.78/m = \$ 8'291,150.00

COSTO CAMBIOS:

Cambio # 5 21 pza. X \$ 22497.62/Jgo. = \$ 472,450.00

COSTO TOTAL: \$ 8'763,600.00

COSTO UNITARIO = $\frac{\$ 8'763,600.00}{16000 \text{ m. log. túnel}}$ \$ 547.72/m

SALARIO: RIELERO

OPERADOR

AYUDANTE

SALARIO: \$ 190.00

\$ 115.00

El análisis es igual que el del operador de la locomotora.

Salario real \$ 289.94⁰⁰

\$ 175.49⁰⁰

NOTA: Los mecánicos y sus auxiliares se consideran cubiertos por las cuotas de mantenimiento y seguro de equipo.

Si se tiene una velocidad media de avance igual a 5.28 m/día la longitud del túnel es = 16000 m., si se ataca con 6 frentes se tendrá un avance total igual a:

$$5.28 \text{ m/día} \times 6 = 31.68 \text{ m/día}$$

Si son 16000 m/31.68 m/día = 505 días

Días laborables 293 días/año

$$\frac{505 \text{ días}}{293 \text{ días/año}} = 1.72 \text{ años}$$

Mano de Obra: \$ 289.94 + 175.49⁰⁰ = \$ 465.43

COSTO = 505 días X 465.43 = \$ 235,042.15

COSTO TOTAL = \$ 235,042.15 X 6 = \$ 1'410,252.90

De herramienta consideraremos 3% del costo total de la mano de obra.

HERRAMIENTA \$ 42,307.58⁰⁰

RESUMEN:

Material.....	\$ 8,763,600.00
Mano de Obra.....	\$ 1'410,252.90
Herramienta.....	\$ 42,307.58

SUMA \$10'216,160.48

COSTO UNITARIO= $\frac{\$ 10'216,160.48}{16000 \text{ m de túnel}} = \$ 638.51/\text{m.}$

RED DE ALUMBRADO

Plan General:

- a.- El alumbrado en el interior del túnel y lumbreras será a base de lamparas de cuarzo instalada a cada 200 m. de separación - promedio.
- b.- Se estimará la duración media de cada lampara en 1000hrs. ó - 42 días de calendario incluyendo las que se rompan.
- c.- En el frente de perforación se instalarán lamparas de 500 Watt las que al consumirse se sustituirán los filamentos de 500 Watt
- d.- Se empleará una tensión de 220 volts y la línea conductora - será de 3 hilos de calibre 6 soportada por bastidores y aisladores tipo carreta a cada 70m.
- e.- Los transformadores reductores de 50 KVA se instalaran a cada 700 m. promedio.

COSTO:

Materiales.

- 1.- Longitud de la Línea conductora para alumbrado
 - Horizontal = 16000 m.
 - Vertical = 400 m.
 - SUMA: 16400 m. x 3 a \$ 15.40/m = \$ 757,680.00
- 2.- Soportes = 16400 m. = 820 pza. a \$ 80.00 = \$ 65,600.00
- 3.- Pantallas = 16400 m x 100% = 82 pza.
200 m. entre lamparas

82 pza. a \$ 650.00..... \$ 53,300.00

4.- Materiales aislantes 16400 m lineales a \$ 3.00/m lineal \$ 49,200.00

5.- Lampara de 500 watts en los frentes.

Se colocaran 30 lamparas a \$ 650.00..... \$ 19,500.00
1 m de separación/lampara

Proposiciones de filamentos 500 watts

1050 días duración de obra X 112 lamparas = 1400 pza.
42 días duración lamparas 2

COSTO: 1400 pza. a \$ 250.00/pza..... \$ 350,000.00

SUMA..... \$ 1'295,280.00

MANO DE OBRA:

OPERADOR

AYUDANTE

Salario \$ 200.00 \$ 125.00

Salario real \$ 305.20 \$ 190.75

Nota: Como la instalación de las líneas eléctricas se irán colocando conforme se avance, se puede conciderar el tiempo que dura la excavación para poder determinar la mano de obra.

Según calculos de excavación se va a tener un avance de 5.28 m/día

Avance diario: 5.28 m/día x 6 = 31.68 m/día

Si son 16000 m log túnel/31.38 m/día = 505 días

COSTO ELECTRICISTA

Operador:

505 días x \$ 305.20 = \$ 154,126.00

Ayudantes:

505 días x \$ 190.75 = \$ 96,328.75

SUMA..... \$ 250,454.75

COSTO TOTAL: PE, LI, L2, P.S:

\$ 250,454.75 x 6 = \$ 1'502,728.50

TRANSFORMADOR REDUCTOR.....\$ 356,348.57

Se considera un 3% del costo total de mano de obra para la herramienta.

COSTO: \$ 1,502,728.50 x 3% = \$ 45,081.85

RESUMEN:

a) MATERIAL.....\$ 1'295,280.00

b) MANO DE OBRA.....\$ 1'502,728.50

c) HERRAMIENTA.....\$ 45,081.85

\$ 2'842,990.35

COSTO UNITARIO = \$ 3,199,338.90 = \$ 199.964/m
16000 m túnel

LINEAS DE AGUA PARA BARRENACION Y OTROS USOS DENTRO DEL TUNEL.

Plan General:

- 1.- Para el frente del portal de entrada el agua se abastecio de Huixquilucan.
- 2.- Para el abastecimiento de agua de la L1, L2, P.S. se obtuvo de Huixquilucan.
- 3.- Cada frente requiere un gasto de agua de 2 Lt/seg. a una presión mínima de 6.32 kg/cm² que se conducira con una tubería de 2" Ø con juntas, coples y válvulas de seccionamiento, tipo compuerta roscada instalada a cada 200 m.
- 4.- Las longitudes de tubería previstas para cada frente son:

FRENTE # 1	1850 m.	PE - L1
" # 2	3000 m.	L1 - PE
" # 3	4000 m.	L1 - L2
" # 4	4000 m.	L2 - L1
" # 5	3300 m.	L2 - PS
" # 6	3300 m.	PS - L2

SUMA..... 19050 m.

- 5.- Los soportes para la tubería serán los mismos que soportaran el aire comprimido (y soporte adicional) instalados a cada 6.3 m.
- 6.- El agua se suministrara empleando: EQUIPOS HIDRODINAMICOS
 - " DE FLOTADOR INTERRUPTOR.
 - " DE ACCION MANUAL
 - " DE ACCION DE LA GRAVEDAD.
- 7.- Las longitudes de tubería incluyen la longitud del túnel más la longitud de las lumbreras y las desviaciones necesarias para captar el agua.

COSTO:

Materiales.

1.- Tubería 2" \emptyset negra con rosca y cople 19050 m.	19050 m a \$ 52.66	= \$ 1'002,173.29
2.- Juntas coples (refacción) 500 pza. a \$ 20.00		= \$ 10,000.00
3.- Válvulas de seccionamiento 19050 m/200 M = 96 pza	96 a \$ 698.56	= \$ 67,061.76
4.- Soportes 19050 m long de línea/6.30 m. de Sepa- ción = 3024 pza. 3024 a \$ 40.00		= \$ 120,960.00
	SUMA	= \$ 1'201,194.76

MANO DE OBRA.

	<u>SALARIO</u>	<u>SALARIO REAL</u>
TUBERO	\$ 190.00	\$ 289.94
AYUDANTE	\$ 125.00	\$ 190.75

NOTA: Las instalaciones se irán colocando conforme sea el avance de excavación.

TOTAL DE DIAS: 505 días

COSTO:	505 días x \$ 289.94	= \$ 146,419.70
	505 días x \$ 190.75	= \$ 96,328.75
	SUMA	= \$ 242,748.45

COSTO TOTAL \$ 242,748.45 x 6 = \$ 1'456,490.70

Se considerará un 3% de la mano de obra para deternimar el costo de la herramienta.

$$1'456,490.70 \times 3\% = \$ 43,694.72$$

RESUMEN:

a. - MATERIAL.....	\$ 1'201,194.76
b. - MANO DE OBRA.....	\$ 1'456,490.70
c. - HERRAMIENTA.....	\$ 43,694.72
	<hr/>
SUMA	\$ 2'701,380.18

COSTO UNITARIO $\frac{\$ 2'701,380.18}{16000 \text{ m long. túnel}}$ = \$ 168.84 /m

EQUIPO DE ACARREO CON LOCOMOTORA Y VAGONETAS.

1.- MATERIALES

COSTO UNITARIO.....\$ 638.51/m
(DENTRO DE ESTE PRECIO ESTA INCLUIDO EL COSTO DE TENDIDO DE VIA)

2.- MANO DE OBRA

MAQUINISTA.....\$ 381.50/TURNO
AYUDANTE.....\$ 190.75/TURNO
572.25/TURNO (SI CONSIDERAMOS DOS TURNOS)

\$ 1,144.50/DIA

SI SE TIENE UN AVANCE PROMEDIO DE 5.28 m/dfa

cargo por mano de obra = $\frac{\$ 1,144.50/dfa}{5.28 m/dfa} = \$ 216.76/m \times 2 = \$ 433.52/m$

3.- HERRAMIENTA

\$ 433.53/m x 3% = \$ 21.67/m.

4.- EQUIPO: LOCOMOTORA, VAGONETA, VOLTEADOR NEUMATICO DE VAGONETAS

COSTO HORARIO = \$ 393.83~~00~~
" " = \$ 24.23~~00~~
" " = \$ 32.55~~00~~

COSTO DIRECTO DE QUIPO DE TRANSPORTE DE REZAGA

\$ 1,544.31/m.

COSTO UNITARIO DE REZAGADORA

1.- MATERIALES Y EQUIPO

Banda transportadora.....\$ 20.72

2.- MANO DE OBRA

a.- Rezagador.....\$ 381.50
b.- Ayudante.....\$ 190.75
c.- Peones.....\$ 175.49 x 3 = \$ 526.47

SUMA: \$ 1,098.72 x 2 = \$ 2,197.44

Cargo por mano de obra = $\frac{\$ 2,197.44}{5.28 \text{ m/dfa}}$ = \$ 416.18

3.- HERRAMIENTA 3%..... \$ 12.48

4.- EQUIPO DE REZAGA.

COSTO HORARIO..... \$420.37

COSTO DIRECTO TOTAL \$ 869.75

DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO.

MAQUINA LOCOMOTORA _____ MARCA _____ PLV MOOTH _____ MOD BMD-24 8 TON.
 HP 100 ENERGIA _____ PESO _____ VALOR (Va) \$ 1'772,500
 VIDA ECONOMICA (ve) 10,000 HRS. 5 AÑOS; RESCATE (Vr) 10 %
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (te) 8 AÑOS 6000 HRS.

CLAVE: D = Depreciación Ka = Tasa de almacenaje (%)
 Ha = Horas trabajo/año Q = Mantenimiento (%)
 i = Tasa de interes anual (%) F = Costo de fletes
 S = Prima anual de Seguro (%) I = Costo de instalación
 Dr = Duración del recurso (hrs) y desmantelamiento
 T = % horario de operación C = Consumo

CARGO	FORMULA	CALCULO	IMPORTE \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{\$ 1'772,500 - 177,250.00}{10,000 \text{ hrs.}}$	159.53
2.- Inversión	$\frac{Va+Vr}{2 Ha} i$	$\frac{\$ 1'772,500 + 177,250.00}{4000} \times 0.15$	73.12
3.- Seguros	$\frac{Va+Vr}{2 Ha} S$	$\frac{\$ 1'772,500 + 177,250}{4000} \times 0.0172$	8.38
4.- Almacenaje	Ka D	0.03 x \$ 159.53/hr	4.79
5.- Mantenimiento	Q D	0.80 x \$ 159.53/hr.	127.63
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$ 20,000/\text{flete}}{6,000 \text{ hrs.}}$	3.33
7.- Montaje y des- mantelamiento			
COSTO MAQUINA OCIOSA			376.77
1.- Combustibles	$\frac{C S}{Dr}$	$\frac{0.1514 \times 80 \text{ hp op.} \times \$ 0.80}{1.0 \text{ hr.}}$	9.69
2.- Lubricantes	$\frac{C S}{Dr}$	$\frac{467 \times \$ 10.00}{1.0 \text{ hr.}}$	4.67
3.- Filtros	$\frac{C S}{Dr}$	$\frac{1 \text{ lote} \times \$ 400.00/\text{lote}}{200 \text{ hrs}}$	2.00
4.- Acumuladores	$\frac{C S}{Dr}$	$\frac{\$ 1400/\text{acum.}}{2000 \text{ hrs.}}$	0.70
5.- Cables	$\frac{C S}{Dr}$		
6.- Dientes	$\frac{C S}{Dr}$		
7.-	$\frac{C S}{Dr}$		
8.-	$\frac{C S}{Dr}$		
9.-	$\frac{C S}{Dr}$		
10.-	$\frac{C S}{Dr}$		
NOTA: El personal de operacion se carga en la cuadrilla correspondiente.			
COSTO MAQUINA ACTIVA.			\$393.83

FIJOS

"CONSUMO DE OPERACION"

DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA VAGONETA MARCA _____ MOD. _____
 HP ENERGIA PESO _____ VALOR (Va) \$ 75,000.00
 VIDA ECONOMICA (Ve) 3000 HRS. 5 AÑOS; RESCATE (Vr) 10
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (Te) _____ AÑOS 5000 HRS _____

CLAVE: D = Depreciación Ka = Tasa de almacenaje (%)
 Ha = Horas trabajo/año Q = Mantenimiento (%)
 i = Tasa de interés anual (%) F = Costo de fletes
 S = Prima anual de Seguro (%) I = Costo de instalación
 Dr = Duración del recurso (hrs) y desmantelamiento
 T = % horarios de operación C = Consumo

CARGO	FORMULA	CALCULO	IMPORTE \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$ 75,000 - \$ 7,500}{6000 \text{ hrs.}}$	11.25
2. Inversión	$\frac{Va + Vr}{2 Ha} i$	$\frac{\$ 75,000^{**} + \$ 7,500^{**}}{4000 \text{ hrs.}} \cdot 0.15$	3.09
3.-Seguros	$\frac{Va + Vr}{2 Ha} S$	$\frac{\$ 75,000.00 + 7,500.00}{4000 \text{ hrs.}} \cdot 0.0172$	0.35
4.- Almacenaje	Ka D	$0.03 \times \$ 11.25/\text{hr.}$	0.34
5.- Mantenimiento	Q D	$0.80 \times \$ 11.25/\text{hrs.}$	9.00
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$ 1,000}{5000 \text{ hrs.}}$	0.20
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$		
COSTO MAQUINAOCIOSA			24.23
"CONSUMOS DE OPERACION"	1.- Combustibles	$\frac{C}{Dr}$	
	2.- Lubricantes	$\frac{C}{Dr}$	
	3.- Filtros	$\frac{C}{Dr}$	
	4.- Acumuladorés	$\frac{C}{Dr}$	
	5.- Cables	$\frac{C}{Dr}$	
	7.-	$\frac{C}{Dr}$	
	8.-	$\frac{C}{Dr}$	
	9.-	$\frac{C}{Dr}$	
	10.-	$\frac{C}{Dr}$	
		$\frac{C}{Dr}$	
NOTA: El personal de operación se cargara en la cuadrilla correspondiente.			
COSTO MAQUINA ACTIVA			\$ 24.23

DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA VOLTEADOR NEUMATICO MARCA _____ MOD _____
 HP _____ ENERGIA NEUMATICO PESO _____ VALOR (Va) \$ 100,000
 VIDA ECONOMICA (Ve) 6000 HRS. _____ AÑOS RESCATE (vr) 10 %
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (Te) 2 AÑOS 4000 HRS

CLAVE: D = Depreciación Ka = Tasa almacenaje (%)
 Ha = Horas trabajo/año Q = Mantenimiento (%)
 i = Tasa de interés anual (%) F = Costo de fletes
 S = Prima anual de Seguro (%) I = Costo de instalación y desmantelamiento
 Dr = Duracion del recurso (hrs) C = Consumo
 T = % horario de operación

CARGO	FORMULA	CALCULO	IMPORTE \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{\$ 100,000.00 - \$ 10,000.00}{6000 \text{ hrs.}}$	15.00
2.- Inversión	$\frac{Va+Vr}{2 \text{ Ha}} i$	$\frac{\$ 100,000.00 + \$ 10,000.00}{4000 \text{ hrs.}} \cdot 0.15$	4.13
3.- Seguros	$\frac{Va+Vr}{2 \text{ Ha}} S$	$\frac{\$ 100,000.00 + 10,000.00}{4000 \text{ hrs.}} \cdot 0.0172$	0.47
4.- Almacenaje	Ka D	$0.03 \times \$ 1.00/\text{hrs.}$	0.45
5.- Mantenimiento	Q D	$0.0 \times \$ 1.00/\text{hrs.}$	12.00
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$ 2,000.00/\text{flete}}{4000 \text{ hrs.}}$	0.50
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$		
COSTO MAQUINA OCIOSA			32.55
"CONSUMOS DE OPERACION"	1.- Combustibles	$\frac{C}{Dr} S$	
	2.- Lubricantes	$\frac{C}{Dr} S$	
	3.- Filtros	$\frac{C}{Dr} S$	
	4.- Acumuladores	$\frac{C}{Dr} S$	
	5.- Cables	$\frac{C}{Dr} S$	
	6.- Dientes	$\frac{C}{Dr} S$	
	7.-	$\frac{C}{Dr} S$	
	8.-	$\frac{C}{Dr} S$	
	9.-	$\frac{C}{Dr} S$	
	10.-	$\frac{C}{Dr} S$	
NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.			
COSTO MAQUINA ACTIVA.			\$32.55°°

DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA CAMBIO CALIFORNIA MARCA _____ MOD. _____
 HP _____ ENERGIA _____ PESO _____ VALOR (Va) \$ 210,000.00
 VIDA ECONOMICA (ve) 10000 HRS _____ 5 AÑOS; RESCATE (Vr) 10
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (Te) 2 AÑOS 4000 HRS.
 CLAVE: D = Depreciación Ka = Tasa de almacenaje (%)
 Ha = Horas trabajo/año Q = Mantenimiento (%)
 i = Tasa de interés anual (%) F = Costo de fletes
 S = Prima anual de Seguro (%) I = Costo de instalación
 Dr = Duración del recurso (hrs) y desmantelamiento
 T = % Horario de operación C = Consumo

CARGO	FORMULA	CALCULO	IMPORTE \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{\$ 210,000 - 21,000}{10,000 \text{ hrs.}}$	18.90
2.- Inversión	$\frac{Va+Vr}{2 Ha} i$	$\frac{\$ 210,000 + 21000}{4000 \text{ hrs.}} \times 0.15$	8.66
3.- Seguros	$\frac{Va+Vr}{2 Ha} S$	$\frac{\$ 210,000 + 21000}{4000} \times 0.0172$	0.99
4.- Almacenaje	Ka D	0.03 x \$ 18.90/hrs.	0.57
5.- Mantenimiento	Q D	0.80 x \$ 18.90/hrs.	15.12
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$ 5000}{4000 \text{ hrs.}}$	1.25
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$	$\frac{\$ 2000}{150 \text{ hrs}}$	13.33

COSTO MAQUINA OCIOSA 58.82

"CONSUMO DE OPERACION"	C	S	
	1.- Combustibles	$\frac{C}{Dr}$	
	2.- Lubricantes	$\frac{C}{Dr}$	
	3.- Filtros	$\frac{C}{Dr}$	
	4.- Acumuladores	$\frac{C}{Dr}$	
	5.- Cables	$\frac{C}{Dr}$	
	6.- Dientes	$\frac{C}{Dr}$	
	7.-	$\frac{C}{Dr}$	
	8.-	$\frac{C}{Dr}$	
	9.-	$\frac{C}{Dr}$	
10.-	$\frac{C}{Dr}$		

NOTA: El personal de operación se cargara en la cuadrilla correspondiente.

COSTO MAQUINA ACTIVA. \$ 58.82

DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA REZAGADORA MARCA EIMCO - MITSUI MOD. RS-150
 HP ENERGIA PESO VALOR (Va) \$ 1'948,000.00
 VIDA ECONOMICA (Vel. 10000 HRS. 5 AÑOS; RESCATE (Vr) 10 %
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (Te) 2 AÑOS 4000 HRS.
 CLAVE: D = Depreciación Ka = Tasa de almacenaje (%)
 Ha = Horas trabajo/año Q = Mantenimiento (%)
 i = Tasa de interés anual (%) F = Costo flete
 S = Prima anual de seguro (%) I = Costo de instalación
 Dr = Duración del recurso (hrs) y desmantelamiento
 T = % Horario de operación C = Consumo

C A R G O	FORMULA	C A L C U L O S	IMPORTE \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{\$1'948,000 - \$ 194 800.00}{10,000 \text{ hrs.}}$	175.32
2.- Inversión	$\frac{Va+Vr}{2 Ha} i$	$\frac{1'948,000 + \$ 194,800.00}{4000 \text{ hrs.}} \cdot 0.15$	80.36
3.- Seguros	$\frac{Va+Vr}{2 Ha} S$	$\frac{1'948,000 + \$ 194,800.00}{4000 \text{ hrs.}} \cdot 0.0172$	9.21
4.- Almacenaje	Ka D	$0.03 \times \$ 175.32/\text{hrs}$	5.26
5.- Mantenimiento	Q D	$0.80 \times \$ 175.32/\text{hrs.}$	140.20
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{10,000/\text{flete}}{4000 \text{ hrs.}}$	2.50
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$		
COSTO MAQUINA OCIOSA			412.91
"CONSUMO DE OPERACION"	1.- Combustilbes	$\frac{C S}{Dr}$	
	2.- Lubricantes	$\frac{C S}{Dr}$	$\frac{0.476 \times \$ 10.00}{1.00 \text{ hrs.}}$ 4.76
	3.- Filtros	$\frac{C S}{Dr}$	$\frac{1 \text{ lote} \times \$ 400.00/\text{lote}}{200 \text{ hrs.}}$ 2.00
	4.- Acumuladores	$\frac{C S}{Dr}$	$\frac{1 \text{ acum.} \times \$ 1400/\text{acum.}}{2000 \text{ hrs.}}$ 0.70
	5.- Cables	$\frac{C S}{Dr}$	
	6.- Dientes	$\frac{C S}{Dr}$	
	7.-	$\frac{C S}{Dr}$	
	8.-	$\frac{C S}{Dr}$	
	9.-	$\frac{C S}{Dr}$	
	10.-	$\frac{C S}{Dr}$	
NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.			
COSTO MAQUINA ACTIVA			\$ 420.37

DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO.

MAQUINA BANDA TRANSPORTADORA MARCA MOD.
 HP ENERGIA PESO VALOR (Va) \$ 96,600.00
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10000 HRS 5 AÑOS; RESCATE (Vr) 10 %
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (Te) 2 AÑOS 4000 HRS
 CLAVE: D = Depreciación Ka = Tasa de almacenaje (%)
 Ha = Horas trabajo/año Q = Mantenimiento (%)
 i = Tasa de interés anual (%) F = Costo fletes
 S = Prima anual de Seguro (%) I = Costo de instalación
 Dr = Duración del recurso (hrs.) y desmantelamiento
 T = % Horario de operación C = Consumo

CARGO	FORMULA	CALCULO	IMPORTE \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{\$ 96000 - 9600}{10000 \text{ hrs.}}$	8.64
2.- Inversión	$\frac{Va+Vr}{2 Ha} i$	$\frac{96000 + 9600}{4000 \text{ hrs.}} \times 0.15$	3.96
3.- Seguros	$\frac{Va+Vr}{2 Ha} S$	$\frac{96000 + 9600}{4000 \text{ hrs.}} \times 0.0172$	0.45
4.- Almacenaje	Ka D	$0.03 \times \$ 8.64$	0.26
5.- Mantenimiento	Q D	$0.80 \times \$ 8.64$	6.91
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{TE}$		
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$		
COSTO MAQUINA OCIOSA			20.22

"CONSUMOS DE OPERACION"	C \$	Dr	
	1.- Combustibles		
2.- Lubricantes			
3.- Filtros			
4.- Acumuladores			
5.- Cables			
6.- Dientes			
7.- Grasa, Estopa Etc.			$\$ 50 \div 100 \text{ hrs.}$
8.-			
9.-			
10.-			

NOTA: El personal de operación se cargara en cuadrilla correspondiente.

COSTO MAQUINA ACTIVA 20.72

VENTILACION:

Plan que se propone: Se colocaran ventiladores axial sobre la línea

TIPO DE TUBERIA: Galvanizada del # 18 en tramos de 9.00 M

NECESIDADES DE AIRE POR FRENTE (SEGUN ESPECIFICACIONES)

+ por cada persona.....50. p.c.m.

+ por cada motor de combustión interna 50 p.c.m./hp

DEMANDAS POR FRENTE.-

1.- Por frente de portal: 30 personas x 50 p.c.m.=	1500 pcm
2 locomotoras x 60 hp x 50 pcm/hp	= 6000 pcm
	<u>7500 pcm</u>

Pérdidas del 10%.....	<u>750 pcm</u>
	8250 pcm

2.- Por frente de lumbrera

35 personas x 50 pcm.....	= 1750 pcm
2 locomotoras x 60 hp x 50 pcm/hp	= 6000 pcm
	<u>7750 pcm</u>

Pérdidas del 10%.....	<u>775 pcm</u>
	8525 pcm

DETERMINACION DEL DIAMETRO DE LA TUBERIA PARA VENTILACION

Existen diagramas y tablas para el efecto, pero si se desea emplear la siguiente formula:

$$h = \frac{0.0017 Q^2 L}{D^5}$$

DONDE: h = Carga estatica en pulgadas de agua (Ng)
Q = Gasto de aire libre en p.c.m.
L = Longitud de tubería entre ventiladores en mts.
D = Diámetro de tubería en (pulgadas)

Se determinará el diámetro para Q y L máximos

$$D = \sqrt[5]{\frac{0.0017 Q^2 L}{H}}$$

Sustituyendo:

$$D = \sqrt[5]{\frac{0.0017 (8525)^2 \times 150}{2.15 Wg}} = 24.38 \text{ pulgadas}$$

Dejaremos un diámetro comercial = 30 in. (76.2 cm)

COSTO DE TUBERIA

Tubo de lamina galvanizado de 30 in (76.2 cm)

Longitud horizontal..... 16000 mts.
 " Vertical..... 386 mts.
 SUMA..... 16386 mts. = 16400 mts.

COSTO = 16400 x \$ 600.00/m = \$ 9'840,000.00

COSTO PIEZAS ESPECIALES (ESTA INCLUIDO EN EL COSTO DEL TUBO)

JUNTAS = 16400 m. = 1825 a \$ 337.00 = \$ 615,025.00
 9.00 m sep.

ANCLAJES = 16400 m. tubería = 5470 pza. a \$ 100.00 = \$ 547,000.00
 3.00 m Sep.

SUMA = \$11'002,025.00

VENTILADORES.-

LA CARGA TOTAL CONTRA LA QUE TRABAJA UN VENTILADOR ES LA CARGA ESTÁTICA (hs) MAS LA CARGA DE VELOCIDAD (hv) AMBAS EN PULGADAS (wg) Y PUEDE OBTENERSE DE FORMULAS Y GRAFICAS DE LOS FABRICANTES O DE LA SIGUIENTE EXPRESION:

$$H = h_s + h_v = \frac{0.0017 Q^2 L}{D^5} + \left(\frac{Q}{21.84 D^2} \right)^2$$

Y LA POTENCIA NECESARIA DE LA FORMULA.

$$H_p = \frac{Q \times H}{6350 \times \eta\%}$$

DONDE:

H= CARGA TOTAL EN PULGADAS DE AGUA wg

Q= GASTO DE AIRE EN P.C.M.

L= LONGITUD DE TUBERIAS ENTRE VENTILADORES EN METROS.

D= DIAMETRO DE TUBERIA EN (in)

A.- VENTILADORES SOBRE LA LINEA DE VENTILACION

Separación que se propone = 750 m entre ventiladores.

1.- PORTAL DE ENTREGA. H= 4.46 wg

$$\text{POTENCIA} = \frac{9000 \text{ PCM} \times 4.46 \text{ wg}}{6350 \times 80\%} = 7.9 \text{ Hp} = 8.0 \text{ Hp}$$

CARGO POR VENTILADORES Y ACCESORIOS ELECTRICOS.

UNIDADES NECESARIAS = 1700 m Log. = 2.27 = 3.0 UNIDADES

RESERVA 33%..... 1 UNIDAD
4 UNIDADES

CONSUMO DE ENERGIA:

(C)

$$\text{CONSUMO} = \frac{x \text{ u.} \times \text{ bHp} \times \text{Kw} \times \text{dfas hábiles} \times \text{ hr/dfa}}{2} = \text{ ______ kw-hr}$$

(C)

$$\text{COSTO} + \frac{x \text{ u.} \times \text{ dfas hábiles} \times \text{ hrs/dfa} \times \text{ \$}}{2} = \text{ \$ /m} = \text{ \$}$$

$$C = \frac{4 \text{ UNIDADES} \times 7.9 \text{ bHp} \times 0.746 \text{ Kw} \times 396 \text{ dfas hábiles} \times 24/\text{hrs/dfa} \times \$0.65}{2} =$$

$$C = \$ 72814.13.00$$

$$C = \frac{4 \text{ UNIDADES} \times 396 \text{ DIAS HAB.} \times 24 \text{ HRS/DIA} \times \$15.75}{2} = \$ 598752$$

2.- LUMBRERA # 1

L - 750 m

Q = 9000 PCM

D = 30 in

$$H = \frac{0.0017 (9000 \text{ PCM})^2 750\text{m}}{(30 \text{ in})^5} + \left[\frac{9000 \text{ PCM}}{21.84 (30\text{in})^2} \right]^2 = 4.46 \text{ Wg}$$

POTENCIA = 8 Hp.

$$\text{UNIDADES NECESARIAS} = \frac{5350 \text{ m long.}}{750 \text{ m Sep.}} = 7.13 \text{ UNIDADES} = 8 \text{ UNIDADES}$$

RESERVA 33%.....1 UNIDAD

SUMA: 9 UNIDADES

$$C = \frac{9 \times 7.9 \text{ bHp} \times 0.746 \text{ Kw} \times 396 \text{ dfas háb.} \times 24 \text{ hrs/dfa} \times \$0.65 \text{ Kw h}}{2} =$$

$$C = \$ 163,831.800$$

$$C = 4.5 \text{ UNIDADES} \times 396 \text{ dfas háb.} \times 24 \text{ hrs/dfa} \times 15.75 = \$ 673596/\text{Kwh}$$

3.- LUMBREERA # 2

a) L2 - L1 L = 750 m
 Q = 9000 PCM
 D = 30 in (76.2 cm)
 H = 4.46 wg
 P = 7.13 bHp

UNIDADES NECESARIAS: $\frac{3650 \text{ m long}}{750 \text{ m Sep.}} = 4.87 = 5 \text{ UNIDADES}$

RESERVA.... 1 UNIDAD

6 UNIDADES

$C = \frac{6}{2} \text{ UNIDADES} \times 630 \text{ días háb} \times 24 \text{ hr/día} \times 7.13 \text{ bHp} \times 0.746 \text{ Kw} \times \$ 0.65 =$

$C = \$ 156824.8/\text{Kwh.}$

$C = 3 \text{ UNIDADES} \times 630 \text{ días háb.} \times 24 \text{ hr/día} \times \$15.75 = \$ 714,420.00$

b) L2 - P.S. L = 750 m
 Q = 9000 PCM
 D = 30 in (0.762 m)
 H = 4.46 wg
 P = 7.13 z 8 Hp

UNIDADES NECESARIAS = $\frac{2650 \text{ m long.}}{750 \text{ m Sep.}} = 3.53 = 4 \text{ UNIDADES}$

RESERVA..... 1 UNIDAD
5 UNIDADES

$C = \frac{5}{2} \text{ u.} \times 7.14 \text{ bHp} \times 0.746 \text{ Kw} \times 540 \text{ días háb} \times 24 \text{ hr/día} \times \$ 0.65/\text{hr.} =$

$C = \$ 112017.71.00$

$C = 2.5 \text{ u} \times 540 \text{ días háb} \times 24 \text{ hr/día} \times \$ 15.75/\text{hr.} = \$ 510300.00$

4.- PORTAL DE SALIDA

DATOS: L = 750 m
 Q = 9000 PCM
 D = 30 in (0.726 m)
 H = 4.46 wg.
 P = 7.14 bHp = 8 UNIDADES

UNIDADES = $\frac{2650 \text{ m long.}}{750 \text{ m Sep.}}$ = 3.53 UNIDADES = 4 UNIDADES

RESERVA $\frac{1 \text{ UNIDAD}}{5 \text{ UNIDADES}}$

COSTO DEL EQUIPO = \$ 510,300.00
 CONSUMO DE ENERGIA = \$ 112,017.71

COSTO UNITARIO DE VENTILACION

1.- VENTILADORES	a) EQUIPO	\$ 6,810,804.00
	b) C. ENERGIA	\$ 1,574,260.00
	SUMA	<u>\$ 8,385,064.00</u>

2.- COSTO UNITARIO DE VENTILADORES

a) $\frac{6,810,804.00}{16000 \text{ m túnel}}$ = \$ 425.67/m

b) $\frac{1,574,260.00}{16000 \text{ m túnel}}$ = \$ 98.39/m

COSTO UNITARIO DE TUBERIAS

$\frac{11,002,025.00}{16000 \text{ m túnel}}$ = \$ 687.63/m

1.a) + (2) = \$ 425.67/m + \$ 687.63/m = \$ 1,113.30/m
 1.b) Energía \$ 98.39/m

COSTO UNITARIO TOTAL \$ 1,211.69/m

VENTILADORES

FRENTE	DATOS GENERALES					EQUIPO				CONSUMOS							
	LONG. DEL FRENTE (m)	SEPARACION VENTILADORES (m)	Nº DE UNIDADES	RESERVA UNIDADES	TOTAL UNIDADES	UNIDADES 2	DIAS HABLES	HORAS / DIA	COSTO HORARIO	COSTO TOTAL EQUIPO	UNIDADES 2	H.P. (POTENCIA)	K.W.H.	DIAS HABLES	HORAS / DIA	COSTO K.W.H	COSTO TOTAL CONSUMO
P.E - LI	1700	750	3	1	4	2	396	24	15.75	299376	2	7.9	0.746	396	24	0.65	72814.135
LI - PE	1700	750	3	1	4	2	396	24	15.75	299376	2	7.9	0.746	396	24	0.65	72814.135
LI - L2	5350	750	8	1	9	4.5	630	24	15.75	1071630	4.5	7.9	0.746	630	24	0.65	260641.5
L2 - LI	3650	750	5	1	6	3	630	24	15.75	714420	3	7.13	0.746	630	24	0.65	156824.8
L2 - PS	2650	750	4	1	5	2.5	540	24	15.75	510300	2.5	7.13	0.746	540	24	0.65	112017.71
PS - L2	2650	750	4	1	5	2.5	540	24	15.75	510300	2.5	7.13	0.746	540	24	0.65	112017.71
										3,405,402							787,130.02

COSTO = 3,405,402.00 x 2 = 6,810,804.00

CONSUMO = 787,130.02 x 2 = 1,574,260.00

SUMA = 8,385,064.00

EQUIPOS DE PERFORACION

Ubicación y Características de los Boreños	Características de los Perforadoras		Tipo de máquina	Diámetro recomendable perforación	Máxima longitud recomendable (m)	Materiales en que se emplean
Túnel	Neumáticas Percusión	Martillos con o sin empujador neumático	Atlas Copco BBC-24 W	2"	15.00	Roca sana o medianamente fracturada
			A.C.BVS-14	2"	18.00	Roca sana o fracturada
	Neumáticas Percusión-Rotación	Vagones perforadores con martillo grande y motor de avance	Stenmek BRAS	2 1/2"	18.00	Roca sana o fracturada
			A.C.Roc 604	3"	18.30	Roca ó suelo que requiere ademe
Inclinados	Neumáticas Rotación	Montabert. Gardner	Track Drill	2 1/2 4" 3"	25.00	Roca compacta
			Montabert	2"	15.00	Muestreos y roca sana
	Eléctrica Rotación	Perforadora con cabezal hidráulico	Long Year 34	3"	25.00	Madera Acero
Superficie	Neumáticas Percusión	Martillo con o sin empujador neumático	Atlas Copco BBC-24 W		6.00	Roca sana o medianamente fracturada
			A.C.BVB-14	2"	30.00	Roca sana o medianamente fracturada
Boreños	Neumáticas Percusión-Rotación	Vagones perforadores con martillo grande y motor de avance	Stenwick BBAS	2 1/2	30.00	Roca sana o medianamente fracturada sin agua
			A.C.C.Roc 601	3"	18.30	Suelos compactos; rocas blandas muy fracturadas material que requiere ademe
	Eléctricas-Rotación	Perforadoras con cabezal hidráulico	Track Drill	3"	35	Roca medianamente fracturada
			Long Year 34	3"	75	Madera Acero
Verticales	Combustión Interna Rotación	Perforadoras con cabezal hidráulico	Nausherr NMB12	6"	100	Suelos y rocas suaves (lobas) perforación
			Long Year 34	1 1/2- 3"	75	Roca compacta, acero madera
			Nausherr NMB12	6"	100	Suelos y rocas blandas, perforación cemento
			Ingersoll Rand Drill Master	6" - 9"	150	Roca y suelos compactos
			Mobil Drill	0" - 6"	150	Suelos, rocas bandas y Reperforación cemento

DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO.

MAQUINA VENTILADOR AXIAL MARCA "BOOSTERS" MOD. T-42-36
 HP ENERGIA ELECTRICO PESO VALOR (Va) \$ 72,000.00
 VIDA ECONOMICA (V_e) 10,000 HRS 5 AÑOS; RESCATE (V_r) 10 %
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (T_e) 3 AÑOS 6000 HRS.
 CLAVE: D = Depreciación Ka = Tasa de almacenaje (%)
 Ha = Horas trabajo/año Q = Mantenimiento (%)
 i = Tasa de interés anual (%) F = Costo de fletes
 S = Prima anual de Seguro (%) I = Costo de instalación
 Dr = Duración del recurso (hrs) y desmantelamiento
 T = % horario de operación C = Consumo

CARGO	FORMULA	CALCULO	IMPORTE \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{\$ 72,000 - \$ 7,200}{10000 \text{ hrs.}}$	6.48
2.- Inversión	$\frac{Va+Vr}{2 Ha} i$	$\frac{\$ 72,000.00 + \$ 7,200.00}{4000 \text{ hrs.}} = 0.15$	2.97
3.- Seguros	$\frac{Va+Vr}{2 Ha} S$	$\frac{\$ 72,000.00 + \$ 7,200.00}{4000 \text{ hrs.}} 0.0172$	0.34
4.- Almacenaje	Ka D	0.03 x \$ 6.48/hrs.	0.19
5.- Mantenimiento	Q D	0.80 x \$ 6.48/hrs.	5.18
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$ 2,500.00}{6000 \text{ hrs.}}$	0.42
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$	$\frac{\$ 1,000}{6000 \text{ hrs.}}$	0.17
COSTO MAQUINA OCIOSA			15.75
"CONSUMOS DE OPERACION"	1.- Combustibles	$\frac{C}{Dr} S$	
	2.- Lubricantes	$\frac{C}{Dr} S$	
	3.- Filtros	$\frac{C}{Dr} S$	
	4.- Acumuladores	$\frac{C}{Dr} S$	
	5.- Cables	$\frac{C}{Dr} S$	
	6.- Dientes	$\frac{C}{Dr} S$	
	7.-	$\frac{C}{Dr} S$	
	8.-	$\frac{C}{Dr} S$	
	9.-	$\frac{C}{Dr} S$	
	10.-	$\frac{C}{Dr} S$	
NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.			
COSTO MAQUINA ACTIVA.			15.75

DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA COMPRESOR MARCA CHICAGO PNUMATIC MOD. 600-REA
 HP 150 ENERGIA ELECTRICO PESO _____ VALOR (Va) \$ 696,296.25
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10000 HRS 5 AÑOS; RESCATE (Vr) 10 %
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (Te) 3 AÑOS 6000 HRS.
 CLAVE: D = Depreciación ka = Tasa de almacenaje (%)
 Ha = Horas trabajo/año Q = Mantenimiento (%)
 i = Tasa de interés anual (%) F = Costo de fletes
 S = Prima anual de seguro (%) I = Costo de instalación
 Dr = Duración del recurso (hrs) y desmantelamiento
 T = % horario de operación C = Consumo

CARGO	FORMULA	CALCULO	IMPORTE \$/hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	\$ <u>696,296.25 - \$69,629.63</u> 10,000 hrs.	62.67
2.- Inversión	$\frac{Va+Vr}{2 Ha} i$	\$ <u>696,296.25 + \$69,629.63</u> 4,000 hrs. x 0.15	28.72
3.- Seguros	$\frac{Va+Vr}{2 Ha} S$	\$ <u>696,296.25 + \$69,629.63</u> 4,000 hrs. 0.0172	3.29
4.- Almacenaje	K a D	0.03 x \$ 62.67/hr	1.88
5.- Mantenimiento	Q D	1.80 x \$ 62.67/hr	50.13
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	\$ <u>10,000/flete</u> 6000 hrs.	1.67
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$		
COSTO MAQUINA OCIOSA			148.36
CONSUMO DE OPERACION	1.- Combustibles	$\frac{C S}{Dr}$	
	2.- Lubricantes	$\frac{C S}{Dr}$	
	3.- Filtros	$\frac{C S}{Dr}$	
	4.- Acumuladores	$\frac{C S}{Dr}$	
	5.- Cables	$\frac{C S}{Dr}$	
	6.- Dientes	$\frac{C S}{Dr}$	
	7.-	$\frac{C S}{Dr}$	
	8.-	$\frac{C S}{Dr}$	
	9.-	$\frac{C S}{Dr}$	
	10.-	$\frac{C S}{Dr}$	
NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.			
COSTO MAQUINA ACTIVA			\$ 148.36

DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA JUMBO MARCA ALIMAK MOD. L-632
 HP ENERGIA PESO VALOR (Va) \$ 2'111,220.00°°
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10,000 HRS. 5.00 AÑOS; RESCATE (Vr) 10 %
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (te) 2.5 AÑOS 5,000 HRS

CLAVE: D = Depreciación Ka = Tasa de almacenaje (%)
 Ha = Horas trabajo/año Q = Mantenimiento (%)
 i = Tasa de interés anual (%) F = Costo de fletes
 S = Prima anual de Seguro (%) I = Costo de instalación
 Dr = Duración del recurso (hrs.) y desmantelamiento
 T = % horario de operación C = Consumo

CARGO	FORMULA	CALCULO	IMPORTE \$/hora
F I J I O S	1.- Depreciación	$\frac{Vr-Vr}{Ve}$ 10,000 hrs.	\$ 2'111,220.00 - \$ 211,122.00 150.01
	2.- Inversión	$\frac{Va+Vr}{2 Ha} i$ 4000	$\frac{2'111,220,000 + 211,122.00}{4000} 0.15$ 87.09
	3.- Seguros	$\frac{Va+Vr}{2 Ha} S$ 4000	$\frac{2'11,220.00 + 211,122.00}{4000} 0.0172$ 9.99
	4.- Almacenaje	Ka D	0.03 x \$ 190.01/hrs. 5.70
	5.- Mantenimiento	Q D	0.080 x \$ 190.01/hrs 152.01
	6.- Fletes y Maniobras	$\frac{F}{Te}$ 5,000 hrs.	$\frac{\$ 20,000}{5,000}$ 4.00
	7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$	-----
COSTO MAQUINA OCIOSA			448.80
"CONSUMO DE OPERACION"	1.- Combustibles	$\frac{C S}{Dr}$	-----
	2.- Lubricantes	$\frac{C S}{Dr}$ 200 hrs.	$\frac{5 \text{ lt} \times \$ 10.00}{200}$ 0.25
	3.- Filtros	$\frac{C S}{Dr}$ 200 hrs.	$\frac{1 \text{ lote} \times \$ 400.00}{200}$ 2.00
	4.- Acumuladores	$\frac{C S}{Dr}$ 2000 hrs.	$\frac{1 \times \$ 865}{2000}$ 0.43
	5.- Cables	$\frac{C S}{Dr}$	-----
	6.- Dientes	$\frac{C S}{Dr}$	-----
	7.-	$\frac{C S}{Dr}$ 1000	$\frac{250 \times \$ 100.00}{1000}$ 25.00
	8.-	$\frac{C S}{Dr}$	10.00
	9.-	$\frac{C S}{Dr}$	-----
	10.-	$\frac{C S}{Dr}$	-----
NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente			
COSTO MAQUINA ACTIVA			\$486.48

EXPLOSIVOS.

El análisis que a continuación se presenta esta basado unicamente en toda la logitud, del túnel Analco - San José

COSTO Y MATERIAL EMPLEADO:

1.- Barrenos de 1" Ø y 2.40 m. promedio de profundidad

La cuña constara de 6 barrenos de 1"Ø

2.- Material:

- a) Dinamita - Gelatina 40% (caja de 25 kg)
Kg = \$ 19.19
- b) Dinamita extra 60%
- c) Agente explosivo Mexamon (saco de 25 kg.)
Kg = \$ 5.62
- d) Agente explosivo anfomex
Kg = \$ 8.10
- e) Fulminante N^a 6
pza = \$ 1.24
- f) Estopín eléctrico 1^a tiempo de 5 m
" " 2^a " " "
" " 3^a " " "
" " 4^a " " "
" " 5^a " " "
" " 6^a " " "
- g) Mecha para minas con vela blanca
pza = \$ 1.97
- h) Primacord reforzado
m. = \$ 4.08
- i) Guia de disparo (Alambre T.W. # 20)
pza. = \$ 0.81

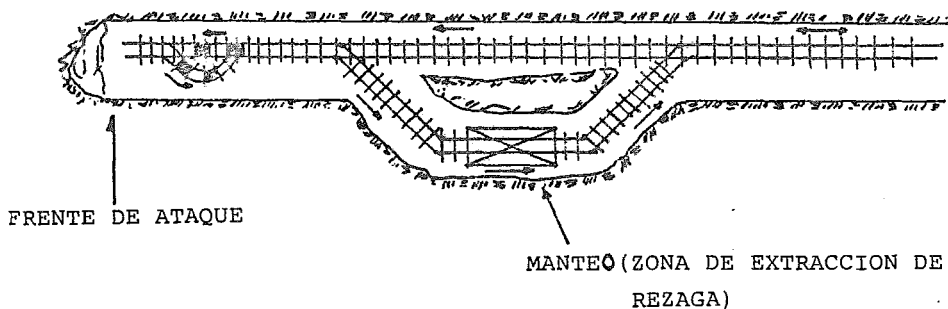
MANO DE OBRA:

1 POBLADOR.....	SALARIO BASE \$ 200.00.....	COSTO POR TURNO \$ 305.20
4 PEONES.....	SALARIO BASE \$ 115.00.....	COSTO POR TURNO \$ 175.49
	\$ 175.49 x 4 =	\$ 701.96
		\$ 1,007.16

Si son 505 días x \$ 1,007.16 = \$ 508,615.80

En tanto sea mayor la sección transversal de un túnel, menores resultaran los precios unitarios correspondientes a las operaciones de barrenación, excavación, rezaga, de tal forma que se puede aumentar la capacidad nominal del equipo de excavación.

LUMBRERA



Es recomendable que la mano de obra la realice la cuadrilla de perforación.

NOTA: A continuación se presenta una formula con la cuál podemos determinar la cantidad de gases viciados.

$$CO = \frac{1.25}{100} p \sim \% \text{ (cantidad de Monóxido)}$$

$\epsilon\%$ = 0.15% para gelatinas ordinarias (95% de Nitroglicerina)
0.13% gelatina 60%

$p = \text{Kg/m}^2$ de explosivos.

Limites: 0.06% a 0.1% de Monóxido y 0.005 a 0.001% para el formaldehído.

Cantidad mínima de aire $10 \text{ m}^3/\text{min}$. trabajador a presión ambiente de $2.5 \text{ m}^3/\text{min}/\text{Hp}$. de los motores de combustión interna.

ANALISIS DE LA EXCAVACION

(Este análisis esta basado en el libro de precios unitarios de la S.A.R.H.)

1.- Caso # 2 Sección transversal $A = 19.00 \text{ M}^2$

2.- Avance máximo que se tiene 3.20 m (tabla 14-7 pag. 14-20)

3.- Metros de barrenación por M^3 de roca $3.60 \text{ m}/\text{m}^3$
(tabla 14-9)

Nº de barrenos por tronada 52 barrenos (14.10)

Longitud total de barrenación.

$G = 214.20 \text{ m}$

$$H = \frac{G}{N} = \frac{213.20}{52} = 4.10$$

4.- Acero de barrenación

Longitud de las barras de acero integral de barrenación (m)

$b = 0.80 \text{ m}$.

$b = 1.60 \text{ m}$.

$b = 3.20 \text{ m}$.

Nota: Consideraremos las barrenas de 3.20 esencialmente ya que las de 0.80, 1.60 sera para el inicio de la barrenación y barrenaciones secundarias. (moneos)

$$\frac{G}{b} = \frac{213.20}{3.20} = 66.625 + 26.65 = 93.275$$

Consideraremos un 40% de acero de barrenación total para anclaje, moneo y otras perforaciones secundarias.

$$66.625 \times 40\% = 26.65$$

5.- Rendimiento instantaneo de barrenación.

$$Bv = 20 \text{ cm/min} \quad \frac{G \times 100}{Bv} = \frac{213.2 \times 100}{20} = 1066 \text{ min.}$$

Podemos obtener el tiempo total T de barrenación y tronada.

t_2 y t_3 (tabla 24-17 ó 14-12, 13)

(14-12) $t_2 = 145 \text{ min/tronada}$ (tiempo total en la instalación y retiro del equipo de perforación)

(14-13) $t_2 = 55.1 \text{ min/tronada}$ (tiempo de instalación y retiro del equipo antes y despues del poblado de explosivos)

$$T = 1.25 \left[\frac{G}{b} (0.16 + 0.08 \frac{G}{N}) + G (0.69 + 0.01 \frac{G}{N}) + 20 + 4.01 N + \frac{G \times 100}{Bv} + t_2 + t_3 \right]$$

Sustituyendo:

$$T = 1.25 [93.275 (0.16 + 0.08 \times 4.10) + 213.2 (0.69 + 0.01 \times 4.10) + 20 + 4.01 \times 52 + 1066 + 145 + 55.1] = 2121.21 \text{ min/hombre} = 35.35 \text{ Hr/hom.}$$

Si tenemos un tiempo total de barrenación

$$T = 2121.21 \text{ min/hombre}$$

Si tenemos un grupo de 10 hombres determinaremos el tiempo hombre que ocupa para barrenación cargo y explosivo.

$$T = 21.21. \text{ min/hombre}/10 \text{ hombres} = 212.12 \text{ min} = 3.53 \text{ hr.}$$

Al tiempo determinado se le debe de considerar el tiempo perdido.

Relación para determinar la cantidad de Explosivos

$$\text{Relación} = \frac{\text{Kg. de explosivos}}{\text{Vol. de roca}} = \frac{136.80 \text{ Kg.}}{60.80 \text{ m}^3} = 2.25 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Relación} = 2.25 \text{ Kg/m}^3$$

$$A = \frac{\pi_1 D^2}{4} = \frac{\pi_1 \times 2.54^2}{4} = 5.06 \text{ cm}^2$$

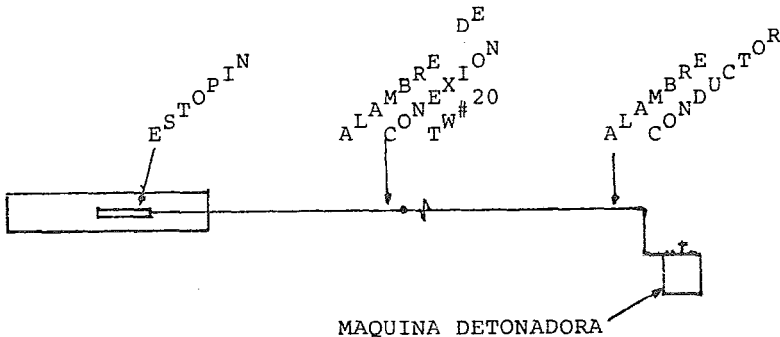
$$V = 5.06 \times 240 = 1214.40 \text{ cm}^3$$

$$V = 0.001214.40 \text{ M}^3$$

$$V = 0.00121440 \times 52 = 0.0631 \text{ m}^3$$

$$\text{Kg. barreno} = \frac{136.80 \text{ Kg.}}{52} = 2.63 \text{ Kg/barreno}$$

ALAMBRE CONDUCTOR DE 8" (2.44)m



Alambre de conexión

$$3 \text{ m.} \times 52 = 156 \text{ m.} + 4.68 \text{ m.} = 160.68 \text{ m.}$$

$$\text{Desperdicios} = 156 \text{ m.} \times 3\% = 4.68 \text{ m.}$$

Las resistencias eléctricas de los detonadores varia en función de la longitud de sus alambres integrales de conexión entre 1.23 y - 6.15 voltios (tipo de cremallera)

Del alambre de conexión se utilizarian (200 m.) 161 m. con 2 rollos de 100 mts.

$$100 \times 2 \times \$ 0.81/\text{m} = \$ 162.00$$

Alambre conductor: Se utilizará alambre de cobre simple calibre - # 14 B y S con una resistencia de 2525 ohmios por c/1000 ft

$$L = 300 \text{ mt.} \quad 300 \times \$ 1.97/\text{m} = \$ 591.00$$

EXPLOSIVOS-----	\$ 2,625.19 x 2 x 505 =	= \$2'651,250.00
ESTOPINES DE RETARDO (1ª s 6ª tiempos)	\$ 768.56 x 2 x 505 =	\$ 77,245.60
ALAMBRE DE CONEXION	\$ 162 x 2 x 505 -----	= 163,620.00
ALAMBRE DE CONDUCTOR	\$ 591 x 2 x 505 -----	= <u>596,910.00</u>
		\$4'188,025.60

RESUMEN:

MANO DE OBRA	\$ 508,615.80
MATERIAL	\$ 4'188,025.60
HERRAMIENTA 3%	21,269.40

\$ 4'717,910.80

COSTO UNITARIO: $\$ \frac{4'717,910.80}{16000 \text{ m túnel}} = \$ 294.87/\text{m}$

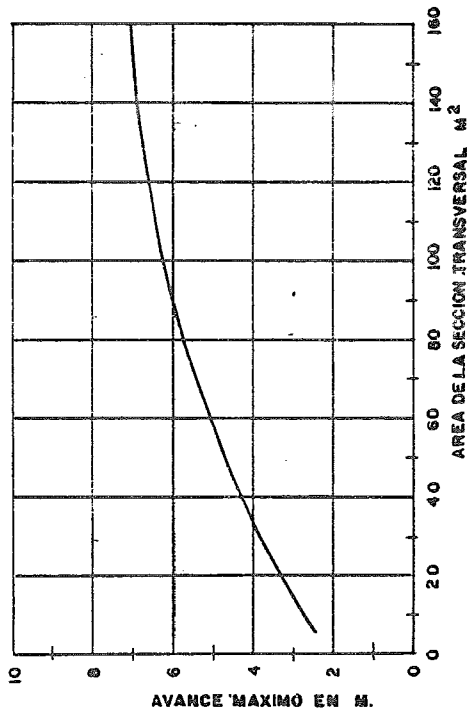


Fig. 14-7 Avance ó cuela por frenado en base al área transversal

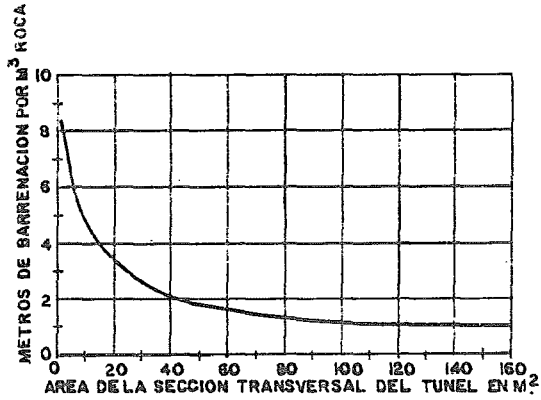


Fig. 14-9 Metros de barrenación por m³ de roca en función del área del túnel.

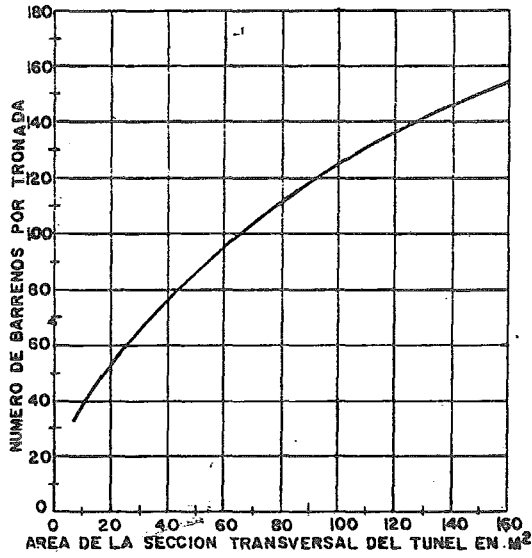
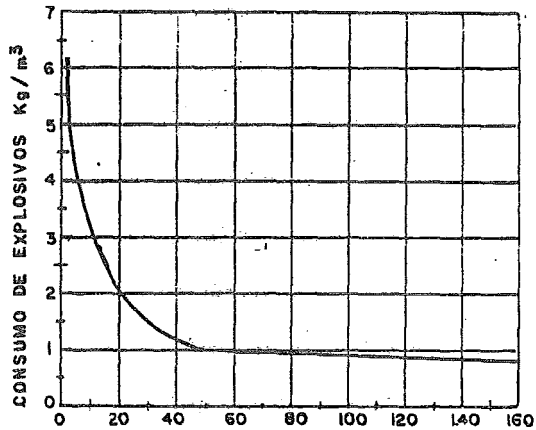


Fig. 14-10 Correlación entre el número de barrenos necesarios y el área del túnel.



AREA DE LA SECCION TRASVERSAL DEL TUNEL EN.M²

Fig 14-II Consumo de explosivo en función del área del túnel.

B O M B E O

PLAN GENERAL

BOMBEO HORIZONTAL

Para formular el plan general determine los escurrimientos probables en función de la información de que se dispone para realizar los cálculos correspondientes.

BOMBEO VERTICAL

se deducé o de los datos obtenidos para el horizontal.

PLAN GENERAL

A.- BOMBEO HORIZONTAL.-

- 1.- Instalar los cárcamos principales para bombeo a cada 1000 M. y los secundarios a cada 200 y 250 M.
- 2.- El empleo de tuberías de pared delgada en vista de que operaría con baja carga hidrostática.
- 3.- Las siguientes fórmulas derivadas de Manning para la obtención de diámetros de tuberías y consumos de Energía Eléctica.
 - a.- Para la determinación de los diámetros de tubería, partir del máximo hacia atrás basándose en el gasto y en una carga máxima prefijada de acuerdo con la potencia que por conveniencia se desee dar a los motores de las bombas, empleando la fórmula.

$$D = \frac{10.273 n^2 L Q^2}{h}$$

DONDE:

D = Diámetro interior de la tubería en metros.

n = Coeficiente de rugosidad.

L = Longitud de la tubería en metros (Incluyendo la de accesorios)

Q = Gasto en M³/seg.

h = Carga total en metros.

ó en función de un determinado diámetro de tubería.

$$h = \frac{10.273 n^2 L Q^2}{D^{5.333}}$$

La energía que se consumirá está dada por la expresión

$$\text{Kw-hr} = \frac{h Q \times \text{hrs} \times 9.803}{\eta \%} \quad \text{ó} \quad \text{Kw-hr} = \frac{\text{Hp} \times \text{hrs} \times 0.7457 \text{ Kw}}{\eta \%}$$

B.- BOMBEO VERTICAL.-

a) Para el bombeo se consulta a fabricantes de Bombas.

b) Para la determinación de los consumos de energía eléctrica emplear la misma fórmula que para el horizontal.

- B O M B E O -

DATOS BASICOS PARA EL CALCULO DEL BOMBEO.

- 1.- BOMBA TIPO SUMIDERO - ByRON YACKSON $\varnothing = 10''$
 350 Hp.
 COSTO HORARIO = \$ 652.32 Hr.
 INCLUYENDO TUBERIA, VALVULAS CHEK Y CABLE (1/0)

- 2.- BOMBA CENTRIFUGA DE TRANSPALEO AUTOCEBANTE $\varnothing 2''$
 2 Hp.
 COSTO HORARIO \$ 3.22/Hr.
 3 Hp. $\varnothing 3''$
 COSTO HORARIO \$ 3.64/Hr.
 4 Hp. $\varnothing 4''$
 COSTO HORARIO \$ 7.30/Hr.

- 3.- BOMBA TIPO POZO PROFUNDO. $\varnothing = 10''$
 10 Hp.
 COSTO HORARIO \$ 91.58/Hr.

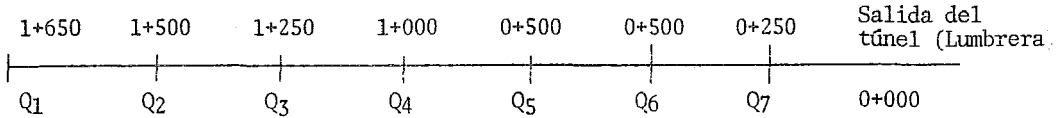
DATOS :

$S = 0.000666$

$L = 1650 \text{ m.}$

$h = 2.0 \text{ m.}$

$$s = \frac{H}{L}$$



$Q_1 = 25 \text{ Lt/seg.}$

$Q_2 = 50 \text{ Lt/seg.}$

$Q_3 = 75 \text{ Lt/seg.}$

$Q_4 = 100 \text{ Lt/seg.}$

$Q_5 = 125 \text{ Lt/seg.}$

$Q_6 = 150 \text{ Lt/seg.}$

$Q_7 = 175 \text{ Lt/seg.}$

FORMULAS :

$$H_p = \frac{Q \cdot h_f}{76 \cdot N} \dots\dots\dots \alpha$$

$$h_f = K L Q^2 + 5\% \dots\dots\dots \beta$$

$$K = \frac{10.29359}{D^{16/3}} \times N^2 \dots\dots\dots \gamma$$

SI UTILIZAMOS γ

$$K = \frac{10.29359 \times 0.011^2}{0.0508^{5.333}} = 9930.75$$

$$h_f = 9930.75 \times 150 \times 0.025^2 = 931.007 + 0.05 = 931.057$$

$$H_p = \frac{0.25 \times 931.057}{76 \eta} = 0.360 \quad \text{DEJAREMOS 2 } H_p.$$

EL ANALISIS QUE SE HARA A CONTINUACION SERA EL MISMO QUE PARA EL CASO ANTERIOR, EL UNICO CAMBIO ES DE QUE SE INCREMENTARA EL GASTO'

$$L = 250 \text{ m}$$

$$\phi = 2''$$

$$K = 9930.75$$

$$Q_2 = 50 \text{ Lt/seg.}$$

$$h_f = 9930.75 \times 250 \times 0.050^2 + 5\% = 6206.80$$

DEJAREMOS:

$$H_p = \frac{0.050 \times 6206.80}{64.6} = 4.80 \quad = 3 \text{ de } 2 \text{ Hp (practico)}$$

$$L_3 = 250 \text{ m.}$$

$$\emptyset = 3^H$$

$$K = 1225.98$$

$$Q_3 = 75 \text{ Lt/seg.}$$

$$hf = 1225.98 \times 250 \times 0.075^2 + 5\% = 1724$$

$$Hp = \frac{0.075 \times 1724}{64.60} = 2 \quad \text{Dejaremos} = 3 \text{ Hp.}$$

$$L_4 = 250 \text{ m.}$$

$$\emptyset = 3''$$

$$Q_4 = 100 \text{ Lt/seg.}$$

$$K = 1225.98$$

$$hf = 3065$$

$$Hp = \frac{0.100 \times 3065}{64.6} = 4.74 \quad \text{Dejaremos} 2 \text{ de } 3 \text{ Hp.}$$

$$L_5 = 250 \text{ m.}$$

$$\emptyset = 4''$$

$$Q_5 = 125 \text{ Lt/seg.}$$

$$K = 246.37$$

$$hf = 962.5$$

$$Hp = \frac{962.5 \times 0.125}{64.6} = 2 \text{ Hp.} \quad \text{Dejaremos } 4 \text{ Hp.}$$

$$L_6 = 250 \text{ m.}$$

$$Q = 150 \text{ Lt/seg.}$$

$$K = 246.37$$

$$hf = 1386$$

$$Hp = \frac{1386 \times 0.150}{64.6} = 3.22 \quad \text{Dejaremos } 1 \text{ de } 4 \text{ Hp.}$$

$$L_7 = 250 \text{ m.}$$

$$Q = 4''$$

$$Q = 175 \text{ Lt/seg.}$$

$$K = 246.37$$

$$hf = 1886.32$$

$$Hp = \frac{0.175 \times 1886.32}{64.6} = 5.11$$

Dejaremos 2 de 4 Hp.

RESUMEN:

$$4 \text{ de } 2 \text{ Hp} \dots \dots \dots \$ 3.22/\text{Hr.} = \$ 12.88/\text{Hr.}$$

$$3 \text{ de } 3 \text{ Hp} \dots \dots \dots \$ 3.64/\text{Hr.} = \$ 10.92/\text{Hr.}$$

$$4 \text{ de } 4 \text{ Hp} \dots \dots \dots \$ 7.30/\text{Hr.} = \$ 29.20/\text{Hr.}$$

$$\$ 53.00/\text{Hr.}$$

Si hay necesidad de Bombear las 24 Hrs.

$$\$ 53.00/\text{Hr.} \times 24 \text{ Hrs.} = 1,272.00 \text{ (UN DIA DE BOMBEO)}$$

Si se van a trabajar 505 días

$$\text{COSTO} = 505 \times \$ 1,272.00 = \$ 642,360.00$$

CONSIDERAREMOS DOS FRENTES P. E. - L1 y L1 - P. E.

$$\text{COSTO} = \$ 642,360.00 \times 2 = \$ 1'284,720.00$$

CONSUMO DE ENERGIA:

FORMULA:

$$Hw - hr = \frac{Hp. \times hr \times 0.7457 Kw}{N = 0.65} = 55 Kw-hr \times 4 = 220 Kw-hr$$

$$Kw - hr = \frac{3 Hp. \times 24 hr. \times 0.7457 Kw}{0.65} = Kw-Hr \times 3 = 247.8 Kw-hr.$$

$$Kw - hr = \frac{4 Hp. \times 24 hr. \times 0.7457 Kw}{0.65} = 110.13 Kw-hr \times 4 = 440.52 Kw-Hr$$

$$\Sigma_T = 908.32 Kw - Hr.$$

$$COSTO = 908.32 Kw - hr \times \$ \$ 0.65/Kw - hr = \$ 590.408.$$

$$\$ 590.408 \times 505 dfa = \$ 298,156.04 \times 2 = \$ 596,312.08$$

$$COSTO TOTAL DE ENERGIA = \$ 596,312.08$$

MANO DE OBRA:

Se sugiere considerar al personal de bombeo (Sobrestante, electricista tubero, bombero, etc.) Como a una cuadrilla autónoma cuya única misión es la de mantener seco el túnel; consiguientemente habra ciertas per - sonas, como bomberos y electricistas que habran de laborar los domin - gos y días festivos con el consiguiente pago extra por la que se to - mara como salario base el que resulte del ordinario, más la parte pro - porcional del extra.

CATEGORIA	SALARIO BASE	SALARIO REAL
Sobrestante.		
1 Tubero.	\$ 190.00	\$ 289.94
Electricista.	\$ 360.00	\$ 447.28
Soldador	\$ 280.00	\$ 381.50
2 Bomberos	\$ 225.00	\$ 343.35
1 Ayudante de Electricista.	\$ 125.00	\$ 190.75
1 Ayudante de Saldador	\$ 125.00	\$ 190.75
		\$ 1,843.57

COSTO = \$ 1,843.57 x 505 = \$ 931.003

Consideramos 6 frentes \$ 931.003 x 6 = \$ 5'586,018

HERRAMIENTA 3%

\$ 167,580.54

ANALISIS DE LUMBRERA # 1 A LUMBRERA # 2.

L1 - L - 2 3550 m.

L2 - L - 1 3550 m.

3+550	3+000	2+500	2+000	1+500	1+000	0+500	0+000
	3+250	2+750	2+250	1+750	1+250	0+750	0+250

$$H_p = \frac{Q \times h_f}{76N} \dots\dots\dots$$

$$h_f = K \times L \times Q^2 + 5\% \dots\dots\dots$$

$$K = \frac{10.29359 \times N^2}{D^{16/3}} \dots\dots\dots$$

$$L_1 = 300 \text{ m.}$$

$$\phi = 2''$$

$$Q_1 = 25 \text{ Lt/seg.}$$

$$K = 9930.53$$

$$h_f = 1862$$

$$H_p = \frac{1862 \times 0.025}{64.6} = 0.72$$

Dejaremos una Bomba de 2 Hp.

$$L_2 = 250$$

$$\phi = 2''$$

$$Q_2 = 50 \text{ Lt/seg.}$$

$$K_2 = 9930.55$$

$$h_f = 6206.64$$

$$H_p = \frac{6206.64 \times 0.50}{64.6} = 4.80$$

2 Bombas de 2 Hp.

$$L_3 = 250 \text{ m.}$$

$$\phi = 3''$$

$$Q_3 = 75 \text{ Lt/seg.}$$

$$Hp = \frac{1606.83 \times 0.075}{64.6} = 1.86 \text{ Dejaremos de 3 Hp.}$$

$$k = 1142.60$$

$$hf = 1606.83$$

$$L_4 = 250 \text{ m.}$$

$$\phi = 3''$$

$$Q_4 = 100 \text{ Lt/seg.}$$

$$Hp = \frac{0.100 \times 2856.55}{64.6} = 4.42 \quad 2 \text{ de 3 Hp.}$$

$$hf = 2856.55$$

$$K = 1142.60$$

$$Q_5 = 125 \text{ m.}$$

$$L_5 = 250 \text{ m.}$$

$$\phi = 3''$$

$$K = 1142.60$$

$$hf = 4463.33$$

$$Hp = \frac{4463.33 \times 0.125}{64.60} = 8.63 \quad 3 \text{ de 3 Hp.}$$

$$Q_6 = 150 \text{ Lt/seg.}$$

$$\phi = 3''$$

$$Hp = \frac{0.150 \times 6427.17}{64.60} = 14.92 \quad 5 \text{ de 3 Hp.}$$

$$Q_7 = 175 \text{ Lt/seg.}$$

$$\phi = 4''$$

$$K = 246.37$$

$$Hp = \frac{0.175 \times 1886.32}{64.60} = 5.11 \text{ Dejaremos 1 de 4 Hp.}$$

$$hf = 1886.32$$

$$Q_8 = 200 \text{ Lt/seg.}$$

$$\emptyset = 4''$$

$$L = 250 \text{ m.}$$

$$K = 246.37$$

$$hf = 246.37 \times 250 \times 0.200^2 + 5\% = 2463.75$$

$$Hp = \frac{0.200 \times 2463.75}{64.60} = 7.62$$

2 de 4 Hp.

$$Q_9 = 225 \text{ Lt/seg.}$$

$$L_9 = 250 \text{ m.}$$

$$\emptyset = 4''$$

$$Hp = \frac{0.225 \times 3118.17}{64.60} = 10.86$$

$$K = 246.37$$

$$hf = 3118.17$$

Colocaremos 3 de 4 Hp.

SEGUN ANALISIS HECHOS SE OBTUVO QUE SE NECESITABAN UN TOTAL DE 10 BOMBAS MAS DE 4 Hp. (EL ANALISIS ES IGUAL QUE LOS ANTERIORES)

RESUMEN:

3	BOMBAS DE 2 Hp	x \$ 3.22/Hr	= \$ 9.66
11	" "	3 Hp x \$ 3.64/Hr	= \$ 40.04
6	" "	4 Hp x \$ 7.30/Hr	= \$ 43.80
15	" "	10 Hp x \$ 91.58/Hr	= \$1,373.70
			<hr/>
			\$1,467.20

CONSIDERAMOS 24 HR. DE BOMBEO

$$\$ 1,467.20 \times 24 = \$ 35,213.00$$

$$\$ = \$ 35,213.00 \times 505 = 17'782,464.00$$

COSTO \$ 35'564,928⁰⁰

CONSUMO DE ENERGIA:

$$\text{Kw - hr} = \frac{\text{Hp} \times \text{hr} \times 0.7457 \text{ Kw}}{\text{N}}$$

$$\text{Kw - hr} = \frac{2 \text{ Hp} \times 24 \text{ hr} \times 0.7457 \text{ Kw}}{0.65} = 55 \times 3 = 165 \text{ Kw - hr}$$

$$= \frac{3 \text{ Hp} \times 24 \text{ hr} \times 0.7457 \text{ Kw}}{0.65} = 82.60 \times 11 = 908.60 \text{ Kw - hr}$$

$$= \frac{4 \text{ Hp} \times 24 \text{ hr} \times 0.7457 \text{ Kw}}{0.65} = 110.13 \times 6 = 660.76 \text{ Kw - Hr}$$

$$= \frac{10 \text{ Hp} \times 24 \text{ hr} \times 0.7457 \text{ Kw}}{0.65} = 275.33 \times 15 = \underline{4130 \text{ Kw - hr}}$$

$$\underline{M} = 5864.33 \text{ Kw - hr}$$

$$\text{COSTO} = 5864.33 \text{ Kw - hr} \times \$ 0.65/\text{Kw - hr} = \$ 3,811.81$$

$$\$ = \$ 3,811.81 \times 505 = 1'924,966.30$$

$$\text{COSTO TOTAL} = \$ 3'849,932.60$$

El análisis para el tramos de la L2 - L3 pondremos solamente los resultados L = 5600 m.

$$2" \text{ } \emptyset \text{ } 2 \text{ Hp } 3 \times \$ 3.22/\text{hr} = \$ 9.66$$

$$3" \text{ } \emptyset \text{ } 3 \text{ Hp } 11 \times \$ 3.64/\text{hr} = \$ 40.04$$

$$4" \text{ } \emptyset \text{ } 4 \text{ Hp } 6 \times \$ 7.30/\text{hr} = \$ 43.80$$

$$4" \text{ } \emptyset \text{ } 10 \text{ Hp } 10 \times \$ 91.58/\text{hr} = \$ 915.80$$

$$\$ 1,009.30 \times 24 \text{ hr} = \$ 24,223.20$$

$$\text{Si son } 505 \text{ días} \times \$ 24,223.20 = \$ 12,232,716.00$$

$$\text{COSTO TOTAL} : \$ 24'465,432.00$$

CONSUMO DE ENERGIA:

$$\begin{aligned} \text{Kw - hr} &= \frac{\text{Hp} \times \text{hr} \times 0.7457 \text{ Kw}}{\text{N}} \\ &= \frac{2 \text{ Hp} \times 24 \text{ hr} \times 0.7457 \text{ Kw}}{0.65} = 55 \times 3 = 165 \text{ Kw-hr} \\ &= \frac{3 \text{ Hp} \times 24 \text{ hr} \times 0.7457 \text{ Kw}}{0.65} = 82.60 \times 11 = 908.60 \\ &= \frac{4 \text{ Hp} \times 24 \text{ hr} \times 0.7457 \text{ Kw}}{0.65} = 110.13 \times 6 = 660.78 \\ &= \frac{10 \text{ Hp} \times 24 \text{ hr} \times 0.7457 \text{ Kw}}{0.65} = 275.34 \times 10 = \underline{2753.40} \\ &= 4487.78 \text{ Kw-hr} \end{aligned}$$

$$\text{COSTO} = 4487.78 \text{ Kw-hr} \times \$ 0.65/\text{Kw-hr} = \$ 2917.06$$

$$\text{COSTO TOTAL} = \$ 2917.06 \times 505 = \$ 1'473,113.80$$

$$\text{COSTO } \$ = \$ 2'946,227.60$$

BOMBEO VERTICAL

LUMBRER # 1

DATOS

FORMULA

Q = 350 Lt/seg.

$K = \frac{10.29359 \cdot n^2}{D^{16/3}}$ _____ α

$\phi = 10''$

h = 250 m.

$hf = KQ^2 + 5\% hf$ _____ β

$V = m/seg.$

$Ea = 20670 \text{ Kg/cm}^2$

$H_p = \frac{Q hf}{76 N}$ _____

$Et = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

$e = 1/4'' = 0.635 \text{ cm.}$

Sobre presión absorbida

Sobre presión = $\frac{245 V (m/seg)}{\sqrt{1 + \frac{Ea d}{Et e}}}$ γ

Por la tubería ~ 20%

consideraremos un 80% del
gasto total

$H_f = 20\% \text{ sobrepresión} + \text{ desnivel} + hf$

$Q = V \cdot A$

$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.280 \text{ m}^3/seg}{0.05067 \text{ m}^2} = 5.5 \text{ m/seg}$

$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.1416 \times 25.4^2}{4} = 506.70 \text{ cm}^2$

Sobrepresión = $\frac{245 \times 5.5 \text{ m/seg.}}{0.80} = \frac{797.5}{0.80} = 996.87$

$\sqrt{1 + \frac{20670 \times 25.4}{2.1 \times 10^6 \times 0.635}}$

$K = \frac{10.29359 \times 0.011^2}{0.254^{5.333}} = 1.86$

$hf = 0.280^2 \times 1.86 \times 150 + 0.05 = 21.92$

$$\text{Sobrepresión} = 996.87 \times 20\% = 199.4$$

$$H_f = 199.4 + 150 + 21.92 = 371.32$$

$$H_p = \frac{280 \times 371.3}{76 \times 80\%} = 1609.35$$

Se necesitan 4 bombas de 350 Hp. + 1 reserva.

$$\text{COSTO HORARIO} = \$ 562.32 \times 5 = \$ 2,811.60/\text{hr.}$$

$$\text{COSTO} = \$ 2,811.60/\text{hr} \times 430 \times 18 = \$ 21,761,784$$

LUMBERA# 2, # 3 (Se analizará de la misma forma)

$$h_f = 0.280^2 \times 1.86 \times 100 + 0.05 = 14.63$$

$$\text{Sobrepresión} = 199.4$$

$$H_f = 199.4 + 100 + 14.63 = 314$$

$$H_p = \frac{280 \times 314}{64.60} = 1361 \quad \therefore \text{Se necesitan 4 bombas de 350 Hp.}$$

$$\text{COSTO HORARIO} = \$ 562.32 \times 4 = \$ 2,249.28$$

$$\text{COSTO TOTAL} = \$ 2,249.28 \times 430 \times 18 = 17'409,427$$

RESUMEN :	L # 1	\$ 21'761,784.00
	L # 2	\$ 17'409,427.00
	L # 3	\$ 17'409,427.00
		<hr/>
		\$ 56'580,638.00

CONSUMO DE ENERGIA:

$$\text{Kw - hr} = \frac{350 \text{ Hp} \times 18 \times 0.7457}{0.65} = 7227.55 \times 9 = 65047.98 \text{ Kw - hr}$$

$$\text{COSTO} = 65047.98 \times \$ 0.65/\text{Kw - hr} = \$ 42,281.20$$

$$\text{COSTO TOTAL} : \$ 42,281.20 \times 430 = \$ 18'180,911.00$$

CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA PARA EXCAVACION

a) Alumbrado.-

E = Energía Consumo por frente

FORMULA:

$$E = (N^{\circ} \text{ de lamparas potentes} \times Kw/\text{lampara} \times \text{día exc.} \times \text{hr/día} + \frac{+\text{Longitud del tramo} - \text{Longitud lamparas potentes}}{\text{Separación entre lamparas} \times 2} \times Kw/\text{lampara debil}$$

$$\times \text{día exc.} \times \text{hr/día}) \times 1.3 \text{ perdidas} = Kw - hr$$

FRENTE PE - L1 (longitud = 1650 m; duración 396 días)

$$E = (4 \text{ pza.} \times 0.500 \text{ kw} \times 396 \text{ días} \times 24 \text{ hr} + \frac{1650 - 100 \text{ m.}}{200 \text{ m.} \times 2} \times 0.5 \text{ kw} \times 396 \text{ días} \times 24 \text{ hr/día}) \times 1.30 = 48648.60 \text{ kw} - \text{hr.}$$

$$E = 48648.60 \text{ kw} - \text{hr}$$

FRENTE L1 - PE (longitud = 18 50 m; duración 396 días)

$$E = (4 \text{ pza.} \times 0.5 \text{ kw} \times 396 \text{ días} \times 24 \text{ hr} + \frac{1850 - 100 \text{ m}}{200 \text{ m} \times 2} \times 0.50 \times$$

$$396 \text{ días} \times 24 \text{ hr/día}) \times 1.30 = 51,737.40 \text{ kw} - \text{hr}$$

$$E = 51,737.40 \text{ kw} - \text{hr}$$

FRENTE L1 - L2 (longitud = 3750 m.; duración 630 días)

$$E = (4 \text{ pza.} \times 0.5 \text{ kw} \times 630 \text{ d.} \times 24 \text{ hr} + \frac{3750 - 100 \text{ m}}{400 \text{ m}} \times 0.5 \text{ kw} \times 630 \text{ d.} \times 24 \text{ hr}) \times 1.30 = 128,992.5 \text{ kw} - \text{hr}$$

$$E = 128,992.5 \text{ kw} - \text{hr.}$$

FRENTE L2 - L1 E = 128,992.50 kw - hr

FRENTE L2 - L3 (longitud = 3000 m; duraci6n = 540 dÍas)

E = (4 pzas. x 0.5 kw x 540 d. x 24 hr + $\frac{3000 - 100 \text{ m}}{400 \text{ m}}$ x 0.5 kw x 540 d.

x 24 hr) 1.30 = 94,770.00 kw - hr

E = 94,770.00 kw - hr

FRENTE L3 - L2 (longitud - 2800 m; duraci6n 540 dÍas)

E = 90,558.00 kw - hr

RESUMEN.

PE - L1 = 48,648.60 kw - hr.

L1 - PE = 51,737.40 kw - hr.

L1 - L2 = 128,992.50 kw - hr.

L2 - L1 = 128,992.50 kw - hr.

L2 - L3 = 94,770.00 kw - hr.

L3 - L2 = 90,558.00 kw - hr.

$\sum_t = \frac{\quad}{\quad} = 543,699.00 \text{ kw - hr.}$

COSTO = \$ 543,699.00 kw - hr x \$ 0.65/kw - hr = \$ 353,404.35

COSTO UNITARIO = $\frac{\$ 353,404.35}{16000 \text{ m. tÚnel}} = \$ 22.087/\text{m}$

C. U. = \$ 22.087/m

ENERGIA ELECTRICA PARA USOS DIVERSOS.

- V. gr. - Perforadoras hidráulicas.
- Rezagadoras eléctricas
- Bandas transportadoras
- Locomotoras (cargador de acumuladores)
- Soldadoras
- Malacates

APLICAR POR FRENTE Y POR TIPO DE MAQUINA LA SIGUIENTE FORMULA

$$\text{CONSUMO DE ENERGIA} = N^{\text{a}} \text{ maquinas} \times \text{Hp} \times 0.746 \text{ Kw} \times \text{dfas} \times \text{hr/día} \\ \times \% \text{ de utilización} = \text{Kw} - \text{hr}$$

A.- POR FRENTE.

EQUIPO	CANT.	HP	TOTAL HP.	% UTILIZACION
COMPRESOR 600 PCM	2	150	300	70
JUMBO BARRENACION	1	30	30	70
REZAGADORA	1	30	30	70
MALACATES	1	250	250	70

$$\sum_t = 610$$

B.- CONSUMO DE ENERGIA (POR FRENTE) $\text{Hp} = 0.746 \text{ kw} \times \text{dfas} \times$
 $\text{hr/día} \times \% \text{ utilización}$

FRENTE	HP	KW	DIAS	HR/DIA	% UTILIZACION	KW - HR
PE-L1	610	0.746	396	24	70%	3'027,423.17
L1-PE	610	0.746	396	24	70%	3'027,423.17
L1-L2	610	0.746	630	24	70%	4'816,355.04
L2-L1	610	0.746	630	24	70%	4'816,355.04
L2-L3	610	0.746	540	24	70%	4'128,304.32
L3-L2	610	0.746	540	24	70%	4'128,304.32
						23,944,165.06

COSTO TOTAL = \$ 23'944,165.06 kw - hr x \$ 0.65 = \$ 15'563,707.30

COSTO UNITARIO = $\frac{\$ 15'563,707.27}{16000 \text{ m túnel}}$ = \$ 972.73/ML

C. U. = \$ 972.73/ml.

TUBERIA PARA AIRE COMPRIMIDO

DETERMINACION DEL DIAMETRO DE TUBERIA

EMPLEANDO LA FORMULA (pag 10-23) DEL TOMO III DEL MANUAL SOBRE EL CALCULO DE PRECIOS UNITARIOS DE LA S.A.R.H

$$f = \frac{CLQ^2}{rd^5}$$

DONDE: f: pérdida admisible de presión manométrica en psi (Lb/in²)
L: Longitud de la tubería de conducción en ft
Q: Caudal de aire Libre expresado en ft³/seg.
r: Relación de Compresión
d: Diámetro interior de la tubería en (in)
c: Coeficiente experimental para tubería de Area = $\frac{0.1025}{d^{0.31}}$

DE DONDE:

$$d = \sqrt[5]{\frac{0.1025 Q^2}{f \cdot r}}$$

a) Para frente portal de entrada:

$$L = 1650 \text{ m} = 5412 \text{ ft}$$

$$Q = 1200 \text{ pcm} = 20 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

$$f = 18 \text{ psi}$$

$$r = \frac{14.7 \text{ psi} + 200 \text{ psi}}{14.7 \text{ psi}} = 14.61 \text{ psi}$$

$$d = \sqrt[5]{\frac{0.1025 \times 5412 \times 20^2}{18 \text{ psi} \times 14.61}} = 3.95" = 4" \text{ práctico} = 6" \text{ } \emptyset$$

b) Para frente: Lumbrera # 1, # 2 y # 2 - # 1

$$L = 3550 \text{ m} = 11657 \text{ ft}$$

$$Q = 1200 \text{ pcm}$$

f y r = Determinados para caso anterior

$$d = \sqrt{\frac{0.1025 \times 11647 \times 400}{10 \text{ psi} \times 14.61}} = 4.60'' \quad \text{práctico} = 6'' \emptyset$$

c) Para frente: Lumbrera # 2 - Portal de salida.

$$L = 2800 \text{ m} = 9187 \text{ ft}$$

$$Q = 1200 \text{ pcm}$$

f y r = determinados 1º caso.

$$d = \sqrt{\frac{0.1025 \times 9187 \times 400}{10 \text{ psi} \times 14.61}} = 4.39 \quad \text{práctico} = 6'' \emptyset$$

- MATERIAL Y EQUIPO -

- 1.- JUNTAS VICTAULIC 4" , 6"
- 2.- VALVULAS DE SECCIONAMIENTO 4" Ø 6" Ø
- 3.- PZAS. ESPECIALES 4", 6" Ø
- 4.- PERFORADORAS -- Chicago pneumatic
150 Hp 600 - REA
- 5.- RECIPIENTES
- 6.- BARRENAS 7/8" x 0.8 EXAGONAL - INTEGRAL
" x 1.6 " "
" x 3.2 " "
- 7.- BROCA 2" EN ACERO DE 1 1/4
" 2 1/2 EN ACERO DE 1 1/4

LOS BARRENOS SERAN DE 1" Ø CON UNA PROFUNDIDAD 2.40 MTS.

DETERMINAREMOS EL NUMERO DE COMPRESORES NECESARIOS PARA QUE LAS MAQUINAS PERFORADORAS TRABAJEN.

DATOS:

L = 3550 M

Q = 300 ft³/min a una presión de 100 psi

FACTORES DE CORRECCION (se utilizó tablas del manual
de prec. unitarios de la S.A.R.H)

K₁ : PRESION DE TRABAJO:

$$K_1 = 1.20 \text{ presión } 100 \text{ psi}$$

K₂ : FACTOR DE CORRECCION POR USO

$$K_2 = 1.05$$

K_3 : FACTOR DE DIVERSIDAD

$$K_3 = 0.95$$

K_4 : FACTOR POR FUGAS DE AIRE

$$K_4 = 1.10$$

CONSUMO TOTAL: Consumo total nominal x K_1 x K_2 x K_3 x K_4

CONSUMO TOTAL: 300 pcm x 4 x 1.20 x 1.05 x 0.95 x 1.10 = 1580.04 pcm

NECESITAMOS 3 COMPRESORES DE 600 PCM YA QUE TAMBIEN SE UTILIZARAN OTRO TIPO DE HERRAMIENTAS EN EL TUNEL COMO POR EJEMPLO:

BOMBAS DE LODO, PEQUEÑAS BARRENACIONES SECUNDARIAS, (MONEO DE GRANDES PIEDRAS) AFINES, ANCLAJES, Y OTROS.

COSTO DE TUBERIA Y ACCESORIOS

A.- MATERIAL

TUBO DE ACERO CED. 40 DE 4" \emptyset = 3300 m a \$ 154.80/m = \$ 150,840.00

TUBO DE ACERO CED. 40 DE 6" \emptyset = 12700 m a \$ 351.20/m = \$ 4'460,240.00

JUNTAS VICTAULIC DE 4" \emptyset : 3300 m tuberfa = 550 pza.
6 m Sep.

550 pza. x \$ 147.34 = \$ 81,037.00

JUNTAS VICTAULIC DE 6" \emptyset : 12700 m tuberfa = 2117 pza.
6 m Sep.

2117 pza. a \$ 212.82 = \$ 450,539.94

VALVULA DE SECCIONAMIENTO 4" \emptyset 3300 m tuberfa = 3 pza.
1100 m Sep.

3 pza. a \$ 1,000.00= \$ 3,000.00

VALVULA DE SECCIONAMIENTO 6" Ø

3 pza. x \$ 1,250.00 = \$ 3,750.00

PZAS. ESPECIALES PARA TUBERIA DE 4" Ø 1 LOTE \$ 20,000.00 = 20,000.00

PZAS. ESPECIALES PARA TUBERIA DE 6" Ø 1 LOTE \$ 50,000.00 = 50,000.00

SOPORTE PARA TUBERIA = 16000 m túnel = 5333 pza.

3 m Sep.

5333 pza. a \$ 5.00/pza. = 26,665.00

SUMA.....\$5'606,071.94

BARRENAS 7/8" x 0.8 EXAGONAL INTEGRAL.

" 1 pza. \$ 1,164.50 x 2 x 6 = \$ 13,974.00
" " x 1.6 " 1 pza. \$ 1,274.70 x 2 x 6 = \$ 15,296.40
" " x 3.20 " 1 PZA. \$ 1,697.46 x 2 x 6 = \$ 20,369.50

BROCA 2" EN ACERO 1 1/4" 7733-1051-XX

1 PZA. \$ 2,033.81 x 2 x 6 = \$ 24,405.70

BROCA 2 1/2" EN ACERO 1 1/4 7733-1051-XX

1 PZA. \$ 2,553.81 x 2 x 6 = \$ 30,645.70

SUMA..... \$104,691.30

MANGUERA DE 3/4" PARA AIRE TN L = 15.24 m.

15.24 m. x \$ 108.92/m x 6 = \$ 9,959.64

MANGUERA DE 1/2" PARA AIRE L = 15.24 m.

15.24 x \$ 81.58/m. x 6 = \$ 7,459.70

MANGUERA DE 1" PARA AIRE L = 15.24 m.

15.24 x \$ 153.67/m x 6 = \$ 14,051.60

NOTA: Con respecto a los diámetros que se van a utilizar se deja de 6" Ø y 4" Ø

MANGUERA 1 1/4" PARA AIRE L = 15.24 m.

$$15.24 \text{ m.} \times \$ 232.52/\text{m} \times 6 = \$ \underline{21,261.70}$$

SUMA:	\$	52,732.55
	\$	<u>104,691.35</u>
		157,423.91

COSTO DE AIRE COMPRIMIDO.

1.- PARA EXCAVACION DE TUNEL

a) Compresores.....	\$ 148.36/hr x 3 =	\$ 445.08
b) Jumbo.....	<u>\$ 486.48</u>	= \$ 486.48
SUMA:		\$ 931.56

$$\text{Si son 6 frentes } \$ 931.56 \times 6 = \$ 5,589.36$$

$$\text{Considerando 505 días } \times \$ 5,589.36 = \$ 2,822,626.80$$

MANO DE OBRA:

(Ver tabla de salarios de Cuadrilla de excavación)

CATEGORIA	SALARIO BASE	COSTO POR TURNO
1 PERFORISTA	\$ 250	\$ 534.10
2 AYUDANTES DE P.	\$ 129	\$ 190.75
1 TUBERO	\$ 190	\$ 289.94
1 AYUDANTE	\$ 125	\$ 190.75
1 COMPRESORISTA	\$ 240	\$ 213.64
		\$ 1,419.18

Consideraremos 505 días hábiles de trabajo

$$\text{Costo} = 505 \times \$ 1,419.18 = \$ 716,685.90^{oo}$$

Costo de Herramienta 3% de M. de Obra.

$$\text{Costo} = \$ 716,685.90 \times 3\% = \$ 21,500.60^{oo}$$

RESUMEN:

1.- MATERIAL	\$ 5'606,071.94
	\$ 157,423.90
2.- JUMBO Y COMPRESOR	\$ 2'822,626.80
3.- MANO DE OBRA	\$ 716,685.90
4.- HERRAMIENTA	\$ 21,500.60
	<hr/>
	\$ 9,324,309.14

COSTO DIRECTO = $\frac{\$ 9'324,309.14}{16000 \text{ m. túnel}}$ = \$ 582.80/m

TABLA 10-3 FACTORES DE CORRECCION DEL CONSUMO DE AIRE EN MOTORES NEUMATICOS EN FUNCION DE LA PRESION DE ALIMENTACION.

PRESION DE TRABAJO	FACTOR DE CORRECCION	PRESION DE TRABAJO	FACTOR DE CORRECCION
P_{ai}	K_f	P_{ai}	K_f
70	0.80	100	1.20
78	0.90	107	1.30
85	1.00	115	1.40
92	1.10	125	1.50

TABLA 10-12 FACTORES DE DIVERSIDAD APLICABLES AL CONSUMO DE AIRE DEL EQUIPO NEUMATICO EN FUNCION DEL GRADO DE UTILIZACION.

NUMERO DE MAQUINAS	GRADO DE UTILIZACION			
	60%	70%	80%	90%
1	1.00	1.00	1.00	1.00
2	0.91	0.93	0.95	0.97
3	0.83	0.87	0.91	0.95
4	0.76	0.82	0.88	0.94
5	0.70	0.78	0.86	0.93
6	0.65	0.75	0.84	0.92
7	0.62	0.72	0.82	0.91
8 ó más	0.60	0.70	0.80	0.90

REZAGA DE MATERIAL AL EXTERIOR (LUMBRERAS)

- Por lumbrera: Vaciado por tolvas

La rezaga del material del frente de trabajo a la Lumbrera, en cada viaje que haga la locomotora con vagonetas de 3 M^3 sera - de 27 M^3 . Una vez en la zona del manteado se extraera con malacate y depositada en tolva, la cuál se encargará de deposi - tarla en los camiones los cuales harán un recorrido máximo de 1 Km.; el análisis que se haga se considerará unicamente lo si guiente.

1.- COSTO HORARIO CAMION \$ 179.89

$\$ = \$ 179.89 \times 3 \times 2 \times 505 \text{ días} = \$ 545,066.70 \times 3 = \$ 1'635,200$
(si són 3 frentes)

2.- MANO DE OBRA

a) Malacatero : $\$ 305.20 \times 3 = \$ 610.40 \times 505 \text{ días} \times 3 = \$ 924,756.00$
b) Chofer: $\$ 361.50 \times 6 = \$ 2169 \times 505 \text{ días} \times 3 =$
 $\$ 3'186,035.00$
 $\$ 4'210,791.00$

3.- HERRAMIENTAS: $\$ 1'635,200 \times 5\% = \$ 81\ 760^{\circ\circ}$

RESUMEN:	EQUIPO _____	\$ 1'635,200.00
	M. DE OBRA _____	\$ 4'210,791.00
	HERRAMIENTA _____	\$ 81,760.00
		<hr/>
		\$ 5'927,751.00

COSTO DIRECTO : $\$ 5'927,751.00 = \$ 370.50^{\circ\circ}$
16000 m túnel

NOTA: El costo de mantenimiento de lumbrera se considerara un 5% de la mano de obra.

DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA CAMION VOLTEO 6M³ MARCA FORD MOD. E-600
 HP 180 ENERGIA PESO VALOR (Va) 320,098.69°°
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10 000 HRS. 5 AÑOS; RESCATE (vr) 10 %
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (Te) 3 AÑOS 6000 HRS

CLAVE: D = Depreciación Ka = Tasa de alimentaje (%)
 Ha = Horas trabajo/año Q = Mantenimiento (%)
 i = Tasa de interés anual (%) F = Costo de fletes
 s = Prima anual de Seguro (%) I = Costo de instalación
 Dr = Duración del recurso (hrs) y desmantelamiento
 T = % horario de operación C = Consumo

CARGO	FORMULA	CALCULO	IMPORTE \$/hora
1.- Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{\$ 320,098.64 - \$ 32,009.80}{10000 \text{ hrs.}}$	28.81
2.- Inversión	$\frac{Va + Vr}{2 Ha} i$	$\frac{320,098.64 + 32,009.80}{4000 \text{ hrs.}} \times 0.15$	13.20
3.- Seguros	$\frac{Va + Vr}{2 Ha} s$	$\frac{320,098.64 + 32,009.80}{4000 \text{ hrs.}} \times 0.0172$	1.52
4.- Almacenaje	Ka D	0.03 x \$ 28.81/hrs.	0.86
5.- Mantenimiento	Q D	0.80 x \$ 28.81/hrs.	23.05
6.- Fletes y Maniobras	$\frac{F}{Te}$		
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$		
COSTO MAQUINA OCIOSA			67.44
1.- Combustibles	$\frac{C S}{Dr}$	$G = \frac{0.2271 \times 144 \text{ Hp op.} \times \$ 3.00}{4 \text{ hrs.}}$	98.11
2.- Lubricantes	$\frac{C S}{Dr}$	$\frac{0.467 \times \$ 10.00/\text{juego}}{1.0 \text{ hrs.}}$	4.67
3.- Filtros	$\frac{C S}{Dr}$	$\frac{1 \times \$ 300.00}{200 \text{ hr.}}$	1.50
4.- Acumuladores	$\frac{C S}{Dr}$	$\frac{1 \times \$ 730.00}{200 \text{ hrs.}}$	0.37
5.- Cables	$\frac{C S}{Dr}$		
6.- Dientes	$\frac{C S}{Dr}$		
7.- Llantas	$\frac{C S}{Dr}$	$\frac{1 \times 60 \times \$ 19,500.00}{2500 \text{ hrs.}}$	7.80°°
8.-	$\frac{C S}{Dr}$		
9.-	$\frac{C S}{Dr}$		
10.-	$\frac{C S}{Dr}$		
NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.			
COSTO MAQUINA ACTIVA			\$179.89

ADEME CON MARCOS METALICOS

MATERIAL:

1.- MARCO DE ACERO.....	1 PZA...\$	6,500.00	= \$ 6500/pza
2.- SEPARADORES.....	10 PZA...\$	36.20	PZA= 362/pza
3.- MADERA PARA RETAQUE 600 P.T.....	\$	8.25 P.T=	<u>4950/pza</u>

COSTO MATERIALES: \$11812/pza.

Se considerarán 3000 marcos que se utilizarón en 16,000 mts. de túnel Analco _ San José

$$C O S T O = 3000 \text{ pza.} \times \$ 11,812/\text{pza} = \$ 35,426.00$$

La separación entre marco y marco será de 1.00 ~~m~~ 0.50 mts.

MANO DE OBRA:

NOTA: Si su empresa acostumbra ejecutar esta operación con el personal de excavación o con parte de el, cargue unicamente al supernumerario.

$$1 \text{ TURNO} = \$ 5,066.22/\text{Jornal.}$$

Tendremos un rendimiento de 4 pzas. por turno

Para poder elaborar el costo, de la colocación de marcos metálicos, debido a que fué una actividad que solo en caso necesario y esporadico se tuvo que llevar acabo; lo más recomendable en este caso es que se utilice la mano de obra de otras cuadrillas ya que no se hace muy necesario que sea una cuadrilla dedicada específicamente.

$$COSTO = \frac{\$ 5,066.22}{4 \text{ pza.}} = \$ 1,266.55/\text{pza.}$$

Si se colocaron 3000 pzas.

$$3000 \times \$ 1,266.55/\text{pza.} = \$ 3'799,665^{\circ\circ}$$

EQUIPO:

1.- 1 CAMIONETA 3 TONS. DIESEL = \$ 74.23/hr

1.- 1 SIERRA CIRCULAR 5 HP = \$ 13.08/hr

\$ 87.31/hr

COSTO JORNAL \$ 87.31/hr x 8 hr. = \$ 698.48/jornal

Tenemos un rendimiento de 4 pzas.

$$\text{COSTO} = \frac{\$ 698.48}{4} = \$ 174.56/\text{pza}$$

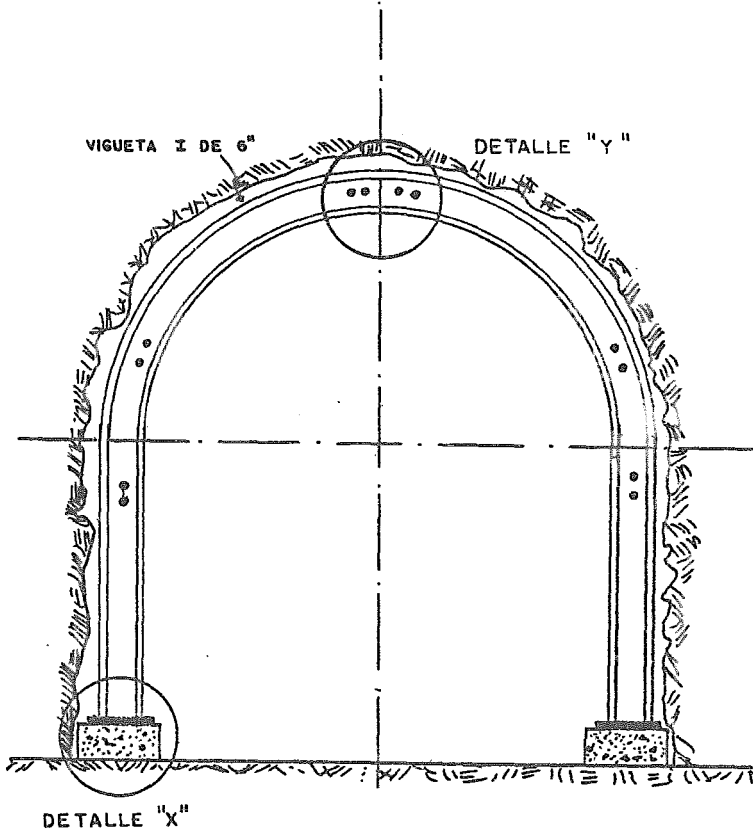
$$\text{COSTO} = 3000 \text{ pza.} \times \$ 174.56/\text{pza.} = \$ 523,680.00$$

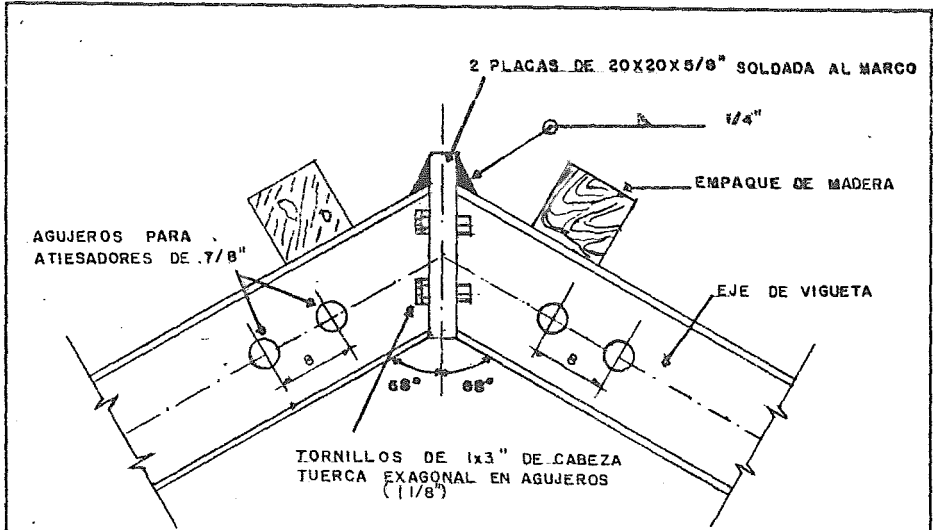
$$\text{COSTO TOTAL} = \$ 39,759,345.00$$

$$\text{COSTO UNITARIO} = \frac{\$ 39,759,345.00}{3000} = \$ 13,253,115/\text{pza.}$$

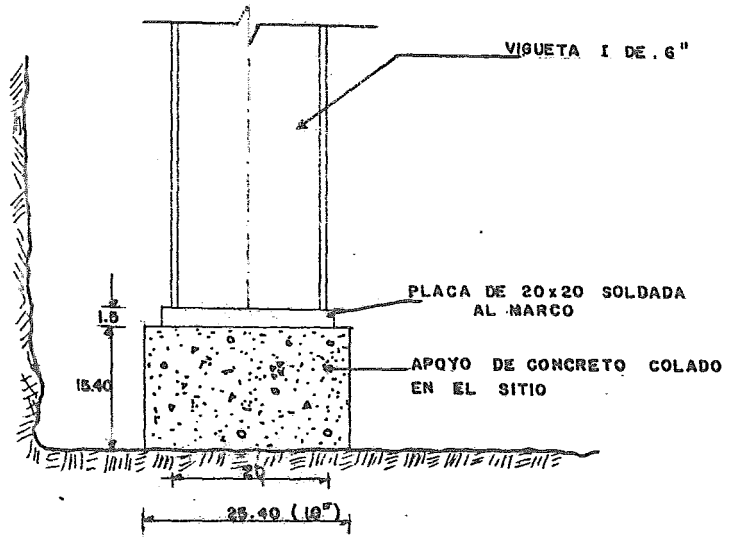
3000

SECCION TIPO





DETALLE "Y"



DETALLE "X"

MANO DE OBRA

CATEGORIA	# PERS.	SALARIO BASE	INCREMENTO	COSTO INDIVIDUAL	COSTO TOTAL X TURNO
1.- SOBRESTANTE DE ADEMA- RES	1	300.00	1.526	475.80	457.80
2.- ADEMADOR	2	200.00	1.526	205.20	410.40
3.- LANZADOR DE CONCRETO	1	250.00	1.526	381.50	381.50
4.- OPERADOR	2	250.00	1.526	381.50	763.00
5.- SOLDADOR	1	250.00	1.526	381.50	381.50
6.- PERFORISTA	1	190.00	1.526	289.94	289.94
7.- AYUDANTE ADEMADOR.	4	125.00	1.526	190.75	763.00
8.- AYUDANTE LANZADOR DE CONCRETO	1	125.00	1.526	190.75	190.75
9.- AYUDANTE DE SOLDADOR	1	125.00	1.526	190.75	190.75
10.- AYUDANTE PERFORISTA	1	125.00	1.526	190.75	190.75
11.- CUADRILLA EXCAVACION		138.74	1.526	211.71	846.83
				SUMA	5,066.22

ADEME CON CONCRETO LANZADO

A.- MATERIALES:

- CEMENTO.....	350.00 kg/m ³a	\$ 0.12/kg = \$	42.00/m ³
- GRAVA.....	0.80 M ³ /M ³a	\$400/m ³ = \$	320.00/M ³
- ARENA.....	0.40 M ³ /M ³a	\$ 355/M ³ = \$	142.00/M ³
- ADITIVO.....	1.0 Lt/M ³a	\$13.15/Lt = \$	13.15/M ³
			\$ 517.15/M ³
- Más desperdicios. 20%		103.43/M ³
			\$ 620.58/M ³

$$\text{COSTO} = 0.744/\text{M}^3 \times \$ 620.58/\text{M}^3 \times 16000 \text{ M} = \$ 7'387,384.30$$

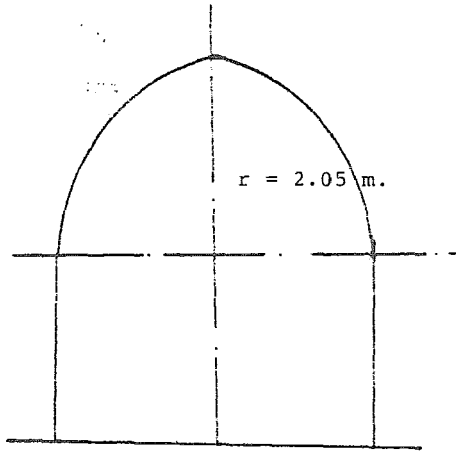
$$\text{MANGUERA} = \frac{25 \text{ M manguera} \times \$ 1.195.43/\text{m}}{36 \text{ m}^3 \text{ duración}} = \$ 830.16/\text{M}^3$$

$$\text{MANGUERA} = \frac{25 \text{ m manguera} \times \$ 350.00/\text{m}}{1300 \text{ m}^3 \text{ duración}} = \$ 6.73/\text{M}^3$$

$$\text{DISCOS DE LANZADORA} = \frac{\$ 780/\text{disco}}{36 \text{ m}^3 \text{ duración}} = \$ 21.67/\text{m}^3$$

$$\text{COSTO MATERIALES...} \quad \$ 1,479.14/\text{m}^3$$

$$\text{COSTO} = 0.744 \text{ M}^3 \times \$ 1,479.14/\text{m}^3 \times 505 = \$ 55,742.48$$



VOLUMEN DE CONCRETO:

$$P = r = \pi \times 2.05 = 6.44 \text{ m}$$

$$P_t = 6.44$$

$$\therefore L = 6.44 \text{ m.}$$

$$V = 6.44 \text{ m.} \times 1.0 \times 0.10 =$$

$$V = 0.644 \text{ M}^3$$

$$0.644 \text{ M}^3 + 15 \% \text{ desper}$$

, dicio.

$$V_t = 0.644 + 0.10 = 0.744 \text{ M}^3$$

3 MANO DE OBRA:

1 Turno \$ 5,066.22/jornal

$$\text{COSTO HORA} = \frac{\$ 5,066.22/\text{j.}}{10} = \$ 506.62/\text{hr}$$

$$\text{RENDIMIENTO} = 0.296 \text{ M}^3/\text{hr.}$$

$$\text{COSTO} = \frac{\$ 506,622/\text{hr}}{0.296 \text{ M}^3/\text{hr.}} = \$ 1,711.56/\text{m}^3$$

SI TENEMOS 2 JORNALES/DIA

$$\$ 5,066.22/\text{jornal} \times 2 = \$ 10,132.44/\text{dfa}$$

$$\$ 10,132.44/\text{dfa} \times 505 \text{ días} = \$ 5,116,882.20$$

C.- EQUIPO

MAQUINA LANZADORA: $\frac{\$ 261.14/\text{hr}}{16000 \text{ m}} = 0.0163 \text{ hr - m}$

= \$ 261.14/hr * 505 días * 3 = \$ 395,627.10

DESPERDICIO POR REBOTE 20%... \$ 79,125.42

$\Sigma_T = \$ 474,752.52$

HERRAMIENTA = 3% = \$ 153,506.47

RESUMEN:

MATERIAL	_____	\$	7'387,384.30
	_____	\$	555,752.48
M. DE OBRA	_____	\$	5,116,882.20
EQUIPO	_____	\$	474,752.52
HERRAMIENTA	_____	\$	153,506.47

\$ 13,688,267.97

C. U. = \$ 13'688,267.97 = \$ 855.52/m

RESUMEN DE COSTOS.-

Vías Férreas.-

Material -----	\$ 8,763,600.00
M. de Obra -----	1,410,252.90
Herramienta -----	42,307.58
	<hr/>
	\$10,216,160.48

Red de Alumbrado.-

Material -----	\$ 1,651,628.60
M. de Obra -----	1,502,728.50
Herramienta -----	45,081.85
	<hr/>
	\$ 3,199,438.95

Red Telefónica.-

Material -----	\$ 598,144.00
Equipo -----	634,725.52
M. de Obra.- (considerado en Costos Indirectos)	-----
Herramienta -----	36,986.08
	<hr/>
	\$ 1,269,855.60

Línea de Agua para Barrenación y Otros.-

Material -----	\$ 1,201,194.76
M. de Obra -----	1,456,490.70
Herramienta -----	43,694.72
	<hr/>
	\$ 2,701,380.18

EQUIPO DE ACARREO CON LOCOMOTORA Y VAGONETAS.-

Material -----(ya fué considerado el costo)

M. de Obra --	\$ 216.76/m x 16000 m	=	\$ 3,468,160.00
Herramienta -	\$ 3,468,160 x 3%	=	104,044.80
Equipo	450.61/hr.	=	<u>21,238,995.00</u>

Costo Directo \$ 1,550.70/m x 16000 m = \$24,811,200.00

Costo de Rezagadora

\$ 869,75/m x 16000 m = \$13,916,000.00

\$38,727,200.00

EQUIPO DE VENTILACION

Ventiladores:

Costo total de equipo -----	\$ 6,810,804.00
Consumo de energía -----	1,574,260.00
Costo de tubería -----	11,002,025.00
	<u>\$19,387,089.00</u>

EQUIPO DE BARRENACION Y ACCESORIOS

Material -----	\$ 5,606,071.94
" -----	157,423.90
Jumbo y Compresor -----	2,822,626.80
Mano de Obra -----	716,685.90
Herramienta -----	21,500.60
	<u>\$ 9,324,309.14</u>

EXPLOSIVOS

Material -----	\$ 4,188,025.60
Mano de Obra -----	508,615.80
Herramienta -----	21,269.40
	<u>\$ 4,717,910.80</u>

EQUIPO DE BOMBEO

(BOMBEO HORIZONTAL)

COSTO DE BOMBAS

P.E. L#1.

P.E., L#1, L#2, L#3, con sus respectivos frentes:

Costo total -----	\$ 1,284,720.00
Consumo de energía -----	596,312.08
Mano de Obra -----	5,586,018.00
Herramienta -----	167,580.54

L#1 - L#2

Costo de Bombeo -----	\$ 35,564,928.00
Consumo de energía -----	3,849,932.60

L#2 - L#3

Costo Bombeo -----	\$24,465,432.00
Consumo de energía -----	2,946,227.60

(BOMBEO VERTICAL)

L#1 Costo Bombeo -----	\$21,761,784.00
L#2 Costo Bombeo -----	17,409,427.00
L#3 Costo Bombeo -----	17,409,427.00
Consumo energía -----	18,180,911.00

\$ 1.492227 x 10⁸

\$149,222701.92

CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA PARA EXCAVACION

Costo Total -----	\$ 353,404.35
Costo de energía eléctrica para usos diver-- sos -----	15,563,707.30
	<hr/>
	\$15,917,111.65

REZAGA DE MATERIAL AL EXTERIOR. (POR LUMBRERAS)

Equipo -----	\$ 1,635,200.00
Mano de Obra -----	4,210,791.00
Herramienta -----	8,760.00
	<hr/>
	\$ 5,927,751.00
	+ 5% Mantenimiento de Lumberas
	= \$ 6,138,290.60

Ademe con marcos metálicos:	\$39,759,345.00
Ademe con concreto lanzado:	\$13,688,267.97

RESUMEN DE COSTOS		ANALCO SAN JOSE
CONCEPTO	COSTO TOTAL	
1.- Vías Férreas	\$	10'216,160.48
2.- Red de Alumbrado		3'199,438.95
3.- Red Telefónica		1'269,855.60
4.- Línea de Agua para Barrenación y otros		2'701,380.18
5.- Equipo de acarreo con locomotoras y vagonetas.		38'727,200.00
6.- Equipo de Ventilación		19'387,089.00
7.- Equipo de Barrenación y accesorios		9'324,309.14
8.- Explosivos		4'717,910.80
9.- Equipo de Bombeo		149'222,701.92
10.- Consumo de Energía Eléctrica para excavación.		15'917,111.65
11.- Rezaga de material al exterior (Por Lumbrera)		6'138,290.60
12.- Ademe con marcos metálicos		39'759,345.00
13.- Ademe con concreto lanzado		13'688,267.97
COSTO TOTAL DEL TUNEL	\$	314'269,061.60

Costo total de la excavación del túnel
Analco - San José, con una longitud de 16,000 m.

Costo Directo \$ 314,269,061.60

Costo Unitario $\frac{\$ 314,269,061.60}{16,000} = \$ 19,641.81/m$

C. U. = 19,641.81/m.

C O S T O I N D I R E C T O .

En el análisis que a continuación se describe, se determina el costo indirecto total que involucra la construcción del TUNEL - Analco - San José.

PARA SU ANALISIS SE TOMARA EN CUENTA LO SIGUIENTE:

- N^a de personas.
- Objetos diversos ó conceptos.
- N^a de meses de permanencia en la obra.
- Costo por mes: Horario, salario, rentas, etc. x mes
- Costo total : Costo total del concepto durante la construcción.

C O N C E P T O	CANT.	No. MESES	COSTO POR MES	COSTO TOTAL	SUB-TOTALES	%
I. INDIRECTOS DE CAMPO						
1.-Personal técnico						
Gerente de Proyecto	1	33.5	50 000 00	1'675,000	1'675,000	
Superintendente Gral.	1	33.5	30 000 00	1'005,000	2'680,000	
Superintendente	6	33.5	25 000 00	5'025,000	7'705,000	
Ingeniero	12	33.5	18 000 00	7'236,000	14'941,000	
Grupo de topografía	6	33.5	18 000 00	3'618,000	18'559,000	
Suma :				18'559,000	18'559,000	19.24
2. PERSONAL ADMVO.						
Administrador Gral.	1	33.5	20 000 00	670,000	19'229,000	
Jefe de Oficina	1	33.5	14 000 00	469,000	19'698,000	
Almacenista Gral.	1	33.5	12 000 00	402,000	20'100,000	
Jefe de Personal	1	33.5	10 000 00	335,000	20'435,000	
Jefe de Compras	1	33.5	12 000 00	402,000	20'837,000	
Tomador de Tiempo	6	33.5	6 000 00	1'206,000	22'043,000	
Bodeguero	12	33.5	5 000 00	2'010,000	24'053,000	
Empleado A	5	33.5	8 000 00	1'340,000	25'393,000	
Empleado B	5	33.5	6 000 00	1'005,000	26'398,000	
Empleado C	5	33.5	5 000 00	837,500	27'235,500	
Checador de Materiales	6	33.5	5 000 00	1'005,000	28'240,500	
Polvorinero	4	33.5	5 000 00	500,000	28'740,500	
Gasolinero	4	33.5	5 000 00	670,000	29'410,500	
Suma :				10'851,500	29'410,500	11.25
3. - PERSONAL SERVICIOS GENERALES.						
Campamentero	4	33.5	4 000 00	536,000	29'946,500	
Cocinero	4	33.5	6 000 00	804,000	30'750,500	
Mozo	4	33.5	4 000 00	536,000	31'286,500	
Peón	8	33.5	4 000 00	1'072,000	32'358,500	
Suma :				2'948,000	32'358,500	3.06

C O N C E P T O	CANT.	No. MESES	COSTO POR MES	COSTO TOTAL	SUB-TOTALES	9
4.- PERSONAL DE VIGI- LANCIA.						
Jefe de vigilancia	1	33.5	6 000 00	201,000	32'559,500	
Vigilante	8	33.5	4 000 00	1'072,000	33'631,500	
S u m a :				1'273,000	33'631,500	1.32
5.- PERSONAL DE MANTENIMIENTO.						
Albañil	1	33.5	5 000 00	167,500	33'799,000	
Plomero	1	33.5	6 000 00	201,000	34'000,000	
Pintor y General	1	33.5	5 000 00	167,500	34'167,500	
S u m a :				536,000	34'167,500	0.56
6.- SERVICIOS MEDICOS						
Médico	1	33.5	13 000 00	435,000	34'603,000	
Enfermero (a)	2	33.5	6 000 00	402,000	35'005,000	
S u m a :				837,500	35'005,000	0.87
7.- INSTALACIONES						
Campamentero				200,000	35'205,000	
Oficinas				145,000	35'350,000	
Bodegas				448,000	35'798,000	
Polvorines				24,000	35'822,000	
Gasolineras				30,000	35'852,000	
Cercados				30,000	35'882,000	
Cobertizos				30,000	35'912,000	
Talleres				130,000	36'042,000	
Camino Auxiliares				250,000	36'292,000	
Campos Deportivos				30,000	36'322,000	
S u m a :				1'317,000	36'322,000	1.37
8. MOBILIARIO DE EQUIPO Y DE OFNA.				600,000	36'922,000	

C O N C E P T O	CANT.	No. MESES	COSTO POR MES	COSTO TOTAL	SUB-TOTALES	%
9.- MOBILIARIO Y						
EQUIPO CAMPAMENTO				300,000	37'222,000	
10.- TALLERES MECANICOS		33.5	120,000	4'020,000	41'242,000	
11.- TALLER CARPINTERIA		33.5	10,000	335,000	41'577,000	
12.- TALLER ELECTRICO		33.5	30,000	1'005,000	42'582,000	
13.- ENFERMERIA				300,000	42'882,000	
14.- TRANSPORTES		33.5	190,000	6'365,000	49'247,000	
15.- EQUIPOS DIVERSOS				500,000	49'747,000	
16.- CONSUMOS OFICINAS		33.5	30,000	1'005,000	50'752,000	
17.- CONSUMOS CAMPAM.		33.5	18,000	603,000	51,355,000	
18.- CONSUMOS TALLERES		33.5	20,000	670,000	52'025,000	
19.- CONSUMOS ENFERME.		33.5	15,000	502,500	52'537,500	
20.- PASAJES Y VIATICOS				120,000	52'647,500	
21.- FLETES Y MANIOBRAS				420,000	53'067,500	
22.- SERVICIOS DE						
RADIOCOMUNICACION				500,000	53'367,500	
23.- GASTOS SUPERINTEN						
DENCIA.						
+ Representación						
+ Presentes						
+ Gratificaciones						
+ Indemnizaciones						
+ Festejos						
+ Colaboraciones						
S u m a :				17'045,500	53'365,500	17,67
24.- PRIMAS						
+ Fianzas				5'807,020	59'174,520	
+ Seguros						
S u m a :				5'807,020	59'174,520	6.02

COSTOS DIRECTOS DE LOS CONCEPTOS CONTEMPLADOS EN LA EJECUCION
DE LA OBRA (RAMAL NORTE) 12 + 569.25 Km.

El análisis que a continuación se presenta constará de los resultados unicamente de: Costo horario del equipo, salario real, material y mano de obra. Esto es debido a que en el cálculo de costos directos que se obtuvieron para el túnel Analco-Sn. José, se ejemplifico y se presento la forma en que se obtienen: Costos horario, salario real y Mano de Obra por lo cual para el análisis del Ramal Norte se presentaran unicamente sus costos totales. Se presentaran los resultados en una tabla.

COSTOS.-

Definición y Consideraciones Generales.

El costo de una unidad de obra, se define como la suma de los costos parciales de c/u de los elementos que intervienen en la realización de la obra unitaria, es decir la suma de:

- COSTO DE MATERIALES
- COSTO DE MANO DE OBRA
- COSTO DE LA MAQUINARIA Y EQUIPO
- COSTOS DERIVADOS DE OTRAS PARTIDAS
NO INVOLUCRADAS, PERO QUE INCURREN
EN EL COSTO FINAL.

COSTO = COSTOS PARCIALES

Costo Horario de la Maquinaria para Construcción.-

El Costo Horario de la Maquinaria está en función de su vida, económica. La ley de obras públicas define la vida económica de la maquinaria como el tiempo en el cual la maquinaria produce trabajo en forma económica, cuando se le proporciona el mantenimiento adecuado.

COSTOS DIRECTOS. -

Ramal Norte: 0 + 000 - 12 + 569.25 Km

El Análisis que a continuación se presenta, tendrá como finalidad de mostrarnos las consideraciones y conceptos que se deben tener presentes para poder elaborar y analizar el costo directo de la excavación de un túnel. En el caso del Ramal Norte, se regirán bajo las siguientes consideraciones:

a.- Para la obtención de los costos, se hará de cuenta que todo el túnel tendrá un avance promedio general.

b.- Aún de que existan dos sistemas de rezaga como es:

b.1.- Por medio de vagonetas

b.2.- Por medio camiones de volteo ($6 M^3$)

Se analizarán los dos sistemas.

c.- La consideración principal que se tendrá será la longitud - del tendido de vía para rezagar con vagonetas y la longitud de túnel que se rezagará con camión volteo.

d.- La obtención de costos es para todo el túnel Ramal Norte -- (12,569.25 m), excepto para la obtención del costo de rezaga que se va a dividir en dos partes ya que del Km -----
0 + 000 - a 5 + 300 se rezago con vagoneta y del Km -----
5 + 300 - a 12 + 569.25 se realizó con camión volteo, las - demás actividades serán generales.

MANO DE OBRA: Excavación de Túnel

P E R S O N A L	COSTO TOTAL POR TURNO
a) <u>En el Interior</u>	
Jefes de Turno	\$ 760.00
Perforistas	335.00
Ayudantes Perforistas "A"	256.00
Operadores rezagadora	445.00
Ayudantes op. rezagadora	236.00
Operadores banda transportadora	365.00
Ayudante vagoneta "A"	256.00
Electricista "B"	335.00
Ayudante electricista	236.00
Op. Locomotora	365.00
Peones Vía	216.81
Cabo "B"	456.00
Tubero	256.00
Ayudante tubero	236.00
Compresorista	256.00
Chofer volteo "C"	274.00
Tolvero	256.00
Rielero	289.94
Reportero/telefonista	150.75
Peones	216.81
Poblador	305.20
b) <u>En el exterior</u>	
Compresorista	\$ 213.64
Maniobrista	289.94
Peones	149.63
Plantero	213.64/2 (por 2 frentes)

NOTA: Los mecánicos y sus auxiliares se consideran cubiertos por las cuotas de mantenimiento y seguro de equipo.

COSTO HORARIO

EQUIPO ACTIVO

REZAGA

COSTO HORARIO

Rezagadora EIMCO 634	\$ 310.00
Banda transportadora	122.00
Vagonetas	17.33
Locomotora	250.08
Malacate	44.00
Camión volteo 6m ³	154.54
Ventiladores	20.66
Cambio california	58.82

BARRENACION

COSTO HORARIO

Perforadoras	\$ 31.00
--------------	----------

VENTILACION

COSTO HORARIO

Ventilador Axial	\$ 15,75
------------------	----------

LINEA DE AIRE COMPRIMIDO

COSTO HORARIO

Compresor 600 PCM	\$ 341.68
-------------------	-----------

ADEME PRIMARIO

COSTO HORARIO

Lanzadora de concreto	
-----------------------	--

EQUIPO DE RESERVA

COSTO HORARIO

Rezagadora EIMCO	\$ 307.40
Vagonetas	17.33
Perforadoras	29.95
Locomotora	189.84

Vías Ferreas

COSTO:

1.- Riel	339,264 Kg x \$ 6.00/Kg	= \$2,035,584.00
2.- Clavo	37403 Pza. x \$ 4.50/pza.	= 168,313.50
3.- Planchuelas	1134 Pza. x \$110/pza.	= 124,740.00
4.- Tornillos	4537 Pza. x \$19.24/pza.	= 87,291.88
5.- Durmiente	10000 Pza. x \$150/pza.	= 1,500,000.00
6.- 2 espuela	100 mts. x \$800/m	= 160,000.00
7.- 2 Volteadores de vagonetas.	10000 Pza.	= 20,000.00
8.- 4 tolvas de alma cenamiento	4 x \$ 43,601.59/pza.	= 174,406.36
9.- 2 bases para --- tolva	\$ 20,000.00/pza.	= 40,000.00
		<hr/>
		\$4,310,335.74

COSTO DE MATERIAL POR METRO DE TUNEL:

a.- Longitud neta del túnel	5300 m
b.- Patio de entrada	500 m
c.- Patio de salida	500 m
d.- Laderos en cambios fijos	<u>200 m</u>
	6500 m

COSTO DE VIA SENCILLA (Sin mano de Obra)

$$\text{Costo Unitario} = \frac{\$ 4,310,335.74}{6500 \text{ m}} = 663.128$$

$$\text{C. U.} = \$ 663,128/\text{m.}$$

Si tenemos un avance por día de:

6.23 m/día Km 0 + 000 - 3 + 279.09
6.07 m/día Km 3 + 279.99 - 12 + 569.25

AVANCE PROMEDIO

$$(6.23 + 6.07) \text{ m/día} / 2 = 6.15 \text{ m/día}$$

Si tenemos 10 frentes:

T R A M O	LONGITUD (m)	SUBTOTAL
L#3 - Lámina	1,699.956	
Lámina-La Magdalena	3,158.279	5,299.990
La Magdalena-El Olimpico	441.765	
El Olimpico-Loma Colorada	1,670.214	
Loma Colorada-Santiago	5,599.786	7,270.00

$$6.15 \text{ m/día} \times 5 = 30.75 \text{ m/día}$$

$$\text{LONGITUD DEL TUNEL} = 5300 \text{ m}$$

$$5300 \text{ m} \times 30.75 \text{ m/día} = 172.35 \text{ días} = 173 \text{ días}$$

$$7270 \text{ m} \times 30.75 \text{ m/día} = 236 \text{ días}$$

MANO DE OBRA

SALARIO REAL:

Rielero	Ayudante
\$289.94	\$175.49

Mano de Obra = \$289.94 + 175.49 = \$465.43

Costo = 173 días x \$465.43 = \$ 80,519.39

Costo Total = \$ 80,519.39 x 5 = \$ 402,596.95

Del costo total de la Mano de Obra se considerará un 3% para la herramienta.

Herramienta = \$ 402,596.95 x 3% = \$12,077.95

RESUMEN:

Material -----	\$ 4,310,335.74
M. de Obra -----	402,596.95
Herramienta -----	12,077.95
	<u>\$ 4,725,010.64</u>

COSTO UNITARIO = $\frac{\$ 4,725,010.64}{5300 \text{ m}}$ = \$ 891.51/m

C.U. = \$ 891.51/m

RED DE ALUMBRADO 0 + 000 - 12 + 569.25

El sistema de alumbrado deberá suministrar iluminación con una intensidad suficiente con lamparas incandescentes ordinarias para que los peatones no necesiten usar lámparas de mano para poder transitar por cualquier zona del túnel con la visibilidad adecuada que demande seguridad.

Los alambres que se utilicen para conducir la corriente para el alumbrado deberán tener aislamiento apropiado para intemperie y serán de sección suficiente.

Cerca de los sitios de trabajo se aumentará la intensidad de la iluminación.

1.- LINEA DE CONDUCCION

COSTO MATERIAL: \$12,569.25 x 3 = \$37,707.75

Cable 2/0	37,707.75 m x	\$ 32.07	=	\$ 1,209,287.50
Cable # 2	13,569.25 m x	15.83	=	214,801.23
Duplex # 12	12,569.25 m x	6.30	=	79,186.28
Socket intemperie	630.00 Pza. x	8.50	=	5,355.00
Focos	2,000 Pzas. x	40.00	=	80,000.00
Caseta intalación eléctrica			=	35,000.00
Bastidores	1,000 Pzas. x	25.00	=	25,000.00
Arrancadores, Interruptores, Tableros, cinta de aislar, multímetro, etc.			=	150,000.00
Lámpara de 500 watts en los frentes			=	32,500.00
5 lámparas x 10 x \$650.00				
				\$ 1,831,130.00

2.- SUBESTACION

4 transformadores 1000 KVA	
4 x 294 000 -----	\$ 1,176,000.00
12 cuchillas fusibles	
12 x 23,387 -----	280,644.00
6 Listones fusibles	
6 x 10,000 -----	60,000.00
Herrajes y aisladores -----	30,000.00
Apartarayos autovaluares -----	60,000.00
Línea instalada por C.F.E.	
5 Km x 200,000.00 -----	1,000,000.00
Interruptor termomagnetico en boja -----	40,000.00
Planos y cálculos -----	60,000.00
	<u>\$2,706,644.00</u>

Mano de Obra

Salario Real

Electricista	Ayudante
\$ 335.00	\$ 236.00

NOTA: El tendido de cables se irá realizando conforme sean el avance de la excavación del túnel.

Si se tiene un avance de 6.15 m/día.

6.15 m/día x 10 frentes = 61.50 m/día.

Túnel = 12,570.00 m/61.50 m/día = 205 Días

Electricista = \$ 335.00 x 205 días = \$ 68,675.00

Ayudante = \$ 236.00 x 205 días = \$ 48,380.00

\$117,055.00

Costo total = \$117,055.00 x 10 = \$1,170,550.00

Herramienta.-

Se considera un 3% del costo total de Mano de Obra para la --
Herramienta.

$$\text{Costo} = \$ 1,170,550.00 \times 3\% = \underline{\$ 35,116.50}$$

RESUMEN:

Material - Línea de Conducción -----	\$ 1,831,130.00
Subestación -----	2,706,644.00
Mano de Obra -----	1,170,550.00
Herramienta -----	35,116.50
	<hr/>
	\$ 5,743,440.00

$$\text{Costo Unitario} = \frac{\$5,743,440.50}{12,570 \text{ m}} = 456.92 = \$ 457.00/\text{m}$$

RED TELEFONICA.-

- 1.- Dentro del túnel se colocarán estaciones aproximadamente a c/1000 m.
- 2.- En cada oficina de campo de cada frente se colocará una -- red telefónica.
- 3.- Comunicación exterior: Oficinas centrales México-Oficinas de Campo La Magdalena.
- 4.- Tipo de comunicación: Automática.

COSTO MATERIAL.-

a.- Alambre tipo T.W.O. calibre No. 14 35/96 m a \$4.20	=	\$168,940.80
b.- Soportes de línea 420 Pza. a \$ 100.00	=	42,000.00
c.- Postes completos de concreto de 9 m 252 Pzas a 1000=	=	252,000.00
d.- Material aislante y diversos 1 lote \$ 50,000.00	=	50,000.00
		<hr/>
		\$512,940.80
		<hr/>

EQUIPO:

1.- Aparatos telefónicos 23 Pzas.		
Reserva 5 Pzas.		
	<hr/>	
28 Pzas. a \$13,514.80	=	\$378,414.40
2.- Conmutador 30 extensiones \$,229,281.52	=	229,281.52
		<hr/>
		\$607,695.92

La cuadrilla correspondiente se cargara a los gastos por administración, el mantenimiento se lo dará gente de la misma compañía. Se considerará \$ 250,000.00 de Mano de Obra.

$$= 512,940.80 + 607,695.92 + 250,000 = \$ 1,370,636.70$$

C.U.= \$ 109.04/m.

LINEA DE AGUA PARA BARRENACION Y OTROS.

- 1.- Longitud de tubería por considerar $L = 16570$ m
- 2.- El diámetro de tubería que se utilizará para conducir el agua será $\phi = 2''$.
- 3.- Los soportes que se instalen servirán para soportar la tubería del aire comprimido.
- 4.- El agua se suministrará empleando:
 - Equipo hidrodinámicos.
 - Equipo de flotador interruptor.
 - Equipo de Acción Manual
 - Equipo de acción de gravedad.
- 5.- Las longitudes de tubería, incluyen la longitud del túnel - más la longitud de tubería de toma de agua hasta el portal de entrada de c/túnel, incluyendo desviaciones necesarias.

EQUIPO Y MATERIAL

Tanque almacenamiento	10 Pzas.	a	\$15,000.00	=	\$150,000.00
Tubería 2" ϕ	16570 m	a	35.00	=	579,950.00
Tanque presurizado	10 Pzas.	a	6,250.00	=	62,500.00
Repartidor	10 Pzas.	a	3,000.00	=	30,000.00
Válvulas	20 Pzas.	a	2,500.00	=	50,000.00
Válvulas de seccionamiento	85 Pzas.	a	699.00	=	59,415.00
Juntas coples	315 Pzas./40m	a	20.00	=	6,300.00
Soportes	2550/6.50 m		40.00	=	102,000.00
Conexiones y Mangueras 5% del costo total					\$1,040,165.00
					<u>52,008.25</u>
Suma					<u>\$1,092,173.25</u>

EQUIPO DE ACARREO CON LOCOMOTORA, VAGONETA Y CAMION DE VOLTEO

MATERIALES: (Ya se obtuvo el costo de Materiales)

\$4,310,335.74 Este costo ya fué considerado

a) Km 0 + 000 - 5 + 300 -- 173 días efectivos de trabajo

b) Km 5 + 300 -12 + 570 -- 236 días efectivos de trabajo

EQUIPO:

COSTO HORARIO	-- Locomotora	\$ 250.08
	-- Vagoneta	\$ 17.33
	-- Banda transportadora	\$ 122.00
	-- Rezagadora	\$ 310.00
	-- Camión volteo 6 M ³	\$ 154.54

a.-

a.1.- Locomotora \$ 250.08/hr x 1.48 hr. = \$ 370.12

Costo = \$ 370.12 x 173 días x 2 x 3.77 ciclos/día = \$480,001.23

a.2.- Vagoneta \$ 17.33/hr x 1.48/hr x 7 = \$ 179.60

Costo = \$179.60 x 173 días x 2 x 3.77 ciclos/día = \$232,919.65

a.3.- Banda Transportadora \$ 122.00/hr x 1.48 hr. = \$ 180.60

Costo = \$180.60 x 173 días x 2 x 3.77 ciclos/día = \$234,216.53

a.4.- Rezagadora \$310/hr. x 1.48 hr. = \$ 459.00

Costo = \$459.00 x 173 días x 2 x 3.77 ciclos/día = \$595,267.92

b.-

b.1.- Rezagadora \$ 310.00/hr. x 2.07 hr. = \$641.70

Costo = \$641.70 x 236 días x 2 x 3.45 ciclo/día = \$1,049,372.00

b.2.- Banda Transportadora \$122.00/hr x 2.07/hr = \$252.54

Costo = \$252.54 x 236 días x 2 x 3.45 ciclos/día = \$412,978.66

b.3.- Camión Volteo

b.3.-

Se utilizará: Cargador de 0.60 M³
Ciclo de carga = 25.2 seg. (De tabla)
 $6.00 \text{ M}^3 / 0.60 \text{ M}^3 = 10 \text{ ciclos}$

Tiempo total de llenado será = 25.2 seg x 10 ciclos = 252 seg.
Si tenemos una eficiencia horaria = 45 min/hr.
 $45 \text{ min/hr} / 60 = 0.75 = 75\%$

$252 \text{ seg} / 75\% = 336 \text{ seg.} = 5.6 \text{ min para cargar el camión}$

Ciclo del camión:	- Tiempo de carga -----	5.6 min
	- Acomodo y vuelta -----	2.0 min
	- Descarga -----	1.0 min
	- Recorrido -----	3.0 min
		<hr/>
	S U M A	11.6 min.

$\text{Recorrido} = 1 \text{ hr} \times 60 \text{ min/hr} / 20 \text{ Km/hr} = 3$

Camiones necesarios $\frac{11.60 \text{ min} \times 60 \text{ seg.}}{336 \text{ seg.}} = 2.07 \text{ camiones}$

Si consideramos una eficiencia de 65%
 $2.07 / 65\% = 4 \text{ camiones}$

Camión = \$ 154.54 x 2.07 hr = \$ 319.89

Costo = \$ 319.89 x 236 días x 2 x 3.45 ciclos/día = \$ 1,042,260.20

MANO DE OBRA

Salario Real

Operador Locomotora	\$ 365.00	Ayudante \$ 256.00
Operador Banda Transportadora	365.00	
Operador Rezagadora	445.00	Ayudante \$ 236.00
Operador camión	274.00	

Km 0 + 000 - 5 + 300 y Km 5 + 300 - 12 + 570

Suma de Mano de Obra = \$ 1,667.00

\$ 1,667.00 x 173 días x 5 frentes = \$ 1,433,620.00

\$ 1,320.00 x 536 días x 5 frentes = \$ 1,564,200.00

SUMA \$ 2,997,820.00

Consideraremos el 3% de Mano de Obra para la Herramienta

SUMA = \$ 89,934.60

RESUMEN:

EQUIPO -----	\$ 4,051,016.20
MANO DE OBRA -----	\$ 5,997,820.00
HERRAMIENTA -----	89,934.60
SUMA	<u>\$ 7,138,770.80</u>

COSTO UNITARIO \$ 7,138,770.80 = \$ 567.92/m.
12,570 m túnel.

C.U. = \$ 567.92/m.

VENTILACION

Ventilación.- Es la cantidad de aire puro necesario que se debe suministrar en un frente de trabajo en este caso el túnel.

- + Demanda de aire por persona 50 P.C.M.
- + Demanda de aire para motores de combustión interna 50 P.C.M./HP.

1.- Por frente de portal: 30 personas x 50 P.C.M. = 1500 P.C.M.
2 locomotoras x 60 HP x 50 P.C.M. = 6000 P.C.M.
SUMA = 7500 P.C.M.

Se considerará 50 P.C.M. por camión, si son 4 ---- = 200 P.C.M.
1 cargador de 60 HP x 50 P.C.M./HP ----- = 300 P.C.M.
SUMA = 8000 P.C.M.

Pérdida 10% ----- = 800 P.C.M.
SUMA = 8800 P.C.M.

El análisis que a continuación se llevará a cabo, se bajara en las siguientes formulas que fueron utilizadas en el túnel Analco San José.

$$D = \sqrt{\frac{0.0017 Q^2 L}{\eta}}$$

$$D = \sqrt{\frac{0.0017 (8800)^2 \times 150}{2.15 Wg.}} = 24.695 \text{ in} = 62.725 \text{ cm.}$$

Dejaremos un diámetro comercial = 30 in = 76.2 cm.

El diámetro que se esta proponiendo es suficiente para abastecer de aire en c/u de los frentes del túnel.

COSTO DE TUBERIA.-

Longitud horizontal : 12570 m.

Ducto lona: Costo = 12570 m x \$ 145.00/m = \$ 1,822,650.00

Ducto Rígido: Costo = 60 m x 10 x \$ 400.00/m = \$ 240,000.00

Juntas = $\frac{12570 \text{ m}}{9 \text{ m sep.}}$ = 1397 Pzas. a \$ 337.00 = \$ 470,789.00

Anclas = $\frac{12570 \text{ m}}{3 \text{ m sep.}}$ = 4190 Pzas. a \$ 100.00 = \$ 419,000.00

SUMA = \$ 2,952,439.00

Ventiladores : Km 1 + 699.956

Obtención del No. de ventiladores necesarios.

$$\text{Fórmula : Hp (potencia) = } \frac{Q \times H}{6350 \times \eta}$$

DONDE:

H = Carga total en pulgadas de agua wg

Q = Gasto de aire en P.C.M.

η = Eficiencia

H = 4.46 Wg (CTTE) (Cálculo realizado en el túnel Analco-Sn. José)

Q = 8800 P.C.M. pero consideraremos 9000 P.C.M.

$$\text{Potencia} = \frac{9000 \text{ PCM} \times 4.46 \text{ wg}}{6350 \times 80\%} = 7.90 \text{ Hp} = 8.0 \text{ Hp}$$

Unidades necesarias:

$$\frac{1699.956 \text{ m}}{600 \text{ m}} = 2.83 \text{ unidades} = 3 \text{ unidades}$$

Reserva ----- $\frac{1}{4}$ unidad
4 unidades

Consumo de energía.-

$$(c) \text{ Consumo} = \frac{x}{2} u \times \text{bHp} \times \text{Kw} \times \text{días háb.} \times \text{hr/día} = \text{--- Kw hr}$$

$$(c) \text{ Costo} = \frac{x}{2} u \times \text{días háb.} \times \text{hr/días} \times \text{\$/m} = \text{\$}$$

$$C = \frac{4}{2} \times 7.9 \text{ bHp} \times 0.746 \text{ Kw} \times 173 \text{ días háb.} \times 24 \text{ hr/día} \times \$0.65 =$$

$$C = \$ 31,810.22$$

$$c = \frac{4}{2} \times 173 \text{ días háb.} \times 24 \text{ hr/día} \times \$ 15.75 = \$ 130,788.00$$

Km 3 + 158.279

DATOS:

Potencia = 8.0 Hp.

Unidades necesarias = $3158.279 \text{ m} = 6.26 = 7 \text{ unidades}$

Reserva ----- = 1 unidad
Consumo de energía 8 unidades

$C = \frac{8}{2} \text{ u} \times 8.0 \text{ bHp} \times 0.746 \text{ Kw} \times 173 \text{ días háb.} \times 24 \text{ hrs/día} \times \0.65

$\$ 0.65 \text{ Kw. hr.} = C = \$ 64,425.75$

$c = \frac{8}{2} \text{ u.} \times 173 \text{ días háb.} \times 24 \text{ hr/día} \times \$15.75 = \$ 261,576.00$

Km 0 + 441.765

Potencia = 8.0 Hp

Unidades necesarias = $\frac{441.765}{600} = 1 \text{ unidad}$

Reserva ----- 1 unidad
2 unidades

$C = 1 \text{ u.} \times 8 \text{ bHp} \times 0.746 \text{ Kw} \times 1.73 \text{ días háb.} \times 24 \text{ hr/día} \times$
 $\$ 0.65 \text{ Kw hr} = C = \$16,106.44$

$C = 1 \text{ u.} \times 173 \text{ días háb.} \times 24 \text{ hr./día} \times \$ 15.75 = \$ 65,394.00$

Km 1 + 670.214

Potencia = 8 Hp.

$$\text{Unidades necesarias} = \frac{1670.214 \text{ M}}{600 \text{ M}} = 2.79 \text{ unidades} = 3 \text{ unidades}$$

$$\text{Reserva} \text{ -----} = \frac{1 \text{ unidad}}{4 \text{ unidades}}$$

$$C = 2 \text{ u.} \times 8 \text{ bHp} \times 0.746 \text{ Kw} \times 237 \text{ días háb.} \times 24 \text{ hr/días} \times \\ \$ 0.65 \text{ Kw hr} = \$ 44,129.78$$

$$C = 2 \text{ u.} \times 237 \text{ días háb.} \times 24 \text{ hr/días} \times \$ 15.75 = \$ 179,172.00$$

Km 5 + 599.786

Potencia = 8 Hp.

$$\text{Unidades necesarias} = \frac{5599.786}{600 \text{ m}} = 9.33 \text{ unidades} \times 10 \text{ unidades}$$

$$\frac{1 \text{ unidad}}{11 \text{ unidades}}$$

$$C = 5.5 \text{ u.} \times 8 \text{ bHp} \times 0.746 \text{ Kw} \times 236 \text{ días háb.} \times 24 \text{ hr/día} \times \\ \$ 0.65 \text{ Kw hr} = C = \$ 121,356.89$$

$$C = 5.5 \text{ u.} \times 236 \text{ días háb.} \times 24 \text{ hr/día} \times \$ 15.75 = \$ 492,723.00$$

AIRE COMPRIMIDO:

El análisis que se presenta a continuación será igual al del túnel Analco-Sn. José excepto con algunas variables que se ---iran presentando, conforme se haga necesario.

La fórmula para calcular la pérdida de presión en una tubería ó línea de conducción de aire comprimido es la siguiente:

$$f = \frac{CL Q^2}{r d^{5.31}} \quad (\text{Está fórmula se obtuvo del manual de precios unitarios de la S.A.R.H. pag. 10-23 tabla 20-24})$$

De la fórmula anterior despejaremos "d" para determinar el diámetro necesario para conducir el aire comprimido se considerará un Q = 1200 P.C.M.

L # 3 - Lámina - Km 1 + 699.956

DATOS:

L = 1699,956 m = 5577.28 ft.

r = 14.61

f = 20 PSI (tabla 10-24)

Q = 1200 P.C.M. = 20 PCS

PCM = Pies cúbicos minuto

PCS = Pies cúbicos segundo

PSi = Lb/in²

$$d = \sqrt[5]{\frac{0.1025 \times 5577.28 \text{ ft} \times 20^2 \text{ PCS}}{20 \text{ PSI} \times 14.61}} = 3.50 \text{ in} = 4 \text{ in (comercial)}$$

LA MINA - LA MAGDALENA 3 + 158.279 Km

DATOS:

L = 3158.279 m = 10,361.81 ft.

r = 14.61

f = 35 PSI (tabla 10-24)

Q = 1200 PCM = 20 PCS

$$d = 3.55 \text{ in} = 4 \text{ in (comercial)}$$

LA MAGDALENA - EL OLIMPICO 0 + 441.765 Km

DATOS:

$$L = 441.765 \text{ m} = 1449.36 \text{ ft.}$$

$$r = 14.61$$

$$f = 2 \text{ PSi (tabla 10-24)}$$

$$Q = 1200 \text{ PCM} = 20 \text{ PCS}$$

$$d = 4.19 \text{ in} = 6 \text{ in (comercial)}$$

EL OLIMPICO - LOMA COLORADA 1 + 670.214 Km

DATOS:

$$L = 670.214 = 5479.70 \text{ ft.}$$

$$r = 14.61$$

$$f = 19 \text{ PSi}$$

$$Q = 1200 \text{ PCM} = 20 \text{ PCS}$$

$$d = 3.495 \text{ in} = 4 \text{ in (comercial)}$$

LOMA COLORADA - SANTIAGO 5 + 599.786 Km

DATOS:

$$L = 599.79 = 18372 \text{ ft.}$$

$$r = 14.61$$

$$ft = 60 \text{ PSi}$$

$$Q = 1200 \text{ PCM} = 20 \text{ PCS}$$

$$d = 3.57 \text{ in} = 4 \text{ in (comercial)}$$

B.- Compresores:

Se utilizan 2 perforadoras por frente más 2 extras.

El consumo de las perforadoras es de $300 \text{ ft}^3/\text{min.}$ a una presión de 100 PSI ($1\text{b}/\text{in}^2$).

Del tomo III del manual de precios unitarios de la S.A.R.H. se obtuvieron los factores correspondientes para poder determinar el consumo total de aire comprimido.

1.- Factor de Corrección por Presión de Trabajo.

$$K = 1.20$$

2.- Factor de corrección por uso

$$K = 1.05$$

3.- Factor de diversidad ó de capacidad tabla 10-12 pag. 10-39 Tomo III Precios Unitarios de la S.A.R.H.

$$K = 0.95$$

Se considero un 80% de utilización: En trabajos de barrenación ejecutadas en túneles empleando perforadoras equipadas con dispositivos de avance del tipo de pierna.

4.- Factor de Fugas de Aire

$$K = 1.10$$

Según criterios de la SARH considera los siguientes factores para trabajos en frentes reducidos; excavaciones en bancos - $K = 1.05$ y de $K = 1.10$ para largas líneas de conducción como en el caso de excavación de túneles y lumbreras.

$$\text{Consumo total} = 1300 \text{ PCM} \times 4 \times 1.20 \times 1.05 \times 0.95 \times 1.10 =$$

$$\text{Consumo total} = 1580.04 \text{ PCM.}$$

Según análisis se requieren 3 compresores de 600 PCM; del gasto que nos sobra podemos cubrir las pérdidas por equipos auxiliares con lo cual se cubre toda pérdida que se tenga en la conducción del aire comprimido de los compresores al lugar de trabajo.

COSTO DE TUBERIA Y ACCESORIOS:

Materiales

Tubo de acero CED. 40 de 4" \varnothing = 12128.235 m x \$ 365.72 =
6" \varnothing = 441.765 m x \$ 683.18 =

12128.235 m x \$365.72/m = \$ 4,435,538.10

441.765 m x \$683.18/m = \$ 301,805.01

Juntas vitaulic de 4" \varnothing $\frac{12128.235}{6m \text{ sep.}}$ = 2021.37 = 2022 Pzas.

2022 Pzas. x \$ 147.34 = \$ 297,921.48

Juntas vitaulic de 6" \varnothing $\frac{441.765}{6m \text{ sep.}}$ = 74 Pzas.

74 Pzas. a \$ 212.82 = \$ 15,748.68

Válvula de seccionamiento 4" \varnothing $\frac{12128.235}{1000 \text{ m sep.}}$ = 12 Pzas.

12 Pzas. \$ 1000 = \$ 12,000.00

Piezas especiales para tubería de 4" \varnothing
1 lote \$ 20,000.00
6" \varnothing 1 lote \$ 50,000.00

Soportería para tubería \$ 20,000.00

Σ \$ 5,153,013.30

C.- Barrenas 7/8" x 0.80 m exagonal intergral

1 Pza. \$ 1,910.00 x 2 x 10 = \$ 38,200.00

Barrenas 7/8" x 1.60 m exagonal integral

1 Pza. \$ 2,090 x 2 x 10 = \$ 41,800.00

Barrenas 7/8" x 2.40 m exagonal integral

1 Pza. \$ 2,430.00 x 2 x 10 = \$ 48,600.00

Barrenas 7/8" x 3.70 m exagonal integral

1 Pza. \$ 2,780.00 x 2 x 10 = \$ 55,600.00

\$184,200.00

Broca 2" en acero 1 1/4" 7733-1051 - XX - Pza. \$2,033.81

\$ 2,033.81 x 2 x 10 = \$40,676.20

Broca 2 1/2" en acero 1 1/4" 7733 - 1051 - Pza. \$ 2,553.81

\$ 2,553.81 x 2 x 10 = \$51,076.20

\$91,752.40

Manguera 3/4" para aire T No. L = 50' = 15.24 m

15.24 m x \$108.92/m x 10 = \$ 16,599.408

Manguera 1/2" para aire L = 15.24 m

15.24 m x \$ 81.58/m x 10 = \$ 12,432.792

Manguera 1" para aire L = 15.24 m

15.24 m x \$ 153.67/m x 10 = \$23,419.308

Manguera 1 1/4" para aire L = 15.24 m

15.24 m x \$ 232.52 x 10 = \$ 35,436.048

\$ 87,887.556

Σ + \$ 363,839.96

Generalmente en las operaciones de construcción conviene emplear manguera del tipo 50 ó similar para el abastecimiento de pisto-- las y otras herramientas manuales ligeras, siempre y cuando no - queden sometidas a un severo uso; la manguera del tipo 88 convie ne emplearla en trabajos pesados como para perforadoras montadas sobre ruedas ó orugas en excavaciones en bancos ó túneles con em pleo de explosivos.

D.- EQUIPO:

Compresores -----	\$ 341.68 x 3 =	\$ 1,025.04
Perforadoras -----	\$ 31.00 x 4 =	124.00
		<u>\$ 1,149.04</u>

Si tenemos 10 frentes:

Km 0 + 000 - 5 + 300

5 x \$ 1,149.04 x 173 días = \$ 993,919.60

Km 5 + 300 - 12 + 570

5 x \$ 1,149.04 x 236 días = \$ 1,355,867.20

\$ 2,349,786.80

E.- MANO DE OBRA:

COSTO POR TURNO

1 Perforista -----	\$ 335.00
2 Ayudantes -----	256.00
1 Tubero -----	256.00
1 Ayudante -----	236.00
1 Compresorista -----	256.00
	<u>\$ 1,339.00</u>

Si son: 5 frentes x 173 días x 1,339.00 = \$ 1,158,235.00

5 frentes x 236 días x 1,339.00 = \$ 1,580,020.00

\$ 2,738,255.00

Costo de Herramienta:

\$ 2,738,255.00 x 3% = \$ 82,147.65

RESUMEN:

Material -----	\$ 5,153,013.30
" -----	363,839.96
Equipo -----	2,349,786.80
Mano de Obra -----	2,738,255.00
Herramienta -----	82,147.65
	<hr/>
	\$10,687,043.71

C.U. = \$ 10,687,043.71 = \$ 850.20/m
12570

EXPLOSIVOS

El análisis de explosivos que se presente es para todo el túnel del ramal norte del Km. 0 + 000 - 12 + 570

Costo de Material:

a.- Barrenos de 1" Ø y 240 m. de profundidad media.

52 pzas.

Gelamex 1 y 2

Gelatina extra 60% y 75%

Estopín de retardo acudet mark V

Estopines eléctricos

Explosor

a.1.- Dinamita Gelatina 40% \$ 394.00 la caja de 25 kg.

a.2.- Dinamita Gelatina extra 60% \$ 712.00 la caja de 25 kg.

a.3.- Agente explosivo Mexamon \$ 138.00 la caja de 25 kg.

a.4.- Agente explosivo Anfomex \$ 202.50 el saco de 25 kg.

a.5.- Fulminante # 6

pza. = 1.335 (Por millar \$ 1,335.00)

a.6.1.	Estopín eléctrico	2 mts.	alambre de cobre	x 100	\$ 1,058.00
a.6.2.	"	"	3 mts.	" " " "	1,231.00
a.6.3.	"	"	5 mts.	" " " "	1,563.00
a.6.4.	"	"	6 mts.	" " " "	1,733.00
a.6.5.	"	"	7 mts.	" " " "	1,905.00

a.7. Mecha para minas con vela blanca pzas. = \$ 16.26/m.

a.8. Primacord pzas. = \$ 19.87/m.

a.9. Guía de disparo (alambre T.N. # 20) pzas. = \$ 0.81

MANO DE OBRA

Salario Real

1 poblador	\$ 305.20
4 ayudantes	216.81
	<hr/>
S u m a	\$ 522.01

Análisis de Explosivos

NOTA: El análisis se basa en el MANUAL SOBRE EL CALCULO DE PRECIOS UNITARIOS DE TRABAJOS DE CONSTRUCCION DE LA S.A.R.H. VOL. IV.

- 1.- El túnel Ramal Norte es del caso # 2, tiene un Area = 17.60 M^2
- 2.- Avance Máximo que se tiene = 3.10 mts. (Tabla 14-7 pag. 14-20 Vol. IV M.P.U. S.A.R.H.)
3.70 mts. de Barrenación/ M^3 de Roca
Número de barrenos por tronada: 52 barrenos (Tabla 14-10, pag. 14-25 Vol. IV S.A.R.H.)

NOTA: Los barrenos que consideramos son los de 3.20 M esencialmente ya que los de 0.80 M y 1.60 M serán para trabajos secundarios como son anclajes, moneos y otros.

4.- Relación para determinar la Cantidad de Explosivos.

$$\text{Relación} = \frac{\text{Kg. de explosivos}}{\text{Vol. de Roca}} = \text{Pag. 14-26 Tabla 14.11} \\ \text{Vol. IV S.A.R.H.}$$

$$R = 2.23 \text{ Kg/M}^3$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times 2.54^2}{4} = 5.06 \text{ cm}^2$$

$$V = 5.06 \times 240 = 1214.40 \text{ cm}^3$$

$$V = 0.001214.40 \text{ M}^3$$

$$V = 0.00121440 \times 52 = 0.0631 \text{ M}^3$$

$$3.10 \text{ m} \times 17.60 \text{ m}^2 = 54.56 \text{ m}^3$$

$$54.56 \text{ m}^3 \times 2.23 \text{ Kg/m}^3 = 121.67 \text{ Kg}$$

$$\text{Kg/barreno} = \frac{121.67 \text{ Kg/}}{52} = 2.34 \text{ Kg/barrenos}$$

Si tenemos 52 barrenos:

$$52 \text{ barrenos} \times 2.34 \text{ Kg/barreno} = 121.68 \text{ Kg.}$$

$$121.68 \text{ Kg} \times 3.0 = 365.04 \text{ Kg}$$

Gelatina extra 60%

$$365.04 \text{ Kg} \times \$ 30/\text{Kg} = \$ 10,951.2$$

$$173 \times \$ 10,951.2/\text{días} = \$1,894,557.60$$

$$236 \times \$ 10,951.2/\text{días} = \$2,584,483.20$$

$$\underline{\$4,489,992.00}$$

ESTOPINES

52 x 3 x 173 = 26,988

52 x 3 x 236 = 36,816

63,804 Estopines

Se utilizaran de 3 m alambre d cobre x 100 m = \$ 1,231.00

se necesitan 468 m

\$ 1,231 x 5 x 173 = \$ 1,064,815.00

\$ 1,231 x 5 x 236 = \$ 1,452,580.00

\$ 2,517,395.00

Alambre conductor

Se utilizará alambre de cobre simple calibre T.W. # 20

Se utilizará 300 mt. x \$ 1.97/m = \$591.00

\$ 591 x 3 x 173 = \$ 306,729.00

\$ 591 x 3 x 236 = \$ 418,428.00

Suma \$ 725,157.00

Resumen Material

Explosivos ----- \$ 4,489,992.80

Estopines y Alambre de conexión ----- 2,517,395.00

Alambre conductor ----- 725,157.00

Suma \$ 7,732,544.80

RESUMEN:

Material ----- \$ 7,732,544.80

Mano de Obra ----- 427,004.18

Herramienta ----- 12,810.13

Suma \$ 8,172,359.11

C.U. = \$ 8,172,359.11 = \$ 650.15/m

12570 m túnel

CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA PARA EXCAVACION

E = Energía

Fórmula:

$$E = \frac{(\text{No. de lámparas} \times \text{Kw/lámpara} \times \text{día exc.} \times \text{hr/día} + \text{longitud del tramo} - \text{longitud lámparas potentes} \times \text{Kw/lámpara débil} \times \text{día exc.} \times \text{hr/día}) \times 1.3 \text{ pérdidas} = \text{Kw-hr}}{\text{Separación entre lámparas} \times 2}$$

(Km 0 + 000 - 5 + 300; (173 días)

$$E = (4 \text{ Pza.} \times 0.5 \text{ Kw} \times 173 \text{ días} \times 24 \text{ hr} \times \frac{5300 - 100 \text{ m}}{200 \text{ m} \times 2} \times 0.5 \text{ Kw} \times 173 \text{ días} \times 24 \text{ Hr/día}) \times 1.3 = 22445920 \text{ Kw-hr}$$

$$E = 22445920 \text{ Kw-hr}$$

Km 5 + 300 - 12 + 570; 293 días.

$$E_2 = (4 \text{ Pza.} \times 0.5 \text{ Kw} \times 236 \text{ días} \times 24 \text{ hr} + \frac{7270 - 100 \text{ m}}{200 \times 2} \times 0.5 \text{ Kw} \times 236 \text{ días} \times 24 \text{ hr/día}) \times 1.30 = 41,771,157.00 \text{ Kw-hr}$$

$$E_2 = 41,771,157.00 \text{ Kw-hr}$$

$$E_2 = E_1 + E_2 = (22445920 + 41771157.00) \text{ Kw-hr} = 64,217,077 \text{ Kw-hr}$$

$$\text{Costo} = 64,217,077 \text{ Kw-hr} \times \$0.65/\text{Kw-hr} = \$ 41,741,100.00$$

$$\text{C. U.} = \frac{\$ 41,741,100.00}{12570 \text{ m túnel}} = \$ 3,320.69/\text{m}$$

$$\text{C.U.} = \$ 3,320.69/\text{m}$$

ADEME CON MARCOS METALICOS

Material

1.- Marcos de Acero -----	1 Pza.	a \$ 6,258.55
2.- Separadores -----	13 Pzas.	a 36.20
3.- Madera para retaque 200 p.t. -----		8.00/pt.
		\$ 6,258.55/pza.
		420.60/pza.
		1,600.00/pza.
		<hr/>
		\$ 8,279.15/pza.

Se consideraron 1600 pzas. totales en todo el Ramal Norte
12 + 570 Km

Costo = 1600 Pza x \$ 8,279.15/pza. = \$ 13,246,640.00

La separación de marcos máxima y mínima 1.00 y 0.50 m

PESO DEL MARCO:

Perfil IPR 6" x 4" 10 m x 23.8 Kg/m. = 238 Kg.
Placa de 1/2" 0.20 x 20 m 4 Pza. x 0.04 M² x 99.59 Kg/M² = 15.9 Kg.
Separadores 3/4" 8 Pza. x 1.15 m x 2.25 Kg/m = 20.7 Kg.
Tornillos 1" x 3" = 1.4 Kg.

277.00 Kg.

MANO DE OBRA

a) Si su empresa acostumbra ejecutar esta operación con el personal de excavación ó con parte de el, cargue unicamente el su--pernumerario.

1 turno = \$ 5,066.22/jornal.

FABRICACION

a) 1 Jefe de turno (soldador "A") -----	\$ 533.00
2 Soldadores "B" \$ 365.00 -----	\$ 730.00
3 Ayudantes \$ 236.00 -----	\$ 708.00
	<hr/>
	\$ 1,971.00

b) Cuadrilla adicional

1 Soldador "B" -----	\$ 368.00
1 Ayudante "A" -----	256.00
	<hr/>
	\$ 624.00

c) Habilitado de Madera

1 Carpintero -----	\$ 305.00
1 Ayudante "B" -----	256.00
	<hr/>
	\$ 561.00

Mano de Obra = \$ 3,133.00

Si tomamos el costo de mano de obra de \$ 5,066.22/jornal tendremos un rendimiento de 4 pzas. por turno.

Para poder elaborar el costo de la colocación de Marcos Metálicos debido a que fue una actividad que solo en lugares específicos y en caso necesario se tuvo que llevar a cabo; lo más recomendable es que se utilice la mano de obra de otra cuadrilla, ya que no se hace necesario que sea una cuadrilla que se dedique única y exclusivamente a realizar esta actividad.

Costo = $\frac{\$ 5,066.22}{4 \text{ pzas.}} = \$ 1,266.55/\text{pza.}$

Si se colocaron 1600 pzas.

1600 pzas. x 1266.55/pzas. = \$ 2,026,480.00

EQUIPO Y HERRAMIENTA

1 Roladora de Marcos. Hecha en el sitio de las obras.

\$ 150 000

2 Soldadoras 300 amps. \$ 18.00/Hr.

1 Malacate \$ 73.22/Hr.

1 Camioneta 3 ton.

Diesel. \$ 74.23/Hr.

1 Sierra Circular 5 Hp \$ 13.08/Hr.

\$196.53/Hr.

Costo Jornal = \$ 196.53/Hr 8 hr. = \$ 1572.24

Si tenemos un rendimiento de 4 piezas

Costo = $\frac{\$ 1572.24}{4} = 393.06/\text{pza.}$

Costo = 1600 pzas. \$ 393.06/pza. = \$ 628,896.00

RESUMEN :

Marcos Metálicos -----	\$ 13'246,640.00
M. de Obra -----	\$ 2'026,480.00
Equipo y Herramienta -----	\$ 628,896.00
	<hr/>
	\$ 16'052,016.00

Costo Total = \$ 16'052,016.00

C.U. = $\frac{16'052,016.00}{12570} = \$ 1277.01 /m$

C.U. = $\frac{16'052,016.00}{1600 \text{ pzas}} = \$ 10,032.51/\text{pza.}$

ADEME CON CONCRETO LANZADO :

El ademe, se puede mencionar que no fué muy necesario en la mayor longitud del túnel debido a que la estabilidad del terreno hacia que se sostuviera por si solo, pero para evitar la intemperización del terreno y tuviera mayor resistencia se hizo un ademe primario.

NOTA :

En este trabajo no se realiza el cálculo del revestimiento del túnel.

A.- Material

Cemento -----	350 Kg/M ³ -----	a \$ 0.12 kg =	42.00/M ³
Grava -----	0.80 M ³ /M ³ -----	a \$ 400/M ³ =	\$320.00/M ³
Arena -----	0.40 M ³ /M ³ -----	a \$ 355/M ³ =	\$ 142.00/M ³
Aditivo -----	1.00 Lt/M ³ -----	a \$ 13.15/Lt =	13.15/M ³
			517.15/M ³
Más desperdicios 20% -----		\$	103.43/M ³
			620.58/M ³

1. Manguera de alta presión 2"Ø x 50' (15.24 m) para aire comprimido

$$\frac{\$ 3000.00/\text{tramo } 5 \text{ tramos}}{200 \text{ m}^3 \text{ duración}} = \$ 200/\text{M}^3$$

2. Conexión de 2"Ø para aire comprimido

$$\frac{\$ 1800 \times 5 \text{ pzas}}{500 \text{ m}^3 \text{ duración}} = \$ 18.00/\text{M}^3$$

3. Manguera de 3/4" para agua

$$\frac{\$ 3348.00/\text{tramo } 5 \text{ tramos}}{150 \text{ M}^3 \text{ duración}} = \$ 111.60/\text{M}^3$$

4. Manguera de 2" Ø para conducción de sólidos.

$$\frac{\$ 11500/\text{tramo } 5 \text{ tramos}}{100 \text{ M}^3 \text{ duración}} = \$ 575.0 /\text{M}^3$$

5. Boquillas de lanzadora			
<u>\$ 25000.00</u>	=	\$	50.00/M3
50 M3			
6. Discos de hule			
<u>\$ 4250.00/pza</u>	<u>5 pzas.</u>	=	\$ 425.0/M3
50 M3			
	SUMA	\$	1379.60/M3
7. Otros accesorios. 25% de la suma anterior.		\$	344.90/M3
	SUMA		1724.50/M3

$$0.713 \text{ M}^3 \times \$ 1724.5/\text{M}^3 \times 173 \text{ dias} = \$ 212.715.55$$

$$0.713 \text{ M}^3 \times \$ 1724.5/\text{M}^3 \times 236 \text{ dias} = \$ 290,178.17$$

$$0.713 \text{ M}^3 \times \$ 620.50/\text{M}^3 \times 12570 = \$ 5'561,175.4$$

VOLUMEN DE CONCRETO

$$\text{Perimetro} = P$$

$$P = \pi \cdot r = 3.14 \times 1.95 = 6.126 \text{ m.}$$

$$Pt = 6.126$$

$$d = 3.20 \text{ m}$$

$$r = 1.95 \text{ m}$$

$$V = 6.13 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 0.10 \text{ m} = 0.613 \text{ M}^3$$

$$Vt = 0.613 \text{ m}^3 + 15\% \text{ desperdicio} =$$

$$Vt = 0.613 \text{ m}^3 + 0.10 = 0.713 \text{ M}^3$$

$$Vt = 0.713 \text{ M}^3$$

$$\text{Costo} = \$ 620.58/\text{M}^3$$

$$L = 125 \text{ 70 mts.}$$

$$\text{Costo} = 0.713 \text{ M}^3 \times \$ 620.58/\text{M}^3 \times 125 \text{ 70 mts} = \$ 5'561,892.40$$

Mano de Obra

$$1 \text{ Turno } \$ 5066.22/\text{Jornal}$$

$$\text{Costo hora} = \frac{\$ 5066.22/\text{Jornal}}{10 \text{ Hr.}} = \$ 506.62/\text{Hr.}$$

Rendimiento = 0.296 M³/Hr.

$$\text{Costo} = \frac{\$ 506.62/\text{Hr}}{0.296 \text{ M}^3/\text{Hr}} = 1711.56/\text{M}^3$$

Si tenemos 2 turnos al día :

$$\$ 5066.22/\text{Jornal} \times 2 = \$ 10,132.44$$

$$173 \text{ dias } \$ 10,132.44 = \$ 1'752,912.10$$

$$236 \text{ dias } \$ 10,132.44 = \$ 2'391,255.80$$

EQUIPO :

Máquina lanzadora = \$ 261.14 Hr.

Ademe 1 Hr.

Km 5 + 300

$$\text{Costo} = \$ 261.14/\text{Hr.} \times 173 \times 3.77 = \$ 170,318.12$$

Km 7 + 270

$$\text{Costo} = \$ 261.14/\text{Hr.} \times 236 \times 3.45 = \$ 212,620.19$$

RESUMEN :

	\$	5'561,175.40
Material -----	\$	212,715.35
	\$	290,178.17
	\$	5'561,892.40
Mano de Obra -----	\$	1'752,912.10
		2'391,255.80
Equipo -----	\$	170,318.12
	\$	212,620.19
Herramienta -----	\$	124,325.04
	\$	<u>16'277,393.57</u>

$$C = \frac{\$ 16,277,393.57}{12570 \text{ m Túnel}} = \$ 1294.94/\text{m.}$$

C.U.= \$ 1294.94/m.

RESUMEN GENERAL :

Vias Ferreas -----	\$	4'725,010.64
Red de Alumbrado -----	\$	5'743,440.50
Red Telefonica -----	\$	1'370,636.70
Línea de Agua para Barrenación y otros . -----	\$	2'131,031.25
Equipo de Acarreo con Locomotora Vagoneta y Camión. -----	\$	7'138,770.80
Ventilación -----	\$	5'767,403.20
Aire Comprimido -----	\$	10'687,043.71
Explosivos -----	\$	8'172,359.11
Consumo de Energía Eléctrica -----	\$	41'741,100.00
Ademe con Marcos Metálicos -----	\$	16'052,016.00
Ademe con concreto Lanzado -----	\$	16'277,393.57
	\$	<u>119'806,205.50</u>

Costo total de excavación del Túnel Ramal Norte del Km 0+000-12+569.25=
12+570. \$ 119,806,205.50

$$C.U. = \frac{\$ 119,806,205.50}{12570} = \$ 9,531.122/m.$$

C.U. = \$ 9,531.122/m (Túnel Ramal Norte)
De todo el Túnel.

COSTO INDIRECTO

En el análisis que a continuación se describe, se determina el costo indirecto total que involucra la construcción del Túnel Ramal Norte.

Dentro de los conceptos que se contemplarán como costos indirectos son los siguientes :

- a) Número de personas
- b) Objetos diversos ó conceptos
- c) No. de meses de permanencia en la obra.
- d) Costo por mes : Horario, Salarios, Rentas etc. por mes.
- e) Costo total : Costo total del concepto durante la construcción.

DETERMINACION DEL COSTO INDIRECTO

$$\% = \frac{\text{COSTO TOTAL}}{\text{SUB - TOTAL}}$$

C O N C E P T O	CANTIDAD	No. DE MESES	COSTO POR MES	COSTO TOTAL	SUB TOTALES	%
I.-Indirectos de campo.						
1. Personal Técnico						
Gerente de Proyecto.	1	24	50,000	1'200,000	1'200,000	
Superintendente General.	1	24	30,000	720,000	1'920,000	
Superintendente	6	24	25,000	3'600,000	5'520,000	
Ingenieros	12	24	18,000	5'184,000	10'704,000	
Grupo de Topografía.	6	24	18,000	2'592,000	13'296,000	
Suma			Suma =	13'296,000	13'296,000	15.01

C O N C E P T O	CANT.	No. MESES	COSTO POR MES	COSTO TOTAL	SUB-TOTALES	%
2.- PERSONAL ADMVO.						
ADMINISTRADOR GRAL.	1	24	20,000	480,000		
Jefe de Oficina	1	24	14,000	336,000		
Almacenista Gral.	1	24	12,000	288,000		
Jefe de Personal	1	24	10,000	240,000		
Jefe de Compras	1	24	12,000	288,000		
Tomador de Tiempo	10	24	6,000	1'440,000		
Bodeguero	12	24	5,000	1'440,000		
Empleado A	10	24	8,000	1'920,000		
Empleado B	10	24	6,000	1'440,000		
Empleado C	10	24	5,000	1'200,00		
Checador de Mat.	10	24	5,000	1'200,00		
Polvorinero	8	24	5,000	960,00		
Gasolinero	8	24	5,000	960,000		
					25'488,000	
			S u m a :	12'192,000		13.77
3.- PERSONAL SERVS.						
GENERALES.						
Campamentero	8	24	4,000	768,000		
Cocinero	8	24	6,000	1'152,000		
Mozo	8	24	4,000	768,000		
Peón	10	24	4,000	960,000		
			S u m a :	3'648,000	29'136,000	4.12
4.- PERSONAL DE VIG.						
Jefe de Vigilancia	1	24	6,000	144,000		
Vigilante	10	24	4,000	960,000		
			S u m a :	1'104,000	30'240,000	1.25
5.- PERSONAL DE						
MANTENIMIENTO						
Albañil	1	24	5,000	120,000		
Plomero	1	24	5,000	144,000		

CONCEPTO	CANT.	No MESES	COSTO POR MES	COSTO TOTAL	SUB-TOTALES	%
Pintor y General	1	24	5,000	120,000		
			S u m a:	384,000	30'624,000	0.43
6.-SERVS. MEDICOS						
Médico	1	24	13,000	312,000		
Enfermero (a)	2	24	6,000	288,000		
			S u m a:	600,000	31'224,000	0.70
7.- INSTALACIONES						
Campamentero				200,000		
Oficinas				145,000		
Bodegas				448,000		
Polvorines				24,000		
Gasolineras				30,000		
Cercados				30,000		
Cobertizos				30,000		
Talleres				130,000		
Caminos Auxiliares				250,000		
Campos Deportivos				30,000		
				1'317,000	32'541,000	1.48
8.- MOBILIARIO Y						
EQUIPO DE OFNA.				600,000	33'141,000	
9.- MOBILIARIO Y						
EQUIPO DE CAMPA				300,000	33'441,000	
MENTO.						
10.- TALLERES MECA-						
NICOS.		24	120,000	2'880,000		
11.- TALLER CARPIN-						
TERIA.		24	10,000	240,000		
12.- TALLER ELECTRICO		24	30,000	720,000		
13.- ENFERMERIA			300,000	300,000		
14.- TRANSPORTES		24	190,000	4'560,000		

C O N C E P T O	CANT.	No. MESES	COSTO POR MES	COSTO TOTAL	SUB-TOTAL	§
15.- EQUIPOS DIVER- SOS.			500,000	500,000		
16.- CONSUMOS OFNA.		24	30,000	720,000		
17.- CONSUMOS CAMP.		24	18,000	432,000		
18.- CONSUMOS TALLE- RES.		24	20,000	480,000		
19.- CONSUMOS ENFER- MERIA.		24	15,000	360,000		
20.- PASAJES Y VIATICOS.				120,000		
21.- FLETES Y MANIO- BRAS.				420,000		
22.- SERVICIO DE RADIOCOMUNICACION				300,000		
23.- GASTOS SUPER - INTENDENCIA.						
+ Representaciones						
+ Presentes						
+ Gratificaciones						
+ Indemnizaciones						
+ Festejos						
+ Colaboraciones						
S u m a :				12'032,000	45'473,000	13.58
24.- P R I M A S						
+ Fianzas				5'807,000		6.55
+ Seguros						
25.- INTERESES						
Sobrecapital de trabajo.				36'182,200		40.85
26.- LIMPIEZA DE OBRA						
Cuadrillas per- manentes						
Limpieza final				900,000		1.02

CAPITULO 6

PROGRAMA GENERAL DE LA OBRA

El análisis que se hizo para mostrar el programa de obra nos presenta las siguientes características:

- a) Se indica la secuencia de pedidos y entrega de equipo y material para el inicio de Actividades.
- b) Se ordenaran las actividades de tal forma que nos indique la secuencia a seguir para llevar a cabo un ciclo.
- c) Como son repetitivos los ciclos, solo se presentará uno - solo.
- d) Conforme se avance en el frente se irá haciendo el tendido de las instalaciones.
- e) Solamente cuando se haga necesario la colocación de Marcos Metálicos, en caso de falla y lugar en el que se indique.
- f) Para la elaboración del plan General se considerarán todas las actividades aún las construídas por la C.A.V.M.
- g) La construcción de Lumbreras fué realizada por la C.A.V.M.
- h) El programa de obra sólo se hará para actividades de excavación y lanzamiento de concreto (para evitar la intemperización de la roca).

LISTA DE ACTIVIDADES

I.- PLAN GENERAL

- 1.- Cambios de acceso *
- 2.- Construcción de portal de entrada *
- 3.- Excavación del túnel P.E. - L1
- 4.- Lanzado de concreto
- 5.- Construcción lumbrera # 1 *
- 6.- Excavación túnel L1 - P.E.
- 7.- Excavación túnel L1 - L2
- 8.- Lanzado de concreto ambos frentes
- 9.- Construcción lumbrera # 2 *
- 10.- Excavación túnel L2 - L1
- 11.- Excavación túnel L2 - L3
- 12.- Lanzado de concreto ambos frentes
- 13.- Construcción lumbrera # 3 *
- 14.- Excavación túnel L3 - L2
- 15.- Lanzado de concreto.

NOTA: A continuación se presentarán en forma ordenada y con una secuencia tal que nos indique en la forma en que se realizan las actividades para formar un ciclo.

(M.M.) Marcos Metálicos: Solo en caso necesario se realizarán estas actividades.

* : Obras realizadas por la Comisión de Aguas del Valle de México (C.A.V.M.)

P.E. Portal de Entrada

L1 Lumbrera # 1

L2 Lumbrera # 2

L3 Lumbrera # 3

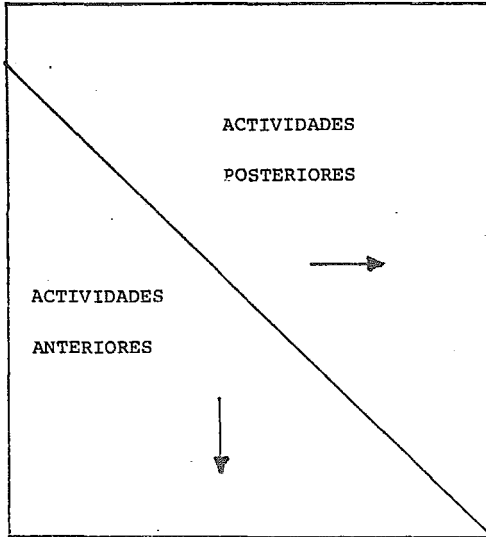
SECUENCIA DE ACTIVIDADES PROGRAMA GENERAL

0.00 INICIA CICLO

- 0.- Oficinas provisionales
- 1.- Caminos de acceso
- 2.- Oficinas de campo
- 3.- Almacenes
- 4.- Dormitorios, comedor y otros
- 5.- Pedido y llegada de material, mano de obra y equipo
- 6.- Local, planta de emergencia
- 7.- Pedido y llegada planta de emergencia
- 8.- Instalación malacate provisional
- 9.- Local de Compresores
- 10.- Base estructuras fondo alcancía
- 11.- Construcción carcamo, Bombeo
- 12.- Pedido y llegada ventiladores
- 13.- Pedido y llegada de compresores
- 14.- Bases torre rezaga
- 15.- Abastecimiento de rieles y durmientes
- 16.- Abastecimiento de rezagadoras
- 17.- Abastecimiento de vagonetas y locomotoras
- 18.- Pedido y llegada pistolas con piernas neumáticas
- 19.- Pedido y llegada de explosivos
- 20.- Pedido y llegada revolvedora
- 21.- Pedido y llegada de marcos metálicos
- 22.- Pedido y llegada bomba de concreto.
- 23.- Montaje de estructura de fondo
- 24.- Base de gato volteador
- 25.- Instalación de bombas
- 26.- Montaje de malacate
- 27.- Instalación eléctrica en las Lumbreras
- 28.- Alumbrado
- 29.- Instalación tubería de aire comprimido
- 30.- Instalación tubería para ventilación
- 31.- Construcción nicho transformador
- 32.- Montaje de planta de Luz

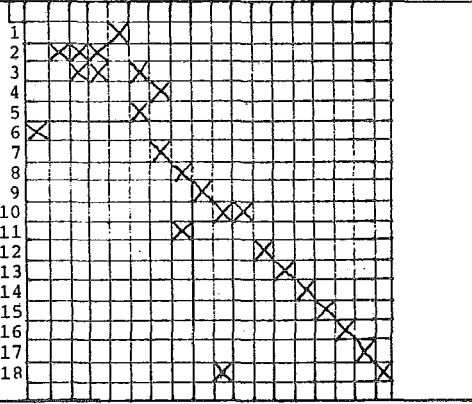
- 33.- Alumbrado
- 34.- Instalación y montaje de ventiladores
- 35.- Instalación de compresores
- 36.- Instalación de equipos de intercomunicación
- 37.- Montaje de torre de rezaga
- 38.- Instalación y conexión de malacate
- 39.- Instalación de tubería de agua
- 40.- Montaje gato volteador
- 41.- Conexiones eléctricas del transformador
- 42.- Conexiones de aire comprimido
- 43.- Conexiones ventilación
- 44.- Montaje cable torre
- 45.- Prueba de la torre y de los malacates
- 46.- Tendido de vfas en la zona de encapillado
- 47.- Construcción del pozo de sedimentación
- 48.- Canalización del pozo de sedimentación a la alcancía
- 49.- Instalación del equipo de recargo de baterías
- 50.- Ensamble de los Jumbos en el piso del túnel
- 51.- Supervisión de instalación para inicio de actividades
- 52.- Iniciación de excavación túnel
- 53.- Bajada línea de trazo por topografía
- 54.- Trazo de sección para barrenación
- 55.- Trazo de cuña de barrenación
- 56.- Acercamiento del Jumbo al frente
- 57.- Inyección de agua para barrenación
- 58.- Cebado, preparación y transporte material explosivo
- 59.- Retiro del Jumbo
- 60.- Limpieza de barrenos 50%
- 61.- Limpieza de barrenación 100%
- 62.- Carga barrenos 50%
- 63.- Carga barrenos 100%
- 64.- Conexión barrenos 50%
- 65.- Conexión 100%
- 66.- Inyección de aire de ventilación
- 67.- Prueba conexión a línea principal
- 68.- Retiro personal

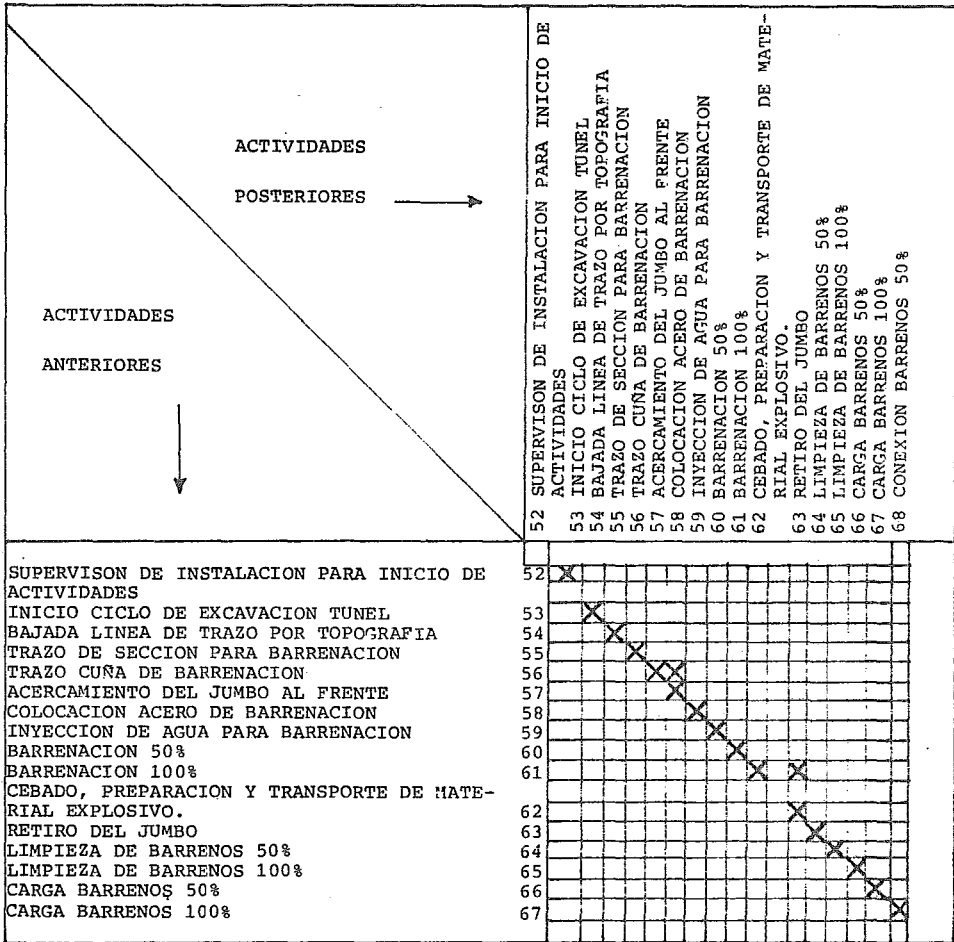
- 69.- Prueba final y conexión al explosor
- 70.- Barrenación 50%
- 71.- Barrenación 100%
- 72.- Tronada
- 73.- Extracción de aire viciado
- 74.- Hora de comida
- 75.- Colocación instalación eléctrica
- 76.- Alumbrado
- 77.- Tendido de vías de locomotora y vagonetas
- 78.- Acercamiento de rezagadora
- 79.- Movimiento de vagonetas al frente
- 80.- Rezagado 33%
- 81.- Rezagado 66%
- 82.- Tendido de vías vagonetas 33%
- 83.- Rezagado 100%
- 84.- Tendido vías vagonetas 66%
- 85.- Retiro rezagadora carga baterías locomotora
- 86.- Extracción de rezaga al exterior 33%
- 87.- Extracción de rezaga al exterior 66%
- 88.- Rezagado con camión al tiradero 33%
- 89.- Extracción del rezagado 100%
- 90.- Rezagado con camión al tiradero 66%
- 91.- Rezagado con camión al tiradero 100%
- 92.- Pedido y llegada de agregados colocación de revolvedora
- 93.- Definir sección: Topografía Línea A
- 94.- Extender conexiones aire comprimido
- 95.- Extender conexiones de ventilación
- 96.- Extender conexiones de agua
- 97.- Colocación de lanzadora de concreto
- 98.- Dosificación de agregados y cemento
- 99.- Lanzado de concreto
- 100.- Retiro de lanzadora de concreto
- 101.- Transporte marcos metálicos (M.M.)
- 102.- Colocación marcos metálicos
- 103.- Pedido y llegada de Jumbo

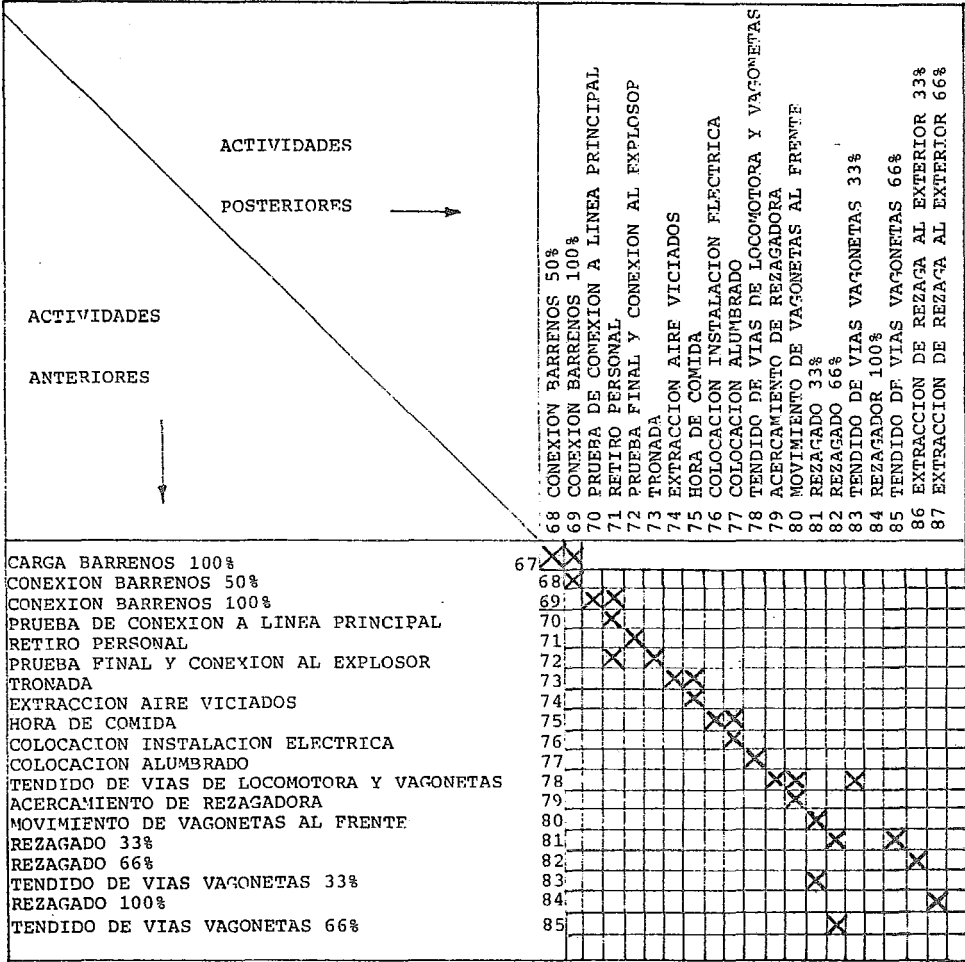


- 1 INICIA CICLO: INSTALACIONES NECESARIAS
- 2 CAMINOS DE ACCESO
- 3 OFICINAS DE CAMPO
- 4 ALMACENES
- 5 DORMITORIOS, COMEDOR, OTROS.
- 6 PEDIDO Y LLEGADA: MAT. M. DE O. Y EQUIPO
- 7 LOCAL PLANTA DE EMERGENCIA
- 8 PEDIDO Y LLEGADA PLANTA EMERGENCIA
- 9 INSTALACION MALACATE PROVISIONAL
- 10 INSTALACION ELECTRICA EN LUMBRERAS
- 11 ALUMBRADO
- 12 MONTAJE MALACATE
- 13 INSTALACION Y CONEXION DE MALACATE
- 14 MONTAJE CABLE TORRE
- 15 MONTAJE CABLE DE REZAGA
- 16 PRUEBA DE TORRE Y DE LOS MALACATES
- 17 CONSTRUCCION NICHOS TRANSFORMADOR
- 18 MONTAJE PLANTA DE LUZ
- 19 CONEXION ELECTRICA DE TRANSFORMADORES

INICIA CICLO E INSTALACIONES NECESARIAS
 CAMINOS DE ACCESO
 OFICINAS DE CAMPO
 ALMACENES
 DORMITORIOS, COMEDOR, OTROS
 PEDIDO Y LLEGADA: MAT. M. DE O. Y EQUIPO
 LOCAL PLANTA DE EMERGENCIA
 PEDIDO Y LLEGADA PLANTA DE EMERGENCIA
 INSTALACION MALACATE PROVISIONAL
 INSTALACION ELECTRICA EN LUMBRERAS
 ALUMBRADO
 MONTAJE MALACATE
 INSTALACION Y CONEXION DE MALACATE
 MONTAJE CABLE TORRE
 MONTAJE CABLE DE REZAGA
 PRUEBA DE LA TORRE Y DE LOS MALACATES
 CONSTRUCCION NICHOS TRANSFORMADOR
 MONTAJE PLANTA DE LUZ







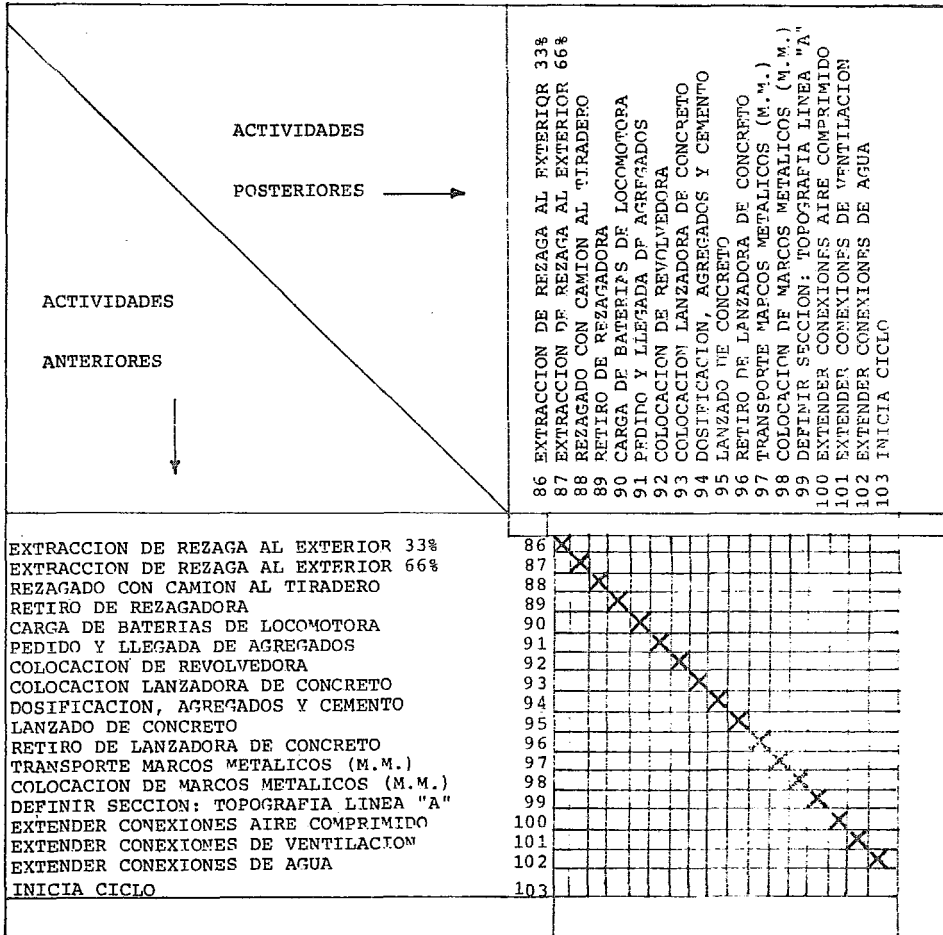


TABLA COMPARATIVA DE LOS CONCEPTOS CONTEMPLADOS EN LA EXCAVACION DEL TUNEL

C O N C E P T O S		
MATERIAL Y EQUIPO	TUNEL ANALCO-SAN JOSE (16000 mt)	TUNEL RAMAL NORTE (12570 mt)
1.- VIAS FERREAS	10,216,160.48	4,725,010.64
2.- RED DE ALUMBRADO	3,199,438.95	5,743,440.50
3.- RED TELEFONICA	1,269,855.60	1,370,636.70
4.- LINEA DE AGUA PARA BARRENACION Y OTROS	2,701,380.18	2,131,031.25
5.- EQUIPO DE ACARREO CON LOCOMOTORA Y VAGONETAS (Y CAMION)	38,727,200.00	7,138,770.80
6.- EQUIPO DE VENTILACION	20,317,564.30	5,767,403.20
7.- EQUIPO DE BARRENACION Y ACCESORIOS (AIRE COMPRIMIDO)	9,324,309.14	10,687,043.71
8.- EXPLOSIVOS	4,717,910.80	8,172,359.11
9.- EQUIPO DE BOMBEO	149,222,701.92	-----
10.- CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA PARA EXCAVACION	15,917,111.65	41,741,100.00
11.- REZAGA DE MATERIAL (POR LUMBRERA)	6,138,290.60	-----
12.- ADEME CON MARCOS METALICOS	39,759,345.00	16,052,016.00
13.- ADEME CON CONCRETO LANZADO	13,688,267.97	16,277,393.57
SUMA TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	\$ 315,199,536.60	\$ 119,806,205.50
SUMA TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	\$ 116,986,116.60	\$ 103,269,847.40
SUMA TOTAL	\$ 432,185,659.20	\$ 223,076,052.90
COSTO UNITARIO (C.U.) = \$/m	c.u. = \$27,011.60/m	c.u. = \$17,746.70/m

C O N C L U S I O N E S

El tema de tesis, se eligió básicamente para saber que tan importante e interesante es la construcción de un túnel, el costo y tiempo que implica su construcción, utilizando diferentes métodos; se utilizan dos sistemas, uno es a base de lumbreras y otro por portales de entrada.

Es un proyecto que se está llevando a cabo con la mira en el presente y futuro ya que su finalidad principal es el abastecimiento de agua a la Ciudad de México y Estado de México (Zona Norte). Se apreció que los problemas que existen, si se pueden decir a nivel Mundial y Nacional es la falta de agua. Líquido vital para la supervivencia del ser humano.

Aunque suene trivial, pero todo proyecto que se realice en la actualidad se debe tener más cuidado con la economía, y todo esto a base de una buena organización de obra.

Iniciaré mencionando el porque se hizo la comparación de costos en la excavación del túnel, cuál sea su método a realizar, (método convencional a base de explosivos).

El resultado del presente trabajo, elaborado bajo los estudios de planeación, programa general y control de obra esencialmente, es una forma lógica, racional y sencilla de la ejecución del proyecto, en el que se aprecia a detalle todas las actividades necesarias para llevar a cabo la excavación del túnel, teniendo en consideración el tiempo, el costo de mano de obra, equipo, maquinaria y material. Que es lo que nos determino la comparación del costo y tiempo del túnel.

Este resultado, claro está, es generalizable a todo tipo de obra y proyecto; siendo por lo tanto la más fuerte y explícita de las razones para realizar una buena planeación del costo y tiempo.

El resultado del análisis de costos de todo el trabajo -- como fué, el túnel Analco - San José y el Ramal Norte, al sumar los resultados, se determinó que el costo mayor fue en el túnel Analco - San José comparado con el Ramal Norte; uno fue excavado a base de lumbreras, (las cuales ya habían sido construídas por la Comisión de Aguas del Valle de México). La excavación fué -- realizada con la ayuda del Jumbo y explosivos, la rezaga fué hecha con locomotoras y vagonetas. En lumbreras la rezaga al exterior se realizó con la ayuda de alcancía, malacate y una tolva en el exterior.

En el ramal norte ya se mencionó que su excavación se hizo con ayuda de perforadoras de pierna y explosivos; la rezaga se -- realizó con cargador frontal y camiones en un tramo y el resto - con locomotora y vagonetas, por este último se optó debido a que se encontraron filtraciones que entorpecían la rezaga con camión.

Se puede concluir que el método más costoso fue el que se realizó a base de lumbreras. Una de las razones principales es - de que en el túnel Analco - San José existían demasiadas filtra-- ciones. De ésto se deduce que los dos métodos que se utilizaron, como fue el de lumbrera y portal, que aún existiendo una diferen-- cia de costo y tiempo se justifican. Estos sistemas son los que se utilizan en una topografía tan abrupta como es la que presenta la Sierra de las Cruces. Existen otros métodos dependiendo del - tipo de material que se encuentre, como fue en el emisor central (en la Cd. de México) donde se tuvo que utilizar escudo debido al material que se encontró.

No se puede dejar de mencionar que el túnel trabajará por - gravedad, en éste caso. Esto nos reduce costos de bombeo que se tendrían que emplear. Esto se logra haciendo un buen estudio de - topografía.

De la sección transversal se puede decir que de acuerdo a - la demanda de agua para la que se hizo el estudio si es suficiente, pero si nos damos cuenta de la sobrepoblación que está sufriendo - el D. F. y Edo. de México se ve que los 19 M^3 de agua que se van a conducir por medio del túnel, no van a ser suficientes para cubrir las necesidades de agua de todo el Valle de México.

Se puede decir que se debería ir pensando en otra solución. Crear más fuentes de abastecimiento.

Para llevar a cabo el proyecto de su mejor forma se tuvo que dividir en tres grandes fases: de preparación, otro de excavación y la última de ademado. Cada uno cumple con las necesidades intrínsecas para su buen desarrollo.

Las tres fases se encuentran ligadas y entrelazadas por un programa que hemos llamado "Programa General".

La primera fase de preparación, es donde se trabajó en todas las instalaciones necesarias para las fases subsecuentes de trabajo, ya que de una buena organización para iniciar actividades nos implica definitivamente un buen avance general de nuestra obra. La base de excavación y ademado, prepara la obra para la fase final del revestimiento (no se trató en este trabajo). Estas fases se proponen sin posibles traslapes. Primero, porque es necesario contar con todas las instalaciones exteriores y de fondo; y segundo porque se cuenta con un solo camino de acceso (Lumbrera ó Portal) del túnel - no lográndose el tránsito de los equipos de las dos fases a un tiempo, entre otras razones.

Como básicamente, es una obra donde para su construcción es necesario el empleo de equipo y maquinaria pesada, se estudiaron los diferentes tipos de los mismos, obteniendo los más apropiados y económicos para éste trabajo tan específico como es la construcción de un túnel.

Finalizaremos diciendo que dentro del compromiso que tiene todo Ingeniero Civil, es de que, el proyecto que realice hoy en día deberá tener cuidado con el costo y tiempo que nos implique el realizar cualquier tipo de O B R A C I V I L .

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

- 1.- TOMO I "MEMORIA TECNICA DE LAS OBRAS DEL DRENAJE PROFUNDO DEL DISTRITO FEDERAL"
- 2.- TESIS PROFESIONAL: "METODOLOGIA EN LA CONSTRUCCION DE TUNELES APLICADA AL SISTEMA CUTZAMALA, EN LA SIERRA DE LAS CRUCES".

ING. HERMENEGILDO ARCOS SERRANO
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
- 3.- DOCUMENTACION ELABORADA POR LOS CONTRATISTAS QUE EJECUTARON LA OBRA (CONCURSO)
- 4.- ESTUDIO GEOLOGICO ELABORADO POR LA EMPRESA DE INGENIEROS CIVILES Y GEOLOGOS, S.A., A LO LARGO DE LOS EJES DEL TUNEL.
- 5.- MANUAL PARA EL USO DE EXPLOSIVOS "DU PONT"
EDITORIAL C.E.C.S.A.
- 6.- CURSO DEL USO DE EXPLOSIVOS POR EL ING. JOSE GUERRERO A. CONSULTOR TECNICO "DU PONT" S.A. de C.V.
- 7.- TUNELES Y OBRAS SUBTERRANEAS
ANTONIO LINARES SANCHEZ
- 8.- METODOS Y CONTROLES PARA LA EXCAVACION DE TUNELES
ELLIS L. ARMSTRONG F. A.S.C.E.
- 9.- ESTIMACION DE COSTOS DEL TUNEL "EL MIRADOR" DEL PROYECTO VALSEQUILLO, PUEBLA.

C. R. RANKIN
ING. CONSULTOR

10.- MANUAL SOBRE EL CALCULO DE PRECIOS UNITARIOS DE TRABAJOS
DE CONSTRUCCION

S.A.R.H. TOMOS: III, IV, V, VI, VII, IX, X, XII.

11.- TUNELES: ASPECTOS TECNICOS.

LEON LEON FELIX

12.- PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION Y ANALISIS DEL COSTO DE
EXCAVACION EN EL TUNEL "LAS ALAZANAS"