

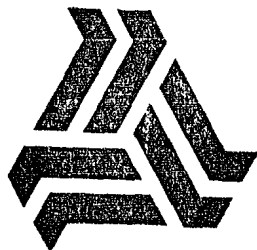
300613

1  
1eg.

**UNIVERSIDAD LA SALLE**

**ESCUELA DE INGENIERIA**

**INCORPORADA A LA U. N. A. M.**



**COMPARACION DEL COSTO DE CONSTRUCCION DE  
UN TUNEL REALIZADO BAJO DOS DIFERENTES  
PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
I N G E N I E R O C I V I L  
P R E S E N T A  
**JUAN JOSE CALZADA URQUIZA**  
MEXICO, D. F. 1980



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

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

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

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

## I N D I C E

## PAGINA

## CAPITULO I.

## DESCRIPCION DE LA OBRA.

1.1. Descripción General.	1
1.2. Geología.	3
1.3. Perfil Geológico.	5

## CAPITULO II.

ESTUDIO DEL PROCEDIMIENTO CONVENCIONAL  
EMPLEANDO CAMIONES.

2.1. Descripción de los procedimientos de construcción.	7
2.1.1. Excavación.	7
2.1.2. Soporte del terreno.	10
2.1.3. Revestimiento.	10
2.2. Programa.	12
2.2.1. Excavación.	12
2.2.1.1. Análisis del ciclo, en roca sana y competente.	14
2.2.1.2. Determinación de las velocidades medias de excavación por frente.	29
2.2.1.3. Duración de la Excavación.	31
2.2.2. Revestimiento del concreto.	35
2.2.2.1. Consideraciones.	35
2.2.2.2. Avance diario medio por frente.	35
2.2.2.3. Duración del revestimiento.	39

2.2.3.	Resumen de actividades críticas por frente en días hábiles.	40
2.3.	Costo de materiales puestos en el almacén de la obra.	42
2.3.1.	Materiales de consumo.	42
2.3.2.	Materiales recuperables.	44
2.4.	Mano de obra.	46
2.4.1.	Determinación del costo real.	47
2.4.2.	Catálogo de costo de mano de obra por actividades.	48
2.4.2.1.	Excavación del túnel.	48
2.4.2.2.	Revestimiento de concreto.	49
2.5.	Costo de maquinaria y equipo.	51
2.6.	Instalaciones y servicios.	73
2.6.1.	Red de alumbrado.	73
2.6.2.	Red telefónica.	75
2.6.3.	Líneas de agua para barranación.	76
2.6.4.	Aire comprimido.	79
2.6.4.1.	Determinación de la demanda instantánea de aire comprimido por frente.	79
2.6.4.2.	Determinación del costo de generación de aire comprimido.	81
2.6.4.3.	Tuberías para aire comprimido.	82
2.6.5.	Ventilación.	85
2.6.5.1.	Necesidades de aire fresco por frente.	85
2.6.5.2.	Determinación del diámetro de la tubería para ventilación.	86
2.6.5.3.	Costo de la tubería para ventilación.	87
2.6.5.4.	Ventiladores.	88
2.6.5.5.	Costo unitario de la ventilación.	89
2.6.6.	Sistema eléctrico.	89
2.6.6.1.	Determinación de la carga eléctrica.	90
2.6.6.2.	Costo de subestaciones eléctricas.	92
2.6.6.3.	Costo de conductores troncales.	93
2.7.	Costo de la Excavación.	96
2.7.1.	Instalaciones y servicios.	96
2.7.2.	Materiales.	96
2.7.3.	Mano de obra.	97
2.7.4.	Equipo.	97

2.7.5. Consumo de energía eléctrica para excavación.	98
2.7.6. Costo unitario de la excavación.	99
2.8. Soporte del terreno.	100
2.8.1. Soporte con concreto lanzado.	100
2.8.2. Soporte con marcos metálicos.	101
2.9. Bombeo del agua producto de infiltraciones.	104
2.9.1. Bombeo para avance en excavación y revestimiento.	107
2.9.2. Bombeo horizontal.	108-a,b,c.
2.9.3. Mano de Obra.	109
2.9.4. Costo de equipo y consumo de energía.	110
2.9.5. Costo total de bombeo.	111
2.10. Revestimiento de concreto.	112
2.10.1. Instalaciones y servicios.	112
2.10.2. Materiales.	112
2.10.3. Mano de obra.	113
2.10.4. Equipo.	114
2.10.5. Consumo de energía eléctrica.	115
2.10.6. Inyecciones de contacto.	115
2.10.7. Costo unitario del revestimiento.	116
2.11. Presupuesto para la construcción del túnel de 3.85 m. de diámetro.	117

### CAPITULO III.

#### ESTUDIO DEL PROCEDIMIENTO CON EL SISTEMA DE "CARROVIAS".

3.1. Descripción de los procedimientos de construcción.	118
3.1.1. Excavación.	118
3.1.2. Soporte del terreno.	131
3.1.3. Revestimiento.	131
3.2. Programa.	132
3.2.1. Excavación.	132
3.2.1.1. Análisis del ciclo en roca sana y competente.	133
3.2.1.2. Determinación de las velocidades medias de excavación por frente.	138
3.2.1.3. Duración de la excavación fecha y estación de conexión.	140
3.2.2. Revestimiento de concreto.	141
3.2.2.1. Consideraciones.	141

3.2.2.2.	Avance diario medio - por frente.	143
3.2.2.3.	Duración del revesti- miento.	144
3.2.3.	Resumen de actividades críti- cas por frente en días hábiles.	145
3.3.	Costo de materiales puestos en el al- macén de la obra.	146
3.4.	Mano de obra.	146
3.4.1.	Determinación del costo real.	146
3.4.2.	Catálogo de costo de mano de - obra por actividades.	146
3.4.2.1.	Excavación de túnel.	146
3.4.2.2.	Revestimiento de con- creto.	148
3.5.	Costo de maquinaria y equipo.	149
3.6.	Instalaciones y servicios.	159
3.6.1.	Vías férreas.	159
3.6.2.	Red de alumbrado.	162
3.6.3.	Red telefónica.	165
3.6.4.	Lineas de agua para barrena- ción.	166
3.6.5.	Ventilación.	168
3.6.5.1.	Necesidades de aire - fresco por frente.	168
3.6.5.2.	Determinación del diá- metro de la tubería - para ventilación.	169
3.6.5.3.	Costo de la tubería - para ventilación.	169
3.6.5.4.	Ventiladores.	170
3.6.5.5.	Costo unitario de la- ventilación.	172
3.6.6.	Sistema eléctrico.	173
3.6.6.1.	Determinación de la - carga eléctrica.	173
3.6.6.2.	Costo de subestacio- nes eléctricas.	175
3.6.6.3.	Costo de conductores- troncales.	176
3.7.	Costo de la excavación.	180
3.7.1.	Instalaciones y servicios.	180
3.7.2.	Materiales.	180
3.7.3.	Mano de obra.	181
3.7.4.	Equipo.	182
3.7.5.	Consumo de energía eléctrica - para excavación.	183
3.7.6.	Costo unitario de la excava- ción.	184
3.8.	Soporte del terreno.	185
3.8.1.	Soporte con concreto lanzado.	185
3.8.2.	Soporte con marcos metálicos.	187

3.9. Bombeo del agua producto de infiltraciones.	188
3.9.1. Bombeo para avance en excavación y revestimiento.	188
3.9.2. Bombeo horizontal.	189-a,b.
3.9.3. Mano de obra.	190
3.9.4. Costo de equipo.	191
3.9.5. Costo total de bombeo.	192
3.10. Revestimiento de concreto.	193
3.10.1. Instalaciones y servicios.	193
3.10.2. Materiales.	194
3.10.3. Mano de obra.	195
3.10.4. Equipo.	195
3.10.5. Consumo de energía eléctrica.	196
3.10.6. Inyecciones de contacto.	197
3.10.7. Costo unitario del revestimiento.	197
3.11. Presupuesto para la construcción del túnel de 3.85 m. de diámetro.	198

#### CAPITULO IV.

COMPARACION DE LOS PROCEDIMIENTOS ESTUDIADOS.	199
4.1. Comparación de costos entre los procedimientos estudiados.	200
4.2. Comparación de tiempo entre los procedimientos estudiados.	201
CONCLUSIONES.	202
BIBLIOGRAFIA.	206

## C A P I T U L O I.

### DESCRIPCION DE LA OBRA.

#### 1.1. Descripción General

El estudio que se presenta a continuación tiene como objeto establecer una comparación entre dos procedimientos para la construcción de un túnel empleando explosivos; uno de ellos es el convencional en el cual extraemos la rezaga mediante camiones y el otro es un nuevo sistema a base de un dispositivo denominado "Carrovía".

### OBSERVACION.

Todo el equipo y procedimientos se debe al diseño de un Ingeniero Civil mexicano, el ING. JOSE LUIS SILLER FRANCO, y a la fecha ya está patentado y próximo a ser iniciada su fabricación, para demostrar su eficiencia en la construcción de túneles.

Esta comparación está encaminada a conocer principal



mente la diferencia que hay entre los procedimientos citados anteriormente en lo que se refiere a dos factores primordiales y determinantes para todo Ingeniero, estos son el costo y el tiempo.

Puesto que se va a hacer una comparación consideramos que para ambos casos se tendrán las mismas características de terreno, longitud y sección del túnel revestido, - - frentes de ataque para excavación, etc., Así que el túnel quedará definido de la siguiente manera:

Estará localizado a 30 kms. del área metropolitana, razón por la cual estableceremos los precios de los materiales puestos en obra y los cargos correspondientes a los salarios de nuestras diferentes cuadrillas.

El destino que le daremos a este túnel será la conducción de agua potable a fin de hacer intervenir otro factor que completaría la comparación, este factor es el revestimiento de concreto que sin él, para el fin que le daremos al túnel nos ocasionaría costosas fugas de agua.

Nuestro túnel tendrá una longitud total de 3000 mts. dando opción a dos frentes de ataque, los cuales tendrán -- una sección de excavación tipo herradura y una pendiente de 0.065 m/km.

La sección revestida también será tipo herradura de 3.85 mts. de diámetro, debiendo tener un espesor medio de - revestimiento de 30 cms.

Dispondremos de 2 patios, uno en cada portal, en el patio del portal de entrada localizaremos las bodegas, talleres, residencia, planta de concreto y almacenaje de agregados además de las instalaciones propias de cada patio que son: La cisterna para abastecimiento de agua para barrena-ción y su equipo de bombeo, compresores, subestación y demás. Por lo que respecta al tiradero vamos a considerar -- uno solo que dará servicio a los 2 frentes de excavación -- ubicado a igual distancia de los portales.

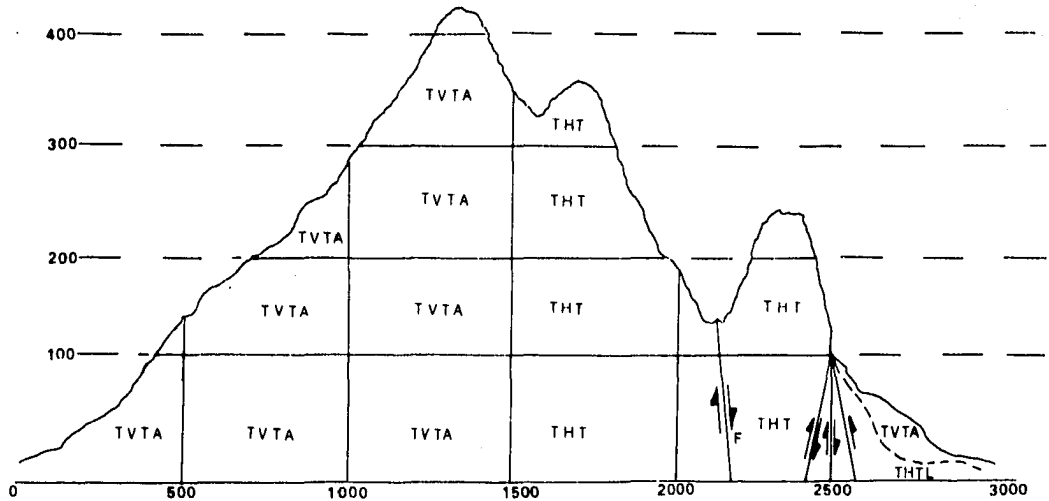
Las características geológicas del terreno donde se encuentra el túnel en estudio, las presentaremos a continuación mostrando un panorama general de la composición del -- suelo, características de los materiales y un perfil geológico sobre el eje del túnel.

## 1.2. Geología

Dentro de la zona observaremos rocas ígneas extrusivas e hipobasales, entre las primeras podemos hacer una diferenciación como si se tratase de dos emisiones diferentes de lavas; La primera de ellas corresponde a la más antigua-

y que generalmente se encuentra formando la base constituida por traquiandesitas de lamprobolita. La segunda emisión y de menor edad está constituida por una traquiandesita de augita ésta a su vez dió origen a otra unidad por efectos de intemperismo porque se clasificó como brecha de alteración. Posteriormente se originaron las rocas hipobasales, que solidificaron a poca profundidad y también se clasificaron como traquiandesitas.

# PERFIL GEOLOGICO



TVTA - Lavas traquiandesíticas que varían a andesitas de augita, presentan texturas que varían desde gruesa hasta fina; superficialmente se encuentran con diaclasas y fracturamiento variable que puede dar lugar a infiltraciones, ocasionalmente presentan estructura masiva, fracturamiento y diaclasas con intensidad e intervalos variables.

THTL - Rocas traquiandesíticas: son lavas de lamprobolita con textura que varía de media a gruesa presentando estructura masiva con escasas diaclasas y medianamente fracturadas. Superficialmente presenta baja alteración pero a profundidad aumenta; se puede considerar de buena estabilidad cuando se localiza con alteración baja y media.

THT - Lavas hipobasales; están representadas por pófidos traquiandesíticos, presenta en zonas aisladas diaclasamiento, fracturamiento intenso o alteración variable, debido a tectonismos presentan zonas con fuerte resquebrajamiento.

## C A P I T U L O    I I

### ESTUDIO DEL PROCEDIMIENTO CONVENCIONAL

#### EMPLEANDO CAMIONES.

2.1. Descripción de los Procedimientos de Construcción.

2.1.1 Excavación.

La excavación la haremos por dos frentes de ataque - a partir de los portales de entrada y de salida. Se llevará un control topográfico con aparatos de precisión y giroscopos, con verificaciones a cada domingo.

La barrenación será ejecutada con un jumbo cavodrill 555, marca Atlas Copco, equipado con dos perforadoras neumáticas COP-90ED con avance de 1.00 m/min., para dar barrenos de 1 1/2" de diámetro y 3.20 m. de profundidad promedio.

Se perforará cuña quemada de 7 barrenos de 1 1/2" de diámetro con 12 barrenos auxiliares y 16 perimetrales a cada 80 centímetros, esta plantilla se irá cambiando dependiendo de la fracturación del material.

Las cuñas quemadas se diseñan para romper y pulverizar la roca, rompiéndola en pequeños fragmentos que salen lanzados por la voladura para dejar una abertura más o menos cilíndrica. Las cuñas quemadas consisten en barrenos hechos paralelamente entre sí y a la línea del eje del túnel, así como a una distancia predeterminada entre sí.

La práctica usual es dejar uno o mas barrenos descargados para proporcionar espacio abierto hacia el cual puedan romper los barrenos que sí tienen carga.

Por lo general se obtienen los mejores resultados cuando los barrenos cargados no disparan simultáneamente, ya que se obtiene mayor acción limpiadora si se utiliza algún tipo de disparo por retardos dentro de la cuña.

Aunque los disparos algunas veces pueden propagarse cuando los barrenos están muy próximos entre sí, se han empleado con buenos resultados los retardos "MS", en donde es de ventaja un pequeño intervalo entre los disparos.

### Explosivos.

Se usarán los explosivos adecuados para las diferentes circunstancias que se presenten.

### Rezaga

La rezaga la retiraremos con camiones que serán cargados con una rezagadora Atlas Copco Modelo CAVO 520 neumática, con capacidad neta de carga horaria trabajando en roca suelta de 80 a 90 m<sup>3</sup>. Los camiones depositarán esta rezaga en un tiradero común para los dos frentes, donde habrá un -- cargador frontal Caterpillar 955-L que se encargará del aco modo de ésta. Para el tránsito de maquinaria en el túnel - se dejará una plantilla de rezaga.

### Ventilación

Para satisfacer las demandas de aire fresco en el interior del túnel, estableceremos ventiladores turbo-axiales-Fläkt PHMD sobre la línea que inyectarán la cantidad de aire que determinen los cálculos respectivos. El barrido de los gases tóxicos y polvo producto de las voladuras se hará liberando el aire comprimido.



## Líneas Eléctricas

Cada frente estará alimentado a una tensión de 2300-volts., con un conductor troncal de los calibres y aislamientos que resulten del diseño. La toma de fuerza en el interior del túnel, (bombeo, ventilación, alumbrado y otros) será de los transformadores reductores que se instalarán a las distancias convenientes.

## Comunicaciones

Se emplearán líneas telefónicas con estaciones en el interior a cada 1000 mts. y estaciones exteriores en cada una de las casetas de construcción.

### 2.1.2 Soporte del Terreno.

Se empleará preferentemente el concreto lanzado, el cual haremos con una lanzadora de concreto marca THOMSEN de 30 HP., pero también podrán requerirse marcos de acero estructural de acuerdo al diseño presentado en el inciso 2.8.

### 2.1.3 Revestimiento.

El revestimiento lo atacaremos por un solo frente, a fin de evitar una cuantiosa inversión en equipo.

Revestiremos en dos etapas; la primera será el colado de bóveda con sus guarniciones de apoyo y la segunda el colado de Invert., debiendo hacer antes de ésta última actividad, la limpieza de la plantilla.

Las inyecciones de contacto las haremos conforme el avance del colado de la bóveda, utilizando un taladro neumático equipado con una pierna, para hacer perforaciones de 2 pulgadas de diámetro e inyectando concreto con una inyectora de lechada marca Atlas Copco Mod. ZHB 8045.

La colocación del concreto se hará con una bomba de marca Thomsen motor a diesel, con una capacidad de bombeo de 55 m<sup>3</sup>/hora, el concreto se transportará con camiones re-  
volvedora de 6 m<sup>3</sup>., de capacidad y se fabricará en una - -  
planta Elba Mixmobil con un rendimiento de 15 m<sup>3</sup>/hora.

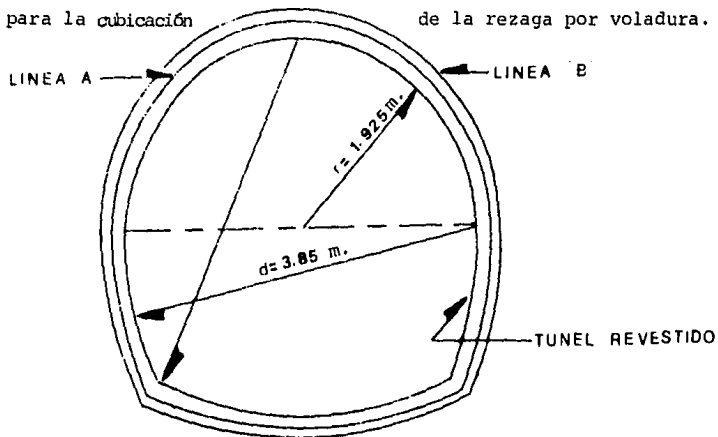
## 2.2. Programa.

### 2.2.1 Excavación.

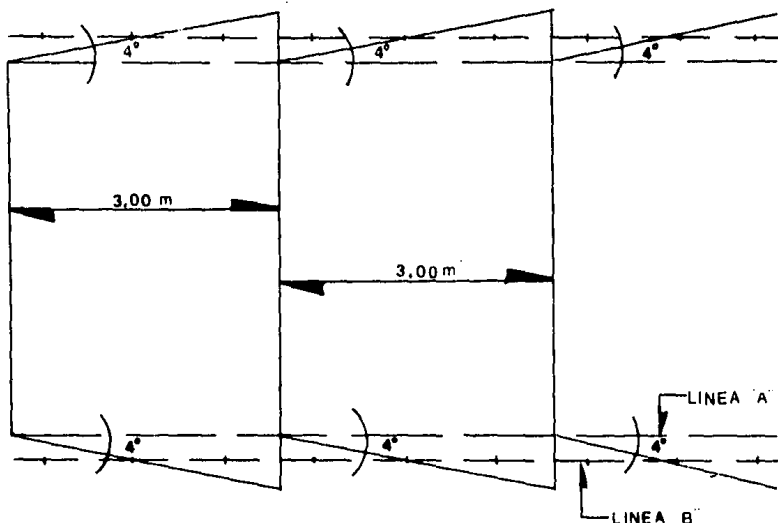
Se hará por el procedimiento convencional a base de explosivos, de acuerdo a las siguientes consideraciones.

#### a) Area media de la sección.

Debido al diseño de las perforadoras neumáticas, nuestra sección de excavación no podrá ser la que resulta de nuestro trazo considerando el espesor del recubrimiento (línea "A"), sino que la perforación de los barrenos perimetrales tendrán una inclinación de  $4^\circ$  hacia afuera dándonos una sección más amplia (línea "B") al efectuar la voladura, lo cual debemos tener en cuenta para la cubicación de la rezaga por voladura.



## SECCION HERRADURA



## VISTA EN PLANTA

Distancia entre línea "A" y "B" = 10 cms.

Area de la sección herradura  $A = 0.829 d^2$

Diámetro de la sección a línea "B"

$$3.85 \text{ m} + 0.60 \text{ m} + 0.20 \text{ m} = 4.65 \text{ m.}$$

$$A = 0.829 (4.65 \text{ m})^2 = 17.93 \text{ m}^2$$

- b) Profundidad de barrenación 3.20 m.
- c) Avance medio por ciclo 3.00 m.
- d) Disposición de los barrenos: cuña quemada de 7 barrenos con 12 barrenos auxiliares y 18 perimetrales perforados a cada 80 cms.

### 2.2.1.1. Análisis del ciclo en roca sana y competente.

Teniendo en cuenta las dimensiones de nuestra sección de excavación, vemos que no es posible el cruce de dos camiones en sentidos encontrados a un mismo tiempo, por lo que se nos presentan dos opciones; excavar el túnel haciendo libramientos a cada cierta distancia que nos permitan hacer maniobras y así exista una circulación constante en ambos sentidos, o bien excavar el túnel sin libramientos y limitar la circulación de maquinaria en uno u otro sentido, presentándose las siguientes desventajas en el proceso:

1. Ya que solo existiría un sentido para circular - al momento de retirar la rezaga del frente, los camiones de carga tendrían que entrar de reversa hasta el frente, ser cargados y salir de frente para permitir hasta entonces entrar al segundo camión y así para cada viaje, incrementando considerablemente el tiempo para retirar la rezaga del frente y por lo mismo nuestra velocidad de excavación sería mínima.

2. De manera semejante al movimiento de los camiones para retirar la rezaga, se nos presentarían problemas - de pérdida de tiempo al acercarse el jumbo ya que tenemos que esperar a retirar la rezagadora hasta el portal, lo cual es

sumamente tardado ya que estos equipos tienen su fuerza motriz neumática y deben estar conectados a una línea de aire comprimido por medio de una manguera de longitud limitada.

Como podemos ver estas dos desventajas nos reflejan un incremento de tiempo considerable por cada ciclo de excavación y teniendo en cuenta según nuestro avance por ciclo, que son 1000 ciclos para la perforación total del túnel ocasionaría esto un cuantioso retraso en nuestro programa de excavación, por lo que optimizaremos esta actividad recurriendo a la construcción de libraderos durante el proceso de excavación mismos que deberán estar rellenos al quedar revestido el túnel.

Podemos construir básicamente 3 tipos de libraderos:

Libraderos a base de ampliar la sección de excavación (chocolones) a cada determinada distancia, haciendo esto ya podemos circular en dos direcciones pero de cualquier forma los camiones deberían entrar de reserva ya que no tenemos suficiente espacio para que los camiones giren 180°.- Se hace notar que la velocidad para circular de reversa es de 6 km./hora y para circular de frente de 10 km./hora.

Libraderos de mesa giratoria. Con este tipo de libradero podemos circular de frente y recorrer una distancia

mínima de reversa para poder ser cargados los camiones de -  
volteo.

Libraderos perpendiculares al túnel y en forma de Y.  
Presenta las mismas ventajas que los de mesa giratoria.

Teniendo en cuenta que la excavación para la cons---  
trucción de estos 3 tipos de libraderos, es prácticamente -  
la misma, vemos que el más conveniente para nuestro caso --  
son los libraderos en Y; ya que no hay que hacer todo el re  
corrido en reversa para entrar, ni necesitamos invertir el  
tiempo y dinero para la compra de las mesas y el estarlas -  
recorriendo de libradero en libradero.

A continuación estudiaremos la distancia óptima a la  
que construiremos nuestros libraderos, en base a estudiar  
los ciclos de excavación en la estación 0 + 750 por ser la-  
distancia media de recorrido por frente.

Analizaremos nuestras velocidades de excavación -  
estudiando el ciclo de excavación con libraderos a cada 250 m,  
estas distancias están fundamentadas en los siguientes puntos.

1. Una distancia razonable para la manguera de co --

nexión de equipos neumáticos es de 25 mts., por ser manejable en cuanto a peso y longitud, ahora bien si tenemos mangueras de 25 mts., para estos equipos debemos colocar también válvulas de seccionamiento sobre la línea de aire comprimido a cada 50 mts., (es la distancia que se desplaza el equipo con la manguera, o sea dos veces su longitud) por esta razón debemos analizar construir libraderos a distancias múltiples de 50 mts.

2. La distancia entre libraderos no debe ser muy grande, a fin de evitar estar conectando y desconectando los equipos neumáticos muchas veces para acercarlos al frente.

3. La distancia entre libraderos no debe ser muy corta, porque debemos recordar que los libraderos que excavamos los debemos rellenar.

#### Ciclo de Excavación del Túnel con Libraderos @ 250 mts.

1. Retirar rezagadora del frente.

La rezagadora la retiraremos hasta el libradero más cercano del frente, lo que quiere decir que estaremos recorriendo una distancia promedio de 125 mts. para llegar a éste, al recorrer esta distancia debemos conectar y desconectar 3 veces la manguera a la línea de aire comprimido



do, lo cual se puede hacer en un minuto. El tiempo para -- que el cavo 520 recorra 125 mts., moviéndose a una veloci-- dad de 3.6 Km./hora es 2.08 minutos, pero además debemos con siderar el tiempo de estar moviendo la punta de la manguera de conexión de una válvula a otra, lo cual es una distancia de 125 mts., recorriéndolos una persona a 6 km./hora, --- nos dá un tiempo de 1.25 min.

Por lo tanto el tiempo total para retirar la rezagado ra será: 1 min. + 2.08 min. + 1.25 min. = 4.33 min.

## 2. Acercar Jumbo, conectarlo y fijarlo.

El jumbo mientras no esté activo, lo tendremos guardado en el segundo libradero más cercano al frente y cuando debamos acercarlo para barrenar, empezaremos esta actividad al mismo tiempo que estemos retirando la rezagadora, a fin de que acercar el jumbo nos signifique como actividad críti ca recorrer 375 mts. promedio menos el tiempo de retirar - la rezagadora (4.33 min.). Entonces tiempo para moverse el jumbo a 3.6 km./hora es 6.25 min., tiempo para mover la man guera de válvula en válvula a 6 Km./hora es 3.75 min., más el estar conectando y desconectando la manguera 9 veces es -- 3 min. Por lo que el tiempo para acercar el jumbo es de -- 13.0 min. - 3.5 min. que traslapa con la actividad anterior igual a 9.5 min.

Conectar jumbo (ya está contemplado en el tiempo para acercarlo).

Fijarlo, lo hacemos en dos minutos.

Por lo que el tiempo de esta actividad es: 11.5 min.

### 3. Trazos.

Esta actividad de acuerdo al número de barrenos tardará 15 minutos pero debemos considerar que se traslapa - - 11.5 minutos con la actividad de acercar jumbo, por lo que el tiempo crítico es: 3.5 min.

### 4. Barrenación.

Tenemos un total de 37 barrenos por voladura y sabemos que la velocidad de penetración de nuestras perforadoras neumáticas de acuerdo a las especificaciones marcadas - por el fabricante para esta roca, es de 1.00 m . por minuto y que nuestro jumbo consta de dos brazos y la profundidad de perforación de los barrenos es de 3.20 mts. Por lo que cada perforadora tendrá que barrenar 60.8 m lo que nos da un tiempo de 60.8 min.

Además, el brazo del jumbo que más veces cambia de posición lo hace 19 veces, y cada cambio lo hace en 1.5 mi-

nutos, lo que significa un tiempo de 28.5 min.

Suma 89.3 min.

5. Carga y prueba del circuito.

Suma 25.0 min.

6. Voladura y eliminación de gases.

Suma 30.0 min.

7. Rezaga.

Antes que nada, debemos acercar la rezagadora, lo -- cual nos llevará un tiempo igual al de retirarla, ya calculado en el punto (1) de este estudio 4.33 min., conectar rezagadora 1.5 min.

A continuación estableceremos el número de viajes -- que debemos hacer para retirar la rezaga producto de una voladura.

El volumen por cada voladura lo afectaremos con un - factor de abundamiento del 50% y con un factor de sobre-excavación del 5% (que se refiere a aumentos en el volumen de rezaga por caídos o desprendimientos).

Vol./Volad. = secc. excav. (línea "B") x f. abunda-- miento x f. sobre-excavación x avance medio por ciclo.

$$\text{Vol./Volad.} = 17.93 \text{ m}^2 \times 1.50 \times 1.05 \times 3.00 \text{ m/volad}$$

$$\text{Vol} = 84.72 \text{ m}^3/\text{Volad.}$$

De este volumen total por voladura le debemos descontar el volumen que dejaremos como plantilla a fin de tener una superficie de rodamiento horizontal que nos permita un fácil tránsito de equipo.

La sección de la plantilla es un segmento de circunferencia que se puede calcular por la siguiente fórmula.

$$A = \frac{h}{6s} (3h^2 + 4s^2)$$

en donde:

$$h = \text{flecha} = 0.40 \text{ m}$$

$$s = \text{cuerda} = 3.70 \text{ m}$$

$$\therefore A = \frac{0.40}{6(3.70)} (3 (0.40)^2 + 4 (3.70)^2) = 1 \text{ m}^2$$

$\text{Vol. plant./volad.} = A \text{ plant.} \times \text{avance medio por ciclo.}$

$$\text{Vol. plant./volad.} = 1 \text{ m}^2 \times 3.00 \text{ m/volad.} = 3\text{m}^3/\text{volad.}$$

Por lo tanto nuestro volumen por acarrear en cada ciclo de excavación será  $84.72 \text{ m}^3 - 3.0 \text{ m}^3 = 81.72 \text{ m}^3$  que acarreados con camiones de volteo de  $6 \text{ m}^3$  de capacidad será en 14 viajes.

A continuación estableceremos el tiempo requerido -- por cada viaje.

Tiempo para que se acerque el camión de reversa a 6-km./hora desde el libradero más cercano, recorre una distancia promedio 125 mts., por lo tanto lo hará en un tiempo de 1.25 min., le consideraremos 1.5 minutos por el tiempo para salir del libradero.

Tiempo para cargarlo con una rezagadora cavo 520 de la Atlas Copco, que de acuerdo a especificaciones del fabricante tiene un rendimiento en roca ya considerando movimientos de  $45 \text{ m}^3/\text{hr.}$  lo que quiere decir que para cargar un camión de  $6 \text{ m}^3$  lo hará en 8 minutos.

El tiempo para salir el camión de frente y dejar paso al siguiente camión por cargar es el que tarda en recorrer 125 mts., a  $10 \text{ km./hora} = 0.75 \text{ min.}$

El tiempo total para cada viaje será:

Entrar	1.5	min.
Carga	8.0	min.
Salir	<u>0.75</u>	<u>min.</u>
Total.	10.25	min/viaje.

∴ 14 viajes x 10.25 min./viaje = 143.50 min.

Debemos considerar que los 1.5 minutos para que entre el primer camión de volteo para ser cargado se trasladan con los 1.5 minutos para conectar la rezagadora, por lo que consideraremos 142 minutos para viajes.

Tiempo total de la rezaga 5.83 min + 142.00 = 147.83 min.

Resumen del ciclo de excavación c/libraderos a cada -  
250 mts.

1. Retirar rezagadora	4.33	min.
2. Acercar Jumbo	11.50	min.
3. Trazos	3.50	min.
4. Barrenación	89.30	min.
5. Carga y prueba	25.00	min.
6. Voladura y Elim. gases	30.00	min.
7. Rezaga	<u>147.83</u>	<u>min.</u>
TOTAL.	311,46	min.

## Ciclo de Excavación del Túnel con Libraderos @ 300 mts.

## 1. Retirar rezagadora del frente.

Ya que la rezagadora la retiraremos al libradero más cercano del frente, estaremos recorriendo una distancia promedio de 150 mts., a una velocidad de 3.6 km/hora, lo que nos tomará un tiempo de 2.5 min., asimismo para recorrer esa distancia la rezagadora, debemos conectarla y desconectarla 4 veces para alimentarla con aire comprimido, lo cual toma un tiempo de 1.3 minutos, más el tiempo que tarda una persona en estar recorriendo la manguera de válvula en válvula esto lo hace a una velocidad de 6 km/hora y recorre -- 150 mts., lo que es un tiempo de 1.5 minutos.

Tiempo total para esta actividad.

$$2.5 \text{ min.} + 1.3 + 1.5 \quad \text{Suma } 5.3 \text{ min.}$$

## 2. Acercar Jumbo, conectarlo y fijarlo.

La actividad de acercar el Jumbo la iniciaremos al mismo tiempo que estamos retirando la rezagadora, por esta razón sólo consideraremos como tiempo crítico el que tarde el Jumbo en recorrer una distancia media de 450 mts., (menos

- 5.3 min. de retirar rezagadora) y lo hace a una velocidad de 3.6 km/hora, lo que da un tiempo de 7.5 min. más el tiempo para conectar y desconectar la manguera 10 veces, lo que significa 3.3 minutos y el tiempo para mover la manguera de válvula en válvula 4.5 minutos, de aquí que el tiempo para acercar el Jumbo sea 15.3 minutos - 5.3 min = 10.00 min., el tiempo para conectarlo ya está contemplado y 2 minutos para fijarlo.

. tiempo para esta actividad 12.0 min.

### 3. Trazos.

Esta actividad de acuerdo al número de barrenos, tardará 15 minutos, pero se traslapa con la actividad de acercar Jumbo por lo que nos significará, únicamente como tiempo crítico.

Suma 3.0 min.

### 4. Barrenación.

(mismo tiempo que para el estudio de excav.

con libraderos @ 250 mts.) Suma 89.3 min.

### 5. Carga y prueba del circuito.

Suma 25.0 min.

6. Voladura y eliminación de gases Suma 30.0 min.



## 7. Rezaga.

El tiempo para acercar la rezagadora es el mismo ya calculado en el punto (1) (para retirarla) = 5.3 min.

conectar rezagadora 1.5 min.

Como ya vimos en el punto (7) del estudio de ciclo - de excavación con libraderos a cada 250 mts., necesitamos - hacer 14 viajes para retirar la rezaga del frente.

A continuación estableceremos el tiempo requerido pa - ra cada viaje en este caso:

Tiempo para que se acerque el camión de reversa a -- 6 km/hora, desde el libradero más cercano, recorre una distancia promedio de 150 mts., por lo tanto lo hará en un tiempo de 1.5 minutos, le anotamos 1.75 min., por el tiempo para salir del libradero.

Tiempo para cargar 8.0 min., (ya calculado en el estudio anterior).

El tiempo para salir el camión de frente y dejar paso al siguiente camión por cargar, es el que tarda en recorrer 150 mts., a 10 km./hora = 0.9 min.

El tiempo total por cada viaje será:

Entrar	1.75
Carga	8.0
Salir	<u>0.90</u>

Total. 10.65 min/viaje.

. . . 14 viajes x 10.65 min/viaje = 149.10 min.

debemos considerar que los 1.75 min para que entre -  
el primer camión por cargar se traslapan con los 1.5 min., -  
para conectar la rezagadora, por lo que consideraremos - - -  
147.6 min., por viajes.

Tiempo total de la rezaga 6.8 min + 147.6 min = 154.4  
min.

Resumen del ciclo de excavación c/libramiento @ 300mts.

1. Retirar rezagadora	5.3 min.
2. Acercar Jumbo	12.0
3. Trazos	3.0
4. Barrenación	89.3
5. Carga y Prueba	25.0
6. Voladura y Elimin. Gases	30.0
7. Rezaga	<u>154.4 min.</u>
	319.0 min.

A continuación estableceremos el número de ciclos -- por día que podríamos realizar por uno y otro método analizado, a fin de establecer los criterios que nos llevarán a una correcta decisión para lo cual debemos tener en cuenta las siguientes eficiencias.

Eficiencia de frente = 80%

Eficiencia de superintendencia = 90%

Eficiencia de gerencia = 90%

∴ Nuestro factor de eficiencia será:

$$0.80 \times 0.90 \times 0.90 = 0.65$$

$$\begin{array}{l} \text{Ciclos diarios} = \frac{1440 \text{ min/día} \times 0.65}{311.46 \text{ min/ciclo}} = 3.00 \text{ ciclos/} \\ \text{a cada 250 m.} \qquad \qquad \qquad \text{día} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Ciclos diarios} = \frac{1440 \text{ min/día} \times 0.65}{319 \text{ min/ciclo}} = 2.93 \text{ ciclos/} \\ \text{a cada 300 m.} \qquad \qquad \qquad \text{día} \end{array}$$

Analizando estos resultados, vemos la conveniencia - de utilizar los libraderos a cada 250 mts., ya que nos permite realizar 3 ciclos por día y como son 3 turnos, se le - podría encargar a cada turno la ejecución de un ciclo completo y no dejar tareas pendientes para el siguiente turno, lo cual exigirá una mayor organización de las cuadrillas.

Ahora en función de los ciclos por día y teniendo en

cuenta nuestro avance por ciclo, estableceremos nuestra velocidad óptima.

$$\text{Velocidad óptima} = 3 \text{ ciclos/día} \times 3.00 \text{ m/ciclo} = 9 \text{ m/día.}$$

#### 2.2.1.2 Determinación de las velocidades medias de excavación por frente.

A continuación estableceremos velocidades medias por cada Sub-tramo, las cuales resultarán ser un porcentaje de la velocidad óptima ya obtenida, para este fin nos basaremos en el "perfil geológico del terreno, sobre el trazo del túnel" (presentado en el primer capítulo). Así como en las características y grados de dificultad en su excavación, -- que presenten los materiales ahí mencionados.

VELOCIDAD OPTIMA = 9.0 m/día.

TRAMO	LONG. (M)	SUB - TRAMO		LONG.	% VEL. OPTIMA	VEL. MEDIA	DIAS HABILES
		EST. A	EST.				
P.Entr.		0+000	- 0+050	50	50	4.50	11.1
		0+050	- 0+250	200	65	5.85	34.2
A		Librad.	0+250	8	45	4.05	2.0
		0+250	- 0+500	250	65	5.85	42.7
P.Conex.		Librad.	0+500	8	45	4.05	2.0
		0+500	- 0+750	250	65	5.85	42.7
1911		Librad.	0+750	0	45	4.05	2.0
		0+750	- 1+000	250	65	5.85	42.7
		Librad.	1+000	8	50	4.50	1.8
		1+000	- 1+250	250	70	6.30	39.7
		Librad.	1+250	8	50	4.50	1.8
		1+250	- 1+500	250	70	6.30	39.7
		Librad.	1+500	8	55	4.95	1.6
		1+500	- 1+750	250	80	7.20	34.7
		Librad.	1+750	8	60	5.40	1.5
		1+750	- 2+000	250	90	7.20	34.7
P.Salida		Librad.	2+000	8	60	5.40	1.5
		2+000	- 2+180	180	80	7.20	25.0
A		2+180	- 2+200	20	20	1.80	11.1
		2+200	- 2+250	50	65	5.85	8.5
P.Conex.		Librad.	2+250	8	45	4.05	2.0
		2+250	- 2+380	130	65	5.85	22.2
1089		Librad.	2+380	120	20	1.80	66.7
		2+380	- 2+500	8	15	0.90	5.7
		2+500	- 2+570	70	20	1.80	38.9
		2+570	- 2+750	180	40	3.60	50.0
		Librad.	2+750	8	20	1.80	4.4
		2+750	- 2+950	200	40	3.60	55.6
		2+950	- 3+000	50	30	2.70	18.5
Suma	3080			3,088			645.0

Velocidad media general =  $\frac{3.088 \text{ m}}{645 \text{ días hábiles.}}$  = 4.79 m/día

## 2.2.1.3. Duración de la excavación.

Fecha y estación de conexión.

a) La fecha de conexión será a la mitad de los días que dure la excavación (645 días) ya que iniciaremos el mismo día los dos frentes, lo cual quiere decir que la conexión será cuando hayan transcurrido:

$$\frac{645 \text{ días}}{2} = 322.5 \text{ días} = 323 \text{ días}$$

b) Para obtener el punto de conexión hacemos un acumulado de los días hábiles iniciando por el portal de entrada hasta llegar a sumar 322.5 días y en esa estación será el punto de conexión.

Vemos que hasta la estación 1 + 750 hemos tardado -- 300.2 días (ya considerando la construcción del libradero de esta estación) debemos ver ahora cuantos metros más avanzaremos en los restantes 22.3 días, en función de la velocidad del siguiente sub-tramo podemos hacer la siguiente regla de 3.

34.7 días	250 m	
22.3 días	x	x = 160.7

$$\therefore \text{ Estación de conexión} = 1 + 750 + 160.7 = 1 + 910.7$$

En vista de que nuestros avances por tronada son de 3 mts., la estación de conexión práctica deberá ser un múltiplo de 3 mts.

Por lo que la estación de conexión será 1 + 911.

c) Duración para fines de programa, debemos considerar el tiempo necesario para Movilización e Instalación de equipo, a partir de la fecha en que se otorga el contrato de construcción del túnel. Así mismo debemos considerar el tiempo necesario para rellenar los libraderos que utilizamos para la excavación, una vez terminada esta actividad, ya que vemos que no nos conviene utilizarlos durante el revestimiento, porque nos frenaría el avance de esta actividad, el tener que estar esperando el rellenar los libraderos, para poder seguir revistiendo a lo largo del túnel; esto se debe a que es más rápida la actividad de revestimiento que la de relleno de los libraderos.

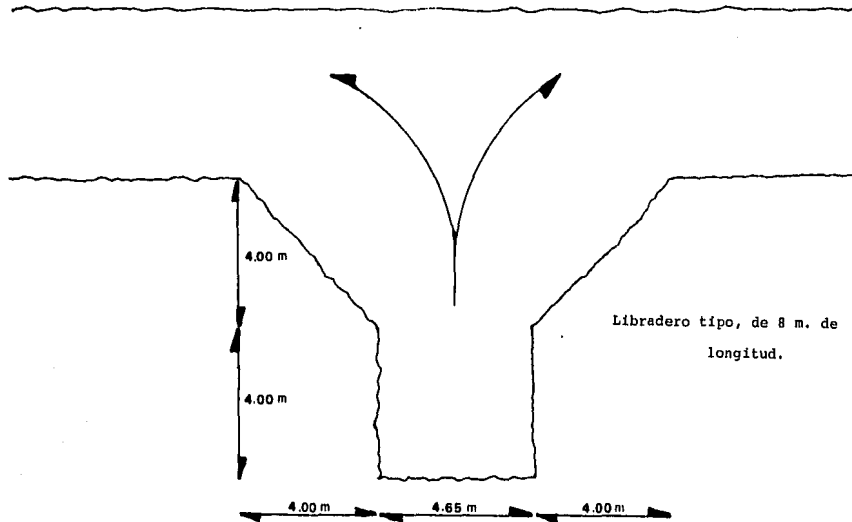
El relleno de los libraderos lo haremos con la cuadrilla de excavación y tendrán un rendimiento de  $6\text{m}^3$  de piedra abundada al 50% en una jornada y ellos la acomodarán con un abudamiento del 20% lo que quiere decir que rellenarán  $4.8\text{ m}^3$  efectivos por jornada, y  $14.4\text{ m}^3/\text{día}$  de 3 jornadas.

De acuerdo al croquis de la siguiente figura cada-  
libradero cubica  $217.53 \text{ m}^3$ .

$$\therefore \text{Tiempo para rellenar libraderos } \frac{217.53 \text{ m}^3}{14.4 \text{ m}^3/\text{día}} \doteq 16 \text{ días}$$



# LIBRADEROS EN "Y"



Cubicación del relleno/libradero.

$$\begin{aligned} \text{A) Túnel de 8 mts.} &= 17.93 \text{ m}^2 \times 1.05 \text{ f, sobre-exc. x 8.00 m.} \\ &= 150.61 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

$$\text{B) Esquinas} = 2 \text{ esq.} \times \frac{(4.0 \times 4.0 \text{ m})}{2} \times 4.65 \text{ m} \times 1.05 \text{ sobre exc.} = 78.12 \text{ m}^3.$$

$$\begin{aligned} \text{C) Vol. pantalla Túnel} &= 8 \text{ m} \times 1 \text{ m}^3/\text{m} = 8.0 \text{ m}^3 \\ \text{Esq. } 2 \times \left( \frac{4 \times 4 \times 0.20}{2} \right) &= \frac{3.2 \text{ m}^3}{11.2 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{D) Suma excav} &= 228.73 \text{ m}^3 \\ &- \underline{11.20} \\ &217.53 \text{ m}^3 \text{ relleno.} \end{aligned}$$

## 2.2.2 Revestimiento de Concreto

### 2.2.2.1 Consideraciones.

a) Sección media del revestimiento = (Sección de excavación a línea "B" más 5% de sobre-excavación) - sección-revestida.

$$\text{Sección revestida} = 0.829 (3.85 \text{ m}^2) = 12.29 \text{ m}^2$$

$$\text{Sección exc + sobre-exc} = 17.93 \text{ m}^2 \times 1.05 = 18.83 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Sección media del revestimiento a sección completa} &= \\ 18.83 - 12.29 &= 6.54 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Como dijimos al describir el procedimiento de construcción del túnel nuestro revestimiento se efectuará en 2-etapas; en una colaremos bóveda y guarniciones de apoyo y en la otra el invert.

Fórmula para calcular la sección del invert.

La sección es un segmento de anillo que podemos calcular de la siguiente manera:

$$A = \frac{\pi (R^2 - r^2)}{360^\circ} \cdot \alpha^\circ$$

donde: R = Radio mayor = 4.65 m.

r = Radio menor = 4.25 m.

$\alpha$  = Deflexión = 49°

$$A = \frac{\pi (4.65^2 - 4.25^2) (49^\circ)}{360^\circ} = 1.52 \text{ m}^2 \quad A = 1.52 \text{ m}^2$$

Por lo que tenemos:

Sección media de revestimiento de bóveda = 6.54-1.52= 5.02 m<sup>2</sup>.

Debemos considerar que a esta sección hay que restarle 0.70 m<sup>2</sup> ya que al ir colando vamos dejando en la parte superior algunos vacíos originados por el aire que no pudo-

salir y que colaremos posteriormente con inyecciones de contacto por lo tanto la sección neta de bóveda es de  $4.32 \text{ m}^2$  y la del invert. es  $1.52 \text{ m}^2$ .

b) La operación crítica del avance lo constituye el acarreo de concreto.

c) Colocación de concreto media prevista.

Esta colocación para fines de realizar un programa la determinaremos para la estación 1 + 500 que es la distancia media como consecuencia de tener un solo frente de ataque.

Tiempo para que entre un camión revoladora recorriendo una distancia de 1500 mts. a  $4 \text{ km/hr.}$ -----22.5 min.

Tiempo para vaciar la bacha de  $6 \text{ m}^3$ .

La bomba que seleccionamos a fin de minimizar el tiempo de colocación de concreto es de  $55 \text{ m}^3/\text{h}$ , lo que quiere decir que para vaciar  $6 \text{ m}^3$  tardaremos -----6.5 min.

Tiempo para salir la revoladora ya vacía y dejar paso al siguiente camión revoladora; hay que recorrer 1500 mt. a  $10 \text{ km/h}$ . Lo cual lo haremos en -----9.0 min.

Tiempo Total 38.0 min./ $6 \text{ m}^3$

De aquí que en 1 hora colocaremos:  $9.47 \text{ m}^3$  de concreto.

d) Eficiencia =  $0.8 \times 0.90 \times 0.90 = 0.65$   
 eficiencia del frente = 80%  
 eficiencia de superintendencia = 90%  
 eficiencia de gerencia = 90%

2.2.2.2. Avance Diario Medio Por Frente.

El colado de la bóveda será continuo con formas te-

lescópicas de una longitud media de 15 mts.

$$\text{Bóveda} = \frac{9.47 \text{ m}^3/\text{h coloc. media} \times 0.65 \text{ efíc} \times 24 \text{ h/día}}{4.32 \text{ m}^3 \text{ (Secc. bóveda)}}$$

$$= 34.20 \text{ m/día.}$$

NOTA: Las inyecciones de contacto, las ejecutaremos durante el proceso de colado de bóveda y terminarán 15 -- días después de haber concluido éste.

#### Limpieza de Plantilla y Colado de Invert.

Estas dos actividades, las haremos alternadas, es decir que iremos colando invert. por tramos, una vez que ya esté limpia la plantilla.

El colado de invert lo haremos entonces intermitente y colocaremos el concreto con una bomba, de una capacidad de 55 m<sup>3</sup>/hora y desde un solo frente por lo que nuestra colocación media prevista será al igual que el colado de bóveda, - igual a 9.47 m<sup>3</sup>/hora y en un jornal de 8 horas colocaremos 75.76 m<sup>3</sup> lo que significa un avance de:

$$\frac{75.76 \text{ m}^3/\text{jorn.}}{1.52 \text{ m}^3/\text{ml.}} = 50 \text{ ml/jor.}$$

La limpieza de la plantilla la haremos ocupando el - cargador frontal para levantar sólo un 35% de volumen de -- plantilla ya que la cuchara no puede entrar en todos los --

rincones, otra parte del volumen un 50% aproximadamente lo recogeremos con una cuadrilla de limpieza y el 15% restante lo limpiaremos con chorro de agua a presión y una bomba deodos pudiendo tener un rendimiento de limpieza de plantilla de 50 ml/jor.

Por lo tanto, organizaremos nuestra cuadrilla de tal forma que nos dedicaremos un turno a limpieza de plantilla y el otro a colado de invert y así sucesivamente.

De aquí que cada 16 horas (2 turnos) limpiemos y colemos 50 ml. de Invert por lo que nuestra colocación media será:

$$\frac{75.76 \text{ m}^3/2 \text{ jorn.}}{16 \text{ horas}/2 \text{ jorn.}} = 4.73 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Limpieza de plantilla

$$\text{y colado invert.} = \frac{4.73 \text{ m}^3/\text{hora} \times 0.65 \text{ efic.} \times 24 \text{ horas}/\text{día}}{1.52 \text{ m}^3/\text{ml.}} = 48.54 \text{ m}$$

### 2.2.2.3 Duración del revestimiento. ( 1 frente )

$$\text{Bóveda} = \frac{\text{Longitud del frente}}{\text{Avance medio diario por frente}} = \frac{3000 \text{ m}}{34.20 \text{ m}/\text{día}} = 88 \text{ días}$$

$$\text{Limpieza de Plant.} = \frac{\text{Longitud del frente}}{\text{Avance diario por frente.}} = \frac{3000 \text{ m}}{48.54 \text{ m}/\text{día}} = 62 \text{ días.}$$

$$\text{Suma} \quad 150 \text{ días.}$$

NOTA: Las inyecciones de contacto, no se consideran en tiempo dentro del programa ya que como dijimos anteriormente se realizarán durante el proceso de colado de bóveda y traslapan también 15 días con la limpieza de plantilla -- porque no se estorban estas actividades.

2.2.3. Resumen de actividades críticas por frente - en días hábiles

FRENTE.	ACTIVIDAD.	DURACION.	INICIA EL DIA.	TERMINA EL DIA.
I. EXCAVACION.				
1. Portal de entrada a Pto. de Conex.	Preparación	48	1	48
	Excavación	323	49	371
	Rellenar Libr.	16	372	387
2. Portal de salida a Pto. de Conex.	Preparación	48	1	48
	Excavación	323	46	371
	Rellenar Libr.	16	370	387

FRENTE	ACTIVIDAD	DURACION	INICIA EL DIA.	TERMINA EL DIA.
II Revestimiento				
1. Portal de entrada a a Portal de salida	Preparación	48	340	387
	Bóveda	88	388	475
	Limp. de Plant. y colado invert.	62	476	537

$$\text{Días de calendario} = 537 \text{ días hábiles} \times \frac{365 \text{ días/año}}{296.83 \text{ días labor./año}^*} = 661 \text{ días.}$$

\*Este resultado se detalla en el inciso 2.4.1.1.



## 2.3. Costo de materiales puestos en el Almacén de la Obra.

## 2.3.1. Materiales de Consumo.

MATERIAL	UNIDAD	COSTO DE ADQUISICION	FLETES Y/O MANIOBRAS	COSTO TOTAL
<b>I. Para excavación de túnel.</b>				
1 Acero de barrenación de 1" $\phi$ x 3.20	Pza.	2,882.00	2.20	2,884.20
2 Dinamita gelatina al 40%	Kg.	36.80	0.60	37.40
3 Estopines eléctricos "MS" x 3.0	Pza.	25.00	0.30	25.30
4 Guía de disparo (Alambre tw No. 20 )	M	19.70	0.10	19.80
5 Pala de punta de mango - corto	Pza.	135.70	2.40	138.10
6 Pico con mango	Pza.	210.35	2.60	212.95
7 Marro de 8 lbs. con mango	Pza.	308.75	2.90	311.65
8 Marro de 10 lbs. con mango	Pza.	370.95	3.00	373.95
9 Llave Stillson Núm. 36	Pza.	2,959.00	3.50	2,962.50
10 Llave de cadena p/tubo 101 mm.	Pza.	4,563.00	3.80	4,566.80
<b>II. Para soporte de Terreno.</b>				
1 Marco metálico I-6" en 2 Pzas. p/armar	Pza.	10,719.08	300.00	11,019.08
2 Madera para retaque	P.T.	10.35	0.20	10.55
3 Aditivo para cemento (Lanzacret)	Kg.	29.40	0.40	29.80
4 Cemento tipo I (por saco)	Ton.	2,000.00	100.00	2,100.00
5 Grava 1/2"	M <sup>3</sup>	70.00	25.00	95.00
6 Arena	M <sup>3</sup>	70.00	25.00	95.00
7 Tornillos de 1" x 3" c/Tuerca y cabeza Hex.	Pza.	33.36	0.10	33.46
8 Separadores de Acero c/rosca y tuerca	Pza.	59.00	1.00	60.00
<b>III. Para revestimiento de túnel.</b>				
1 Cemento tipo I (a granel)	Ton.	1,920.00	100.00	2,020.00
2 curacreto (tambor 200 lts)	Lt.	12.69	0.40	13.09
3 Madera para tapones	P.T.	10.35	0.20	10.55

MATERIAL	UNIDAD	COSTO DE ADQUISICION	FLETES Y/O MANIOBRAS	COSTO TOTAL
4 Grava 1-1/2"	M <sup>3</sup>	70.00	25.00	95.00
5 Arena	M <sup>3</sup>	70.00	25.00	95.00
6 Clavo	Kg.	12.00	0.35	12.35
7 Acero de refuerzo alta re- sist.	Ton.	12,000.00	400.00	12,400.00
8 Alambre recocido	Kg.	14.30	0.35	14.65
<u>IV. Material eléctrico.</u>				
1 Lámpara incandescente 100 W/ 220 V.	Pza.	57.70	0.05	57.75
2 Filamentos cuarzo 500 W/ 220 V.	Pza.	519.70	0.05	519.75
<u>V. Equipo de seguridad</u>				
1 Casco de protección	Pza.	92.00	0.55	92.55
2 Casco de protección c/porta Lámp.	Pza.	115.50	0.55	116.05
3 Guantes de maniobrista	Par	69.00	0.10	69.10
4 Botas N° 7 para mina	Par	338.00	0.60	338.60
5 Botas de hule	Par	162.15	0.60	162.75
6 linterna	Pza.	144.00	0.10	144.10
7 Mascarilla	Pza.	80.00	0.10	80.10
8 Gafas	Pza.	80.00	0.10	80.10
9 Extinguidores	Pza.	1,980.00	1.00	1,981.00
10 Botiquín de primeros auxi- lios	Lote	750.00	0.80	750.80
<u>VI. Combustibles y lubricantes</u>				
1 Gasolina	Lt.	2.80	0.07	2.87
2 Diesel	Lt.	1.00	0.07	1.07
3 Aceite lubricante	Lt.	27.00	0.10	27.10

## 2.3,2 Materiales recuperables.

MATERIALES	UNIDAD	COSTO ADQUISICION	COSTO DE AQUISICION MAS CARGO DE FLETES Y MA- NIERAS.	% DE RE- CUPERACION	CARGO
<b>I. Tuberías de acero y accesorios.</b>					
1. Tubería negra ced.40 - 4" ø	M	320.10	322.10	30	225.50
2. Tubería negra roscada - ced.40 2" ø	M	105.71	105.71	30	74.00
3. Válvula compuerta 150 lbs. 2" ø	Pza.	8,650.00	8,657.60	40	5,194.60
4. Válvula compuerta 4" ø	Pza.	7,449.75	7,460.05	40	4,476.05
5. Válvula compuerta 4" ø acoplamiento rápido.	Pza.	18,353.00	18,363.30	40	11,018.00
6. Juntas Jubón de 4" ø	Pza.	258.70	260.70	30	182.50
7. Soporte tubería 4" ø	Pza.	8.00	0.40	0	8.40
<b>II. Tubería p/Ventilación</b>					
Tubo de lona ahulada 40" ø (incluye juntas)	M	489.48	491.48	0	491.48
<b>III. Material eléctrico</b>					
1. Lámparas de cuarzo	Pza.	2,263.03	2,265.03	10	2,038.55
2. Sockets	Pza.	32.10	32.20	10	29.00
3. Soportes c/aisladores y Anclaje	Pza.	253.00	253.10	0	253.10
4. Cable armado 5000 V de prueba. Cal. 2	M	167.73	168.08	30	117.70
Cal. 6	M	110.85	111.20	30	77.84
Cal. 8	M	89.60	89.95	30	63.00
5. Alambre THW Cal. 8	M	19.01	19.36	30	13.55
6. Transformadores reductores 37.5 KVA 2300-220 V	Pza.	54,615.00	54,915.00	30	38,440.50
7. Soportes línea alta tensión.	Pza.	165.90	166.00	0	166.00

MATERIALES	UNIDAD	COSTO ADQUISICION	COSTO DE AQUISICION MAS CARGO DE FLETES Y MA- NIERAS.	% DE RE- CUPERACION	CARGO
IV. <u>Material p/bombeo</u>					
1. Tubería negra Ced. 20 4" ø	M	266.00	268.03	30	187.62
2. Tubería negra Ced. 20 6" ø	M	300.00	302.03	30	211.42

## 2.4 Mano de obra.

## 2.4.1 Determinación del costo real.

## 1. Incremento por prestaciones laborales:

Días pagados en el año

Salario = 365 días/año

Aguinaldo = 15 días/año

Prima Vac. = 1.5 días/año (25% de los 6 días de vacac).

Percepción anual = 381.5 días/año.

Días no laborados en el año.

Domingo 52 días/año

Días festivos 6.17 días/año.

(1º de Enero, 21 de Marzo,

1º de Mayo, 16 de Sept.,-

20 de Nov., 1º de Dic. cada 6 años

Vacaciones 6 días/año

Días costumbre 4 días /año

(3 de mayo, 1º y 2 Nov.,

5 de Feb.).

SUMA. 68.17 días/año.

Tiempo laborado = 365 días - 68.17 días no Lab. =  
296.83 días/año.

$$\text{Incremento} = \frac{381.5 \text{ días percepción anual}}{296.83 \text{ días laborados/año}} - 1.0 = 0.28$$

2. Incremento por Seguro Social con extra prima de riesgo moderado 125%.

$$\begin{aligned} \text{a) Salarios mínimos} &= \frac{381.5 \text{ días percepción anual}}{296.83 \text{ días laborados/año}} \times \\ 0.196875 &= 0.25 \\ &==== \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Salarios no mínimos} &= \frac{381.5 \text{ días percepción anual}}{296.83 \text{ días laborados/año}} \times \\ 0.159375 &= 0.20 \\ &==== \end{aligned}$$

RESUMEN.	SALARIOS MINIMOS.	SALARIOS NO MINIMOS.
Salario base	1.00	1.00
Prestaciones	0.28	0.28
Seguro Social	0.25	0.20
Impuestos para educación	0.01	0.01
Incremento total.	1.54	1.49

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

## 2.4,2 Catálogo de costo de mano de obra por actividades.

## 2.4.2.1. Excavación de túnel.

## SALARIOS POR CUADRILLA

CATEGORIA	Nº DE PERSONAS	SALARIO BASE	INCREMENTO	COSTO INDIVIDUAL	COSTO TOTAL POR TURNO
Sobrestante General	1	547.00	1.49	815.03	815.03
A) En el interior.					
1. Jefe de Turno	1	394.00	1.49	587.06	587.06
2. Perforista	1	310.00	"	461.90	461.90
3. Rezagador	1	360.00	"	536.40	536.40
4. Electricista	1	310.00	"	461.90	461.90
5. Choferes	5	310.00	"	461.90	2,309.50
6. Tubero	1	310.00	"	461.90	461.90
7. Bombero	1	230.00	1.49	342.70	342.70
8. Poblador	1	310.00	"	461.90	461.90
9. Ayudante de perforista	2	160.00	"	238.40	476.80
10. de rezagador	1	160.00	"	238.40	238.40
11. de electric.	1	160.00	"	238.40	238.40
12. de tubero	1	160.00	"	238.40	238.40
13. de bombero	1	160.00	"	238.40	238.40
14. de poblador	1	160.00	1.49	238.40	238.40
15. Reportero/Telefonista	1	230.00	1.49	342.70	342.70
16. Peón	15	145.00	1.54	223.30	3,349.50
17. Soldador	1	310.00	1.49	461.90	461.90
18. Ayudante de soldador	1	160.00	1.49	238.40	238.40
B) En el exterior.					
1. Compresorista	1	230.00	1.49	342.70	342.70
2. Sobrestante de manio bras.	1	360.00	1.49	536.40	536.40
3. Maniobrista	2	230.00	1.49	342.70	685.40
4. Operador cargador front	1	310.00	1.49	461.90	461.90
5. Ayudante de Op.Carga- dor	1	160.00	1.49	238.40	238.40
6. Chofer de pipa	1	266.00	1.49	396.34	396.34
7. Peón	4	145.00	1.54	223.30	893.20
SUMA					\$ 16,053.93
+ 5% de equipo de seguridad y herramienta.					802.70
Costo cuadrilla/Turno					\$ 16,856.63
					=====

## 2.4.2.2 Revestimiento de concreto

## SALARIO POR CUADRILLA

CATEGORIA	Nº DE PERSONAS	SALARIO BASE	INCRE- MENTO	COSTO INDIVIDUAL	COSTO TOTAL POR TURNO
Sobrestante general	1	547.00	1.49	815.03	815.03
A) En el interior					
1. Jefe de Turno	1	394.00	1.49	587.06	587.06
2. Operador de Bomba	1	310.00	"	461.90	461.90
3. Operador carro revol. v.	3	310.00	"	461.90	1,385.70
4. Formero	2	310.00	"	461.90	923.80
5. Concretero	1	310.00	"	461.90	461.90
6. Electricista	1	310.00	"	461.90	461.90
7. Tubero	1	310.00	"	461.90	461.90
8. Soldador	1	310.00	"	461.90	461.90
9. Ayudante de bomba concr.	1	160.00	"	238.40	238.40
10. Ayudante de concretero	7	160.00	"	238.40	1,668.80
11. Ayudante de Electric.	1	160.00	"	238.40	238.40
12. Ayudante de Tubero	3	160.00	"	238.40	715.20
13. Ayudante de soldador	1	160.00	"	238.40	238.40
14. Ayudante de formero	4	160.00	"	238.40	953.60
15. Cabo de limpieza	1	230.00	"	342.70	342.70
16. Reportero/telefonista	1	230.00	1.49	342.70	342.70
17. Peón	10	145.00	1.54	223.30	2,233.00
B) En el exterior					
1. Sobrest. de Fabric. de Concr.	1	360.00	1.49	536.40	536.40
2. Operador planta de concr.	1	310.00	"	461.90	461.90
3. Operador Escrepa radial	1	310.00	"	461.90	461.90
4. Manobrista	1	160.00	"	238.40	238.40
5. Laboratorista	1	266.00	"	396.34	396.34
6. Compresorista	1	230.00	"	342.70	342.70
7. Bombero	1	230.00	"	342.70	342.70
8. Ayudantes	7	160.00	1.49	238.40	1,668.80
9. Peón	6	145.00	1.54	223.30	1,339.80

Suma

\$ 18,781.23

5% de equipo de seguridad y herramienta y equipo aux.

939.06

Total

\$ 19,720.29

=====



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

## 2.5 Costo de Maquinaria y Equipo

## Catálogo

De cada máquina cotizada se presenta el estudio correspondiente.

MAQUINARIA	COSTO HORARIO (\$)	
	OCIOSA	ACTIVA
1.0 Equipo para excavación de túnel		
1.1 Jumbo cavodrill 555 Atlas Copco c/2 brazos	750.21	774.33
1.2 Brazo con Perforadora	298.23	299.92
1.3 Rompedora neumática	22.32	26.07
1.4 Rezagadora Cavo 520 neumática Atlas Copco	629.16	683.61
1.5 Camión de Volteo 6m <sup>3</sup> Diesel Dodge-600	105.49	141.96
1.6 Cargador Frontal Caterpillar 955-L	692.41	719.20
2.0 Equipo para ventilación de túnel		
2.1 Ventilador Turbo-Axial Flåkt	17.33	17.33
3.0 Equipo para ademado		
3.1 Lanzadora de concreto c/bomba Thomsen	65.96	85.78
4.0 Equipo para generar aire comprimido		
4.1 Compresor eléctrico 477 P.C.M.	184.46	191.76
5.0 Equipo para bombeo		
5.1 Bomba autocebante 2"Ø, 5 HP	3.43	3.43
6.0 Equipo para revestimiento de túnel		
6.1 Formas telescópicas sobre Jumbo	74.56	75.56
6.2 Bombas de concreto 55m <sup>3</sup> /hora	277.13	305.68
6.3 Planta de concreto 15m <sup>3</sup> /hora	360.83	360.83
6.4 Vibrador neumático de contacto	7.33	11.08
6.5 Camión Revolvedora 6m <sup>3</sup>	383.04	419.51
6.6 Vibrador neumático de chicote.	7.56	11.31
6.7 Inyectora	118.97	137.04
6.8 Taladro	22.32	26.07
7.0 Equipo para transporte		
7.1 Autotanque de 8m <sup>3</sup>	115.95	229.23
8.0 Equipo Eléctrico		
8.1 Transformador 500 KVA 23 - 2.3 KW	42.56	42.56
8.2 Transformador 400 KVA 23 - 2.3 KW	38.90	38.90
8.3 Transformador 200 KVA 23 - 0.22 KW	23.16	23.16

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA JUMBO MARCA ATLAS-CORCO MOD CAYODRILL 535  
 HP 2X12 ENERGIA NEUMATICO PESO 9700 Kgs. VALOR(VA) \$ 4127,568.50  
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10,000 HRS 5 ASES: RESCATE (Vr) 10  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA(T) 415 DIAS 9960 HRS

CLAVE: D = Depreciación

Ha = Horas trabajo/año 7124 hrs

i = Tasa de interés anual (%)

S = Prima anual de Seguro (%)

Dr = Duración del recurso (hrs)

T =  $\lambda$  horario de operación

Va = Tasa de almacenaje (%)

Q = Mantenimiento (%)

F = Costo de fletes

I = Costo de instalación

y desmantelamiento

C = Consumo

## EQUIPADA C/2 PERFORADORAS COP 90 ED

COSTO	FORMULA	CALCULO	Indicador \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{4127,568.50 - 412,756.85}{10,000 \text{ hrs}}$	371.48
2.- Inversión	$\left(\frac{Va + Vr}{2Ha}\right) i$	$\left(\frac{4127,568.50 + 412,756.85}{14,248}\right) 0.20$	63.73
3.- Seguros	$\left(\frac{Va + Vr}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{4127,568.50 + 412,756.85}{14,248}\right) 0.012$	5.48
4.- Almacenaje	Ka D	0.03 x $\downarrow$ 371.48/hr	11.14
5.- Mantenimiento	Q D	0.80 x $\downarrow$ 371.48/hr	297.18
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\downarrow 12,000.00}{9,960 \text{ hrs}}$	1.20
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$		—
COSTO MAQUINA OCIOSA			750.21
1.- Combustibles	$\frac{C}{Dr}$		—
2.- Lubricantes	$\frac{C}{Dr}$	$\frac{5 \text{ qts.} \times \downarrow 27.10}{200 \text{ hrs}}$	0.68
3.- Filtros	$\frac{C}{Dr}$		—
4.- Acumuladores	$\frac{C}{Dr}$		—
5.- Cables	$\frac{C}{Dr}$		—
6.- Dientes	$\frac{C}{Dr}$		—
7.- Llantas	$\frac{C}{Dr}$	$\frac{1 \text{ dgo.} \times \downarrow 83,600.00}{5000 \text{ hrs}}$	16.72
8.- Mangueros	$\frac{C}{Dr}$	$\frac{\downarrow 10,000.00}{3000 \text{ hrs.}}$	3.33
9.- Aceite hidráulico	$\frac{C}{Dr}$	$\frac{1 \text{ qt.} \times \downarrow 27.10}{8.0 \text{ hrs}}$	3.39
10.-	$\frac{C}{Dr}$		—
NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente			
COSTO MAQUINA ACTIVA			774.33

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA BRAZO PERFORADORA MARCA ATLAS COPCO MOD. PARA CANDRILL 555  
 No. 12 ENERGIA NEUMATICO VALOR (V) 1'642,349.90  
 VIDA ECONOMICA (Vv) 10,000 HRS. 5 AÑOS: PLACATE (Vv) 10  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA EMPRESA 416 DIAS 9960 HRS.

CLAVE: D = Depreciación      Ka = Tasa de almacenaje (%)  
 H = Horas trabajo/año 7124      Q = Mantenimiento (%)  
 I = Tasa de interés anual (%)      F = Costo de fletes  
 S = Prima anual de Seguro (%)      L = Costo de instalación  
 Dr = Duración del recurso (Dias)      y desmantelamiento  
 T = V horario de operación      C = Consumo

CLAVE	FORMULA	DETERMINACION	Importe \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{V-v_r}{V_v}$	$\frac{1'642,349.90 - 164,234.95}{10,000 \text{ hrs}}$	147.81
2.- Inversión	$\left(\frac{V-v_r}{2H}\right) \cdot I$	$\left(\frac{1'642,349.90 - 164,234.95}{2(7,124 \text{ hrs})}\right) 0.20$	25.36
3.- Seguros	$\left(\frac{V-v_r}{2H}\right) \cdot S$	$\left(\frac{1'642,349.90 - 164,234.95}{2(7,124 \text{ hrs})}\right) 0.0172$	2.18
4.- Almacenaje	Ka · D	$0.03 \times 147.81/\text{hr}$	4.43
5.- Mantenimiento	Q · I	$0.20 \times 147.81/\text{hr}$	148.26
6.- Fletes y manobras	$\frac{F}{T_v}$	$\frac{12,000.00}{9,960 \text{ hrs.}}$	0.20
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{L}{T_v}$		—
COSTO MAQUINA PASIVA			298.23
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.- Fuentes	$\frac{C}{Dr}$		—
7.- Aceite hidráulico	$\frac{C}{Dr}$	$\frac{0.9 \text{ lbs.} \times 127.10}{8.0 \text{ hrs.}}$	1.69
8.-	$\frac{C}{Dr}$		—
9.-	$\frac{C}{Dr}$		—
10.-	$\frac{C}{Dr}$		—
NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente			
COSTO MAQUINA ACTIVA			299.92

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA PERFORADORA SIPIERNA MARCA INGERSOLL RAND MOD JR-300  
 HP ENERGIA NEUMATICO PESO VALOR (VAL) 110,000.00  
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10,000 HRS 5 AÑOS; RESCATE (Vr) 10 %  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (Tc) 126 DIAS 3,040 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

CATEGORIA	FORMULA	CALCULO	Indice \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{110,000 - 10,000}{10,000 \text{ hrs}}$	9.90
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) I$	$\left(\frac{110,000 + 10,000}{14,248 \text{ hrs.}}\right) 0.10$	1.70
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{110,000 + 10,000}{2(14,248 \text{ hrs.})}\right) 0.0172$	0.14
4.- Almacenaje	Ka D	$0.03 \times 9.90/\text{hr}$	0.03
5.- Mantenimiento	Q D	$0.80 \times 9.90/\text{hr.}$	7.92
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Tc}$	$\frac{18,000.00/\text{flete}}{3040 \text{ hrs.}}$	2.63
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Tc}$		—
COSTO MAQUINA OCIOSA			22.32
1.- Combustibles	$\frac{C}{Dr}$		—
2.- Lubricantes	$\frac{C}{Dr}$	$\frac{0.125 \times 30.00}{1.0 \text{ hr.}}$	3.75
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 carga en la cuadrilla correspondiente			
COSTO MAQUINA ACTIVA			26.07

## ESTIMACION DEL COSTO HORARIO DE MOVILIDAD Y EQUIPO

MAQUINA REZAGADORA MARCA ATLAS COPCO MODELO CNO 520  
 HP 40 ENERGIA NEUMATICA PRESION 7000 lbs. VALOR (Va) \$ 3'461.040<sup>00</sup>  
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10,000 HRS 5 ANOS DE SERVIDO (Vt) 10  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (T) 415 DIAS 2060 HRS

CLAVE: D = Depreciación K = Tasa de almacenamiento (1)  
 Ha = Horas trabajo/año Q = Mantenimiento (1)  
 i = Tasa de interés anual (%) F = Costo de fletes I = Costo de instalación  
 S = Prima anual de Seguro (%) J = Costo de instalación y desmantelamiento  
 Dr = Duración del recurso (hrs) C = Consumo  
 T = % horario de operación

DESCRIPCION	FORMULA	CALCULO	INDICE \$/hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{3'461.040^{00} - 346.104^{00}}{10,000}$	311.50
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) i$	$\left(\frac{3'461.040^{00} + 346.104^{00}}{14,248 \text{ hrs.}}\right) \times 0.20$	53.34
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vt}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{3'461.040^{00} + 346.104^{00}}{14,248 \text{ hrs.}}\right) \times 0.0172$	4.58
4.- Almacenaje	Ka D	0.03 x \$ 311.50/hr.	9.34
5.- Mantenimiento	Q F	0.80 x \$ 311.50/hr	249.20
6.- Fletes y manobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$ 12,000.00}{9,960}$	1.20
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$		—
<b>COSTO MAQUINA COCIDA</b>			<b>629.16</b>
1.- Combustibles	$\frac{C}{Dr} S$		—
2.- Lubricantes	$\frac{C}{Dr} S$	$\frac{0.39 \times \$ 27.10}{10 \text{ hr}}$	10.57
3.- Filtros	$\frac{C}{Dr} S$		—
4.- Acumuladores	$\frac{C}{Dr} S$		—
5.- Cables	$\frac{C}{Dr} S$		—
6.- Fuentes	$\frac{C}{Dr} S$		—
7.- Llantas	$\frac{C}{Dr} S$	$\frac{1 \text{ Udo.} \times \$ 6600.00}{5000 \text{ hrs.}}$	13.20
8.- Mangueras	$\frac{C}{Dr} S$	$\frac{\$ 15,000.00}{2000 \text{ hrs.}}$	7.50
9.- Cadena, cable y cables	$\frac{C}{Dr} S$	$\frac{\$ 115,920.40}{5,000 \text{ hrs.}}$	23.18
10.-	$\frac{C}{Dr} S$		—
NOTA: El personal de operación se cobra en la cuadrilla correspondiente			
<b>COSTO MAQUINA ACTIVA</b>			<b>683.61</b>

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA CAMION VOLVO 6m<sup>3</sup> MARCA DOJGE MOD D-600  
 HP 150 ENERGIA DIESEL PISO 11,567 kg VALOR(Va) 581,549.10  
 VIDA ECONOMICA (Vv) 10,000 HRS 5 AÑOS: RECALAFE(Vr) 10 HRS  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OPERACION 415 DIAS 9,900 HRS

CLAVE: D = Depreciación

Ka = Tasa de almacenaje (%)

Ma = Horas trabajo/año

M = 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 = A horario de operación

C = Consumo

CATEGORIA	FORMULA	CALCULO	IMPORTE S/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Vv}$	$\frac{581,549.10 - 58,154.91}{10,000}$	52.33
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) I$	$\left(\frac{581,549.10 + 58,154.91}{14,248 \text{ hrs.}}\right) \times 0.20$	8.97
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{581,549.10 + 58,154.91}{14,248 \text{ hrs.}}\right) \times 0.0172$	0.77
4.- Almacenaje	Ka D	0.03 x \$ 52.33/hr.	1.56
5.- Mantenimiento	M D	0.80 x \$ 52.33/hr.	41.86
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$		—
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$		—
<b>COSTO MAQUINA OCIOSA</b>			<b>105.49</b>
CATEGORIA DE CONSUMIBLES	1.- Combustibles	$\frac{C}{Dr} S$ Dr = $\frac{0.1514 \times 105 \text{ hr. op.} \times 1.07}{1 \text{ hr.}}$	17.04
	2.- Lubrificantes	$\frac{C}{Dr} S$ $\frac{0.39 \times 27.10}{10}$	10.57
	3.- Filtros	$\frac{C}{Dr} S$ $\frac{1 \text{ lote} \times 1275.00}{200 \text{ hrs.}}$	1.38
	4.- Acumuladores	$\frac{C}{Dr} S$ $\frac{1 \times 190.20}{2000 \text{ hr.}}$	0.48
	5.- Cables	$\frac{C}{Dr} S$	—
	6.- Herramientas	$\frac{C}{Dr} S$	—
	7.- Llantas	$\frac{C}{Dr} S$ $\frac{1 \text{ Jdo.} \times 12,000}{3000 \text{ hrs.}}$	7.00
	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.			
<b>COSTO MAQUINA ACTIVA</b>			<b>141.96</b>

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA	CARGADOR FRONTAL	MAQUINA	CATERPILLAR	MODELO	965-L
LA	130	ENERGIA	DIESEL	VALORINALS	3' 807,903.00
VIDA ECONOMICA (Ve)	10 años	VALOR	15,240,000	VALOR RESCATE (Vr)	10
TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (T)	5	TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (T)	628 DIAS	TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (T)	15,072 HRS

CLAVE: D = Depreciación

Ha = Horas trabajo/año

I = Tasa de interés anual (%)

S = Prima anual de Seguro (%)

Dr = Duración del recurso (Días)

T = A horario de operación

Ka = Tasa de almacenaje (%)

Q = Mantenimiento (%)

F = Costo de fletes

I = Costo de instalación

y desmantelamiento

C = Consumo

DESCRIPCION	FORMULA	CALCULO	Importe \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{3' 807,903.00 - 380,790.00}{10.000}$	342.71
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) \cdot I$	$\left(\frac{3' 807,903.00 + 380,790.00}{14,240}\right) \times 0.20$	58.80
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) \cdot S$	$\left(\frac{3' 807,903.00 + 380,790.00}{14,240}\right) \times 0.0172$	5.06
4.- Almacenaje	Ka · D	0.03 x \$ 342.71	10.28
5.- Mantenimiento	Q · D	0.80 x \$ 342.71	274.23
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{20,000}{15,072}$	1.33
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$		—
<b>COSTO MAQUINA OCIOSA</b>			<b>692.41</b>
1.- Combustibles	$\frac{C}{Dr} \cdot S$	$\frac{0.1514 \times 94 \text{ HP} \cdot \text{hr} \cdot \text{hr} \times 11.07/\text{hr}}{1 \text{ hr.}}$	14.74
2.- Lubricantes	$\frac{C}{Dr} \cdot S$	$\frac{0.39 \times \$ 27.10}{1 \text{ hr.}}$	10.57
3.- Píntos	$\frac{C}{Dr} \cdot S$	$\frac{\$ 500}{200}$	2.50
4.- Acumuladores	$\frac{C}{Dr} \cdot S$	$\frac{\$ 2000}{2000 \text{ hrs}}$	1.0
5.- Cables	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
6.- Dientes	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
7.-	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
8.-	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
9.-	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
10.-	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
NOTA: El personal de operación se cobra en la cuadrilla correspondiente			
<b>COSTO MAQUINA ACTIVA</b>			<b>719.20</b>



## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA VENTILADOR TURBO-AXIAL MARCA FLAKT MOD PHMD 120/B FOLDS  
 HP 20 ENERGIA ELECTRICO PESO VALOR (Vv) \$ 90,706.00  
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10,000 HRS 5 AÑOS; RESCATE (Vr) 10  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OPERACION 396 DIAS 9,480 HRS

CLAVE: D = Depreciación  
 Ha = Horas trabajo/año 7124  
 i = Tasa de interés anual (%)  
 S = Prima anual de Seguro (%)  
 Dr = Duración del recurso (hrs)  
 T = A horario de operación

Ka = Tasa de almacenaje (%)  
 Q = Mantenimiento (%)  
 F = Costo de fletes  
 I = Costo de instalación  
 y desmantelamiento  
 C = Consumo

INCLUYE 2 MOTORES %/UNIDAD

COSTO	FORMULA	CALCULO	IMPORTE \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{90,706 - 9,070.60}{10,000 \text{ hrs.}}$	8.16
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) i$	$\left(\frac{90,706 + 9,070.60}{14,248}\right) 0.20$	1.40
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{90,706 + 9,070.60}{14,248}\right) 0.0172$	0.12
4.- Almacenaje	Ka D	$0.03 \times 8.16 / \text{hr}$	0.24
5.- Mantenimiento	Q D	$0.80 \times 8.16 / \text{hr}$	6.52
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Tc}$	$\frac{4,000.00}{9,480 \text{ hrs}}$	0.42
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Tc}$	$\frac{4,500.00}{9,480 \text{ hrs.}}$	0.47
COSTO MAQUINA OCIOSA			17.33
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 carga en la cuadrilla correspondiente			
COSTO MAQUINA ACTIVA			17.33

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA LANZADORA DE CONCRETO MARCA THOMSEN N.º TOMMY-GUN-A-365  
 HP 30 ENERGIA DIESEL PICO 1,406 kg/s VALOR DE LISTA 359,260.00  
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10,000 HRS 5 AÑOS DE RESCATE (Vr) 10  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRERA 415 DIAS 9960 HRS

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

## INCLUYE BOMBA REVOLVEDORA

ITEM	FORMULA	CALCULO	IMPORTE \$/hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{359,260.00 - 35,926.00}{10,000}$	32.33
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) I$	$\left(\frac{359,260.00 + 35,926.00}{14,240}\right) \times 0.20$	5.54
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{359,260.00 + 35,926.00}{14,240}\right) \times 0.0172$	0.47
4.- Almacenaje	Ka Q	$0.03 \times \$ 32.33/hr.$	0.96
5.- Mantenimiento	Q I	$0.80 \times \$ 32.33/hr.$	25.86
6.- Fletes y manobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{8,000.00}{9,960}$	0.80
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$		—
<b>COSTO MAQUINA OCIOSA</b>			<b>65.96</b>
1.- Combustibles	$\frac{C}{Lr} S$	$E = \frac{0.0514 \times 21 H.P.p. \times \$ 1.07/lit.}{10 hr.}$	3.40
2.- Lubricantes	$\frac{C}{Lr} S$	$\frac{0.39 \times \$ 27.10}{1.0 hr.}$	10.57
3.- Filtros	$\frac{C}{Dr} S$	$\frac{1 lote \times \$ 275.00}{200 hrs.}$	1.37
4.- Amortiguadores	$\frac{C}{Dr} S$	$\frac{1 \times \$ 950.00}{2000}$	0.48
5.- Cables	$\frac{C}{Lr} S$		—
6.- Puertes	$\frac{C}{Lr} S$		—
7.- Llantas	$\frac{C}{Dr} S$	$\frac{1390 \times \$ 8000}{2000 hrs.}$	4.00
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			
<b>COSTO MAQUINA ACTIVA</b>			<b>85.78</b>

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA COMPRESOR MARCA ATLAS COPCO MOD GA 807  
 HP 100 ENERGIA ELECTRICA PLEO 2030 Lbs. VALOR (VI) 1'000,920.00  
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10,000 años 5 AÑOS; RESCATE (Vr) 10  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OPERACION 661 DIAS 10776 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 =  $\lambda$  horario de operación C = Consumo

CATEGORIA	FORMULA	CALCULO	IMPORTE \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{1'000,920 - 100,000}{10,000}$	90.80
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) i$	$\left(\frac{1'000,920 + 100,000}{4,240}\right) \times 0.20$	15.57
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{1'000,920 + 100,000}{4,240}\right) \times 0.0172$	1.34
4.- Almacenaje	Ka D	0.03 x $\lambda$ 90.80/hr.	2.72
5.- Mantenimiento	Q D	0.80 x $\lambda$ 90.80/hr.	72.64
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{10,000.00}{10,776}$	0.93
7.- Montaje y Desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$	$\frac{5,000.00}{10,776}$	0.46
COSTO MAQUINA OCIOSA			184.46
1.- Combustibles	$\frac{C}{Dr}$		—
2.- Lubricantes	$\frac{C}{Dr}$	$\frac{12 \text{ lts.} \times \$ 32.50}{100 \text{ hrs.}}$	3.90
3.- Filtros	$\frac{C}{Dr}$	$\frac{\$ 600.00}{200 \text{ hrs.}}$	3.00
4.- Acumuladores	$\frac{C}{Dr}$		—
5.- Cables	$\frac{C}{Dr}$		—
6.- Fuentes	$\frac{C}{Dr}$		—
7.-	$\frac{C}{Dr}$		—
8.-	$\frac{C}{Dr}$		—
9.-	$\frac{C}{Dr}$		—
10.-	$\frac{C}{Dr}$		—
NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente			
COSTO MAQUINA ACTIVA			191.76

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA BOMBA AUTOCEPANTE PIAQUA MARCA PICSA 5LPS 220 volts MOD  
 HP 5 ENERGIA ELECTRICO VALOR IVA'S 17,906.00  
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10,000 HRS AROS: PISCATE (V) 15  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OPERACION 661 DIAS 15,864 HRS

CLAVE: D = Depreciación  
 Ha = Horas trabajo/año  
 i = Tasa de interés anual (%)  
 S = Prima anual de Seguro (%)  
 Dc = Duración del recurso (hrs)  
 T = A Horario de operación

Ka = Tasa de almacenamiento (%)  
 Q = Mantenimiento (%)  
 F = Costo de fletes  
 I = Costo de instalación y desmantelamiento  
 C = Consumo

ITEM	FORMULA	CALCULO	Costo \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{17,906.00 - 1790.00}{10,000}$	1.61
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) i$	$\left(\frac{17,906 + 1790.6}{14,248}\right) \times 0.20$	0.28
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{17,906 + 1790.6}{14,248}\right) \times 0.0172$	0.02
4.- Almacenaje	$Ka \cdot D$	$0.03 \times 1.61$	0.05
5.- Mantenimiento	$Q \cdot D$	$0.60 \times 1.61$	0.97
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{8000.00}{15,864}$	0.50
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$		—
COSTO MAQUINA OCIOSA			3.43
1.- Combustibles	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
2.- Lubricantes	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
3.- Filtros	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
4.- Acumuladores	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
5.- Cables	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
6.- Herramientas	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
7.-	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
8.-	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
9.-	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
10.-	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
COSTO MAQUINA ACTIVA			3.43

NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA INYECTORA DE LECHADA MARCA ATLAS COPCO MOD ZHB-8045  
 HP ENERGIA NEUMATICA TIPO VALOR(Va) \$ 641,278.00  
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10,000 HRS 5 AÑOS; RESCATE (Vr) 10  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (Lo) 127 DIAS 3048 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

COSTO	FORMULA	CALCULO	Valor \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{641,278.00 - 64,127.80}{10,000 \text{ hrs}}$	57.71
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) i$	$\left(\frac{641,278.00 + 64,127.80}{2(7,124)}\right) i$	9.90
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{641,278.00 + 64,127.80}{2(7,124)}\right) S$	0.85
4.- Almacenaje	Ka Q	0.03 x \$ 57.71 /hr	1.73
5.- Mantenimiento	Q D	0.80 x \$ 57.71 /hr	46.16
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{18,000.00/\text{flete}}{3048 \text{ hrs.}}$	2.62
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$		—
COSTO MAQUINA OCIOSA			118.97
1.- Combustibles	$\frac{C}{Dr} S$		—
2.- Lubricantes	$\frac{C}{Dr} S$		10.57
3.- Filtros	$\frac{C}{Dr} S$		—
4.- Acumuladores	$\frac{C}{Dr} S$		—
5.- Cables	$\frac{C}{Dr} S$		—
6.- Fuentes	$\frac{C}{Dr} S$		—
7.- Mangueras	$\frac{C}{Dr} S$	$\frac{115,000.00}{2000 \text{ hrs.}}$	7.90
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			137.04

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA <b>FORMAS REVESTIMIENTO</b>	MOD	
HP ENERGIA 1150	VALOR(Va) \$ 520,000.00	20
VIDA ECONOMICA (Ve) 10,000 hrs	ANOS RESCATE (Vr)	10
TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (T) 5	<b>88 DIAS</b>	<b>2112 hrs</b>

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 y desmantelamiento  
 Dr = Duración del recurso (hrs)  
 T = % horario de operación  
 C = Consumo

CATEGORIA	FORMULA	CALCULO	Indice \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{520,000 - 104,000}{10,000}$	41.60
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) i$	$\left(\frac{520,000 + 104,000}{14,248}\right) 0.20$	8.75
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{520,000 + 104,000}{14,248}\right) 0.0172$	0.75
4.- Almacenaje	$Ha \cdot D$	$0.03 \times 41.60/hr$	1.24
5.- Mantenimiento	$Q \cdot D$	$0.40 \times 41.60/hr$	16.64
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{15,000/\text{flete}}{10,000 \text{ hrs}}$	1.50
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$	$\frac{8,000.00}{2112 \text{ hrs}}$	3.78
<b>COSTO MAQUINA OCIOSA</b>			<b>74.56</b>
1.- Combustibles	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
2.- Lubricantes	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
3.- Filtros	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
4.- Amuladores	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
5.- Cables	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
6.- Herrajes	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
7.- <b>Ulatas</b>	$\frac{C \cdot S}{Dr}$	$\frac{10,000.00}{10,000 \text{ hrs}}$	1.00
8.-	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
9.-	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
10.-	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente			
<b>COSTO MAQUINA ACTIVA</b>			<b>75.56</b>

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA BOMBA PARA CONCRETO MARCA THOMSEN NCD 460  
 HP 100 ENERGIA DIESEL PECO VALOR IVA \$ 1'518,000.00  
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10,000 HRS AROS; RESCATE (Vr) 10  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (Te) 203 DIAS 4872 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 =  $\lambda$  horario de operación C = Consumo

C A T E G O R I A	FORMULA	C A L C U L O	Indicador \$/ hora	
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{1'518,000 - 151,800}{10,000}$	136.62	
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) i$	$\left(\frac{1'518,000 + 151,800}{14,248}\right) 0.20$	23.44	
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{1'518,000 + 151,800}{14,248}\right) 0.0172$	2.05	
4.- Almacenaje	Ka D	$0.03 \times 136.62/hr$	4.09	
5.- Mantenimiento	Q D	$0.80 \times 136.62/hr$	109.29	
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{18,000.00}{4872 hrs}$	3.69	
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$		—	
COSTO MAQUINA OCIOSA			277.13	
COSTO DE CONSUMOS	1.- Combustibles	$\frac{C}{Dr} \times S$	$\frac{12.76/hr \times 1.06 qt}{1.0 hr}$	13.55
	2.- Lubricantes	$\frac{C}{Dr} \times S$	$\frac{0.9 qt/hr \times 130.00}{1.0 hr}$	117.00
	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 carga en la cuadrilla correspondiente				
COSTO MAQUINA ACTIVA			305.68	

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA PLANTA DOSIFICADORA MARCA ELBA MOD MIVMOBIL 15  
 No 30 ENERGIA ELECTRICA VALOR (Va) \$ 1'936,036.00  
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10,000 HRS 5 ANOS RESCATE (Vr) 10 HRS  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OPERACION 203 DIAS 4861 HRS

CLAVE: D = Depreciación

Ha = Horas trabajo/año

i = Tasa de interés anual (%)

S = Prima anual de Seguro (%)

Dr = Duración del recurso (hrs)

T = A horario de operación

Ka = Tasa de almacenaje (%)

Q = Mantenimiento (%)

F = Costo de fletes

I = Costo de instalación

y desmantelamiento

C = Consumo

DESCRIPCION	FORMULA	CALCULO	Importe \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{1'936,036 - 193,603}{10,000}$	174.24
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ve}\right) \cdot i$	$\left(\frac{1'936,036 + 193,603}{14,246}\right) \times 0.20$	29.89
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) \cdot S$	$\left(\frac{1'936,036 + 193,603}{14,246}\right) \times 0.0172$	2.57
4.- Almacenaje	Ka · D	$0.03 \times \frac{1}{4} 174.24$	5.22
5.- Mantenimiento	Q · D	$0.80 \times \frac{1}{4} 174.24$	139.39
6.- Fletes y manifiestos	$\frac{F}{Te}$	$\frac{26,444}{4861}$	5.44
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$	$\frac{19,833}{4861}$	4.08
<b>COSTO MAQUINA PASIVA</b>			<b>360.83</b>
Consumos DE MAQUINARIA	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.- Herramientas	$\frac{C}{Dr}$ \$	—
	7.-	$\frac{C}{Dr}$ \$	—
	8.-	$\frac{C}{Dr}$ \$	—
	9.-	$\frac{C}{Dr}$ \$	—
	10.-	$\frac{C}{Dr}$ \$	—
NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente			
<b>COSTO MAQUINA ACTIVA</b>			<b>360.83</b>



## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA <u>VIBRADA DE CONTACTO</u>	UNIDAD <u>C.P.</u>	NO. <u>C.P. 3280</u>
NO. <u>ENERGIA NEUMATICO</u>	TIPO <u>VALVULAS</u>	VALOR <u>38,500</u>
VIDA ECONOMICA (Ve) <u>10,000</u> HRS	HRS <u>5</u>	AÑO RESCATEIVO <u>10</u>
TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (T) <u>88 DIAS</u>		HRS <u>2112</u>

CLAVE: D = Depreciación      Ka = Tasa de almacenaje (%)  
 Ha = Horas trabajo/año = 7124 hrs      Q = Mantenimiento (%)  
 i = Tasa de interés anual (%) 20      F = Costo de fletes  
 S = Prima anual de Seguro (%) 0.0172      I = Costo de instalación y desmantelamiento  
 Dr = Duración del recurso (hrs)      C = Consumo  
 T = % horario de operación

C A S T O	FORMULA	C A L C U L O	Indice \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{38,500.00 - 3,850.00}{10,000 \text{ hrs}}$	3.46
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) i$	$\left(\frac{38,500.00 + 3,850.00}{14,248}\right) 0.20$	0.59
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{38,500.00 + 3,850.00}{14,248}\right) 0.0172$	0.095
4.- Almacenaje	Ka D	$0.03 \times 3.46/\text{hr.}$	0.10
5.- Mantenimiento	Q D	$0.80 \times 3.46/\text{hr.}$	2.76
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{2,800.00}{2112 \text{ hrs}}$	0.37
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Tu}$		—
COSTO MAQUINA OCIOSA			7.33
1.- Combustibles	$\frac{C}{Dr}$		—
2.- Lubricantes	$\frac{C}{Dr}$	$\frac{0.429 \times 130.00}{1.0 \text{ hr.}}$	3.75
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 carga en la cuadrilla correspondiente			
COSTO MAQUINA ACTIVA			11.08

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA CAMION REVOLVEDORA 6m<sup>3</sup> DINA HEO CUMMINS  
 HP 150 ENERGIA DIESEL Litros 12,450 LITROS VALOR FISCAL 2'110,900.00  
 VIDA ECONOMICA (Años) 10,000 HRS 5 Años RESCATATIVO 10 HRS  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA 153 DIAS 3672 HRS

CLAVE: D = Depreciación Ka = Tasa de depreciación (%)  
 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 = A horario de operación C = Consumo

DESCRIPCION	FORMULA	CALCULO	Costo \$/hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{2'110,900.00 - 211,090.00}{10,000}$	189.98
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) \cdot I$	$\left(\frac{2'110,900.00 + 211,090.00}{14,240}\right) \times 0.2$	32.59
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) \cdot S$	$\left(\frac{2'110,900.00 + 211,090.00}{14,240}\right) \times 0.0172$	2.80
4.- Almacenaje	Ka · D	0.03 × 189.98/hr	5.69
5.- Mantenimiento	Q · D	0.20 × 189.98/hr	151.98
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Tc}$		—
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Tc}$		—
<b>COSTO MAQUINA OCIOSA</b>			<b>383.04</b>
1.- Combustibles	$\frac{C \cdot S}{Dr}$	D: $\frac{0.1514 \times 105 \text{ HP} \cdot \text{op} \cdot \times 1.07}{1.0 \text{ hr}}$	17.04
2.- Lubricantes	$\frac{C \cdot S}{Dr}$	$\frac{0.39 \times 127.10}{1.0 \text{ hr}}$	10.57
3.- Filtros	$\frac{C \cdot S}{Dr}$	$\frac{1 \text{ lote} \times 1275.00}{200 \text{ hrs}}$	1.38
4.- Acumuladores	$\frac{C \cdot S}{Dr}$	$\frac{1 \times 1950.00}{2000 \text{ hrs}}$	0.98
5.- Cables	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
6.- Herrajes	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
7.- Llantas	$\frac{C \cdot S}{Dr}$	$\frac{1 \text{ Jdo} \times 12000.00}{3000 \text{ hrs}}$	7.00
8.-	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
9.-	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
10.-	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
NOTA: El personal de operarios se cobra en la cuadrilla correspondiente			
<b>COSTO MAQUINA ACTIVA</b>			<b>419.51</b>

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA	<u>VIBRADA DE CHICOTE</u>	MARCA	<u>BOSCH</u>	MOD.	
HP	<u>ENERGIA NEUMATICO</u>	T.C.O.		VALOR (VA) \$	<u>39,900</u>
VIDA ECONOMICA (Ve)	<u>10,000</u>	HRS	<u>5</u>	AGOS. RESCATE (VR)	<u>10</u>
TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OPERACION				<u>76 DIAS</u>	<u>1824</u>

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

CATEGORIA	FORMULA	CALCULO	TARIFA \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{39,900 - 3,950}{10,000}$	3.55
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) i$	$\left(\frac{39,900 + 3,950}{14,248}\right) 0.20$	0.61
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{39,900 + 3,950}{14,248}\right) 0.172$	0.09
4.- Almacenaje	Ka D	$0.03 \times 3.55/hr.$	0.11
5.- Mantenimiento	Q D	$0.80 \times 3.55/hr$	2.84
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{200.00}{1824}$	0.40
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$		—
<b>COSTO MAQUINA OCIOSA</b>			<b>7.56</b>
COSTO DE CONSUMOS	1.- Combustibles	$\frac{C}{Dr}$	—
	2.- Lubricantes	$\frac{C}{Dr}$	$\frac{0.125 \times 30}{1.0 hr}$
	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 carga en la cuadrilla correspondiente			
<b>COSTO MAQUINA ACTIVA</b>			<b>11.31</b>

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA	AUTOTANQUE	8 m <sup>3</sup>	MARCA	FORD	MODEL	F-600
HP	150	ENERGIA	GASOLINA	11,567 kg	VALOR (VA)	639,200.00
VIDA ECONOMICA (Ve)	10,000	HRS	5	AR. DE RESORTE (Vr)	10	
TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (Te)				566 DIAS	13,632	HRS

CLAVE: D = Depreciación  
 Ha = Horas trabajo/año  
 i = Tasa de interés anual (%)  
 S = Prima anual de Seguro (%)  
 Dr = Duración del recurso (hrs)  
 T =  $\lambda$  horario de operación

K<sub>a</sub> = Tasa de abanque (%)  
 Q = Mantenimiento (%)  
 F = Costo de fletes  
 I = Costo de instalación y desmantelamiento  
 C = Consumo

DESCRIPCION	FORMULA	CALCULO	Costo \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{639,200.00 - 63,920.00}{10,000}$	57.52
2.- Inversión	$\left(\frac{Va + Vr}{2Ha}\right) i$	$\left(\frac{639,200.00 + 63,920.00}{14,248}\right) \times 0.20$	9.86
3.- Seguros	$\left(\frac{Va + Vr}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{639,200.00 + 63,920.00}{14,248}\right) \times 0.0172$	0.84
4.- Almacenaje	K <sub>a</sub> D	0.03 $\times$ 57.52/hr.	1.72
5.- Mantenimiento	Q L	0.80 $\times$ 57.52/hr.	46.01
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$		—
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$		—
COSTO MAQUINA OCIOSA			115.95
1.- Combustibles	$\frac{C}{Dr}$	$G = \frac{0.2271 \times 14440 \text{ kg.} \times 1.207}{10 \text{ hr.}}$	93.86
2.- Lubricantes	$\frac{C}{Dr}$	$\frac{0.39 \times 1.2710}{10 \text{ hr.}}$	10.57
3.- Filtros	$\frac{C}{Dr}$	$\frac{1 \text{ lote} \times 1.215.00}{200 \text{ hr.}}$	1.37
4.- Acumuladores	$\frac{C}{Dr}$	$\frac{1 \times 1.950}{2000 \text{ hr.}}$	0.48
5.- Cables	$\frac{C}{Dr}$		—
6.- Dientes	$\frac{C}{Dr}$		—
7.- Llantas	$\frac{C}{Dr}$	$\frac{1 \text{ Jpa} \times 1.21,000}{2000 \text{ hr.}}$	7.00
8.-	$\frac{C}{Dr}$		—
9.-	$\frac{C}{Dr}$		—
10.-	$\frac{C}{Dr}$		—
NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.			
COSTO MAQUINA ACTIVA			229.23

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA TRANSFORMADOR MARCA RYG MOD 500 KVA P=23KV S=23 KW  
 HP ENERGIA ELECTRICO TIPO LEFO VALOR(Va) \$ 293,634.00  
 VIDA ECONOMICA(Ve) 10,000 HRS 5 AÑOS; RESCATE(Vr) 10  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA(Te) 661 DIAS 15,864 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

C A T E G O R I A	FORMULA	C A L C U L O	IMPORTE \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{293,634.00 - 29,363.40}{10,000}$	26.43
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) i$	$\left(\frac{293,634 + 29,363.40}{142.40}\right) \times 0.20$	4.53
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{293,634 + 29,363.40}{142.40}\right) \times 0.0172$	0.39
4.- Almacenaje	Ka D	$0.03 \times \frac{1}{2} 26.43/hr.$	0.79
5.- Mantenimiento	Q D	$0.30 \times \frac{1}{2} 26.43/hr.$	7.93
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{0,000.00}{15,864}$	0.87
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$	$\frac{15,000.00}{15,864}$	1.62
COSTO MAQUINA OCIOSA			42.56
C O S T O S 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	$\frac{C}{Te} S$	—
	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			42.56

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA TRANSFORMADOR MOD. RYG MOD. 400kVA P.23KV S.23KV  
 EN ENERGIA VALOR 266,940.00  
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10,000 HRS. 5 AÑO DE DEPRECIACION 10  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA ZONA (T) 449 DIAS 10,776 hrs  
 CLAVE: D = Depreciación  
 Ha = Horas trabajo/año  
 i = Tasa de interés anual (%)  
 S = Prima anual de Seguro (%)  
 Dr = Duración del recurso (hrs)  
 T = t horario de operación  
 Ka = costo de almacenaje (%)  
 M = Mantenimiento (%)  
 F = Costo de fletes  
 I = Costo de instalación y desmantelamiento  
 C = Consumo

ITEM	FORMULA	CALCULO	COSTO \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{266,940.00 - 26,694.00}{10,000}$	24.02
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) i$	$\left(\frac{266,940.00 + 26,694.00}{14,248}\right) \times 0.20$	4.12
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{266,940.00 + 26,694.00}{14,248}\right) \times 0.0172$	0.35
4.- Almacenaje	Ka x D	$0.03 \times 24.02$	0.72
5.- Mantenimiento	M x D	$0.30 \times 24.02$	7.20
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Tc}$	$\frac{8,000.00}{10,776 \text{ hrs}}$	0.87
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Tc}$	$\frac{15,000.00}{10,776 \text{ hrs}}$	1.62
<b>COSTO MAQUINA OCIOSA</b>			<b>38.90</b>
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.- Herramientas	$\frac{C}{Dr}$		—
7.-	$\frac{C}{Dr}$		—
8.-	$\frac{C}{Dr}$		—
9.-	$\frac{C}{Dr}$		—
10.-	$\frac{C}{Dr}$		—
NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente			
<b>COSTO MAQUINA ACTIVA</b>			<b>38.90</b>

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA TRANSFORMADOR MARCA RYG MOD 200KVA P=23KV S=0.22KV  
 HP ENERGIA ELECTRIC PISO VALOR (V) 156,970.00  
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10,000 HRS 5 AÑOS; FISCAL (Vf) 10  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRAS (Te) 661 DIAS 10,776 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

COSTO	FORMULA	CALCULO	INDICE \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{156,970.00 - 15,697.00}{10,000}$	14.12
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) i$	$\left(\frac{156,970.00 + 15,697.00}{14,240}\right) \times 0.20$	2.42
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{156,970.00 + 15,697.00}{14,240}\right) \times 0.0172$	0.20
4.- Almacenaje	Ka D	0.03 x \$ 14.12 /hr.	0.42
5.- Mantenimiento	Q D	0.30 x \$ 14.12 /hr.	4.24
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Tc}$	$\frac{\$ 7,000.00}{10,776}$	0.65
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Tc}$	$\frac{\$ 12,000.00}{10,776}$	1.11
COSTO MAQUINA OCIOSA			23.16
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.- Puertos	$\frac{C}{Dr}$		—
7.-	$\frac{C}{Dr}$		—
8.-	$\frac{C}{Dr}$		—
9.-	$\frac{C}{Dr}$		—
10.-	$\frac{C}{Dr}$		—
NOTA: El personal de operación su carga en la cuadrilla correspondiente			
COSTO MAQUINA ACTIVA			23.16

## 2.6 Instalaciones y Servicios.

### 2.6.1 Red de Alumbrado.

#### Plan General.

El alumbrado en el interior del túnel será a base de lámparas incandescentes, instaladas a 10 m. de separación promedio. Se estimará la duración media de cada lámpara en 1000 horas ó 42 días de calendario, incluyendo las que se rompan.

En el frente se instalarán lámparas de 100 watts, las que al consumirse se sustituirán por lámparas de 40 watts, adicionalmente en el frente tendremos dos lámparas de cuarzo de 500 watts cada una, las cuales iremos corriendo conforme avance la excavación del túnel.

Se empleará una tensión de 220 volts., con línea trifásica calibre 8 con soportes a cada 20 mts.

Los transformadores reductores de 37.5 KVA, se instalarán a cada 250 mts., para dar servicio a cargas de alumbrado, ventiladores, bombeo y otros.

#### Costo.

##### I. Materiales.

1. Longitud de la línea conductora para alumbrado.



Túnel 3000m  
 Librad. 88m

Conductores Suma 3088m x 3 hilos x \$13.55/m = \$ 125 527.20

2. Soportes  $\frac{3000m}{20m} + 11$  (librad) = 161 pza a  
 \$253.10/pza. = \$ 40,749.00

3. Sockets  $\frac{3000m}{20m} = 300$  pza a \$29.00/pza = \$ 8,700.00

4. Material aislante 3088m de línea a \$4,00 /m=\$ 12,352.00

5. Lámparas de cuarzo 4 pzas. a \$2,038.55/pza=\$ 8,154.20

6. Reposición de lámparas

$\frac{661 \text{ días duración obra} \times 300 \text{ lámp.}}{42 \text{ días duración lámp.}} = 2361 \text{ lámp.}$   
 a \$57.75 = \$ 136,331.25

$\frac{661 \text{ días duración obra}}{150 \text{ días duración filamento}} \times 4 \text{ lámp.} = 9 \text{ lámp.}$   
 a \$ 519.75/pza = \$ 4,677.75

7. Transformadores reductores

$\frac{(3000m \text{ de línea} + 1)}{250m} \times \$38,440.50 \text{ cargo/transf.} =$   
 \$ 499.726.50

Suma \$ 836,217.90

Cargo a excavación =  $\frac{\$836.217.90 \times 475 \text{ días}}{3000m \times 661 \text{ días durac. obra}} = \$ 200.30/m$

Cargo a Revestimiento =  $\$ 836,217.90 \times 186 \text{ días} = \$ 78.44/\text{m.}$   
 $3000 \text{ m} \times 661 \text{ días durac.}$   
 obra.

## 2.6.2 Red Telefónica

### Plan General.

Se instalarán aparatos blindados en el interior del túnel a cada 1000 mts., y aparatos telefónicos comunes en - oficinas, almacén, bodegas, talleres, vigilancia, portal de salida y planta de concreto.

También se establecerá comunicación con el exterior - y se instalará un conmutador automático.

### Costo.

#### I. Materiales.

Cable conductor de un par	2600 m. a \$ 7.00/m =	\$ 18,200.00
Cable conductor de dos pares	4500 m. a \$10.00/m =	45,000.00
Cable conductor de cuatro pares	200 m. a \$12.00/m =	2,400.00
Cable conductor de seis pares	100 m. a \$14.00/m =	1,400.00

Alambre tipo T.W.D.Cal. N° 14 40,000 m. a \$ 6.50/m = \$260,000.00

Postes completos de concreto de 9 mts. 200 pzas. a \$1,250./pza.	=	\$250,000.00
Materiales aislantes y diversos 1 lote a \$ 50,000.00	=	<u>50,000.00</u>
Costo Materiales		\$627,000.00

## II. Mano de Obra.

(Considerada en la cuadrilla correspondiente)

## III. Equipo.

1. Aparatos telefónicos comunes: 7 ap. a \$ 1,500./ap.	=	\$ 10,500.00
2. Aparatos telefónicos blindados 3 ap. a \$22,000/ ap.	=	\$ 66,000.00
3. Reserva de aparatos telefónicos 2 ap. \$ 1,500/ ap.	=	\$ 3,000.00
4. Conmutador 10 extensiones Ericson AMD-222		\$ 20,004.60
5. Instalación		<u>\$ 15,000.00</u>
Costo Equipo.		\$114,504.60
Total.		\$741,504.60

$$\text{Cargo a Excavación} = \frac{\$ 741,504.60 \times 475 \text{ días}}{3000 \text{ m.} \times 661 \text{ días}} = \$ 177.62/\text{m.}$$

$$\text{Cargo a Revestimiento} = \frac{\$ 741,504.60 \times 186 \text{ días}}{3000 \text{ m} \times 661 \text{ días}} = \$ 69.55/\text{m}$$

## 2.6.3. Líneas de Agua Para Barrenación

## Plan General

1. Para ambos frentes el agua se acarreará en autotanque.
2. En cada portal se instalará una cisterna con capacidad para almacenar  $20.0 \text{ m}^3$  de agua y un equipo de bombeo para mantener cargada la línea con una presión mínima de  $5 \text{ Kg/cm}^2$ .
3. La tubería de Alimentación a los frentes será negra, cédula 40, roscada y con válvulas de seccionamiento a cada 250 mts.
4. La tubería se tenderá en el suelo.

## Costo.

## I. Materiales.

1. Tubo negro cédula 40, roscado, 2"  $\phi$ :  
3,000 m. a \$ 74.00/m. = \$ 222,000.00

2. Válvulas de compuerta. 150<sup>#</sup> 2"  $\phi$ .

$$\frac{3000 \text{ m}}{250 \text{ m}} = 12 \text{ pza. a } \$ 5,194.60/\text{pza.} = \$ 62,335.20$$

## II. Mano de Obra.

(Incluida en la cuadrilla correspondiente)

## III. Equipo.

Cisternas y equipos de bombeo.

Cisterna: \$ 50,000.00

bomba 2" Ø Westco para un gasto de 34 lts./min.

Mod. 2500 - V5 Rpm. 3500 \$ 9,460.00

Motor 1 HP, 3600 Rpm. MCA Koblenz. \$ 4,490.00

base y acoplamiento \$ 7,260.00

---

\$ 71,210.00

Amortización total: 2 equipos x \$ 71,210.00 = \$ 142,420.00

equipo repuesto. \$ 14,450.00

Suma - \$ 156,870.00

Costo Total - 441,205.20

Cargo a Excavación =  $\frac{\$ 441,205.20 \times 475 \text{ días}}{3000 \text{ m.}} = 105.68/\text{m.}$   
3000 m. x 661 días.Cargo a Revestimiento =  $\frac{\$ 441,205.20 \times 186 \text{ días}}{3000 \text{ m.}} = 41.38/\text{m.}$   
3000 m. x 661 días.

## IV. Consumo de Energía Eléctrica.

El consumo de energía eléctrica lo da la fórmula:

$$\text{Kw-hr} = \frac{Q(\text{lt/seg}) \times h(\text{metros}) \times 0.009803 \times \text{hrs.}}{0. \underline{\hspace{2cm}} \text{eficiencia.}}$$

$$\begin{aligned} \text{Para excavación} &= \frac{0.60 \text{ lts/seg.} \times 10 \text{ m.} \times 0.0098 \times 323 \text{ días} \times 24 \text{ hrs/días} \times 2 \text{ eq.}}{0.7 \text{ efic.}} \\ &= 1302.34 \text{ kw-hr.} \end{aligned}$$

$$\text{Carga a excavación} = \frac{1302.34 \text{ Kw-hr}}{3000 \text{ m.}} = 0.43 \text{ Kw-hr/m.}$$

$$\begin{aligned} \text{Para revestimiento} &= \frac{0.6 \text{ lts/seg.} \times 10 \times 0.0098 \times 150 \text{ días} \times 24 \text{ hrs.} \times 2 \text{ eq.}}{0.7 \text{ efic.}} \\ &= 605 \text{ kw-hr} \end{aligned}$$

$$\text{Carga a Revestimiento} = \frac{605 \text{ Kw-hr}}{3000 \text{ m.}} = 0.20 \text{ Kw-hr/m.}$$

## 2.6.4 Aire Comprimido.

## 2.6.4.1 Determinación de la demanda máxima instantánea de aire comprimido por frente.

## a) Para excavación.

APLICACION.	Nº de MAQUINAS.	% DE UTILIZACION.	% DE DIVERSIDAD	CONSUMO S/FABRICANTE.	CONSUMO REAL P.C.M.
Perforadoras para Jumbo.	2	100	75	261	392
Rezagadora	1	100	75	530	398
Martillo	1	20	50	60	20
				Suma =	810
				Más Fugas 10% =	81
					<u>891</u>
				Demanda =	891 P.C.M.

## b) Para revestimiento.

APLICACION.	Nº DE MAQUINAS.	% DE UTILIZACION.	% DE DIVERSIDAD	CONSUMO S/FABRICANTE.	CONSUMO REAL P.C.M.
Perforadora	2	50	50	150	75
Martillos	2	20	50	60	20
Bomba de lodos	1	100	100	110	110
				Suma =	205
				Más 10% Fugas =	21
					<u>226</u>
				Demanda =	226 P.C.M.

Utilizaremos 2 compresores eléctricos activos Atlas - Copco modelo GA 807 de 100 HP con capacidad de 477 PCM c/u, para tener una carga total disponible de 954 PCM que estarán conectadas a un tanque de 27 m<sup>3</sup> de capacidad.

Como equipo de reserva tendremos un compresor para --  
los 2 frentes.

#### 2.6.4.2 Determinación del costo de generación de aire comprimido.

a) Para excavación.

$$\text{Compresores activos} = \frac{2 \text{ máquinas} \times 323 \text{ días} \times 24 \text{ horas} \times \$ 191.76/\text{horas} \times 2 \text{ frente}}{3000 \text{ m.}}$$

$$= \frac{\$ 1,982.03}{\text{m}}$$

$$\text{Compresores reserva} = \frac{1 \text{ máquina} \times 323 \text{ días} \times 24 \text{ horas} \times \$ 184.46/\text{hora ociosa}}{3000 \text{ m.}}$$

$$= \frac{\$ 476.64}{\text{m}}$$

$$\text{Costo Unitario} \quad \frac{\$ 2,458.67}{\text{m}}$$

Más energía eléctrica.

$$\text{Consumo} = \frac{4 \text{ máquinas} \times 100 \text{ HP} \times 323 \text{ días} \times 24 \text{ horas} \times 50\% \times 0.746 \text{ kw.}}{3000 \text{ m.}}$$

$$= \frac{385.53 \text{ Kw-hr}}{\text{m}}$$

b) Para revestimiento.

$$\text{Compresores Activos} = \frac{1 \text{ máquina} \times 150 \text{ días} \times 24 \text{ horas} \times \$191.76/\text{hora}}{3000 \text{ m.}}$$

$$= \frac{\$ 230.11}{\text{m}}$$

$$\text{Compresor de reserva} = \frac{1 \text{ máquina} \times 150 \text{ días} \times 24 \text{ horas} \times \$184.46/\text{hora}}{3000 \text{ m.}}$$

$$= \frac{\$ 221.35}{\text{m}}$$



Costo Unitario  $\frac{\$ 451.46}{m}$

más energía eléctrica.

Consumo

$$= \frac{1 \text{ máquina} \times 100 \text{ HP} \times 150 \text{ días} \times 24 \text{ hrs} \times 50\% \times 0.746 \text{ kw}}{3,000 \text{ m.}}$$

$$= 44.76 \frac{\text{kw} - \text{hr}}{m}$$

### 2.6.4.3. Tuberías para aire comprimido.

#### 1. Determinación de diámetros para tubería.

Empleando la fórmula:

$$f = \frac{C L Q^2}{rd^5}$$

donde:

$f$  = Pérdida admisible de presión manométrica en Psi.

$L$  = Longitud de la tubería de conducción en pies

$Q$  = Caudal de aire libre expresado en pies cúbicos por segundo.

$r$  = Relación de compresión.

$d$  = Diámetro interior de la tubería en pulgadas

$c$  = Coeficiente experimental para tubería de acero =  $\frac{0.1025}{d^{0.31}}$

de donde:

$$d = 5.31 \sqrt{\frac{0.1025 LQ^2}{fr}}$$

a) Para portal de entrada a punto de conexión.

$L = 1911 \text{ m.} = 6270 \text{ pies}$

$Q = 953 \text{ PCM} = 16 \text{ P.C.S.}$

$f = 10 \text{ PSI}$

$r = 14.6$

Sustituyendo valores:

$$d = 5.31 \sqrt{\frac{(.1025) (6270) (16)^2}{(10) (14.6)}} = 376''$$

diámetro práctico = 4"  $\emptyset$

b) Para portal de salida a punto de conexión.

$$L = 1089 \text{ m} = 3573 \text{ pies.}$$

$$Q = 953 \text{ PCM} = 16 \text{ PCS.}$$

$$f = 10 \text{ PSI}$$

$$r = 14.6$$

$$d = 5.31 \sqrt{\frac{(.1025) (3573) (16)^2}{(10) (14.6)}} = 3.38 \text{ práctico} = 4''\phi$$

2. Costo de tubería y accesorios

a) Materiales.

$$\begin{aligned} \text{Tubo de acero ced. 40 de } 4''\phi &= 3000 \text{ m. a } \$ 225.50/\text{m} = \\ &= \$ 676,500.00. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Juntas Jubón de } 4''\phi &= \frac{3000 \text{ m tubería}}{6 \text{ m Sep.}} = 500 \text{ piezas a } \$ 182.50 = \$ 91,250.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Válvula de compuerta } 4''\phi &= \frac{1000 \text{ m}}{50\text{m}} = 20 \text{ pzas. a } \$ 11,018.00 = \$ 220,360.00 \\ \text{de} & \\ \text{Acoplamiento Rápido} & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Válvula de Seccionamiento } 4''\phi &= \frac{2,000 \text{ m.tub.}}{250 \text{ m.}} = 8 \text{ piezas} \\ \text{Tipo compuerta.} & \end{aligned}$$

$$8 \text{ piezas a } \$ 4,476.05/\text{pza.} = \$ 35,808.00$$

$$\text{Piezas especiales para tubería de } 4''\phi = 1 \text{ Lote a } \$ 50,000 = \$ 50,000.00$$

$$\begin{aligned} \text{Soporte para tubería } \frac{3000 \text{ m. tubería}}{3 \text{ m. sep.}} &= 1000 \text{ pza. a } \$ 8.40 \text{ pza.} = \$ 8,400.00 \end{aligned}$$

$$\text{Suma } \$ 1'082,318.40$$

## Prorrateso

$$\text{Cargo a excavación} = \frac{\$ 1'082,318.40 \times 475 \text{ días}}{3,000 \text{ m} \times 661 \text{ días}} = \$ 259.25/\text{ml}$$

$$\text{Cargo a revestimiento} = \frac{\$ 1'082,318.40 \times 186 \text{ días}}{3,000 \text{ m} \times 661 \text{ días}} = \$ 101.52/\text{ml}.$$

## 2.6.4.4. Costo de aire comprimido.

a). Para excavación	Compresores = \$	2,458.67/m
	Tuberías = \$	<u>259.25/m</u>
	Costo = \$	2,717.92/m
	Más	385.53 Kw-h/m

b). Para revestimien to.	Compresores = \$	451.46/m
	Tubería = \$	<u>101.52/m</u>
	Costo = \$	552.98/m
	Más =	44.76 Kw-h/m

## 2.6.5. Ventilación.

El plan que se propone es inyección constante de aire fresco con ventiladores axiales sobre la línea a cada -- 500 mts.

El tipo de tubería será de lona ahulada.

## 2.6.5.1. Necesidades de aire fresco por frente.

Según especificaciones consideraremos 50 PCM por cada persona y para motores de combustión interna 50 PCM/HP.

Calcularemos la necesidad de aire fresco para las de

mandas máximas es decir cuando llevemos el avance máximo -- por frente. Cabe hacer la aclaración de que nuestros motores de combustión interna siempre que podamos los utilizaremos con motor diesel ya que estos producen menos contaminación que un motor de gasolina, tal es el caso de los camiones de volteo, adicionalmente tomaremos la precaución de colocarles un filtro de carbón activado a fin de reducir los humos contaminantes.

Demanda por frente.

50 personas x 50 PCM/persona	=	2,500 PCM.
3 camiones x 130 HP x 50 PCM/HP.	=	19,500 PCM.
1 lanzadora x 30 HP x 50 PCM/HP.	=	<u>1,500 PCM.</u>
Suma		23,500 PCM.
Más 10% de fugas.		2,350 PCM.
Demanda Total de aire fresco.		25,850 PCM.

#### 2.6.5.2 Determinación del Diámetro de la Tubería para ventilación.

Lo determinaremos con la fórmula siguiente:

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

en donde  $h$ =carga estática en pulgadas de agua ( $wg$ )= 2.80

$Q$ =gasto de aire libre en PCM= 25,850 PCM.

$L$ =longitud de tubería entre ventiladores = 500 m

$D$ =Diámetro de la tubería en pulgadas.

Despejando  $D$  y sustituyendo los valores conocidos.

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

$$D = \sqrt[5]{\frac{0.0017 (25,850)^2 \cdot 250}{2.80}}$$

$$D = 39.92''$$

∴  $D$  práctico = 40''

### 2.6.5.3 Costo de la tubería para ventilación.

Tubo de lona ahulada de 40"Ø longitud total 3000 m.

Costo

3000 m a \$ 491.48/m. \$ 1'474,440.00

Costo piezas especiales 1 lote a \$ 15,000. = \$ 15,000.00

Juntas (incluidas en el costo del tubo).

Anclajes 3000 m. tubería = 600 pzas. a \$10./pza. 6,000.00

5.00 m sep. \_\_\_\_\_

Costo Total \$ 1'495,440.00

Costo unitario  $\frac{\$ 1'495,440.00}{3000 \text{ m. túnel}} = 498.33/\text{m. de túnel.}$

## 2.6.5.4 Ventiladores.

La carga total contra la que trabaja un ventilador es la carga estática ( $h_s$ ) más la carga de velocidad ( $h_v$ ) ambas en pulgadas de agua (wg) y puede obtenerse de fórmulas y -- gráficas de los fabricantes o de la siguiente expresión.

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

Sustituyendo por sus valores.

$$H = \frac{0.0017 (25,850)^2 250}{40^5} + \left( \frac{25,850}{21.84 \cdot (40)^2} \right)^2 = 277 + 0.55 = 3.32$$

Y la potencia necesaria de la fórmula:

$$bHP = \frac{Q H}{6350 \times \% \text{efic.}}$$

$$\therefore \text{Potencia necesaria} = bHP = \frac{25,850 \text{ PCM} \times 3.32 \text{ wg.}}{6,350 \times 0.75 \text{ efic.}} = 18 \text{ HP/Ventil.}$$

bHP práctico = 20 HP/Ventilador.

a) Costo de Ventiladores.

$$\text{Unidades básicas} = \frac{3000 \text{ m. long.}}{250 \text{ m. sep.}} + 1 = 13 \text{ unidades.}$$

unidades de reserva = 2 unidades.

Suma 15 unidades.

El costo lo calcularemos con la siguiente fórmula:

$$\text{Costo} = \frac{\text{unidades}}{2} \times \text{días hábiles} \times \frac{\text{hrs}}{\text{día}} \times \$ \quad / \text{hora} = \$$$

$$\text{Costo} = \frac{15 \text{ unid.}}{2} \times 323 \text{ días hábiles} \times 24 \text{ hrs/día} \times \$17.33/\text{hora} =$$

$$\$ 1'007,566.$$

$$\text{Costo unitario} = \frac{\$ 1'007,566}{3000 \text{ m}} = \$ 335.86/\text{m}$$

b) Consumo de energía eléctrica.

$$\text{Consumo} = \frac{13 \text{ unidades}}{2} \times 18 \text{ BHP} \times 0.746 \text{ kw} \times 323 \text{ días háb.} \times \frac{24 \text{ hrs.}}{\text{día}} =$$

$$\text{Consumo} = 676,610.06 \text{ kw-hora}$$

2.6.5.5 Costo unitario de la ventilación.

Tubería \$ 498.33/m

Ventiladores \$ 335.86/m.

Suma \$ 834.19/m.



$$\text{más } \frac{676,610.06 \text{ kw-hora}}{3000 \text{ m.}} = 225.54 \text{ kw-hora/m.}$$

#### 2.6.6 Sistema Eléctrico.

##### Plan General.

La energía eléctrica será suministrada en cada portal por la C.F.E a 23 Kv.

La distribución en el interior del túnel se hará a -- 2300 v., con conductor del tipo Polycon con aislamiento -- "Vinicon" XLPE a 5000 v. de prueba, A cada 250 mts. se establecerán cajas de conexión.

El soporte de la línea de alta tensión se hará a cada 10.0 mts. con aisladores de carretilla en bastidores suspendidos de anclas.

En cada frente habrá interruptores para alta tensión del tipo cuchilla.

Las derivaciones para alumbrado, ventilación, bombeo, etc., se harán en las cajas de conexión.

##### 2.6.6.1 Determinación de la carga eléctrica.

a) Portal de entrada a punto de conexión.

Longitud prevista 1911 mts.

1. Alumbrado:	$\frac{1911 \text{ mts.} \times 0.1 \text{ kw.}}{10 \text{ m. (sep)}}$	=	19.1 kw
2. Lámparas de cuarzo	2 lámp. x 500 w =		1.0 kw
3. Ventilación	8 vent. x 20 HP x 0.746 kw/HP =		119.36 kw
4. Compresores	2 comp. x 100 HP x 0.746 kw/HP =		149.20 kw
5. Talleres, campamento	(1 lote)		20.00 kw
6. Bombeo y equipo menor			20.00 kw
Carga Máxima	353.66 kw.	Suma	<u>328.66</u>

Capacidad práctica

$$p/\text{transformador} = \frac{328.66 \text{ Kw}}{0.8} = 410.82 \text{ kva.}$$

de subestación 0.8

$$\hat{=} 500 \text{ kva.}$$

b) Portal de Salida a punto de conexión.

Longitud prevista. 1089 mts.

1. Alumbrado	$\frac{1089 \text{ mts.} \times 0.1 \text{ kw.}}{10 \text{ m. (sep)}}$	=	10.89 kw.
2. Lámparas de cuarzo	= 2 lámp. x 500 w. =		1.0 kw.
3. Ventilación	5 vent. x 20 HP. x 0.746 kw/HP =		74.6 kw.
4. Compresores	2 comp. x 100 HP x 0.746 kw/HP =		149.2 kw.

5. Equipo menor	(1 lote)	20.0 kw
		<hr/>
	Suma	255.7 kw

Carga máxima 225.7 kw.

Capacidad práctica

p/transformador  $= \frac{225.7 \text{ kw}}{0.8} = 319.61 \text{ kva.}$

de subestación. 0.8

$\hat{=} 400 \text{ kva.}$

#### 2.6.6.2 Costo de Subestaciones Eléctricas.

##### a) Portal de Entrada.

1. Transformador de 500 kva x 537 días x \$1,021.44/día =	\$548,513.28
1. Transformador de 200 kva x 537 días x \$ 555.84/día =	\$298,486.08
Interrupitor general	\$ 14,107.50
Capacitores	\$ 35,000.00
Diversos	\$ 15,000.00
Instalación	\$ 35,000.00
	<hr/>
Suma	\$ 946,106.86

## b) Portal de Salida.

1. Transformador de 400 kva x 371 días x \$ 933.60/día = \$346,365.60

1. Transformador de 200 kva x 371 días x \$ 555.84/día = \$206,216.64

Interruptor general \$ 14,107.50

Capacitores \$ 35,000.00

Diversos \$ 15,000.00

Instalación \$ 35,000.00

---

Suma \$ 651 689.74

## 2.6.6.3 Costo de Conductores Troncales

$$\text{Corriente Máxima} = \text{Amperes} = \frac{\text{kva} \times 1000}{1.73 \times E}$$

## a) Frente: Portal de Entrada

Línea troncal A 2300v = E

Longitud máxima 1950 m.

## Cálculo de Calibres de Conductor Troncal.

TRAMO	LONG	CARGAS (kva)					AMPS	CALIBRE	
		Alumb. @ 250	Ventil.	Comp. Bombas y otros	SUMA				
Aliment. a est.	0+000	200	33.93	149.20	266.5	449.63	113.0	2	
	0+000	0+250	250	29.55	130.55	70.0	230.05	57.8	6
	0+250	0+500	250	25.17	111.9	60.0	197.07	49.5	6
	0+500	0+750	250	20.79	93.25	50.0	164.04	41.2	8
	0+750	1+000	250	16.41	74.6	40.0	131.01	32.9	8
	1+000	1+250	250	12.03	55.95	30.0	97.98	24.6	8
	1+250	1+500	250	7.65	37.3	20.0	64.95	16.3	8
	1+500	1+750	250	3.27	18.65	10.0	31.92	8.0	8
		SUMA	1950						

## b) Frente Portal de Salida

Línea troncal 2300 V = E

Longitud máxima 1200

## Cálculo de Calibres Conductor Troncal.

TRAMO	LONG	CARGAS (kva)				SUMA	AMPS	CALIBRE
		Alumb.	Ventil Comp.	@ 250 Bombas	y otros			
Aliment. est. 3+000	200	19.88	93.25	236.5	349.63	87.9	2	
3+000	2+750	250	15.50	74.60	40.0	130.1	32.7	8
2+750	2+500	250	11.12	55.95	30.0	97.1	24.4	8
2+500	2+250	250	6.74	37.30	20.0	64.0	16.1	8
2+250	2+000	250	2.36	18.65	10.0	31.0	7.8	8

## Costo.

1. Cable Polycon cal. 2 400 m a \$117.70/m = \$ 47,080.00
2. Cable Polycon cal. 6 500 m a \$ 77.84/m = \$ 38,920.00
3. Cable Polycon cal. 8 2250 m a \$ 63.00/m = \$141,750.00
4. Soportes =  $\frac{3150 \text{ mts.}}{10\text{m}}$  = 315 pzas = \$166.00/Sop = \$ 52,290.00
5. Anclaje bastidores 315 pzas. a \$ 25.00/Pza = \$ 7,875.00

Costo Conducción \$287,915.00

Costo Total = \$ 1'885,711.60

$$\text{Cargo a Excavación} = \frac{\$ 1'885,711.60 \times 323 \text{ días}}{3000 \text{ m} \times 473 \text{ días}} = \$429.24/\text{m}$$

$$\text{Cargo a Revestimiento} = \frac{\$1'885,711.60 \times 150 \text{ días}}{3000\text{m} \times 473 \text{ días}} = \$199.34/\text{m}$$

## 2.7 Costo de la Excavación.

### 2.7.1 Instalaciones y Servicios.

1. Red de Alumbrado.	\$ 200.30/m
2. Red Telefónica	\$ 177.62/m
3. Agua	\$ 105.68/m
4. Aire comprimido	\$2717.92/m
5. Ventilación	\$ 834.19/m
6. Sistema Eléctrico	\$ 429.24/m
	<hr/>
Costo Unitario	\$4,464.95/m

### 2.7.2 Materiales.

Según cálculos y recomendaciones técnicas de fabricantes.

1. Acero de Barrenación 0.12 kg/m <sup>3</sup> a \$192.28/kg.=	\$23.07/m <sup>3</sup>
2. Explosivo dinamita gelatina al 40% 2.0kg/m <sup>3</sup> = \$37.40/kg	\$74.80/m <sup>3</sup>
3. Estopin eléctrico MS 25 0.61 Pza/m <sup>3</sup> a \$25.30/Pza	\$15.46/m <sup>3</sup>
4. Gufa de disparo 0.30 m/m <sup>3</sup> a \$19.80/m	\$ 5.94/m <sup>3</sup>
	<hr/>
Suma	119.27/m <sup>3</sup>
Costo Unitario \$119.27/m <sup>3</sup> x 18.83 <sup>m<sup>3</sup></sup> /m =	\$2,245.44/m

## 2.7.3 Mano de Obra. (igual en cada frente)

Movilización y preparación: 48 días x 1.5 turno x \$16,856.63/turno =	\$1'213,677.30
Excavación = 323 días x 3.0 turnos x \$16,856.63/turno =	\$16'334,074.47
	<hr/>
Suma	\$17'547,751.00

Costo Unitario =  $\frac{\$17'547,751.00 \times 2 \text{ frentes}}{3000\text{m}}$  = \$11,698.50/m

## 2.7.4 Equipo.(Igual para cada frente)

- 1. Rezagadora x 323 días x 8 horas activas/día x \$683.61/hr. = \$1'766,448.20
- 1. Rezagadora x 323 días x 16 horas inactivas/día x \$629.16/hr. = \$3'251,496.80
- 1. Jumbo x 323 días x 5 horas activas/día x \$774.33/hr. = \$1'250,542.90
- 1. Jumbo x 323 días x 19 horas inactivas/día x \$750.21/hr. = \$4'604,038.70
- 5. Camiones de Volteo x 339 días x 8 hr.act./día x \$141.96/hr. = \$1'924,977.60
- 5. Camiones de volteo x 339 días x 16 hrs.inact./día x 105.49/hr. \$2'860,888.80
- 1. Cargador frontal x 339 días x 24 hrs/día x \$ 719.20/hora = \$5'851,411.20

## Equipo de Reserva.

- 1. Camión de Volteo x 339 días x 24 horas/día x \$105.49/hr.= \$ 858,226.64
- 1/2 Brazo c/perforadora x 323 días x 24 hrs./día x \$298.23/hr.= \$1'155,939.40
- 1. Planta de energía p/alumbrado y bombeo = \$ 660,000.00



## Equipo Menor.

1. Planta de soldadura eléctrica	= \$ 52,236.01
1/2 Autotanque de 8 m <sup>3</sup> x 339 días x 8 hrs. act./día x \$229.23/hr.=	\$310,835.88
1/2 Autotanque de 8 m <sup>3</sup> x 339 días x 16 hrs.inact/día x \$115.95/hr.=	\$314,456.40
1. Equipo de Soldadura autógena AGA	= \$ 9,394.00
1. Romperdora neumática	= \$110,000.00
1. Máquina explosora para 50 estopines	= \$ 12,650.00
	<hr/>
Suma	\$24'993,543.40

$$\text{Costo Unitario} = \frac{\$24'993,543.40/\text{frente} \times 2 \text{ frentes}}{3000 \text{ mts.}} = \$16,662.36/\text{m}$$

## 2.7.5 Consumo de Energía Eléctrica para Excavación.

## 1. Alumbrado

$$\begin{aligned} \text{Energía} &= (\text{No. de lámparas potentes} \times \text{Kw/lamp.} \times \text{días excav.} \\ &\quad \times \text{hrs/días} \times \frac{\text{long del tramo} - \text{long.lamps. potente}}{\text{Sep. entre lamps} \times 2} \\ &\quad \times \text{kw/lamp. débil} \times \text{días exc.} \times \text{hrs./día}) \times 1. - \text{perdidas} \\ &= \text{kw--hr.} \end{aligned}$$

a) Portal de entrada Long = 1911 m duración 339 días

$$\text{Energía} = (25u. \times 0.1 \text{Kw} \times 339 \text{días} \times 24 \text{ hrs/día} + \frac{1911 - 250}{10 \times 2} \times 0.04$$

$$\times 339 \text{ días} \times 24 \text{hrs./día}) \times 1.30 = 61,578.13 \text{ kw - hora}$$

$$\text{Lámparas de cuarzo} = 2 \times 0.5 \text{ kw} \times 339 \text{ días} \times 24 \text{hrs/día} = 8136 \text{ kw-hora}$$

b) Portal de Salida Long = 1089 duración 339 días

$$\text{Energía} = (25 \times 0.1 \text{ kw} \times 339 \text{ días} \times 24 \text{ hrs./día} + \frac{1089 - 250}{10 \times 2} \times 0.04$$

$$\times 339 \text{ días} \times 24 \text{ hrs./día}) \times 1.30 = 44,189.87 \text{ kw} - \text{hora}$$

$$\text{Lámparas de cuarzo} = 2 \times 0.5 \text{ kw} \times 339 \text{ días} \times 24 \text{ hrs./día} = 8136 \text{ kw} - \text{hora}$$

Total 122,040.00 kw - hora

$$\frac{122,040.00 \text{ kw} - \text{hora}}{3000 \text{ m}} = 40.68 \text{ kw} - \text{hora/m}$$

2. Agua 0.43 kw - hora/m

3. Aire comprimido 385.53 kw - hora/m

4. Ventilación 225.54 kw - hora/m

5. Talleres y campamentos

$$\frac{20 \text{ kw} \times 339 \text{ días} \times 24 \text{ hrs./día}}{3000 \text{ m}} = 54.24 \text{ kw} - \text{hora/m}$$

3000 m

Suma 706.42 kw - hora/m

$$\text{Costo} = 706.42 \text{ kw} - \text{hora/m} \text{ a } \$0.65/\text{kw} - \text{hrs} = \$459.17/\text{m}$$

### 2.7.6 Costo Unitario de la Excavación.

1. Instalaciones y Servicios	\$ 4,464.95/m	--- 12.55%
2. Materiales	\$ 2,245.44/m	--- 6.31%
3. Mano de Obra	\$11,698.50/m	--- 32.97%
4. Equipo	\$16,662.36/m	--- 46.88%
5. Energía eléctrica	\$ 459.17/m	--- 1.29%
Costo Unitario	\$35,530.42/m	100%

## 2.8 Soporte del Terreno.

La evaluación de este concepto no toma en cuenta el programa.

## 2.8.1 Soporte con Concreto Lanzado.

## a). Materiales.

## Concreto especial

Cemento tipo I 550 kg/m <sup>3</sup>	a \$ 2.10/kg = \$ 1155.00/m <sup>3</sup>
Grava 1/2"	0.630m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> a \$95.00/m <sup>3</sup> = \$ 59.85/m <sup>3</sup>
Arena	0.500m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> a \$95.00/m <sup>3</sup> = \$ 47.50/m <sup>3</sup>
Aditivo Lanzacret 30 Lt/m <sup>3</sup>	a \$29.80/lit = \$ 894.00/m <sup>3</sup>
	Suma 2156.35/m <sup>3</sup>
Más 5% de desperdicio	= 107.82/m <sup>3</sup>
Costo	2,264.17/m <sup>3</sup>

## b). Mano de Obra.

CATEGORIAS	No. DE PERS.	DE SALARIO BASE	INCR.	COSTO INDIV.	COSTO TOTAL \$
1. Operador	1	310.00	1.49	461.90	461.90
2. Cabo	1	230.00	"	342.70	342.70
3. Ayudantes	2	160.00	"	238.40	476.80
4. Peones	10	145.00	1.54	223.30	2,233.00
				Suma	\$ 3,514.40/Jornal.

+ 5% herramientas \$ 175.72

Rendimiento =  $8 \text{ m}^3/\text{jor}$  Costo \$3,690.12/jor  
 Cargo por  $\text{M}^3 = \frac{\$3,690.12/\text{Jor.}}{8\text{m}^3/\text{Jor.}} = \$461.26/\text{m}^3$

c). Equipo.

Lanzadora de concreto =  $\frac{\$85.78/\text{hora}}{1.00 \text{ m}^3/\text{hora}} = \$85.78$   
 Costo total \$2,811.21

Desperdicios por rebote 30%

Costo Unitario =  $\frac{\$2,811.21/\text{m}^3}{1.0 - 0.3 \text{ "rebote"}} = \$4,016.01/\text{m}^3$

## 2.8.2 Soporte con Marcos Metálicos.

Se anexa dibujo de la geometría del marco según la --  
 sección de excavación.

a). Materiales.

Marco de acero I-6 p/armar.	1 pza.	\$11,019.08/pza.	=	\$11,019.08/pza.
Tornillería	4 pza.	\$ 33.46/pza.	=	133.84/pza.
Separadores (prom)	10 pza.	\$ 60.00/pza.	=	600.00/pza.

Soldadura (incluida en el precio del marco)

Madera p/retaque 100 P.T./pza \$ 10.55/p.t. = \$1,055.00/pza.

Costo Materiales. \$ 12,807.92/pza.

b). Mano de Obra.

CATEGORIA	CANT.	SALARIO BASE	INCR.	COSTO IND.	COSTO TOTAL \$
Cabo Maniobras	1	230.00	1.49	342.70	342.70
Peones	6	145.00	1.54	223.30	1,339.80

Suma \$ 1,682.50

+ 5% Herr. 84.12

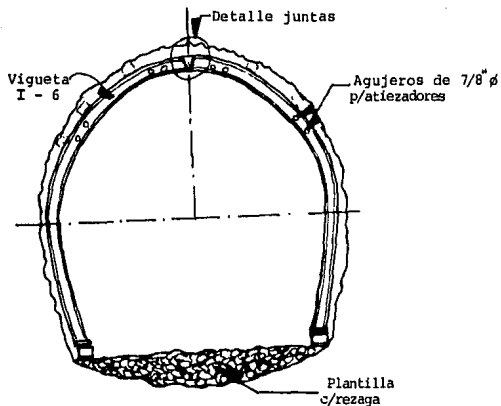
Costo: \$ 1,776.62

Rendimiento 1 Pza/hora cargo por mano de obra \$220.82/pza.

Cargo p/pza.  $\frac{\$1,776.62/\text{Jor}}{8 \text{ pza./Jor}} = \$220.82$

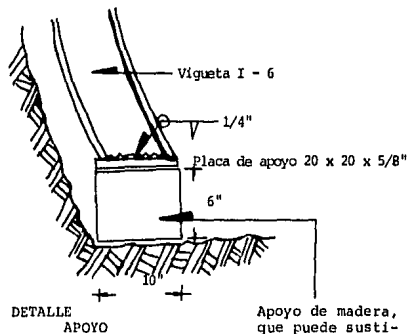
c). Equipo. (Evaluado como equipo menor de exc.)

Costo Total \$13,028.74/pza.

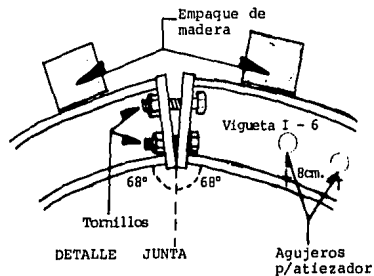


Para las juntas.

El marco está dividido en 2 secciones que rematan con placa de 1/2" y las juntas se harán con tornillos de 1" x 3" de cabeza y tuerca hexagonal en agujeros de 1 1/8"  $\phi$



Apoyo de madera, que puede sustituirse por concreto colado en sitio



ADEME METALICO

## 2.9 Bombeo del Agua Producto de Infiltraciones.

### Procedimiento General.

1.- Se procurará mantener el frente de perforación lo más seco posible a base de bombas de sumidero accionadas -- con motores eléctricos.

2.- Habrá una cuneta para drenaje que saldrá con la -- sección de excavación.

3.- El agua captada por el drenaje se concentrará en cárcamos secundarios a cada 250 mts.

4.- De los cárcamos secundarios se bombeará a prima-- rios de distintas capacidades que se colocarán a cada 1000mts.

El equipo que se instale en cada cárcamo primario -- (transformador, bombas y controles) será capaz de bombear -- todos los escurrimientos que se presentan en su zona de influencia.

5.- Emplearemos tuberías de pared delgada en vista de que trabajaremos a baja presión y se diseñarán para servir a uno o más cárcamos (primarios) según las filtraciones es--

peradas. El múltiple de conexión de cada cárcamo (primario) estará dotado de una válvula de compuerta en línea para que sobre ésta sea conectada la tubería que provendrá de la futura próxima estación de bombeo. Estas tuberías descargarán en los portales.

6.- En cuanto entre en operación una estación primaria podrán moverse hacia adelante los secundarios con sus dotaciones de tuberías.

7.- A medida que se avance el revestimiento se irán retirando las estaciones en sentido inverso al que se siguió para la perforación.

8.- Las cuadrillas por frente, de tuberos, mecánicos, electricistas y bomberos, cuya misión será la de mantener seco el túnel, serán autónomas.

9.- Las bombas de reserva estarán siempre conectadas para entrar en operación en el momento que se les requiera.

10.- Emplearemos las siguientes fórmulas derivadas de la de Manning para la obtención de diámetros de tuberías y consumos de energía eléctrica.

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.

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

- donde:
- D = diámetro interior de la tubería en metros
  - n = coeficiente de rugosidad
  - L = longitud de la tubería en metros (incluye - accesorios)
  - Q = gasto en m<sup>3</sup>/seg.
  - h = carga total en metros.

O en función de un determinado diámetro de tubería

$$h = \frac{10.273 n^2 L Q^2}{D^5 5.333}$$

La energía que se consumirá está dada por la expresión.

$$\text{kw - hr} = \frac{hQ \times \text{hrs.} \times 9.803}{0. \quad \text{efic.}}$$

$$\text{kw - hr} = \frac{\text{HP} \times \text{hrs.} \times 0.7457}{0. \quad \text{efic.}}$$

## 2.9.1. Bombeo para Avance en Excavación y Revestimiento.

a). Equipo para 5 Lts/seg y 250 m. de línea de descarga

1 bomba con motor eléctrico de 2HP	
(bomba portátil VH -pump -sumergible)	\$19,077.00
Tubería negra ced. 20 de 4 " ø 250 mts. a \$ 187.62/m	\$46,905.00
Manguera ahulada 2" ø 15 mts. a \$ 415.00/m	\$ 6,225.00
Conexiones	\$ 1,500.00
Arrancador e interruptor	\$ 7,400.00
Costo.	<u>\$81,107.00</u>

Consumo nominal de energía eléctrica:

$$\frac{2 \text{ HP} \times 0.746 \text{ kw} = 1.87 \text{ kw}}{0.8 \text{ efic.}}$$

b). Costo del bombeo para avance en Excavación y re-vestimiento.

FRENTE	DURACION		EQUIPO	COSTO	ENERGIA	
	DIAS	HORAS			Hrs./Seg.	TOTAL
<b>I. EXCAVACION</b>						
1. Portal de entrada						
a Punto de conexión	417	10,008	5	81,107.00	1.87	18,715
2. Portal de Salida a						
Punto de conexión	417	10,008	5	81,107.00	1.87	18,715
<b>II. REVESTIMIENTO</b>						
1. Portal de Salida a						
Portal de Entrada	184	4,416	5		1.87	8,528
<hr/>						
SUMAS	1,018	24,432		\$ 162,214.00		45,958

\* El bombeo se realizará las 24 horas del día y todos los días que dure la obra.

2.9.2 Nombrado Horizontal

Tabla de Cálculo de acuerdo a escurrecimientos probables (5 Lts/Seg./Vm)

a) Frente portal de entrada a punto de conexión De Est. 0+000 a Est. 1+911

TIEMPO		DESCURRIMIENTOS					CARGANC			D. U. M. N. A. S.						TUBERÍAS				COSTO TOTAL 15 + 19
de Est.	a Est.	GASTO		CANTIDAD			Tip	en Euc	Q /seg	Cant	Capac Lts/seg	Carga h (m)	ENERGIA (kwh-hr) x 1,74 x 10 <sup>-3</sup> 0,75 elec.	COSTO		Ø	L m	Cu. Pies	Costo Inc. de tuberías	
		Inst. Lts/seg	Acum. Lts/seg	Curvatura y/o us C. Centenario	Volúmen T. m <sup>3</sup>	T. m <sup>3</sup> x 506.4								por día	total					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	E X C	M A C I O N																		
0+000	0+250	1.25	9.55	397	42,876	-	-	-	-	-	(bomba de avance)	-	-	-	6"	250	21142	55,497.75	55,497.75	
0+250	0+500	1.25	8.30	336	36,288	Secun.	0+500	2	1	5	20	3,086.3	82.32	7659.52	6"	250	21142	55,497.75	83,157.27	
0+500	0+750	1.25	7.05	282	30,456	Sec.	0+500	2	1	5	20	2,209.0	82.32	5214.24	6"	250	21142	55,497.75	76,711.99	
0+750	0+000	1.25	5.80	227	24,516	Sec.	0+750	2	1	5	20	1,178.2	82.32	8686.64	6"	250	21142	55,497.75	74,164.39	
1+000	1+250	1.25	4.55	173	18,684	Prim.	1+000	6	1	5	20	1,359.2	82.32	4241.36	6"	250	21142	55,497.75	69,739.11	
1+250	1+500	1.25	3.30	122	13,176	Secun.	1+250	2	1	5	20	955.7	82.32	8043.04	6"	250	21142	55,497.75	65,510.79	
1+500	1+750	1.25	2.05	71	7,608	Secun.	1+500	2	1	5	20	556.2	82.32	5844.72	6"	250	21142	55,497.75	61,342.47	
1+750	1+911	.80	.80	27	2,916	Secun.	1+750	2	1	5	20	211.5	82.32	2277.64	6"	250	21142	55,497.75	61,342.47	
					SUMA							9,552.1							490,396.41	

\* Volumen extraído con el bomba de avance

Continúa en página 10

Tabla de cálculo de acuerdo a ocurrimientos probables (5 lit/sec 2m)

Extracción Portal de Salida a punto de conexión De est. 3+000 a Est. 1+911

TRAMO		OCURRIMIENTOS				CARGA			D. O. N. D. A. S.						MATERIALES				COSTO TOTAL 15 + 19 20			
de Est.	a Est.	Inst. Lit./seg	Acum. lit/seg	Duración h de C. Operario	Volúmen T. m <sup>3</sup>	Tipo	m	Estr.	Q /seg	Cont.	Capac. Lit./seg	Carga h (m)	ENERGIA (kw-hr)	Costo	Por dia	Total	16	17		18	19	
													2125x0.235 0.75 efec.									
E	X	A	V	A	C	O	N															
3+000	2+750	1.25	5.45	197	42,876	(ocurre por gravedad)				-	-		-	-	-	-	6	250	21142	55,497.75	55,497.75	
2+750	2+500	1.25	4.20	306	33,048	Sec.	2+750	2	1	5	20		2,197.0	82.12	25,189.92		6	250	21142	55,497.75	80,687.67	
2+500	2+250	1.25	2.95	191	20,678	Sec.	2+500	2	1	5	20		1,496.2	82.12	15,223.12		6	250	21142	55,497.75	71,220.87	
2+250	2+000	1.25	1.70	75	8,100	Sec.	2+250	2	1	5	20		587.5	82.12	6,174.00		6	250	21142	55,497.75	61,671.75	
2+000	1+911	0.45	0.45	17	1,816	Prim.	2+000	6	1	5	20		133.2	82.12	1,399.44		(Tub de avance)				1,399.44	1,399.44
					106,488 m <sup>3</sup>								4,613.9 kw-hr								\$270,477.48	

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE OBRAS DE TIPO COMÚN (en millones de pesos)

Costo de acuerdo a presupuestos probables (1960/61)

En solo frente (Est. 00000000000000000000)

TIPO		REQUERIMIENTOS				CARGOS			R.O.N.M.A.S.					TURBOS				TOTAL		
de	Est.	GASO		MUELO		Tipo	en Est.	Q	Cant.	Capic. Lit./seg	Carga h (m)	ENERGIA (Kw-hr)	MATERIALES		β	L. m.	C. m.	C. m.	C. m.	TOTAL
		Inal. Lit./seg	Acum. Lit./seg	duración día de trabajo	Volúmen m <sup>3</sup> diario								Por div.	Total						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
RELEVE DE TIPO	RELEVE	15	15	10	20.70	Tras de excavación			11	5	20	1.504.0	62.32	8480.32						14.400.32
3000	2000	1.25	15.00	100	11.654	Volúmen por gravedad Tras excavación														
4750	2500	1.25	11.75	99	10.692		2+750	1	5	20	775.5	62.32	8149.69							8.149.69
2450	2000	1.25	12.50	90	9.720		2+500	1	5	20	705.0	62.32	7409.00							7.409.00
2250	2000	1.25	11.25	61	8.740		2+250	1	5	20	634.5	62.32	6667.92							6.667.92
2000	1750	1.25	10.00	72	7.776		2+000	1	5	20	564.0	62.32	5927.04							5.927.04
1750	1500	1.25	8.75	63	6.804		2+000	1	5	20	493.5	62.32	5186.14							5.186.14
1500	1250	1.25	7.50	54	5.832		2+000	1	5	20	423.0	62.32	4445.24							4.445.24
1250	1000	1.25	6.25	45	4.860		1+750	1	5	20	352.5	62.32	3704.24							3.704.24
1000	750	1.25	5.00	36	3.888		1+500	1	5	20	282.0	62.32	2963.56							2.963.56
750	500	1.25	3.75	27	2.916		1+250	1	5	20	211.5	62.32	2222.68							2.222.68
500	250	1.25	2.50	18	1.944	1+000	1	5	20	141.0	62.32	1461.78							1.461.78	
250	0	1.25	1.25	9	972	1+000	1	5	20	70.5	62.32	740.88							740.88	
					9000							6.137.0	62.32	6137.0						6137.0
					9.542 m <sup>3</sup>															6137.0

## 2.93 Mano de Obra.

Habrá ciertas personas como bomberos y el ctricistas que habrán de laborar domingos y días festivos con el consi-  
guiente pago de tiempo extra por lo que se tomará como sala-  
rio base el que resulte del ordinario más la parte propor-  
cional del extra.

## Salarios.

CATEGORIA	No. DE PERSONAS	SALARIO BASE	INCR.	COSTO INDIVIDUAL	COSTO TOTAL POR TURNO
1 Tubero	1/2	330.00	1.49	491.70	245.85
2 Electricista	1	330.00	1.49	491.70	491.70
3 Bombero	1	250.00	1.49	372.50	372.50
4 Ayudantes	1	160.00	1.49	268.20	268.20

Suma \$1,378.25/turno.

## Costo de la mano de obra.

Frente Portal de Entrada x 323 días x 1.5 turnos x \$1,378.25/turno = \$667,762.12

Frente Portal de Salida x 323 días x 1.5 turnos x \$1,378.25/turno = \$667,762.12

Frente Revestimiento x 166 días x 3.0 turnos x \$1,378.25/turno = \$686,368.50

Suma 1,354,130.60

## 2.9.4 Costo de Equipo y Consumo de Energía.

FRENTE	A PARA AVANCE		B. HORIZONTAL	
	COSTO	KW - hr	COSTO	kw - hr
<b>I EXCAVACION</b>				
Portal de Entrada	81,107.00	18.715	490.396.41	9,552.10
Portal de Salida	81,107.00	18.715	270.477.48	4,613.90
<b>II REVESTIMIENTO</b>				
Portal de Salida		8,528	63.385.70	6,157.0
Suma	162,214.00	45,958	824,259.59	20,323.00

## Equipo y Energía:

- a). Bombeo para avance \$ 162,214.00 más 45,958 kw - hr.  
 b). Bombeo Horizontal \$ 824,259.59 más 20,323 kw - hr.  
 Suma 986,473.59

## Consumo total de energía eléctrica para bombeo

Durante la excavación = 51,596 kw-hr

Durante el revestimiento 14,685 kw-hr

Suma 66,281 kw-hr

Más recargos por bajo

factor de potencia 20% 13,256 kw-hr

Consumo Total 79,537 kw-hr

Costo=79,537 kw-hr a 0.65/kw-hr = \$51,699.05



## 2.9.5 Costo Total de Bombeo

Para mano de obra	=	\$1'354,130.60
Para equipo	=	\$ 986,473.59
Para energía	=	\$ <u>51,699.05</u>
Suma	=	\$2'392,303.24

Volumen Total de Bombeo.

## 1o. Durante la excavación

Frente: Portal de Entrada = 176,580 m<sup>3</sup>

Frente: Portal de Salida = 106,488 m<sup>3</sup>

Suma = 283,068 m<sup>3</sup>

## 2o. Durante el revestimiento

Frente: Portal de Salida = 96,542 m<sup>3</sup>

Total 379,610 m<sup>3</sup>

Costo Unitario = \$  $\frac{2'392,303.24}{379,610 \text{ m}^3}$  = \$6.30/m<sup>3</sup>

## 2.10 Revestimiento de Concreto.

## 2.10.1 Instalaciones y Servicios

1.- Red de alumbrado	\$ 78.44/m
2.- Red telefónica	\$ 69.55/m
3.- Líneas de agua	\$ 41.38/m
4.- Aire comprimido	\$552.98/m
5.- Ventilación	_____
6.- Sistema eléctrico	<u>\$199.34/m</u>
Costo Unitario	\$941.69/m

## 2.10.2 Materiales

1.- Concreto simple f'c = 200 kg/cm<sup>2</sup>

Cemento tipo I	345 kg/m <sup>3</sup>	a \$ 2.02/kg	= \$696.90/m <sup>3</sup>
Grava 1 1/2"	0.786 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	a \$ 95.00/m <sup>3</sup>	= \$ 74.67/m <sup>3</sup>
Arena	0.557 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	a \$ 95.00/m <sup>3</sup>	= \$ 52.92/m <sup>3</sup>

	Suma	<u>\$824.49/m<sup>3</sup></u>
Más 10% de desperdicios		\$ 82.45/m <sup>3</sup>
Costo del concreto		\$906.94/m <sup>3</sup>

Volumen de concreto /m = 6.54 m<sup>3</sup>/m  
 (a sección completa e incluyendo concreto en sobre - excavación e inyecciones).

$$\text{Costo Unitario} = 6.54 \text{ m}^3/\text{m} \text{ a } \$906.94/\text{m}^3 = \$5,931.39/\text{m}$$

## 2.- Tapones

$$\text{Costo Unitario} = \frac{\$274.30 \text{ costo tapón}}{50 \text{ m. entre tapones}} = \$ 5.49/\text{m}$$

Estos tapones son exclusivamente para el Invert. ----  
ya que el colado de la bóveda es continuo.

$$\text{Costo tapón} = 26. \text{P.T.} \times \$10.55 \text{ P.T.} = \$274.30$$

## 3.- Membrana de curado.

$$2 \text{ lts./ml} \times \$ 13.09 \text{ lt} = \underline{\$26.18/\text{m}}$$

$$\text{Costo Unitario Total} = \$5,963.06/\text{m}$$

### 2.10.3 Mano de Obra

(Un solo frente)

$$\frac{150 \text{ días} \times 3 \text{ turnos} \times \$19,720.29/\text{turno}}{3000 \text{ m}} = \$2958.04$$

## 2.10.4 Equipo

1 Planta de Concreto x 150 días x 24 hrs/día x \$360.83/hr.	= \$1'298,988.00
2 Camiones Revolvedora x 150 días x 24 hrs/día x \$419.51/hr.	= \$3'020,472.00
1 Bomba de Concreto x 150 días x 24 hrs/día x \$305.68/hr.	= \$1'100,448.00
1 Forma Telescópica x 88 días x 24 hrs/día x \$ 75.56/hr.	= \$ 159,582.72
1 Taladro con pierna x 103 días x 24 hrs./día x \$26.07/hr.	= \$ 64,445.04
1 Inyectora de Lechada x 103 días x 24 hrs/día x \$137.04/hr.	= \$ 338,762.88
1 Vivrador Neumático x 88 días x 24 hrs/día x \$11.08/hr.	= \$ 23,400.96
2 Vibrador Neumático de chicote x 62 días x 24 hrs/día x \$11.31/hr.	= \$ 33,658.56
1 Bomba de lodos	= \$ 20,652.00

## Equipo de Reserva

1 Camión Revolvedora x 150 días x 24 hrs./día x \$383.04/hr.	= \$1'378,944.00
1 Autotanque de 8 m <sup>3</sup> x 150 días x 12 hrs/día x \$229.23/hr.	= \$ 412,614.00
1 Autotanque de 8 m <sup>3</sup> x 150 días x 12 hrs/día x \$115.95/hr.	= \$ 208,710.00
1 Vibrador Neumático de chicote x 62 días x 24 hrs/día x \$11.31/hr.	= \$ 16,829.28
Suma.	<u>\$8'077,507.10</u>

$$\text{Costo Unitario} = \frac{\$8'077,507.10}{3000 \text{ m}} = \$ 2,692.50$$

## 2.10.5 Consumo de Energía Eléctrica.

## 1.- Alumbrado

$$\text{Incandesc. } \frac{3000 \text{ m} \times 0.04 \text{ kw} \times 150 \text{ días} \times 24 \text{ hrs./día}}{10.0 \text{ m} \times 3000 \text{ m} \times 2} = 7.2 \text{ kw-hr/m}$$

$$\text{Lámparas de cuarzo } \frac{4 \text{ lámp} \times 0.5 \text{ kw} \times 150 \text{ días} \times 24 \text{ hrs/día}}{3000 \text{ m}} = 2.4 \text{ kw-hr/m}$$

$$2.- \text{ Agua} \quad 0.2 \text{ kw-hr/m}$$

$$3.- \text{ Aire comprimido} \quad 44.76 \text{ kw-hr/m}$$

## 4.- Planta de concreto

$$\frac{30 \text{ kw} \times 150 \text{ días} \times 24 \text{ hrs}}{3000 \text{ m}} = 36.0 \text{ kw-hr/m}$$

## 5.- Talleres y campamento

$$\frac{20.0 \text{ kw} \times 150 \text{ días} \times 24 \text{ hrs.}}{3000 \text{ m}} \quad 24.0 \text{ kw-hr/m}$$

$$\text{Suma.} \quad 114.56 \text{ kw-hr/m}$$

$$\text{Costo} = 114.56 \text{ kw-hr/m a } \$0.65 \text{ kw-hr.} = \$ 74.46/\text{m}$$

## 2.10.6 Inyecciones de Contacto.

(El costo ya está incluido en el revestimiento)

## 2,10.7 Costo Unitario del Revestimiento.

1.- Instalaciones y Servicios	= \$ 941.69/m	7.46%
2.- Materiales	= \$5,963.06/m	47.21%
3.- Mano de Obra	= \$2,958.04/m	23.42%
4.- Equipo	= \$2,692.50/m	21.32%
5.- Energía Eléctrica	= \$ 74.46/m	0.59%
	<hr/>	
Costo Unitario.-	\$12,629.75/m	100%

2.11 Presupuesto para la Construcción del Túnel  
de 3.85 m. de Diámetro.

INCISO	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	
				UNITARIO	DIRECTO
				DIRECTO	TOTAL
2.7	Excavación de túnel de 4.55 m $\phi$ a línea "A" en roca sana y competente, con un avance medio general de 4.79 m/día.	m	3000	35,530.42	106'591,260.00
2.8	Soporte de Terreno a) Con concreto -- lanzado (cantidad Supuesta)*	m <sup>3</sup>	1,000	4,016.01	4'016,010.00
	b) Con marcos metá- licos (cantidad -- Supuesta)*	pza.	500	13,028.74	6'514,370.00
2.9	Bombeo de Infiltraciones	m <sup>3</sup>	379,610	6.30	2'392,303.24
2.10	Revestimiento de -- concreto por un -- frente de ataque -- con avance medio de 20.0 m por día	m	3,000	12,629.75	37'889,250.00
				Suma.	\$157'403,193.24

\* Las cantidades supuestas, son en base al perfil geológico del terreno, sobre el trazo del túnel.

## C A P I T U L O   I I I

ESTUDIO DEL PROCEDIMIENTO CON EL SISTEMADE "CARROVIAS".

## 3.1 Descripción de los Procedimientos de construcción.

## OBSERVACION.

Todo el equipo y procedimientos se debe al diseño de-- un Ingeniero Civil Mexicano, el Ing. JOSE LUIS SILLER FRANCO y a la fecha ya está patentado y próximo a ser iniciada su-- fabricación, para demostrar su eficiencia en la construcción de túneles.

## 3.1.1 Excavación.

La haremos por dos frentes de ataque, a partir de los - portales de entrada y salida, empleando "carroviás".

El "carrovía" es una plataforma baja que rueda sobre - -



una vía férrea y está impulsada por las ruedas motrices de cualquier vehículo auto propulsado que se le monte encima (ver figura 3.1.1.a), pudiéndose mover con la misma velocidad y potencia hacia atrás o hacia adelante.

Para utilizar este procedimiento en la construcción de túneles habrá que tender una vía estándar de 1435 mm. -- de escantillón con un riel adecuado , en este caso de --- 60 Lbs ./yd.

Al igual que el procedimiento convencional, se llevará un control topográfico con aparatos de precisión y giroscopos, con verificaciones cada domingo.

#### Barrenación.

Para la barrenación se empleará un "Jumbo especial" - de cuatro brazos montado en "carrovia", dispositivo que consiste en un camión sobre el que se ha montado un compresor de capacidad suficiente para las cuatro perforadoras, mismo que puede ser accionado por el propio motor del camión y lleva un tanque con agua suficiente para un ciclo de barrenación. (alrededor de  $1.5 \text{ m}^3$ ).

A fin de que las perforadoras de arriba tengan suficiente alcance, el jumbo está dotado de una plataforma elevada de desplazamiento paralelo de acción hidráulica. Carac -

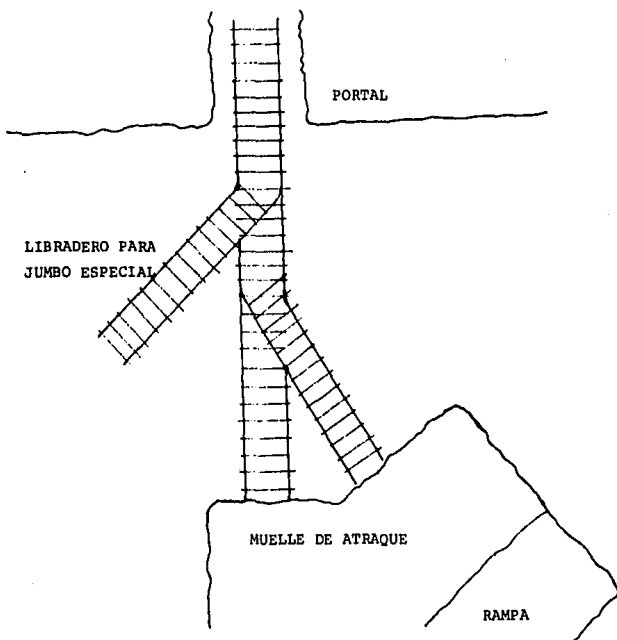
terística del jumbo es que todo su sistema hidráulico opera hidroneumáticamente a circuito cerrado por gravedad. (ver-figura 3.1.1.b,c)

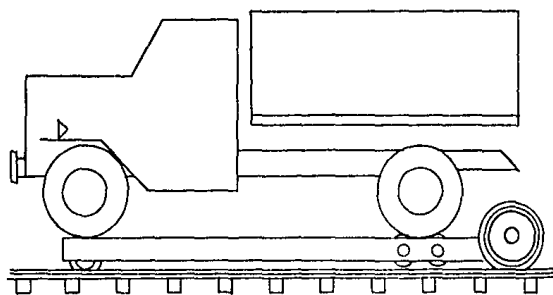
La plantilla de barrenación será la misma que para el procedimiento convencional, cuña quemada de 7 barrenos de 1 1/2" de diámetro con 12 barrenos auxiliares y 16 perimetrales a cada 80 centímetros, esta plantilla se irá --- cambiando dependiendo de la fracturación del material.

Al igual que en el procedimiento convencional, se usarán los explosivos adecuados para las diferentes circunstancias que se presenten.

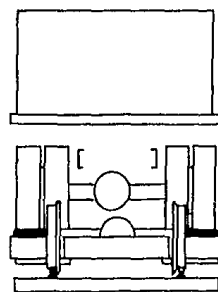
**Rezaga.**

La rezaga, la retiraremos con camiones de volteo montados sobre "carrovas", los cuales se bajarán de los "carrovas" en los muelles de atraque que dispondremos en el patio de maniobras de cada portal, de tal forma que los camiones podrán transportar la rezaga hasta el tiradero, sin utilizar ya el "carrova". El muelle de atraque tendrá dimensiones tales que permitan estar manobrando con dos "carrovas", es decir que mientras un camión se baja del "carrova" para ir a descargar al tiradero, entra otro camión montado sobre "carrova" para ser cargado.

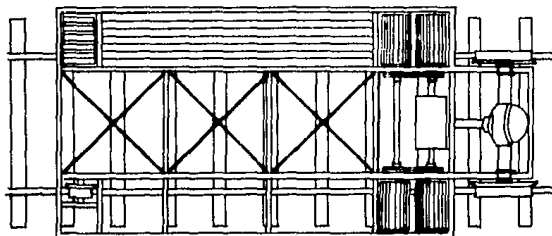




ELEVACION



VISTA POSTERIOR



PLANTA

Figura 3.1.1.a Carrovia.

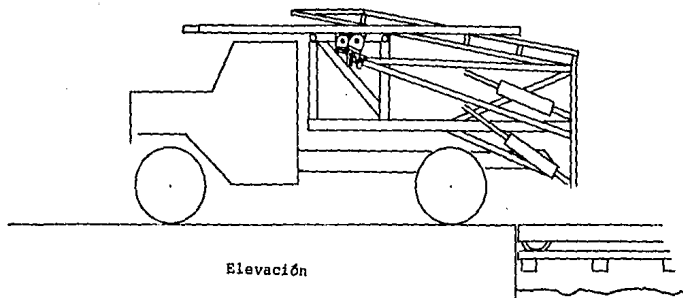
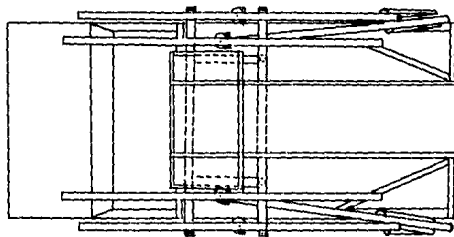
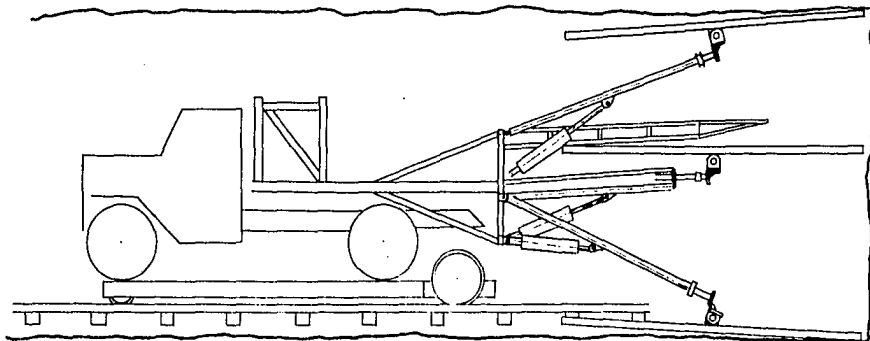


Figura 3.1.1.b Jumbo especial montado sobre camión en posición para traslado

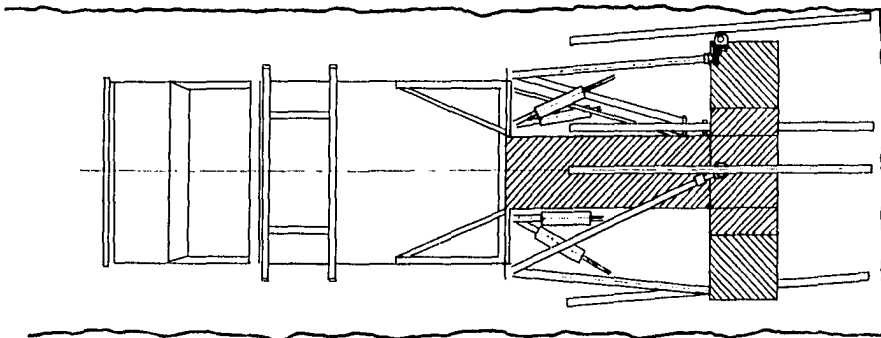




ELEVACION.

Figura 3.1.1.c. Jumbo especial montado sobre camión en posición listo para barrenar.

PLANTA.



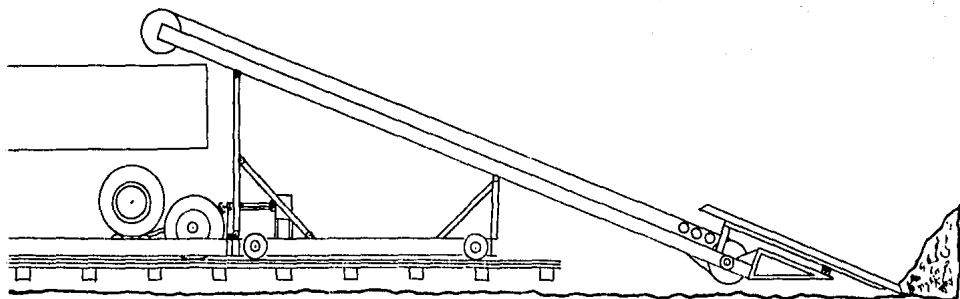


Figura 3.1.1.d. Rezagadora especial en posición de trabajo y accionada por el camión montado sobre un carrovia.

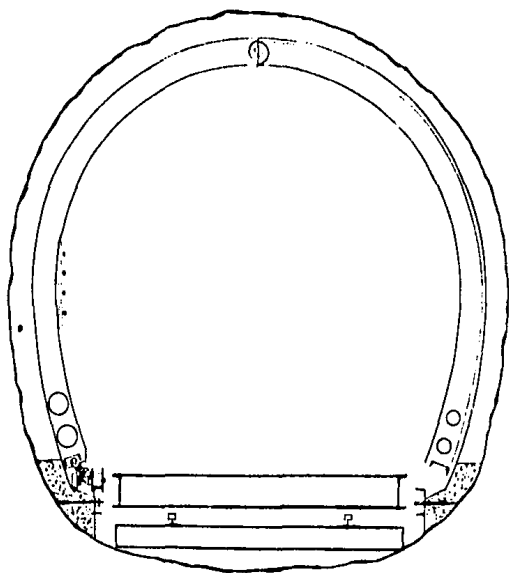


Figura 3.1.2.a. Sección del túnel presentando formas de revestimiento de bóveda.



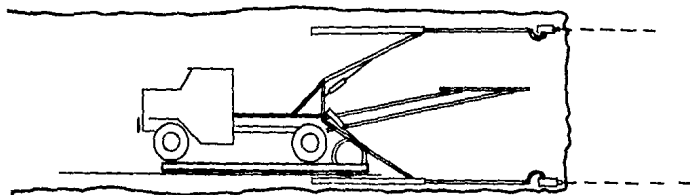


Figura 3.1.2.b. Corte longitudinal del túnel, durante la actividad de barrenación y colado de bóveda y guarniciones de apoyo.

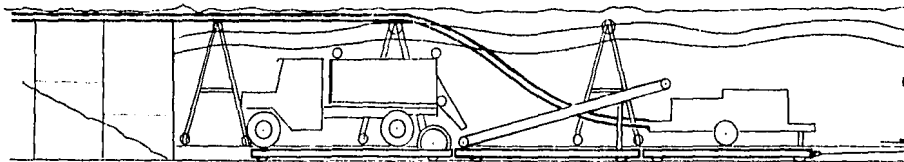
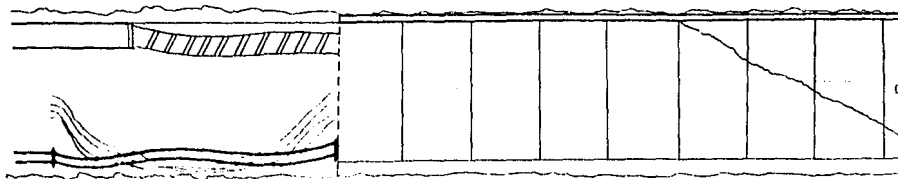
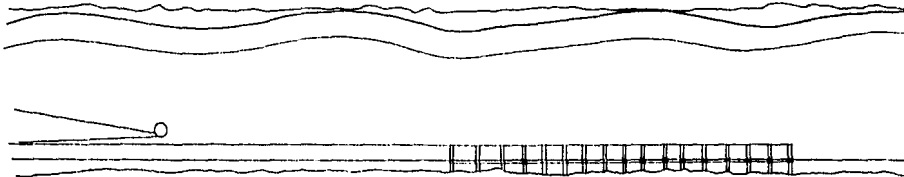


Figura 3.1.2.c. Revestimiento del túnel efectuado con carrovia



Para "rezagar" o cargar el producto de la voladura en los camiones montados sobre "carrovías", emplearemos la -- "rezagadora especial" que pertenece también al diseño de este nuevo sistema. Esta máquina rezagadora consiste en un carro sobre el que se ha montado una banda transportadora -- que alcanza a descargar sobre el camión; en el extremo inferior de la banda, se tiene un plano inclinado sobre el que unas cadenas dentadas hacen subir a las piedras depositándolas en la banda. Banda, cadenas y auto propulsión del carro, son accionadas por motores hidráulicos cuya bomba alimentadora es a su vez movida por el motor del camión que se está cargando a través de la toma de fuerza que lleva el "carrovía". Esta "rezagadora especial" que puede ser operada por el chofer de cada camión, es capaz de tener una velocidad - de carga de hasta  $3.0 \text{ m}^3$  por minuto. Para nuestro estudio consideraremos  $2.0 \text{ m}^3$  por minuto como un rendimiento conservador. (ver figura 3.1.1.d).

El manejo de la rezaga en el exterior será en la misma forma que el procedimiento convencional, depositándola - en un tiradero común para los dos frentes, donde habrá un - cargador frontal Caterpillar 955-L que se encargará del acomodo de la rezaga. Para el tendido de vías en el interior - del túnel dejaremos una plantilla de rezaga.

### Ventilación.

Para satisfacer las demandas de aire fresco en el interior del túnel, utilizaremos ventiladores turbo-axiales Flakt PHMD sobre la línea que inyectarán la cantidad de aire que determinen los cálculos respectivos. El barrido de los gases tóxicos y polvo productos de las voladuras, se hará liberando aire comprimido.

### Líneas Eléctricas.

Cada frente estará alimentado a una tensión de 2300-Volts con un conductor troncal de los calibres y aislamientos que resulten del diseño. La toma de fuerza en el interior del túnel (bombeo, ventilación, alumbrado y otros) será de los transformadores reductores que se instalarán a las distancias convenientes.

### Otras Líneas.

La velocidad y facilidad de transporte que dan los "carrovas" permite que se puedan eliminar las tuberías para aire comprimido y para agua de barrenación, ya que se podrán transportar a bordo del "jumbo especial" un compresor y un tanque con agua, eliminándose pérdidas por fugas, así como el costo del personal que opera bombas y compresores.

### Comunicaciones.

Se emplearán al igual que en el procedimiento convencional líneas telefónicas con estaciones en el interior a cada 1000 mts. y estaciones exteriores en la residencia, taller, almacén y planta de concreto.

#### 3.1.2 Soporte del Terreno

Se empleará preferentemente el concreto lanzado, lo cual haremos utilizando un camión que porta la lanzadora y los materiales y que lo montaremos sobre un "carrovia", para entrar al túnel. Pero también podrán requerirse marcos de acero estructural, los cuales transportaremos en un camión montado sobre "carrovas"; el diseño de los marcos se presenta en el capítulo correspondiente.

#### 3.1.3 Revestimiento.

El revestimiento lo atacaremos por un solo frente, a fin de evitar una cuantiosa inversión en equipo y considerando que tenemos velocidades muy altas en el transporte del concreto.

Revestiremos en dos etapas: La primera será el colado de bóveda con sus guarniciones de apoyo y la segunda el co-

lado de Invert. debiendo hacer antes de esta última actividad, la limpieza de la plantilla.

Las Inyecciones de contacto las haremos conforme el avance del colado de la bóveda, utilizando un taladro neumático equipado con una pierna, para hacer perforaciones de dos pulgadas de diámetro e inyectando concreto con una inyectora de lechada marca Atlas Copco mod. ZHB.8045.

El concreto se fabricará en una planta Elba Mixmobil, con un rendimiento de  $15\text{m}^3/\text{hora}$ , la colocación se hará con una bomba de una capacidad máxima de  $25\text{ m}^3/\text{hora}$  montada sobre una plataforma baja que rueda sobre la vía férrea, el transporte del concreto será en camiones de volteo con un dispositivo eyector "especial" montados sobre "carrovías". En este caso se requiere del dispositivo eyector porque no cabe la caja levantada dentro del túnel.

### 3.2 Programa

#### 3.2.1 Excavación.

Se hará a base de explosivos, de acuerdo a las mismas consideraciones señaladas en el inciso 2.2.1 (procedimiento convencional).

- a). Area media de la sección  $17.93 \text{ m}^2$
- b). Profundidad de barrenación = 3.20 m
- c). Avance medio por ciclo = 3.00 m
- d). Plantilla de barrenación: cuña quemada de 7 barrenos, con 12 barrenos auxiliares y 18 perimetrales perforados a cada 80 cms.

### 3.2.1.1. Análisis del ciclo en Roca sana y competente.

El ciclo lo estudiaremos para la estación o+750, debido a que la longitud total de nuestro túnel por construir es de 3000mts; y tendremos dos frentes de ataque, es así -- que la distancia media por excavar en cada frente son 750 mts. y es el punto donde encontramos las condiciones medias en cuanto a las dificultades de avance.

#### Ciclo de Excavación en Roca Sana y Competente.

##### 1.- Retirar Rezagadora del Frente

La rezagadora "especial" la retiraremos remolcada -- por el último camión sobre "carrovía" que fué cargado..

Colocar rezagadora en posición para ser remolcada = 2 mín.

Transporte de la rezagadora hasta el portal para per-

mitir el paso al jumbo especial por medio de un cambio de vías en el patio de dicho portal, por ser el movimiento remolcando le fijaremos una velocidad de 40 km/hora al "carrovia" y debe recorrer 800 mts., lo que significa un tiempo -- de 1.2 min.

.'. Tiempo para retirar rezagadora= 3.2 min.

## 2.- Acercar Jumbo y Fijarlo.

El "Jumbo Especial" se mueve a una velocidad de --- 60 km/hora y debe recorrer 800 mts. para acercarse al frente por lo que en 0.80 min. lo habremos acercado, necesitaremos 2 minutos más para fijarlo y poner en funcionamiento el equipo de compresores y agua para la barrenación.

.'. Tiempo para acercarlo y fijarlo = 2.80 min.

## 3.- Trazos.

Esta actividad de acuerdo al número de barrenos tardará 15 minutos, mismos que aprovecharemos para hacer el corrimiento de las vías del "carrovia", además debemos considerar que la actividad de trazos se inicia al mismo tiempo que estamos acercando el jumbo, por lo que el tiempo crítico será 15 minutos-2.80 minutos = 12.20 minutos.



## 4 .- Barrenación.

Tenemos un total de 37 barrenos por voladura y sabemos que la velocidad de nuestras perforadoras neumáticas, de --- acuerdo a las especificaciones marcadas por el fabricante es de un metro por minuto y que nuestro "jumbo especial" consta de cuatro brazos y la profundidad de perforación de los barrenos es de 3.20 mts. por lo que cada perforadora tendrá - que barrenar 30.4 mts. lo que nos da un tiempo de----30.4 min. Además el brazo del Jumbo que más veces cambia de posición, - lo hace 10 veces y cada cambio lo hace en 1.5 minutos, lo - que significa un tiempo de ----- 15 minutos.

.'. Tiempo total de barrenación = 45.4 minutos

5.- Carga y Prueba del Circuito            25.0 minutos

6.- Voladura y Eliminación de gases    30.0 minutos

7.- Rezaga

Antes que nada, debemos acercar la rezagadora "especial" lo cual nos llevará un tiempo igual al de retirarla, - calculado ya en el punto 1 de éste estudio -----3.20min.

De acuerdo al dato obtenido en el estudio de excavación por el método convencional, obtuvimos que necesitamos hacer -

14 viajes con camiones de volteo de  $6\text{m}^3$  de capacidad, para desalojar el volumen de rezaga por tronada, en el caso de los "carrovías" también les montaremos camiones de volteo de  $6\text{m}^3$ .

A continuación estableceremos, el tiempo requerido -- por cada viaje.

Tiempo para que se acerque el camión de volteo montado sobre el "carrovía" a 60 km/hora

(el carrovía se mueve a la misma velocidad de frente - o de reversa) recorriendo 800 mts. hasta el cambio de vía --  
----- 0.80 minutos.

Tiempo para cargarlo con la "rezagadora especial" que de acuerdo a datos proporcionados por su inventor, tiene un rendimiento en roca suelta de  $2\text{m}^3$  por minuto y si los camiones son de  $6\text{m}^3$  de capacidad, el tiempo de carga por camión es  
----- 3 minutos.

El tiempo para salir y dejar paso libre al siguiente - "carrovía" es el mismo que para acercarlo ----- 0.80 min.

Tiempo total por viaje

Viaje redondo --- 1.60 minutos

Carga ----- 3.00 minutos

Suma = 4.60 minutos/viaje.

14 viajes x 460 minutos = 64 minutos

A estos 64 minutos debemos descontarle 0.80 minutos - que es el tiempo para entrar el primer carrovía que fué el - que acercó la rezagadora "especial"

.'. Tiempo rezaga = 3.20 min.+ 63.20 min. = 66.40 min.

Resumen del ciclo de excavación c/carrovías

1.- Retirar Rezagadora	3.2 minutos
2.- Acercar Jumbo y Fijarlo	2.8 minutos
3.- Trazos	12.2 minutos
4.- Barrenación	45.4 minutos
5.- Carga y Prueba	25.0 minutos
6.- Voladura y eliminación gases	30.0 minutos
7.- Rezaga	66.40 minutos
	<hr/>
Total	185.0 minutos/ciclo

A continuación estableceremos el número de ciclos por día, de acuerdo a las siguientes eficiencias.

Eficiencia de Frente	= 80%
Eficiencia de Superintendencia	= 90%
Eficiencia de Gerencia	= 90%

.. Nuestro factor de eficiencia será.

$$0.80 \times 0.90 \times 0.90 = 0.65$$

(NOTA: Es el mismo factor empleado en el estudio de -  
construcción del túnel por el procedimiento convencional)

$$\text{Ciclos Diarios} = \frac{1440 \text{ min./dfa} \times 0.65}{185 \text{ min./dfa}} = 5.06 \text{ ciclos/dfa}$$

Ahora en función de los ciclos por dfa y teniendo en -  
cuenta nuestro avance por ciclo, estableceremos nuestra ve-  
locidad Óptima.

$$\text{Velocidad Óptima} = 5.06 \text{ ciclos/dfa} \times 3.00 \text{ m/ciclo} = 15.18 \text{ m/dfa}$$

### 3.2.1.2 Determinación de las velocidades medias de -- Excavación por frente.

Usaremos las mismas que establecimos para el método -  
convencional y que fueron determinadas en función del estu-  
dio geológico.

Velocidad Optima = 15.18 m/día

SUB - TRAMO						
TRAMO	LONG (M)	EST. A EST.	LONG m	% VEL. OPTIMA	VEL. MEDIA m/día	DIAS HABILES
P.de Ent.		0+000—0+050	50	50	7.6	6.6
a	1.890	0+050—1+000	950	65	9.9	96.0
Pto. de		1+000—1+500	500	70	10.6	47.2
Conex.		1+500—2+180	680	80	12.1	56.2
P. de		2+180—2+200	20	20	3.0	6.6
Salida		2+200—2+380	180	80	12.1	14.9
a		2+380—2+570	190	20	3.0	63.3
Pto. de	1.110	2+570—2+950	380	40	6.1	62.3
Conex		2+950—3+000	50	30	4.6	10.9
SUMA	3,000		3,000			364.0

Velocidad Media General =  $\frac{3000 \text{ m}}{364 \text{ días hábiles}} = 8.24 \text{ m/día}$

## 3.2.1.3 Duración de la Excavación.

## Fecha y estación de conexión

a).- La fecha de conexión será a la mitad de los días que dure la excavación (364días) ya que iniciaremos el mismo día los dos frentes, lo cual quiere decir que la conexión será cuando hayan transcurrido

$$\frac{364 \text{ días}}{2} = 182 \text{ días}$$

b).- Para obtener el punto de conexión hacemos un acumulado de los días hábiles por el portal de entrada hasta - llegar a sumar 182 días y en esa estación será punto de conexión.

Vemos que hasta la estación 1+500 hemos tardado --- 149.8días, debemos ver ahora, cuantos metros más avanzaremos en los restantes 322 días, en función de la velocidad del - siguiente sub-tramo podemos hacer la siguiente regla de tres.

$$\begin{array}{l} 680 \text{ m} \text{ --- } 56.2 \text{ días} \\ x \text{ (m)} \text{ --- } 32.2 \text{ días} \end{array} \quad x = 389.60 \text{ m}$$

$$\therefore \text{ Estación de conexión teórica} = 1,500 + 389.60 = 1,889.60 \text{ m}$$

Pero en vista de que nuestros avances por tronada son - de 3 mts., la estación de conexión deberá ser un múltiplo de

3 metros, por lo que:

Estación de Conexión Práctica = 1+890

c).- Duración: Para fines de programa debemos considerar el tiempo necesario para movilización e Instalación de equipo, a partir de la fecha en que se otorga el contrato -- de construcción del túnel, que para nuestro caso serán 48 -- días y después 182 días para terminar la excavación.

### 3.2.2. Revestimiento de Concreto.

#### 3.2.2.1 Consideraciones

a).- Sección media del revestimiento

(De acuerdo a los cálculos hechos en el capítulo 2.2.2,1)

Sección media del revestimiento a sección completa =  $6.54 \text{ m}^2$

Sección media de revestimiento de bóveda =  $5.02 \text{ m}^2$

Sección media de revestimiento de bóveda descontando inyecciones =  $4.32 \text{ m}^2$

Sección media de revestimiento del Invert. =  $1,52 \text{ m}^2$

b).- La operación crítica del avance lo constituye el -- tiempo para fraguado.

c).- Colocación de concreto media prevista.

Esta colocación para fines de realizar un programa la determinaremos para la estación 1+500 que es la distancia - media como consecuencia de tener un solo frente de ataque.

Tiempo para que entre un camión con dispositivo eyector montado sobre un "carrovia" recorriendo una distancia - de 1550 mts. contados desde el cambio de vía a una velocidad promedio de 60 km/hora -----1.55 minutos.

Tiempo para vaciar la bacha de  $6 \text{ m}^3$

La bomba que seleccionamos, a fin de optimizar el tiempo de colocación de concreto es de  $25 \text{ m}^3/\text{hora}$  lo que quiere decir que para vaciar  $6 \text{ m}^3$  tardaremos ----- 14.4 minutos.

Tiempo para salir un camión con dispositivo eyector (mism que para entrar porque se mueve a la misma velocidad en los dos sentidos) ----- 1.55 minutos

Tiempo Total      17.5 minutos /  $6 \text{ m}^3$

De aquí que en una hora colocaremos:  $20.57 \text{ m}^3$  de concreto

d).- Eficiencia =  $0.80 \times 0.90 \times 0.90 = 0.65$

Eficiencia del frente      = 80%

Eficiencia de superintend. = 90%

Eficiencia de gerencia      = 90%



## 3.2.2.2 Avance Diario Medio Por Frente.

$$\text{Bóveda} = \frac{20.57 \text{ m}^3/\text{hora coloc. media} \times 0.65 \text{ ef.} \times 24 \text{ hr./día}}{4.32 \text{ m}^3/\text{m} (\text{secc. bóveda})} = 74.28 \text{ m/día}$$

El colado de la bóveda será continuo con formas teles--  
cópicas de una longitud de 30 mts.

Las inyecciones de contacto las ejecutaremos durante -  
el proceso de colado de bóveda y terminarán 20 días después  
de haber concluido éste.

La limpieza de plantilla y colado de Invert. los hare-  
mos alternados, una vez terminada la excavación y colado de  
la bóveda.

La limpieza inicial de la plantilla la haremos a mano  
con la cuadrilla de revestimiento y la final con chorro de  
agua a presión y una bomba de lodos, pudiendo tener un ren-  
dimiento de 6 ml/hora ya considerando el recoger vías.

El colado de Invert. lo haremos entonces intermitente  
y colocaremos el concreto con una bomba de una capacidad de  
25 m<sup>3</sup>/hora y desde un solo frente por lo que nuestra coloca-  
ción media prevista será de 20.57 m<sup>3</sup>/hora (misma que el colado -  
de bóveda) y en un jornal de 8 horas colocaremos 164.56 m<sup>3</sup>/Jor.

que significa un avance de:

$$\frac{164.56 \text{ m}^3/\text{jornada}}{1.52 \text{ m}^3/\text{ml}} = 108.26 \text{ ml/Jor.}$$

Por lo tanto organizaremos nuestra cuadrilla de tal - forma que nos dedicaremos dos turnos a limpieza de plantilla y el otro a colado de Invert.

De aquí que cada 24 horas (3 turnos) limpiemos y colemos 96 ml. de Invert. por lo que nuestra colocación media será.

$$\frac{96 \text{ ml/día} \times 1.52 \text{ m}^3/\text{m}}{24 \text{ horas/día}} = 6.08 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Limpieza de Plantilla y Colado Invert.

$$\frac{6.08 \text{ m}^3/\text{hora} \times 0.65 \text{ efic.} \times 24 \text{ hrs./día}}{1.52 \text{ m}^3/\text{ml.}} = 62.4 \text{ ml/día}$$

3.2.2.3 Duración del Revestimiento. (1 frente).

$$\text{Bóveda} = \frac{\text{Longitud del frente}}{\text{Avance medio diario por frente}} = \frac{3000 \text{ m}}{74.28 \text{ m/día}} = 41 \text{ días}$$

$$\text{Limpieza de plant.} = \frac{\text{Longitud del frente}}{\text{Avance medio diario P./frente}} = \frac{3000 \text{ m}}{62.40 \text{ m/día}} = 48 \text{ días}$$

$$\text{y colado Invert.} \quad \text{Avance medio diario P./frente} \quad 62.40 \text{ m/día}$$

Suma 89 días

## NOTA:

Las inyecciones de contacto, no se consideran en tiempo dentro del programa ya que como dijimos anteriormente -- se realizarán durante el proceso del colado de bóveda y tras lapan también 20 días con la limpieza de plantilla porque -- no se estorban estas actividades.

3.2.3 Resumen de Actividades Críticas por Frente  
en Días Hábiles.

FRENTE	ACTIVIDAD	DURACION	INICIA EL DIA	TERMINA EL DIA
I. EXCAVACION				
1. Portal de	Preparación	48	1	48
Entrada	Excavación	182	49	230
2. Portal de	Preparación	48	1	48
Salida	Excavación	182	49	230
II. REVESTIMIENTO				
1. Portal de				
Entrada	Preparación	48	182	230
A	Bóveda	41	231	271
Portal de	Limpieza de plant.	48	272	319
Salida	y colado invert.			

$$\text{Días de Calendario} = 319 \text{ días hábiles} \times \frac{365 \text{ días/año}}{296.83 \text{ días labor./año}^*} = 393 \text{ días}$$

\* Este resultado se detalla en el inciso 2.4.1.1

### 3.3 Costo de Materiales Puestos en el Almacén de la Obra.

Mismos costos que los indicados en el inciso 2.3 tanto para materiales de consumo como los recuperables.

### 3.4 Mano de Obra

#### 3.4.1 Determinación del costo real

Los incrementos a salarios mínimos y no mínimos se determinaron en el capítulo 2.4.1 y son los siguientes:

Salarios mínimos ——— 1.54

Salarios no mínimos ——— 1.49

#### 3.4.2. Catálogo de costo de mano de obra por actividades.

##### 3.4.2.1 Excavación de Túnel.

## Salarios Por Cuadrilla

CATEGORIA	No. DE	SALARIO INCREMENTO	COSTO INDIVIDUAL	COSTO TOTAL POR TURNO
SOBRESTANTE GENERAL	1	547.00 1.49	815.03	815.03
a). En el interior				
1. Jefe de turno	1	394.00 1.49	587.06	587.06
2. Perforista	1	310.00 1.49	461.90	461.90
3. Rezagador	1	360.00 1.49	536.40	536.40
4. Electricista	1	310.00 1.49	461.90	461.00
5. Choferes	3	310.00 1.49	461.90	1,385.70
6. Bombero	1	230.00 1.49	342.70	342.70
7. Poblador	1	310.00 1.49	461.90	461.90
8. Ayudante de Perforista	4	160.00 1.49	238.40	953.60
9. Ayudante de Rezagador	1	160.00 1.49	238.40	238.40
10. Ayudante de Electricista	1	160.00 1.49	238.40	238.40
11. Ayudante de Bombero	1	160.00 1.49	238.40	238.40
12. Ayudante de Poblador	1	160.00 1.49	238.40	238.40
13. Reportero/Telefonista	1	230.00 1.49	342.70	342.70
14. Soldador	1	310.00 1.49	461.90	461.90
15. Ayudante de Soldador	1	160.00 1.49	238.40	238.40
16. Peón	15	145.00 1.54	223.30	3,349.50
17. Rielero	1	310.00 1.54	461.90	461.90
b). En el exterior				
1. Sobrestante de maniobras	1	360.00 1.49	536.40	536.40
2. Maniobrista	1	230.00 1.49	342.70	342.70
3. Operador cargador Front.	1	310.00 1.49	461.90	461.90
4. Ayudante Op.cargador	1	160.00 1.49	238.40	238.40
5. Chofer de Pipa	1	266.00 1.49	396.34	396.34
6. Peón	4	145.00 1.54	223.30	223.30

NOTA: Los mecánicos y los auxiliares se consideran cubiertos por las cuotas de mantenimiento y seguro de Equipo. + 5% de Equipo de seguridad y Herram.

SUMA \$17,013.23  
850.66

Costo Cuadrilla / Turno = \$17,863.89

## 3.4.2.2 Revestimiento de Concreto

## Salario Por Cuadrilla.

CATEGORIA	No. DE PERS.	SALARIO BASE	INCRE- MENTO	COSTO INDIVIDUAL	COSTO TOTAL POR TURNO
Sobrestante General	1	547.00	1.49	815.03	815.03
a). En el interior					
1. Jefe de turno	1	394.00	1.49	587.06	587.06
2. Operador de bomba	1	310.00	1.49	461.90	461.90
3. Operador carro eyector	2	310.00	1.49	461.90	923.80
4. Formero	2	310.00	1.49	461.90	923.80
5. Concretero	1	310.00	1.49	461.90	461.90
6. Electricista	1	310.00	1.49	461.90	461.90
7. Tubero	1	310.00	1.49	461.90	461.90
8. Soldador	1	310.00	1.49	461.90	461.90
9. Ayudante de bomba concr.	1	160.00	1.49	238.40	238.40
10. Ayudante de concretero	7	160.00	1.49	238.40	1,668.80
11. Ayudante de Electricista	1	160.00	1.49	238.40	238.40
12. Ayudante de Tubero	3	160.00	1.49	238.40	715.20
13. Ayudante de Soldador	1	160.00	1.49	238.40	238.40
14. Ayudante de Formero	4	160.00	1.49	238.40	953.60
15. Cabo de limpieza	1	230.00	1.43	342.70	342.70
16. Rielero	1	310.00	1.49	461.90	461.90
17. Reportero/Telefonista	1	230.00	1.49	342.70	342.70
18. Peón	10	145.00	1.54	223.30	2,233.00
b). En el exterior					
1. Sobrestante de fabric.de concr.	1	360.00	1.49	536.40	536.40
2. Operador planta de concreto	1	310.00	1.49	461.90	461.90
3. Operador escropa radial	1	310.00	1.49	461.90	461.90
4. Maniobrista	1	160.00	1.49	238.40	238.40
5. Laboratorista	1	266.00	1.49	396.34	396.34
6. Bombero	1	230.00	1.49	342.70	342.70
7. Ayudantes	6	160.00	1.49	238.40	1,430.40
8. Peón	6	145.00	1.54	223.30	1,339.80
Suma				\$ 17,276.33	
+ 5% de Equipo de seguridad y herramienta auxiliar				\$ 863.82	
Costo Cuadrilla / Turno.				\$ 18,140.15	

## 3.5. Costo de Maquinaria y Equipo

## Catálogo

De cada máquina cotizada se presenta el estudio correspondiente.

MAQUINA	COSTO HORARIO (\$)	
	OCIOSA	ACTIVA
1.0 Equipo para excavación de túnel		
1.1 Jumbo Especial	513.43	567.31
1.2 Brazo c/ Perforadora	58.90	60.59
1.3 Rompedora neumática	22.32	26.07
1.4 Rezagadora Especial	111.11	128.48
1.5 Carrovia	37.37	37.37
1.6 Camión de volteo 6 m <sup>3</sup> - Diesel	105.49	141.96
1.7 Cargador frontal cat. 955 - L	692.41	719.20
2.0 Equipo para ventilación de túnel		
2.1 Ventilador turbo-axial Fläkt	25.22	25.22
3.0 Equipo para ademado		
3.1 Lanzadora de concreto c/bomba	65.96	85.78
4.0 Equipo para revestimiento túnel		
4.1 Formas p/bóveda	186.42	188.42
4.2 Bomba de concreto 25 m <sup>3</sup> /hora	213.33	237.87
4.3 Planta de concreto 15 m <sup>3</sup> /hora	360.83	360.83
4.4. Vibrador neumático contacto	7.33	11.08
4.5 Camión de volteo c/eyector	123.68	160.15
4.6 Taladro	22.32	26.07
4.7 Inyectora	118.97	137.04
4.8 Plataforma P-5	7.39	7.39
5.0 Equipo para Transportes		
5.1 Autotanque de 8 m <sup>3</sup>	115.95	229.23
6.0 Equipo Eléctrico		
6.1 Transformador 400 kva 23-2.3Kw.	38.90	38.90
6.2 Transformador 200 kva 23-2.3Kw.	23.16	23.16

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA JUMBO SOBRE CAMION MARCA JLSF MOD JH-4  
 HP ENERGIA VALOR(Va) \$ 2'816,979.10  
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10,000 HRS 5 AÑOS: RESCATE (Vr) 10  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (Te) 224 DIAS 5,376 HRS

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

INCLUYE 4 BRAZOS C/PERF.

CATEGORIA	FORMULA	CALCULO	COSTO \$/hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{2'816,979.10 - 281,697.91}{10,000 \text{ hrs.}}$	253.53
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Pa}\right) i$	$\left(\frac{2'816,979.10 + 281,697.91}{14,248}\right) \times 0.20$	43.50
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Pa}\right) S$	$\left(\frac{2'816,979.10 + 281,697.91}{14,248}\right) \times 0.0172$	3.74
4.- Almacenaje	Ka D	$0.03 \times \text{¢ } 253.53/\text{hr.}$	7.61
5.- Mantenimiento	Q P	$0.80 \times \text{¢ } 253.53/\text{hr.}$	202.82
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\text{¢ } 12,000.00}{5,376}$	2.23
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$	—	—
COSTO MAQUINA OCIOSA			513.43
MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA	1.- Combustibles	$\frac{C}{Dr} S$ D = $\frac{0.154 \times 105 \text{ HP} \times \text{¢ } 1.07}{1 \text{ hr}}$	17.04
	2.- Lubricantes	$\frac{C}{Dr} S$ $\frac{0.39 \times \text{¢ } 27.10}{1.0 \text{ hr.}}$	10.57
	3.- Filtros	$\frac{C}{Dr} S$ $\frac{1 \text{ lote} \times \text{¢ } 275.00}{200 \text{ hrs.}}$	1.38
	4.- Acumuladores	$\frac{C}{Dr} S$ $\frac{1 \times \text{¢ } 950.00}{2000 \text{ hrs.}}$	0.48
	5.- Cables	$\frac{C}{Dr} S$	—
	6.- Dientes	$\frac{C}{Dr} S$	—
	7.- Llantas	$\frac{C}{Dr} S$ $\frac{1 \text{ Jeep} \times \text{¢ } 21,000.00}{3000 \text{ hr.}}$	7.00
	a.- Mangueras	$\frac{C}{Dr} S$ $\frac{\text{¢ } 10,000.00}{3000 \text{ hr.}}$	3.33
	9.- Aceite hidráulico	$\frac{C}{Dr} S$ $\frac{2 \text{ lit} \times \text{¢ } 27.10}{8.0 \text{ hr.}}$	6.78
	10.- lote compresor.	$\frac{C}{Dr} S$ $\frac{1 \text{ lote} \times \text{¢ } 700.00}{100 \text{ hrs.}}$	7.30
NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente			
COSTO MAQUINA ACTIVA			567.31



## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA BRAZO C/PERFORADORA MARCA JLSF MOD ESPECIAL  
 HP 17 ENERGIA NEUMATICO PESO VALOR (Va) \$ 322,607.50  
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10,000 HRS 5 AÑOS; RESCATE (Vr) 10  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRAS (Te) 224 DIAS 5,376 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

CATEGORIA	FORMULA	CALCULO	IMPORTE \$/ hora	
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{322,607.50 - 32,260.75}{10,000}$	29.05	
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) i$	$\left(\frac{322,607.50 + 32,260.75}{19,248}\right) \times 0.20$	4.98	
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{322,607.50 + 32,260.75}{19,248}\right) \times 0.0172$	0.43	
4.- Almacenaje	Ka D	0.03 x \$ 29.03/hr.	0.87	
5.- Mantenimiento	Q D	0.80 x \$ 29.03/hr.	23.22	
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{2000.00}{5376 \text{ hrs}}$	0.37	
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$		—	
COSTO MAQUINA OCIOSA			58.90	
CONSUMOS DE OPERACION	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.- Aceite hidraulico	$\frac{C}{Dr}$ \$	$\frac{0.5 \text{ lt.} \times \$ 27.10}{8.0 \text{ hrs}}$	1.69
	8.-	$\frac{C}{Dr}$ \$	—	
	9.-	$\frac{C}{Dr}$ \$	—	
	10.-	$\frac{C}{Dr}$ \$	—	
NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente				
COSTO MAQUINA ACTIVA			60.59	

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA REZAGADORA ESPECIAL MARCA JLSF MOD             
 HP            ENERGIA NEUMATICA PESO            VALOR (Va) \$ 600,000  
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10,000 HRS 5 AÑOS; RESCATE (Vr) 10  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (Te) 224 DIAS 5,376 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

CATEGORIA	FORMULA	CALCULO	Indice \$/ hora	
1.- Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{600,000 - 60,000}{10,000}$	54.00	
2.- Inversión	$\left(\frac{Va + Vr}{2Ha}\right) i$	$\left(\frac{600,000 + 60,000}{14,248}\right) 0.20$	9.26	
3.- Seguros	$\left(\frac{Va + Vr}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{600,000 + 60,000}{14,248}\right) 0.0172$	0.80	
4.- Almacenaje	Ka D	0.03 x \$ 54.00 /hr.	1.62	
5.- Mantenimiento	Q D	0.80 x \$ 54.00 /hr.	43.20	
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{12,000}{5,376}$	2.23	
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$	—	—	
COSTO MAQUINA OCIOSA			111.11	
Mantenimiento de partes	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	$\frac{C}{Dr}$	$\frac{1 \text{ lote } \times \$ 38,500}{5000 \text{ hrs.}}$	7.70
	7.- Cadena.	$\frac{C}{Dr}$	$\frac{1 \text{ lote } \times \$ 23,000}{10,000 \text{ hrs.}}$	2.30
	8.- Banda.	$\frac{C}{Dr}$	$\frac{1 \text{ lote } \times \$ 14,750}{2000}$	7.37
	9.-	$\frac{C}{Dr}$	—	—
	10.-	$\frac{C}{Dr}$	—	—
NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente				
COSTO MAQUINA ACTIVA			128.48	

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA CARRONIA MARCA JLSE MED             
 DE ENERGIA TIPO            VALOR (VAL) \$ 250,000.00  
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10,000 HRS            AÑOS; RESCATE (Vr) 10 %  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (T) 334 DIAS 8016 HRS  
 CLAVE: D = Depreciación Ka = Tasa de almacenaje (%)  
 Ha = Horas trabajo/año L = Mantenimiento (%)  
 I = Tasa de interés anual (i) F = Costo de fletes  
 S = Prima anual de Seguro (s) 1 = Costo de instalación  
 Dr = Duración del recurso (Dra) y desmantelamiento  
 T = % horario de operación C = Consumo

ITEM	FORMULA	CALCULO	VALOR \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{250,000 - 25,000}{10,000}$	22.50
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) \cdot I$	$\left(\frac{250,000 + 25,000}{14,240}\right) \times 0.20$	3.86
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) \cdot S$	$\left(\frac{250,000 + 25,000}{14,240}\right) \times 0.0172$	0.33
4.- Almacenaje	Ka · D	$0.03 \times \frac{1}{2} 22.50/hr.$	0.68
5.- Mantenimiento	L · D	$0.40 \times \frac{1}{2} 22.50/hr.$	9.00
6.- Fletes y maniobra	$\frac{F}{Te}$	$\frac{18,000.00}{8016 hr.}$	1.00
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{1}{Te}$		—
<b>COSTO MAQUINARIA PASIVA</b>			<b>37.37</b>
1.- Combustibles	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
2.- Lubricantes	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
3.- Filtros	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
4.- Acumuladores	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
5.- Cables	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
6.- Inyectores	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
7.-	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
8.-	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
9.-	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
10.-	$\frac{C \cdot S}{Dr}$		—
NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente			
<b>COSTO MAQUINARIA ACTIVA</b>			<b>37.37</b>

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA VENTILADOR TURBO AXIAL MARCA FLÄKT MOD. PHMD 068/2 POLD  
 HP 30 ENERGIA ELECTRICO VOLTAJES 130,209  
 VALOR ECONOMICA (Ve) 10,000 HRS 5 AÑO DE VIGENCIA (Vv) 10  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (Dr) 222 DIAS 5328 HRS

CLAVE: D = Depreciación

Fa = Tasa de amacortamiento (%)

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 = V horario de operación

C = Consumo

INCLUYE 2 MOTORES C/UNIDAD

CATEGORIA	FORMULA	CALCULO	TOTAL C\$/HORA
1.- Depreciación	$\frac{V_e - V_r}{V_e}$	$\frac{130,209 - 13,020}{10,000}$	11.72
2.- Inversión	$\left(\frac{2i + Tr}{2Ha}\right) \cdot V_e$	$\left(\frac{130,209 + 13,020}{14,248}\right) \times 0.20$	2.01
3.- Seguros	$\left(\frac{V_e + V_r}{2Ha}\right) \cdot S$	$\left(\frac{130,209 + 13,020}{14,248}\right) \times 0.0172$	0.17
4.- Almacenaje	Ca · D	$0.03 \times \frac{1}{2} 11.72 / \text{hr.}$	0.35
5.- Mantenimiento	Q · D	$0.80 \times \frac{1}{2} 11.72 / \text{hr.}$	9.38
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{T_e}$	$\frac{14,000}{5328}$	0.75
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{T_e}$	$\frac{14,500}{5328}$	0.84
COSTO MAQUINA PASIVA			25.22
1.- Combustibles	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
2.- Lubricantes	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
3.- Filtros	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
4.- Acumuladores	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
5.- Cables	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
6.- Fuentes	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
7.-	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
8.-	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
9.-	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
10.-	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
NOTA: El personal de operación se calcula en la cuadrilla correspondiente			
COSTO MAQUINA ACTIVA			25.22

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA FORMAS REVESTIMIENTO MARCA \_\_\_\_\_ MOD \_\_\_\_\_  
 HP ENERGIA PLEO \_\_\_\_\_ VALOR (Va) \$ 1'040.000.00  
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10.000 HRS 5 AÑOS; RESCATE (Vr) 20 %  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (Te) 51 DIAS (224) 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 =  $\lambda$  horario de operación C = Consumo

CATEGORIA	FORMULA	CALCULO	IMPORTE \$/ hora	
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{1'040,000 - 104,000}{10,000}$	93.60	
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) i$	$\left(\frac{1'040,000 + 104,000}{14,248}\right) \times 0.20$	16.06	
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{1'040,000 + 104,000}{14,248}\right) \times 0.0172$	1.38	
4.- Almacenaje	Ka D	$0.03 \times \frac{1}{2} \times 93.60 / \text{hr.}$	2.81	
5.- Mantenimiento	Q D	$0.40 \times \frac{1}{2} \times 93.60 / \text{hr.}$	37.44	
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Te}$	$\frac{\$ 35,000.00}{1,224 \text{ hrs.}}$	28.59	
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$	$\frac{\$ 8,000.00}{1,224 \text{ hrs.}}$	6.54	
<b>COSTO MAQUINA OCIOSA</b>			<b>186.42</b>	
COSTOS DE MANTENIMIENTO	1.- Combustibles	$\frac{C}{Dr} \times S$	—	
	2.- Lubricantes	$\frac{C}{Dr} \times S$	—	
	3.- Filtros	$\frac{C}{Dr} \times S$	—	
	4.- Acumuladores	$\frac{C}{Dr} \times S$	—	
	5.- Cables	$\frac{C}{Dr} \times S$	—	
	6.- Dientes	$\frac{C}{Dr} \times S$	—	
	7.- Llantas	$\frac{C}{Dr} \times S$	$\frac{2 \times \$ 2000.00}{2000 \text{ hrs.}}$	2.00
	8.-	$\frac{C}{Dr} \times S$	—	
	9.-	$\frac{C}{Dr} \times S$	—	
	10.-	$\frac{C}{Dr} \times S$	—	
NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente				
<b>COSTO MAQUINA ACTIVA</b>			<b>188.42</b>	

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA	BOMBA PARA CONCRETO	VALOR (Va)	ELBA	MOD	25 m <sup>3</sup> /hr
h	65	ENERGIA	115,900	VALOR (Vv)	1,159,000.00
VIDA ECONOMICA (Ve)	10,000	HRS	110	AÑOS: RESCATE (Vi)	10
TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRA (T)			110	DIAS	2,625
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 y desmantelamiento	
	hr = Duración del recurso (hrs)			C = Consumo	
	T = Horario de operación				

	FORMULA	CALCULO	VALOR \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vv}{Ve}$	$\frac{1,159,000 - 115,900}{10,000}$	104.31
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vv}{2Va}\right) i$	$\left(\frac{1,159,000 + 115,900}{14,246}\right) \times 0.20$	17.89
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vv}{2Va}\right) S$	$\left(\frac{1,159,000 + 115,900}{14,246}\right) \times 0.0172$	1.53
4.- Almacenaje	$Ka \times D$	$0.03 \times 104.31$	3.12
5.- Mantenimiento	$Q \times D$	$0.80 \times 104.31$	83.44
6.- Fletes y maniobra	$\frac{F}{Te}$	$\frac{8,000.00}{2,625}$	3.04
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Te}$		—
<b>COSTO MAQUINA OCIOSA</b>			<b>213.33</b>
1.- Combustibles	$\frac{C \times S}{Dr}$	$\frac{9.14 \times 107}{1.0 \text{ hr.}}$	9.54
2.- Lubricantes	$\frac{C \times S}{Dr}$	$\frac{0.5 \text{ hr.} \times 30.00}{1.0 \text{ hr.}}$	15.00
3.- Filtros	$\frac{C \times S}{Dr}$		—
4.- Acumuladores	$\frac{C \times S}{Dr}$		—
5.- Cables	$\frac{C \times S}{Dr}$		—
6.- Dientes	$\frac{C \times S}{Dr}$		—
7.-	$\frac{C \times S}{Dr}$		—
8.-	$\frac{C \times S}{Dr}$		—
9.-	$\frac{C \times S}{Dr}$		—
10.-	$\frac{C \times S}{Dr}$		—
NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente			
<b>COSTO MAQUINA ACTIVA</b>			<b>237.87</b>

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA CANON C/ EJECTOR MARCA DODGE MOD D-600  
 HP 150 ENERGIA DIESEL PESO 11,567 kg. VALOR (Ve) 681,549.91  
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10,000 AÑOS 5 AÑOS RECATIVO (Vr) 10  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OBRERA (T) 110 DIAS 2640 HRS

ClAVE: D = Depreciación

Ha = Horas trabajo/año

i = Tasa de interés anual (%)

S = Prima anual de Seguro (%)

Dr = Duración del recurso (hrs)

T = % horario de operación

Ka = Tasa de almacenaje (%)

Q = Mantenimiento (%)

F = Costo de fletes

I = Costo de instalación

y desmantelamiento

C = Consumo

CATEGORÍA	FORMULA	CALCULO	Indicador \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va-Vr}{Ve}$	$\frac{681,549.91 - 68,154.91}{10,000}$	61.34
2.- Inversión	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) i$	$\left(\frac{681,549.91 + 68,154.91}{14,240}\right) \times 0.20$	10.52
3.- Seguros	$\left(\frac{Va+Vr}{2Ha}\right) S$	$\left(\frac{681,549.91 + 68,154.91}{14,240}\right) \times 0.072$	0.91
4.- Almacenaje	$Ka \cdot D$	$0.03 \times \$ 61.34 / \text{hr.}$	1.84
5.- Mantenimiento	$Q \cdot D$	$0.80 \times \$ 61.34 / \text{hr.}$	49.07
6.- Fletes y maniobras	$\frac{F}{Tc}$		—
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Tc}$		—
COSTO MAQUINA OCIOSA			123.68
1.- Combustibles	$\frac{C}{Dr} \cdot S$	$D: \frac{0.1514 \times 105 \text{ Hp} \cdot \text{op.} \times \$ 1.07}{1.0 \text{ hr.}}$	17.04
2.- Lubricantes	$\frac{C}{Dr} \cdot S$	$\frac{0.39 \times \$ 27.10}{1.0}$	10.57
3.- Filtros	$\frac{C}{Dr} \cdot S$	$\frac{1 \text{ lote} \times \$ 275.00}{200 \text{ hrs.}}$	1.38
4.- Acumuladores	$\frac{C}{Dr} \cdot S$	$\frac{1 \times \$ 950.00}{2000 \text{ hrs.}}$	0.48
5.- Cables	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
6.- Dientes	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
7.- Llantas	$\frac{C}{Dr} \cdot S$	$\frac{1 \text{ lote} \times \$ 21,000}{3000 \text{ hrs.}}$	7.00
8.-	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
9.-	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
10.-	$\frac{C}{Dr} \cdot S$		—
NOTA: El personal de operación se carga en la cuadrilla correspondiente.			
COSTO MAQUINA ACTIVA			160.15

## DETERMINACION DEL COSTO HORARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPO

MAQUINA PLATAFORMA MARCA JLSE MOD P-5  
 HP ENERGIA PISO VALOR (Val) \$ 30,000.00  
 VIDA ECONOMICA (Ve) 10,000 HRS 5 AÑOS; RESCATE (Vr) 10  
 TIEMPO ESTIMADO DE PERMANENCIA EN LA OPERACION 110 DIAS 2,640 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 = T horario de operación C = Consumo

## P/REVESTIMIENTO

COSTO	FORMULA	CALCULO	IMPORTE \$/ hora
1.- Depreciación	$\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{30,000 - 3,000}{10,000}$	2.70
2.- Inversión	$\left(\frac{Va + Vr}{2Ha}\right) i$	$\left(\frac{30,000 + 3,000}{14,248}\right) \times 0.20$	0.46
3.- Seguros	$\left(\frac{Va + Vr}{2IHa}\right) S$	$\left(\frac{30,000 + 3,000}{14,248}\right) \times 0.0172$	0.04
4.- Almacenaje	Ka D	$0.03 \times \frac{1}{2} 2.70/hr$	0.08
5.- Mantenimiento	Q D	$0.40 \times \frac{1}{2} 2.70/hr$	1.08
6.- Fletes y maniobra	$\frac{F}{Tc}$	$\frac{\$ 8,000.00}{2640 hrs.}$	3.03
7.- Montaje y desmantelamiento	$\frac{I}{Tc}$		—
COSTO MAQUINA OCIOSA			7.39
Consumo de materiales	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			7.39



### 3.6. Instalaciones y Servicios

#### 3.6.1. Vías Férreas

##### Plan General.

1.- La vía será de 1435 mm. de escantillón construída con riel de 60 Lbs./yd. apoyada sobre durmientes de madera.

2.- Los patios en los portales de entrada y salida - tendrán un desarrollo aproximado de 250 mts. y constará de un ladero para el jumbo especial y dos espuelas equipadas - con cambios del No.5

##### Costo

#### a). Materiales para vía sencilla

##### 1.- Riel 60 lbs/yarda

Incluyendo planchuelas  $\frac{2 \text{ m. a } \$263.97/\text{m}}{1 \text{ m. vía}} = \$527.94/\text{m}$

2.- Durmientes 5"x 6"x 6' =  $\frac{1.19 \text{ a } \$ 153.20/\text{pza}}{1 \text{ m vía}} = \$182.31/\text{m}$

3.- Clavo de vía 9/16" x 5 1/2" =  $\frac{6.48 \text{ a } \$ 7.35/\text{pza}}{1 \text{ m vía}} = \$ 47.63/\text{m}$

4.- Tornillería 3/4" x 4" =  $\frac{0.8 \text{ a } \$13.71/\text{pza}}{1 \text{ m vía}} = \$ 10.97/\text{m}$

Costo de Materiales para vía Sencilla \$ 768.85/m

b). Materiales para cambios

1. Cambio No. 5 completo = \$23,470.00/jgo.

c). Costo de materiales por metro de túnel

Longitud total de vía

Longitud neta del túnel = 3000 m.

Patio de entrada = 250 m.

Patio de salida = 250 m.

Laderos para jumbos = 100 m.

Suma = 3600 m.

Costo vía sencilla = 3600 m. a \$768.85/m. = \$2'767.860.00

Costo cambios

cuatro jgos. de cambios No.5 a \$23,470.00/jgo. = \$ 93.880.00

Costo Total \$2'861,740.00

Costo Unitario. =  $\frac{\$ 2'861,740.00 \text{ total material}}{3000 \text{ m. de long. neta}} = \$953.91/m$

d). Mano de obra y Equipo

(Incluída en la cuadrilla correspondiente)



### 3.6.2 Red de Alumbrado.

#### Plan general.

El alumbrado en el interior del túnel será a base de lámparas incandescentes instaladas a 10 m. de separación -- promedio. Se estimará la duración media de cada lámpara en - 1000 Hrs. ó 42 días de calendario incluyendo las que se rompan.

En el frente se instalarán lámparas de 100 watts, las que al consumirse se sustituirán por lámparas de 40 watts, - adicionalmente en el frente tendremos lámparas de cuarzo de 500-watts.c/u las cuales iremos corriendo conforme avance la excavación del túnel.

Se empleará una tensión de 220 volts con línea trifásica calibre 8 con soporte a cada 20 mts.

Los transformadores reductores de 50 kva se instalarán a cada 250 mts. para dar servicio a cargas de alumbrado, ventiladores, bombeo y otros.

## Costos

## I Materiales

- 1.- Longitud de la línea conductora para alumbrado = 3000 mts.  
 conductores = 3000 mts. x 3 hilos x \$13.55/m. = \$121 950
- 2.- Soportes =  $\frac{3000 \text{ mts.}}{20 \text{ m.}}$  = 150 pzas x \$253/pza = \$37,950
- 3.- Soquets =  $\frac{3000 \text{ m.}}{10 \text{ m.}}$  = 300 pza x \$29.00/pza = \$ 8,700
- 4.- Material Aislante = 3000 m. x \$400/m = \$12,000.00
- 5.- Lámparas de cuarzo = 4 piezas x \$2,038.55/pza. = \$ 8,154.20
- 6.- Reposición de lámparas =
- |  |                      |   |                 |   |         |   |           |
|--|----------------------|---|-----------------|---|---------|---|-----------|
| <u>393 días de duración de la obra</u> | x <u>300 lámpas.</u> | = | 1403.57 lámpas. | x | \$57.75 | = | \$81,056. |
| 42 días de duración de la lámpara      | 2                    |   |                 |   |         |   | lámpas.   |
- 
- |  |   |                   |   |           |   |           |   |             |
|--|---|-------------------|---|-----------|---|-----------|---|-------------|
| <u>393 días de duración de la obra</u> | x | <u>4 lámparas</u> | = | 6 lámpas. | x | \$519.75  | = | \$ 3,118.50 |
| 150 días de duración de filamento      |   | 2                 |   |           |   | filamento |   |             |
- 7.- Transformadores reductores  $\frac{3000 \text{ m. de línea}}{250 \text{ m.}}$  + 1 x \$44759 cargo/tranf.\$581,867.00

---

 Suma \$ 854,795.94

$$\text{Cargo a excavación} = \frac{854\,795.95 \times 283 \text{ días}}{3000 \text{ m.} \times 393 \text{ días dur. obra.}} = \$205.18/\text{m}$$

$$\text{Cargo a revestimiento} = \frac{854,795.95 \times 110 \text{ días}}{3000 \text{ m.} \text{ y } 393 \text{ días dur. obra.}} = \$ 79.75/\text{m.}$$

## 3.6.3. Red Telefónica.

## Plan general.

Se instalarán aparatos blindados en el interior del túnel a cada 1,000 metros y aparatos telefónicos comunes en oficinas, almacén, bodegas, talleres, vigilancia, portal de salida y plata de concreto. También se establecerá comunicación con el exterior y se instalará un conmutador automático.

## Costo

## I Materiales

Cable conductor de 1 par	2600 mts. x \$ 7.00/m.	= \$18,200.00
Cable conductor de 2 pares	4500 mts. x \$10.00/m.	= \$45,000.00
Cable conductor de 4 pares	200 mts. x \$12.00/m.	= \$ 2,400.00
Cable conductor de 6 pares	6 mts. x \$14.00/m.	= \$ 1,400.00
Alambre de tipo TWD calibre 14	40,000 m. x \$ 6.50/m	= \$260,000.00
Postes completos de concreto de 9 m.	200 pzas. x \$1250.00/pza.	= \$250,000.00
Materiales aislantes y diversos	1 Lote	= \$ 50,000.00
		<hr/>
	Suma (Costo Materiales).	= \$627,000.00

## II Mano de Obra

(Considerada en la cuadrilla correspondiente)

## III Equipo.

1.- Aparatos telefónicos comunes; 7 aparatos x \$ 1500/aparato	= \$ 10,500.00
2.- Aparatos telefónicos blindados; 3 aparatos x \$22,000/aparato	= \$ 66,000.00
3.- Reserva de aparatos telefónicos; 2 aparatos x \$1500/aparato	= \$ 3,000.00
4.- Conmutador 10 extensiones Ericson AMD-222	= \$ 20,004.60
5.- Instalación	= \$ 15,000.00

---

 Suma (Costo Equipo) = \$114,504.60

Total = \$741,504.60

Cargo a excavación =  $\frac{\$741,504.60 \times 283 \text{ días}}{3000 \text{ m.} \times 393 \text{ días}}$  = \$177.99/m

Cargo a revestimiento =  $\frac{\$741,504.60 \times 110 \text{ días}}{3000 \text{ m.} \times 393 \text{ días}}$  = \$ 69.18/m



### 3.6.4. Líneas de agua para barrenación

Este sistema de "carroías" nos permite suprimir las líneas de agua en el interior del túnel, ya que el "jumbo especial" que está montado sobre un camión transporta un depósito de agua con la capacidad suficiente para un ciclo de barrenación.

Por lo anterior sólo consideraremos el costo de una cisterna de 20.0 m<sup>3</sup> de capacidad para abastecer de agua en cada portal.

Costo

$$2 \text{ cisternas} = \$50,000.00 = \$ 100,000.00$$

$$\text{Costo Total} = \$ 100,000.00$$

$$\text{Cargo a Excavación} = \$ \frac{100,000.00 \times 283 \text{ días}}{3000 \text{ m.} \times 393 \text{ días}} = \$24.00/\text{m.}$$

$$\text{Cargo a Revestimiento} = \$ \frac{100,000.00 \times 110 \text{ días}}{3000 \text{ m.} \times 393 \text{ días}} = \$ 9.33/\text{m}$$

### 3.6.5 Ventilación

El plan que se propone es inyección constante de aire fresco con ventiladores axiales sobre la línea a cada -- 250 mts. el tipo de tubería será de lona ahulada.

#### 3.6.5.1 Necesidades de aire fresco por frente.

Según especificaciones consideraremos 50 PCM por c/persona Y para motores de combustión interna 50 PCM por H.P.

Calcularemos la necesidad de aire fresco para las demandas máximas, es decir cuando llevemos el avance máximo por frente. Cabe hacer la aclaración de que nuestros motores de combustión interna siempre que podamos los utilizaremos -- con motor diesel, ya que estos producen menos contaminación que un motor de gasolina, tal es el caso de los camiones de volteo que irán montados en los "carrovías" a los que les colocaremos un filtro de carbón activado a fin de reducir los humos contaminantes.

Demanda por frente: 50 personas x 50 PCM/personas = 2500 PCM.  
1 camion x 130 HP x 50 PCM/H.P = 6500.PCM.

---

Suma = 9000 PCM.

Más 10% de fugas = 900 PCM.

Demanda total de aire fresco = 9900 PCM.

### 3.6.5.2. Determinación del diámetro de la tubería para ventilación.

Lo determinaremos con la fórmula siguiente:

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

En donde: H= carga estática en pulgadas de agua (wg) = 11.34  
 Q= Gasto de aire libre en PCM. = 9 900  
 L= Longitud de tubería/ventiladores = 250 m.  
 D= Diámetro de la tubería en pulgadas

Despejando D y despejando los valores conocidos:

$$D = \sqrt[5]{\frac{0.0017 Q^2 L}{H}} = \sqrt[5]{\frac{(.0017) (9900)^2 (250)}{11.34}} = 20.55''$$

Por lo tanto D práctico = 20 pulgadas

### 3.6.5.3 Costo de la tubería para ventilación

Tubo de lona ahulada de 20 pulq.de  $\phi$  lonq. total 3000 m.

Costo:

3000 m. a \$ 333.85/m = \$1'001,550.00

Costo Piezas especiales 1 Lote a \$15,000.00 = \$ 15,000.00

Juntas (incluidas en el costo del tubo)

Anclajes  $\frac{3000 \text{ m. tubería}}{5 \text{ m. Sep.}} = 600 \text{ pzas} \times \$10.00/\text{pza.} = \$ 6,000.00$

Costo Total = \$1'022,550.00

Costo Unitario =  $\frac{1'022,550.00}{3000 \text{ m. de túnel}} = \$340.85/\text{m de túnel}$

#### 3 6.5.4 Ventiladores

La carga total contra la que trabaja un ventilador es la carga estática (hs) más la carga de velocidad (hv) ambas en pulgadas de agua (wg) y puede obtenerse de fórmulas y de gráficas del fabricante o de la siguiente expresión.

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

Sustituyendo por sus valores:

$$H = \frac{0.0017 (9900)^2 (250)}{(20)^5} + \left( \frac{9900}{21.84 (20)^2} \right)^2 = 14.30$$

Y la potencia necesaria, de la fórmula

$$bhp = \frac{QH}{6350 \times \% \text{ eficiencia}}$$

Por lo tanto:

$$\text{bhp} = \frac{9900 \text{ PCM.} \times 14.30 \text{ wg}}{(6350) (0.75)} = 29.73 \text{ HP/ventilador}$$

Los HP prácticos = 30 HP/ventilador

a). Costo de ventiladores

$$\text{Unidades básicas} = \frac{3000 \text{ m. de long}}{250 \text{ m. de separación}} + 1 = 13 \text{ unidades}$$

$$\text{Unidades de reserva} = 2 \text{ unidades}$$

---


$$\text{Suma} = 15 \text{ unidades}$$

El costo lo calcularemos con la siguiente fórmula

$$\text{Costo} = \frac{\text{unidades}}{2} \times \text{días hábiles} \times \frac{24 \text{ horas}}{\text{día}} \times \$ \frac{\text{ /hora}}{\text{ /hora}} = \$ \underline{\quad}$$

$$\text{Costo} = \frac{15 \text{ unidades}}{2} \times 182 \text{ días hábiles} \times \frac{24 \text{ horas}}{\text{día}} \times \$ 25.22/\text{hora} = \$ 826,207.20$$

$$\text{Costo Unitario} = \frac{\$ 826,207.20}{3000 \text{ m.}} = \$ 275.40/\text{m.}$$

## b). Consumo de energía eléctrica

$$\text{Consumo} = \frac{13 \text{ unidades}}{2} \times 30 \text{ bhp} \times .746 \text{ kw} \times 182 \text{ días hábiles} \times \frac{24 \text{ hrs.}}{\text{día}} =$$

$$\text{Consumo} = 635\,412.96 \text{ kw-hr.}$$

## 3,6.5.5 Costo Unitario de la Ventilación.

Tubería	\$ 340.85
Ventiladores	\$ 275.40
	<hr/>
Suma	\$ 616.25

$$\text{Más } \frac{635,412.96 \text{ kw-hora}}{3000 \text{ m.}} = 211.80 \frac{\text{kw-hora}}{\text{m.}}$$

### 3.6.6. Sistema Eléctrico.

#### Plan general

La energía eléctrica será suministrada en cada portal por la C.F.E. a 23 kv.

La distribución en el interior del túnel se hará a -- 2300 volts. con conductor del tipo policon con aislamiento "vinicon" XLPE. a 5000 volts de prueba. a 250 mts. se establecerán cajas de conexión.

El soporte de la línea de conducción se hará a cada - 10 mts. con aisladores de carretilla en bastidores suspendidos de anclas.

En cada frente habrá interruptores de alta tensión del - tipo cuchilla.

Las derivaciones para alumbrado, ventilación, bombeo, etc. se harán en las cajas de conexión.

#### 3.6.6.1 Determinación de la carga eléctrica.

a). Portal de entrada a punto de conexión

Longitud prevista = 1890 m.

$$1). \text{ Alumbrado} = \frac{1890 \text{ m.} \times 0.1 \text{ kw}}{10 \text{ m. sep.}} = 18.90 \text{ kw.}$$

$$2). \text{ Lámparas de cuarzo} = 2 \text{ lámparas} \times 500 \text{ watts} = 1 \text{ Kw}$$

$$3). \text{ Ventilación} = 9 \text{ ventiladores} \times 30 \text{ H.P} \times .746 \text{ kw/HP} = 201.42 \text{ kw}$$

$$4). \text{ Talleres y campamento} \quad (1 \text{ lote}) = 20 \text{ kw}$$

$$5). \text{ Bombeo y equipo menor} \quad (1 \text{ lote}) = 20 \text{ kw}$$

---


$$\text{Suma} = 261.32 \text{ kw}$$

$$\text{Carga máxima} = 261.32 \text{ kw}$$

$$\text{Capacidad Práctica} = \frac{261.32 \text{ kw}}{0.8} = 326.65 \text{ kva}$$

P/transformador

de subestación.

$$\text{Transformador práctico} = 400 \text{ kva}$$

b). Portal de Salida a punto de conexión

Longitud prevista 1110m.

$$1). \text{ Alumbrado} = \frac{1110 \text{ m.} \times 0.1 \text{ kw}}{10 \text{ m. Sep.}} = 11.10 \text{ kw.}$$

$$2). \text{ Lámparas de cuarzo} = 2 \text{ lámparas} \times 500 \text{ watts} = 1 \text{ kw.}$$

$$3). \text{ Ventilación} = 4 \text{ ventiladores} \times 30 \text{ H.P} \times .746 \text{ kw/HP} = 89.52$$



4). Talleres y campamento	(1 lote) = 20 kw
5). Bombeo y equipo menor	(1 lote) = 20 kw
	Suma = 141.62

Carga máxima = 141.62 kw

Capacidad práctica =  $\frac{141.62 \text{ kw}}{0.8} = 177.03 \text{ kva}$   
 P/transformador de  
 Subestación.

Transformador Práctico = 200 kva

### 3.6.6.2 Costo de Subestaciones Eléctricas

#### a). Portal de entrada

1 Transformador de 400 kva x 319 días x \$933.60/día =	\$297,818.40
Interrupor general	= \$ 14,107.50
Capacitores	= \$ 35,000.00
Diversos	= \$ 15,000.00
Instalación	= \$ 35,000.00
	Suma = \$396,925.90

## b). Portal de Salida

1 Transformador de 200 kva x 230 días x \$ 555.84/día	= \$127,843.20
Interruptor general	= \$ 14,107.50
Capacitores	= \$ 35,000.00
Diversos	= \$ 15,000.00
Instalación	= \$ 35,000.00
	<hr/>
Suma	= \$226,950.70

## 3.6.6.3 Costo de conductores troncales

$$\text{Corriente máxima en amperes} = \frac{\text{kva} \times 1000}{1.73 \times E}$$

a). Frente:

Portal de Entrada.

Línea troncal a 2300 V = E

Longitud máxima 1950 m.

Distancia de subestación a portal de entrada = 200 mts.

Distancia de portal de entrada a último transf. por -  
alimentar = 1750 m.

## Cálculos de Calibres de Conductor Troncal

TRAMO	LONG (m)	CARGAS (KVA)				Suma	AMPS	CALIBRE
		Alumbr.	Ventilac.	Bomb.				
		@ 250 y otros						
Aliment. a est.	0+000	200	38.2	252.0	110.0	400.2	100.58	2
	0+250	250	33.8	224.0	80.0	337.8	84.89	4
	0+500	250	29.4	196.0	70.0	295.4	74.23	4
	0+750	250	25.0	168.0	60.0	253.0	63.58	6
	1+000	250	20.6	140.0	50.0	210.6	52.93	6
	1+250	250	16.2	112.0	40.0	168.2	42.27	6
	1+500	250	11.8	84.0	30.0	125.8	31.62	6
	1+500	250	7.4	56.0	20.0	83.4	20.96	8
	SUMA	1950						

b). Frente:

Portal de Salida.

Línea troncal a 2300 v = E

Longitud máxima 1200 m

Distancia de subestación a portal de salida = 200 m

Distancia de portal de salida a última transf. por alimentar = 1000 m.

Cálculo de Calibres Conductor Troncal.

TRAMO	LONG	CARGAS (KVA)					AMPS.	CALIBRE
		Alumbr.		Ventil	Bomba	SUMA		
		Y otros						
Aliment a est.	3+000	200	20.2	140.0	50.0	210.2	52.83	6
3+000	2+750	250	15.8	112.0	40.0	167.8	42.17	6
2+750	2+500	250	11.4	84.0	30.0	125.4	31.52	8
2+500	2+250	250	7.0	56.0	20.0	83.0	20.86	8
2+250	2+000	250	2.6	28.0	10.0	40.6	10.20	8
	SUMA	1200						

Costo.

1.- Cable Polycor cal. 2; 200 m. a \$117.70/m = \$ 23,540.00

2.- Cable Polycor Cal. 4; 500 m. a \$ 97.74/m. = \$ 48,870.00

3.- Cable Polycon cal 6; 1450 m. a \$ 77.84/m = \$112,868.00

4.- Cable Polycon cal. 8; 1000 m. a \$ 63.00/m. = \$ 63,000.00

5.- Soportes =  $\frac{3150 \text{ mts.}}{10 \text{ m.}}$  = 315 piezas a \$166.00/s. = \$ 52,290.00

6.- Anclaje bastidores 315 pzas a \$ 25.00/pieza = \$ 7,875.00

Costo Conducción. \$308,443.00

Costo Total. \$932,319.60

Cargo a excavación =  $\frac{\$932,319.60 \times 283 \text{ días}}{3000 \text{ m.} \times 393 \text{ días}}$  = \$ 223.79/m.

Cargo a revestimiento =  $\frac{\$932,319.60 \times 110 \text{ días}}{3000 \text{ m.} \times 393 \text{ días}}$  = \$86.98/m

### 3.7 Costo de la Excavación.

#### 3.7.1 Instalaciones y Servicios

1.- Vías férreas	\$639.12/m
2.- Red de alumbrado	\$205.18/m
3.- Red telefónica	\$177.99/m
4.- Abastecimiento agua	\$ 24.00/m
5.- Ventilación	\$616.25/m
6.- Sistema Eléctrico	\$223.79/m

Costo Unitario. \$1,886.33/m

#### 3.7.2 Materiales

Según cálculos y recomendaciones técnicas de fabricantes.

(Mismos que el procedimiento convencional con camiones)

1.- Acero de barrenación	0.12 kg/m <sup>3</sup>	a	\$192.28/kg	=	\$23.07/m <sup>3</sup>
2.- Explosivo dinamita gelatina	al 40% 2.0 kg/m <sup>3</sup>	a	\$37.40/kg	=	\$74.80/m <sup>3</sup>
3.- Estopín eléctrico MS	0.61 Pza./m <sup>3</sup>	a	\$ 25.30/kg	=	\$15.46/m <sup>3</sup>
4.- Gufa de disparo	0.30 m/m <sup>3</sup>	a	\$ 19.80/m	=	\$ 5.94/m <sup>3</sup>
					<u>\$119.27/m<sup>3</sup></u>

Costo Unitario  $\$119.27/m^3 \times 18.83 m^3/m = \$2,245.44/m$

## 3.7.3 Mano de Obra.

(Igual en cada frente)

Movilización y preparación: 48 días x 1.5 turno x \$ 17,863.89/turno =	\$1'286 200
Excavación = 182 días x 3.0 turnos x \$17,863.89/turno =	<u>\$9'753,683.94</u>
Suma	\$ 11'039,883.94

$$\text{Costo Unitario} = \frac{\$11'039,883.94 \times 2 \text{ frentes}}{3000 \text{ m}} = \$ 7,359.92/\text{m}$$

## 3.7.4. Equipo.

(Igual en cada frente)

1 Rezagadora especial x 182 días x 9 hrs. activas/día	x \$128.48/hr =	\$ 210.450.24
1 Rezagadora especial x 182 días x 15 hrs. ociosas/día	x \$111.11/hr =	\$ 303,330.30
1 Jumbo especial x 182 días x 7 hrs. activas/día	x \$567.31/hr =	\$ 722,752.94
1 Jumbo especial x 182 días x 17 hrs. ociosas/día	x \$513.43/hr =	\$1'588,552.42
3 Carrofas x 182 días x 24 hrs. /día	x \$37.37/hr. =	\$ 489,696.48
3 Camiones de volteo x 182 días x 9 hrs. activas/día	x \$ 141.96/hr =	\$ 697,591.44
3 Camiones de volteo x 182 días x 15 hrs. ociosas/día	x \$105.49/hr. =	\$ 863,963.10
1 Cargador frontal x 182 días x 24 hrs./día	x \$719.20/hr. =	\$3'141,465.60

## Equipo de Reserva.

1 Camión de volteo x 182 días x 24 hrs./día	x \$105.49/hr =	\$ 460,780.32
1 Brazo c/perforadora x 182 días x 24 hrs./día	x \$58.90/hr. =	\$ 257,275.20
1 Planta de emergencia p/alumbrado y bombeo	=	\$ 660,000.00

## Equipo Menor.

1 Planta de soldadura eléctrica	=	\$ 52,236.01
1/2 Autotanque de 8 m <sup>3</sup> x 182 días x 8 hrs. activas/día	x \$229.23/hr =	\$ 310,835.88
1/2 Autotanque de 16 m <sup>3</sup> x 182 días x 16 hrs. ociosas/día	x \$115.95/hr. =	\$ 314,456.40
1 Equipo de soldadura autógena AGA	=	\$ 9,394.00
1 Rompedora neumática	=	\$ 110,000.00
Suma	=	\$10'192 780.33

Costo Unitario =  $\frac{\$10'192,780.33}{\text{frente} \times 2 \text{ frentes}}$  = \$6,795.19/m  
3000 m.



## 3.7.5 Consumo de Energía Eléctrica para Excavación.

## 1.- Alumbrado

$$\begin{aligned} \text{Energía} = & (\text{N}^\circ \text{ de lámp. potentes} \times \text{kw/lámp} \times \text{días excav.} \times \text{hrs./día} \\ & + \frac{\text{long. del tramo} - \text{long. Lámp. potente}}{\text{Sep. entre lámparas}} \times \text{kw/lámp débil} \\ & \times \text{días de excav.} \times \text{hrs./día) \times 1.} \underline{\quad} \text{pérdidas} = \text{kw - hr} \end{aligned}$$

a) Portal de entrada Long = 1890 mts. duración 182 días

$$\begin{aligned} \text{Energía} = & (25 \text{ u.} \times 0.1 \text{ kw} \times 182 \text{ días} \times 24 \text{ hrs/día} + \frac{1890 - 250}{10 \times 2} \times 0.04 \text{ kw} \\ & \times 182 \text{ días} \times 24 \text{ hrs./día) \times 1.30} = 32,821.15 \text{ kw - hr.} \end{aligned}$$

$$\text{Lámparas de cuarzo} = 2 \times 0.5 \text{ kw} \times 182 \text{ días} \times 24 \text{ hrs/día} = 4368 \text{ kw - hr.}$$

b) Portal de salida Long. = 1110 mts. duración 182 días.

$$\begin{aligned} \text{Energía} = & (25 \text{ u.} \times 0.1 \text{ Kw} \times 182 \text{ días} \times 24 \text{ hr/día} + \frac{1110 - 250}{10 \times 2} \times 0.04 \text{ kw} \\ & \times 182 \text{ días} \times 24 \text{ hrs/día) \times 1.30} = 23,962.85 \text{ kw - hr.} \end{aligned}$$

$$\text{Lámparas de cuarzo} = 2 \times 0.5 \text{ Kw} \times 182 \text{ días} \times 24 \text{ hr/día} = 4,368 \text{ kw - hr}$$

$$\text{Total} = 65,520.00 \text{ kw - hr.}$$

$$\frac{65,520 \text{ kw - hr}}{3,000 \text{ m.}} = 21.84 \text{ kw - hr/m}$$

2. Ventilación 211.80 Kw - hr/m

3. Talleres y campamentos

$$\frac{20 \text{ kw} \times 182 \text{ días} \times 24 \text{ hr/día}}{3,000 \text{ m.}} = 54.24 \text{ Kw - hr/m}$$

$$\text{Suma} = 287.88 \text{ kw - hr/m}$$

Costo = . 287.88 kw-hr/m a \$0.65/kw-hr. = \$187.12/m

### 3.7.6 Costo Unitario de la Excavación

1. Instalaciones y Servicios	= \$ 1,886.33/m	10.21%
2. Materiales	= \$ 2,245.44/m	12.15%
3. Mano de obra	= \$ 7,359.92/m	39.84%
4. Equipo	\$ 6,795.19/m	36.78%
5. Energía eléctrica	\$ 187.12/m	1.02%

---

Costo Unitario \$18,474.00/m 100%

## 3.8 Soporte del Terreno.

La evaluación de éste concepto no toma en cuenta el programa.

## 3.8.1 Soporte con concreto lanzado

## A. Materiales

## Concreto especial

Cemento tipo I	550 kg/m <sup>3</sup>	a \$ 2.10/kg	= \$ 1,155.00/m <sup>3</sup>
Grava 1/2"	0.630 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	a \$95.00/m <sup>3</sup>	= \$ 59.85/m <sup>3</sup>
Arena	0.500 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	a \$95.00/m <sup>3</sup>	= \$ 47.50/m <sup>3</sup>
Aditivo Lanzacret.	30 lt/m <sup>3</sup>	a \$29.80/lt	= \$ 894.00/m <sup>3</sup>
		Suma	\$ 2,156.35/m <sup>3</sup>
		Más 5% de Desperdicio	107.82/m <sup>3</sup>
		Costo	\$ 2,264.17/m <sup>3</sup>

## b). Mano de Obra.

CATEGORIA	Nº DE PERS.	SALARIO BASE	INCREMENTO	COSTO INDIVIDUAL	COSTO TOTAL
1.- Operador	1	310.00	1.49	461.90	461.90
2.- Cabo	1	230.00	1.49	342.70	342.70
3.- Ayudantes	2	160.00	1.49	238.40	476.80
4.- Peones	6	145.00	1.54	223.30	1.339.80

Suma \$2621.20/Jor.

+5% Herramientas 131.06

Costo \$2,752.26/Jor.

Rendimiento =  $12 \text{ m}^3 / \text{Jor}^*$ 

\*El rendimiento es mayor que en el procedimiento convencional, ya que utilizaremos un camión montado sobre "carrovia" para transportar la lanzadora de concreto y los materiales, así mismo necesitamos menos personal.

$$\text{Cargo por M}^3 = \frac{\$2,752.26/\text{jor.}}{12 \text{ m}^3/\text{jor.}} = \$229.36/\text{m}^3$$

c). Equipo.

$$\text{Lanzadora de concreto} = \frac{\$85.78/\text{hora}}{1.50 \text{ m}^3/\text{hora}} = \$57.19/\text{m}^3$$

$$\text{Camión de Plataforma} = \frac{\$141.96/\text{hora}}{1.50 \text{ m}^3/\text{hora}} = \$94.64/\text{m}^3$$

$$\text{Carrovia} = \frac{\$37.60/\text{hora}}{1.50 \text{ m}^3/\text{hora}} = \frac{\$25.06/\text{m}^3}{}$$

Costo Equipo \$176.90/m<sup>3</sup>Costo Directo Total \$2,670.43/m<sup>3</sup>

Desperdicios por rebote 30%

$$\text{Costo Unitario} = \frac{\$2,670.43/\text{m}^3}{1.0 - 0.3 \text{ "rebote"}} = \$3,814.90/\text{m}^3$$

## 3.8.2 Soporte con Marcos Metalicos

La geometría del marco según la sección de excavación es la misma que se indica en el inciso 2.8.2 (procedimiento convencional).

## a). Materiales.

Marco de acero I-6 P/armar	1 pza.	\$ 11,019.08/pza.	= \$11,019.08/pza.
Tornillería	4 pzas.	\$ 33.46/pza.	= \$ 133.84/pza.
Separadores (Prom.	10 pzas.	\$ 60.00/pza.	= \$ 600.00/pza.
Madera p/retaque	100 P.T./pza	\$10.55/P.T.	= \$ 1,055.00/pza.

Costo Materiales \$12,807.92/pza.

## b). Mano de Obra

CATEGORIA	CANT.	SALARIO BASE	INCR.	COSTO INDIV.	COSTO TOTAL
Cabo maniobras	1	230.00	1.49	342.70	342.70
Peones	6	145.00	1.54	223.30	1.339.80
				Suma	1,682.50
				+ 5% de herramienta	84.12
				Costo	1,766.62

Rendimiento 1 pza/hora

Cargo por pieza =  $\frac{\$1,766.62}{8 \text{ pza/jor.}}$  = \$ 220.82/pza.  
de mano de obra

c). Equipo

(Evaluado como equipo menor de excavación)

Costo Total \$13,028.74/pza.

3.9 Bombeo del Agua Producto de Infiltraciones.

Procedimiento general.

Seguiremos el mismo procedimiento indicado en el inciso 2.9. (procedimiento con camiones)

3.9.1 Bombeo para avance en excavación y revestimiento.

a). Equipo para 5 lts./seg y 250 m. de línea de descarga

1 bomba con motor eléctrico de 2 HP.

(Bomba portátil VH-pump sumergible)	\$19,077.00
Tubería negra oed.20 de 4" $\phi$ 250 mts. a \$187.62/m	\$46,905.00
Manguera ahulada 2" $\phi$ 15 mts. a \$415.00/m	\$ 6,225.00
Conexiones	\$ 1,500.00
Arrancador e Interruptor	\$ 7,400.00
Costo	<u>\$81,107.00</u>

Consumo : nominal de energía eléctrica:

$$\frac{2 \text{ HP} \times 0.746 \text{ kw}}{0.8 \text{ efic.}} = 1.87 \text{ kw}$$

b). Costo del bombeo para avance en excavación y re-vestimiento.

FRETE	DURACION		EQUIPO	COSTO TOTAL	ENERGIA	
	DIAS	HORAS			lbs/seg	NOMINAL
<b>I. EXCAVACION</b>						
1. Portal de entrada	224	5376	5	81,107.00	1.87	10,053
2. Portal de Salida	224	5376	5	81,107.00	1.87	10,053
<b>II REVESTIMIENTO</b>						
1. Portal de entrada						
a	110	2640	5		1.87	4,937
Portal de Salida						
<b>Total</b>	<b>558</b>	<b>13392</b>		<b>\$ 162,214.00</b>		<b>25,043</b>

\* El bombeo se realizará las 24 horas del día y todos los días que dure la obra.

Forma de Cálculo de Avance a Embarcaciones Prebendales (5 de 4 de 88)

Tabla de Cálculo de Avance a Embarcaciones Prebendales (5 de 4 de 88)

TIPO		EMBARCACIONES				CARGA			R O Z A S						TIPO 55				COSTO TOTAL
de Est.	Est.	BARCO		BOMBO		Tipo	en Est.	Q /seg	Cont.	Capac. Lts.	Carga (m)	ENERGIA (Kwh)	SISTEMA		16	17	18	19	20
		Inst. Avance	Acum. Avance	Duración (h)	Volumen T. m <sup>3</sup>								Por dia	Total					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
TOTAL DE EMBAZADA					99,792							5,433			SUB-TOTAL				446,170.33
0+000	0+250	1.25	9.45	224	24,192	-	-	-	-	(bomba de avance)	-	-	-	-	6	250	21142	55,497.75	55,497.75
0+250	0+500	1.25	0.20	191	20,628	Sec.	0+250	2	1	5	20	1,476	02.32	15773.11	6	250	21142	55,497.75	71,220.95
0+500	0+750	1.25	0.95	110	17,280	Sec.	0+500	2	1	5	20	1,253	02.32	11171.20	6	250	21142	55,497.75	60,089.90
0+750	1+000	1.25	5.70	129	13,912	Sec.	0+750	2	1	5	20	1,010	02.32	10619.20	6	250	21142	55,497.75	66,117.03
1+000	1+250	1.25	4.45	98	16,584	Prim.	1+000	6	1	5	20	767	02.32	8067.30	6	250	21142	55,497.75	63,565.11
1+250	1+500	1.25	1.20	68	7,344	Sec.	1+250	2	1	5	20	532	02.32	5597.70	6	250	21142	55,497.75	61,095.51
1+500	1+750	1.25	1.95	40	4,320	Sec.	1+500	2	1	5	20	313	02.32	3292.00	6	250	21142	55,497.75	50,790.55
1+750	1+850	0.70	0.7	14	1,512	Sec.	1+750	2	1	5	20	62	02.32	1152.48	(tubo de avance)				1,152.48
TOTAL DE SALIDA					99,792							5,433			SUB-TOTAL				446,170.33
3+000	2+750	1.25	5.95	224	24,192	(recorre por gravedad)						-	-	-	-	-	-	-	-
2+750	2+500	1.25	4.30	170	18,360	Sec.	2+750	2	1	5	20	1,312	02.32	13994.40	6	250	21142	55,497.75	55,497.75
2+500	2+250	1.25	3.05	105	11,340	Sec.	2+500	2	1	5	20	823	02.32	8643.00	6	250	21142	55,497.75	69,492.15
2+250	2+000	1.25	1.89	43	4,644	Sec.	2+250	2	1	5	20	337	02.32	3539.70	6	250	21142	55,497.75	64,141.35
2+000	1+850	0.55	0.55	11	521	Prim.	2+000	6	1	5	20	39	02.32	905.52	(tubo de avance)				905.52
SUMA					150,851							7,463			SUB-TOTAL				95,202.61



1970 Budget (Continued)

For Each Category: General Requirements (5 lbs. sec. hr.)

de Est.	a Est.	GASTO				GASOS			H O N D A S						RENTAS				TOTAL		
		Inst. Lts./seg	Acum. lts./seg	Duración de C. calendario	Volumen T. m <sup>3</sup>	Tipo	en Est.	Q /seg	Cant. Lts./seg	Capac. Lts./seg	Carga h (M)	ENERGIA (Kw-hr)	RENTA		Por día	total	L m	L m		L m	L m
													Por día	total							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
REQUIREMENTS																					
3+000	2+750	1.25	15.00	50.4	5,443	Volumen por gravedad															
2+750	2+500	1.25	13.75	46.2	4,990		2+750	1	5	20	361.9	82.32	1,601.18							3,803.18	
2+500	2+250	1.25	12.50	42.0	4,536		2+500	1	5	20	329.0	82.32	1,457.44							3,457.44	
2+250	2+000	1.25	11.25	37.8	4,083		2+250	1	5	20	296.1	82.32	1,311.69							3,111.69	
2+000	1+750	1.25	10.00	33.6	3,629		2+000	1	5	20	263.2	82.32	2,765.95							2,765.95	
1+750	1+500	1.25	8.75	29.4	3,175		1+750	1	5	20	230.3	82.32	2,470.20							2,470.20	
1+500	1+250	1.25	7.50	25.2	2,722		1+500	1	5	20	197.4	82.32	2,074.44							2,074.44	
1+250	1+000	1.25	6.25	21.0	2,268		1+250	1	5	20	164.5	82.32	1,728.72							1,728.72	
1+000	0+750	1.25	5.00	16.8	1,814		1+000	1	5	20	131.6	82.32	1,382.97							1,382.97	
0+750	0+500	1.25	3.75	12.6	1,361		0+750	1	5	20	98.7	82.32	1,037.23							1,037.23	
0+500	0+250	1.25	2.50	8.4	907		0+500	1	5	20	65.8	82.32	691.44							691.44	
0+250	0+000	1.25	1.25	4.2	454		0+250	1	5	20	32.9	82.32	345.74							345.74	
				SUM:	35,302							2,179.4							22,619.06		

Incluído en energía

## 3.9.3 Mano de Obra

Habrá ciertas personas como bomberos y electricistas que habrán de laborar domingos y días festivos con el consiguiente pago de tiempo extra, por lo que se tomará como salario base el que resulte del ordinario, más la parte proporcional del extra.

## Salarios

CATEGORIA	N� DE PERSONAS	SALARIO BASE	INCR.	COSTO INDIVIDUAL	COSTO TOTAL POR TURNO
1. tubero	1/2	330.00	1.49	491.70	245.85
2. Electricistas	1	330.00	1.49	491.70	491.70
3. Bomberos	1	250.00	1.49	372.50	372.50
4. Ayudantes	1	160.00	1.49	268.20	268.20
				Suma	\$1,378.25/turno

## Costo de la mano de obra.

Frente Portal de Entrada x 182 días x 1.5 turnos x \$1,378.25/turno = \$376,262.25

Frente Portal de Salida x 182 días x 1.5 turnos x \$1,378.25/turno = \$376,262.25

Frente Revestimiento x 89 días x 3.0 turnos x \$1,378.25/turno = \$367,992.75

Suma \$ 1'120,517.25

## 3.9.4 Costo de Equipo y Consumo de Energía.

FRENTE	A. PARA AVANCE		B. HORIZONTAL	
	COSTO	KW-hr	COSTO	KW-hr
<b>I. EXCAVACION</b>				
Portal de Entrada	81,107.00	10,053	446,128.33	5,433
Portal de Salida	81,107.00	10,053	249,074.28	2,530
<b>II. REVESTIMIENTO</b>				
Portal de Salida	—	4,937	22,819.06	2,179.4
<b>SUMA</b>	<b>162,214.00</b>	<b>25,043</b>	<b>718,021.67</b>	<b>10,142.4</b>

## Equipo Energía

a). Bombeo para avance	\$162,214.00	25,043 kw-hr
b). Bombeo horizontal	<u>\$718,021.67</u>	10,142.4 kw-hr
Suma	\$880,235.67	

## Consumo total de energía eléctrica para bombeo

Durante la excavación	= 28,069
Durante el revestimiento	= <u>7,116.4</u>
Suma	35,185.4 kw-hr

## Más recargos por bajo

factor de potencia 20%	7,037.08 kw-hr
Consumo Total	42,222.48 kw-hr

Costo = 42,222.48 kw-hr a \$0.65/kw-hr = \$ 27,444.61

### 3.9.5 Costo Total de Bombeo.

Para mano de obra	=	\$1'120,517.25
Para equipo	=	\$ 880,235.67
Para energía	=	\$ 27,444.61
Suma		<u>\$ '028,197.53</u>

### Volumen Total Bombeado.

#### 1° Durante la excavación

Frente : Portal de Entrada	=	99,792 m <sup>3</sup>
Frente Portal de Salida	=	59,059 m <sup>3</sup>
Suma		<u>158,851 m<sup>3</sup></u>

#### 2° Durante el Revestimiento

Frente: Portal de Salida		35,382 m <sup>3</sup>
Total		<u>194,233 m<sup>3</sup></u>

Costo Unitario =  $\frac{\$2'028,197.53}{194,233}$  = \$10.44/m<sup>3</sup>

### 3.10. Revestimiento de Concreto

#### 3.10.1 Instalaciones y Servicios

1.- Vías Férreas	\$314.79 m.
2.- Red de Alumbrado	\$ 79.75 m.
3.- Red Telefónica	\$ 69.18 m.
4.- Abastecimiento de agua	\$ 9.33 m.
5.- Ventilación	<hr/>
6.- Sistema Eléctrico	\$ 86.98 m.
	<hr/>
Costo Unitario	\$560.03/m.

## 3.10.2 Materiales

1.- Concreto simple f'c = 200 kg/cm <sup>2</sup>			
Cemento tipo I	345 kg/m <sup>3</sup>	a \$2,02/kg	= \$696.40/m <sup>3</sup>
Grava x 1 1/2"	0.786 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	a \$95.00/m <sup>3</sup>	= \$ 74.67/m <sup>3</sup>
Arena	0.557 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	a \$95.00/m <sup>3</sup>	= \$ 52.92/m <sup>3</sup>
		Suma	<u>\$824.49/m<sup>3</sup></u>
	Más 10% de desperdicios		82.45/m <sup>3</sup>
	Costo del Concreto		\$906.94/m <sup>3</sup>

Volumen de concreto/m = 6.54 m<sup>3</sup>/m.;

(a sección completa e incluyendo concreto en sobre-excavación y en inyecciones de contacto)

Costo Unitario = 6.54 m<sup>3</sup>/m x \$906.94/m<sup>3</sup> = \$5,931.39/m

## 2.- Tapones.

Estos tapones son exclusivamente para el Invert, ya que el colado de la bóveda es continuo

Costo tapón = 26 P.T./tapón x \$10.55/P.T. \$247.30/tapón

Costo Unitario =  $\frac{\$247.30 \text{ costo tapón}}{50 \text{ m. entre tapones}}$  = \$4.95/m

## 3. Membrana de curado

$$2 \text{ lts./ml} \times \$13.09 \text{ lt.} = \underline{\$ 26.18/\text{m}}$$

$$\text{Costo Unitario Total } \$ 5,962.52/\text{m}$$

## 3.10.3 Mano de obra

(Un solo frente)

$$\frac{89 \text{ días} \times 3 \text{ turnos} \times \$18,140.15/\text{turno}}{3000 \text{ m.}} = \$ 1,614.47/\text{m.}$$

## 3.10.4 Equipo.

1 Planta de concreto	x 89 días	x 24 hrs./día	x \$360.83/hr.	=	\$770,732.88
3 Camiones c/eyector	x 89 días	x 8 hrs. activas/día	x \$160.15/hr.		\$342,080.40
3 Camiones c/eyector	x 89 días	x 16 hrs. ociosa /día	x \$123.68/hr.		\$528,360.96
1 Bomba de concreto	x 89 días	x 8 hrs. activas/día	x \$237.87/hr	=	\$169,363.44
1 Bomba de concreto	x 89 días	x 16 hrs. inactivas/día	x \$213.33/hr		\$307,781.92
2 Carroías	x 89 días	x 24 hrs./día	x \$37.37/hr.	=	\$159,644.64
1 Plataforma P-5	x 89 días	x 24 hrs./día	x \$7.39/hr	=	\$ 15,785.04
1 Forma elescópica	x 41 días	x 24 hrs./día	x \$188.42/hr	=	\$185,405.28
1 Taladro c/Pierna	x 61 días	x 24 hrs./día	x \$26.07/hr	=	\$ 38,166.48
1 Inyectora de lechada	x 61 días	x 24 hrs./día	x \$137.04/hr.	=	\$200,626.56
1 Vibrador neumático	x 41 días	x 8 hrs./día	x \$11.08/hr.	=	\$ 3,634.24
1 Vibrador neumático	x 41 días	x 16 hrs./día	x \$7.33/hr	=	\$ 4,808.48
1 Vibrador neumático-chicote	x 48 días	x 6 hrs/día	x \$11.31/hr	=	\$ 3,257.28
1 Vibrador neumático-chicote	x 48 días	x 18 hrs./día	x \$7.56/hr.	=	\$ 6,531.84

## Equipo de Reserva

1 Camión c/ Eyector	x 89 días x 24 hrs./día	x \$123.68/hr.	=	\$ 264,180.48
1 Autotanque de 8 m <sup>3</sup>	x 89 días x 12 hrs./ día	x \$229.23/hr.	=	\$ 244,817.64
1 Autotanque de 8 m <sup>3</sup>	x 89 días x 12 hrs./día	x \$115.95/hr.	=	\$ 123,834.60
1 Vibrador neumático-chicote	x 48 días x 24 hrs./día	x \$11.31/hr.	\$	13,029.12

## Equipo menor

2 Juegos de caballetes p/tuberías x \$ 15,000.00 = \$ 30,000.00

Suma \$3'442,041.28

Costo Unitario =  $\frac{\$3'442,041.28}{3000 \text{ m.}}$  = \$1,147.35/m

## 3.10.5 Consumo de Energía Eléctrica

## 1. Alumbrado

Lámparas Incandescentes =  $\frac{3000 \text{ m.} \times 0.04 \text{ kw} \times 89 \text{ días} \times 24 \text{ hrs./día}}{10.0 \text{ m.} \times 3000 \text{ m.} \times 2}$  = 4.27 kw-hr/m.

Lámparas de cuarzo =  $\frac{4 \text{ lámp.} \times 0.5 \text{ kw} \times 89 \text{ días} \times 24 \text{ horas/día}}{3000 \text{ m.}}$  = 1.42 kw-hr/m.

## 2. Planta de concreto

$\frac{30 \text{ kw} \times 89 \text{ días} \times 24 \text{ hrs.}}{3000 \text{ m.}}$  = 21.36 kw-hr/m.



## 3. Talleres y campamento

$$\frac{20.0 \text{ kw} \times 89 \text{ días} \times 24 \text{ hrs.}}{3000 \text{ m.}} = 14.24 \text{ kw-hr/m.}$$

Suma 41.72 kw-hr/m.

Costo = 41.72 kw-hr/m. a \$ 0.65 kw-hr. = \$27.11/m

## 3.10.6 Inyecciones de Contacto

(El costo ya está incluido en el revestimiento)

## 3.10.7 Costo Unitario del Revestimiento

1.- Instalaciones y servicios	\$ 560.03/m	6.01%
2.- Materiales	\$5,962.52/m	64.03%
3.- Mano de obra	\$1,614.47/m	17.34%
4.- Equipo	\$1,147.35/m	12.32%
5.- Energía	\$ 27.11/m	0.30%
	<hr/>	
Costo Unitario	\$9,311.48/m	100%

3.11 Presupuesto para la Construcción del  
Túnel de 3.85 m. de Diámetro.

INCISO	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	
				UNITARIO	DIRECTO
				DIRECTO	TOTAL
2.7	Excavación de túnel de 4.55 m. $\phi$ a línea "A" en roca sana y competente - con un avance medio gene- ral de 8.24 m./día.	m	3000	18,474.00	55'422,000.00
2.8	Soporte de terreno				
	a) Con concreto lanzado (cantidad supuesta)*	m <sup>3</sup>	1000	3,814.90	3'814,900.00
	b) Con marcos metálico (cantidad supuesta)	pza.	500	13,028.74	6'514,370.00
2.9	Bombeo de Infiltraciones	m <sup>3</sup>	194,271.80	10.44	2'028 197.53
2.10	Revestimiento de concre- to por un frente de ata- que con avance medio -- igual al de excavación	m	3000	9,311.48	27'934,440

Suma \$95'713,907.53

\* Las cantidades supuestas, son en base al perfil geo-  
lógico del terreno, sobre el trazo del túnel. Y son las mismas  
para ambos presupuestos.

## C A P I T U L O   I V .

COMPARACION DE LOS PROCEDIMIENTOS ESTUDIADOS.

Una vez que hemos estudiado por separado ambos procedimientos, veremos en conjunto los resultados obtenidos.

Primeramente compararemos lo que se refiere a importes y posteriormente lo que corresponde a tiempo para poder observar de esa manera cuál es el menor de ellos.

4.1.- Comparación de costos entre los procedimientos estudiados.

CONCEPTOS	CAMIONES					CARRO - VIAS				
	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO DIREC TO UNITARIO	COSTO DIRECTO TOTAL	%	CANTIDAD	COSTO DIREC TO UNITARIO	COSTO DIRECTO TOTAL	%	
Excavación	m	3,000	35,530.42	106'591,260.00	68	3,000	18,474.00	55'422,000.00	58	
Soporte con concreto	m <sup>3</sup>	1,000	4,016.01	4'016,010.00	2	1,000	3,814.90	3'814,500.00	4	
Soporte con marcos	pza.	500	13,028.74	6'514,370.00	4	500	13,028.74	6'514,370.00	7	
Bambo de infiltraciones	m <sup>3</sup>	379,610	6.30	2'392,303.24	2	194,271.80	10.44	2'028,197.53	2	
Revestimiento	m	3,000	12,629.75	37'889,250.00	24	3,000	9,311.48	27'934,440.00	29	
<b>SUMA</b>				<b>157'403,193.24</b>	<b>100</b>			<b>95'713,907.53</b>	<b>100</b>	

Como podemos observar, existe un ahorro en costo directo de: ----- \$ 61'689,285.67

Lo que representa en porcentaje una ganancia del ----- 64%

4.2. Comparación de Tiempo Entre los  
Procedimientos Estudiados.

FRENTE	ACTIVIDADES CRITICAS	CAMIONES	CARRO- VIAS.
<u>Excavación</u>			
1. Portal de entrada a Pto. de - conexión.	Preparación	48	48
	Excavación	323	182
	Relleno de- libraderos.	16	-
2. Portal de salida a- Pto. de - conexión.	Preparación	48	48
	Excavación	323	182
	Relleno de- libraderos.	16	-
<u>Revestimiento</u>			
1. Portal de entrada a punto de conexión.	Preparación	48	48
	Bóveda	88	41
	Limpieza de plantilla y colado de -		
	Invert.	62	48
SUMA DE DIAS HABILES		537	319

Por lo que se refiere a este concepto

existe un ahorro en tiempo de ----- 218 días hábiles

Lo que significa en porcentaje una ganancia del 68.34 %

## C O N C L U S I O N E S .

A medida que ha pasado el tiempo, el hombre ha contado con más herramientas y tecnología para resolver sus problemas. A pesar de ello, sigue teniendo una cierta incertidumbre acerca de la optimización de los recursos para lograr una mayor eficiencia combinada con un menor esfuerzo en el desempeño de sus labores. Esta incertidumbre ha hecho que se preste atención al mejoramiento de las técnicas ya existentes, al desarrollo de nuevos métodos e inclusive al descubrimiento de nueva tecnología, ya que cada vez se vuelve más importante el ahorro de tiempo y dinero.

El objeto de este estudio fué precisamente dar a conocer una de estas inquietudes en donde se refleja claramente, como se muestra en el capítulo anterior, la meta perseguida por todo Ingeniero.

Las ventajas de los "carrovías" son:

La gran velocidad a la que se pueden mover dentro

del túnel, que trae como consecuencia una mayor posibilidad de avance y el ahorro en la inversión de equipo debido a su gran versatilidad principalmente.

A estas ventajas se le podrían agregar otras dependientes de las condiciones de trabajo como por ejemplo las siguientes:

El estudio realizado fué para un terreno no uniforme en donde se tuvo diferencia en las velocidades de avance -- por frente y cabe hacer notar que la eficiencia de este procedimiento podría ser más ventajosa si se contara con un terreno uniforme ya que, de esta manera, se podría revestir simultáneamente a la excavación teniendo en cuenta el siguiente procedimiento.

Se haría durante los tiempos empleados en las operaciones de barrenación y carga de explosivos, gracias a la velocidad que puede obtenerse de los "carro<sup>v</sup>ías".

El revestimiento sería por etapas durante la excavación, se colaría la bóveda que se apoyaría sobre unas guarniciones que se llevarían por delante; posteriormente se haría la limpieza de plantilla y colocado de invert.

Las formas para el colado de la bóveda que sería inter

mitente, estarían apoyadas sobre unas canales fijadas a --  
guarniciones por medio de unos pernos ahogados.

La longitud de las formas se fijarían en función del -  
avance de la excavación y previendo un talud de concreto co-  
lado, a fin de evitar el uso de tapones.

Se emplearían 2 equipos de excavación (uno para cada -  
frente) y un solo equipo de revestimiento alternado para -  
ambos frentes.

En nuestro caso se emplearon 2 equipos de excavación  
y el revestimiento resultó más eficiente hacerlo terminando  
la excavación por un frente de ataque.

Otra ventaja que no es común hacerla en procedimientos  
convencionales y no se tomó en cuenta para lograr una compa-  
ración más justa entre los procedimientos estudiados, pero  
que nos da una mayor velocidad en el ciclo y es conveniente  
tenerla en consideración, es aplicada en la actividad de eli-  
minar gases producto de la voladura y consiste en lo siguiente  
te:

Una vez que se ha tronado se eliminan convencionalmen-  
te los gases liberando aire comprimido, lo cual representa  
mucho tiempo perdido en esta actividad, puesto que la rela-



ción que existe entre la cantidad de gases tóxicos en el frente y la cantidad de aire puro que se puede obtener por minuto, es muy grande. Esta relación disminuye considerablemente si, aparte de liberar aire comprimido en el frente se inyecta aire fresco por medio de un ventilador adicional - colocado a una distancia suficiente como para no dañarse -- con la explosión y poniendo una línea de hule hasta el frente que expuesta a romperse, ayudará mucho para el fin perseguido.

Con todas éstas ventajas, se podrían seguir optimizando los procedimientos de construcción en túneles.

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

- 1 Manual Atlas Copco  
3a. Edición
- 2 Manual para el uso de explosivos DUPONT  
Edición 1973
- 3 La mecha para minas  
Compañía Mexicana de Mecha para Minas, S.A. de C.V.
- 4 El cordón detonante primacord  
Compañía Mexicana de Mecha para Minas, S.A. de C.V.
- 5 Manual del Electricista  
Conductores Monterrey
- 6 Electric Systems Handbook
- 7 Machinery's Handbook.