

24  
78



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

---

FACULTAD DE INGENIERIA

**EXCAVACION DE TUNELES CON MAQUINARIA  
ROZADORA Y ADEME DE CONCRETO LANZADO**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A  
**Manuel José Francisco García Córdova**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## INDICE.-

1.- INTRODUCCIÓN .....	1
2.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL MATERIAL POR EXCAVAR .....	4
3.- DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA ROZADORA .....	7
4.- EQUIPO BÁSICO PARA LA EXCAVACIÓN Y REZAGA .....	17
5.- ALTERNATIVAS DE SELECCIÓN DEL TIPO DE ADEME A UTILIZAR .....	24
6.- EQUIPO NECESARIO PARA EL ADEME DE CONCRETO LANZADO .....	35
7.- CICLO DE EXCAVACIÓN, REZAGA Y ADEME CON MÁQUINA ROZADORA Y CONCRETO LANZADO .....	40
8.- MANO DE OBRA Y MATERIALES NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO .....	48
9.- RENDIMIENTOS COMPARATIVOS CON EL MÉTODO TRADICIONAL .....	57
10.- ANÁLISIS DEL COSTO DIRECTO COMPARATIVO CON EL MÉTODO TRADICIONAL .....	66
11.- CONCLUSIONES .....	95

## 1.- INTRODUCCION

EL HOMBRE, CONFORME HA AVANZADO EN CULTURA Y TECNOLOGÍA, SE HA VISTO PRECISADO A LIBERAR OBSTÁCULOS NATURALES O CREADOS POR ÉL MISMO, PARA COMUNICAR DIRECTAMENTE - DOS LUGARES CUYO ACCESO SUPERFICIAL SERÍA VEDADO POR LA - INTERPOSICIÓN DE MÚLTIPLES ELEMENTOS TALES COMO RÍOS, MON TAÑAS, EDIFICIOS, ETC., DE ESTE MODO HA TENIDO QUE HACER EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS QUE LE PERMITAN CONSEGUIR LAS FINALIDADES QUE HA PÉRSEGUIDO, TALES COMO LA CONSTRUCCIÓN DE CANALES, DRENAJES, VÍAS FÉRREAS, CARRETERAS, SISTEMAS DE TRANSPORTE MASIVO EN LAS GRANDES METRÓPOLIS, ETC., POR LO QUE PARALÉLAMENTE A LAS NECESIDADES DEL HOMBRE, SE HA DESARROLLADO LA CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES.

EL TÚNEL ES UNA ESTRUCTURA DE CONSTRUCCIÓN PELIGROSA E INCIERTA, NO OBSTANTE QUE EN LOS ÚLTIMOS AÑOS LA TECNOLOGÍA DE ESTAS OBRAS SE HA DESARROLLADO SOBREMANERA, ELLO ES FÁCIL DE ENTENDER SI CONSIDERAMOS QUE A MENUDO SE PRESENTAN SITUACIONES QUE NO SE CONOCIERON EN LOS ESTUDIOS - PRELIMINARES Y QUE ARROJAN CANTIDADES ADICIONALES DE TIEMPO, TRABAJO Y COSTO, QUE SE MINIMIZARÍAN EN RAZÓN DIRECTA AL GRADO DE DETALLE CON QUE SE ELABOREN LOS ESTUDIOS PREVIOS.

SE TIENE LA IMPRESIÓN, SIN EMBARGO, QUE LAS MODERNAS TÉCNICAS DE EXCAVACIÓN DE TÚNELES PUEDEN TENER LA MISMA - ESPERANZA DE ÉXITO QUE EN CUALQUIER OTRA OBRA DE INGENIERÍA, Y QUE LA DECISIÓN DE CONSTRUIR UN TÚNEL DEBE SER EL REFLEJO DE ESTUDIOS ECONÓMICO - PRESUPUESTALES, DE CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO COMPARATIVOS CON LAS DEMÁS ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCIÓN DE LOS PROBLEMAS, ASÍ COMO LA DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN.

ESTE TRABAJO TIENE POR OBJETO DISCUTIR EL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE TÚNELES CON MAQUINARIA ESPECIALIZADA - PARA DESGARRAR EL FRENTE DE EXCAVACIÓN MEDIANTE BRAZOS - CORTADORES GIRATORIOS Y EL SOPORTE DE LA EXCAVACIÓN CON -

LA MODERNA TÉCNICA DEL CONCRETO LANZADO, HACIENDO ACOPIO DE LAS EXPERIENCIAS OBTENIDAS EN UN TRAMO DEL INTERCEPTOR CENTRO-PONIENTE DEL DRENAJE PROFUNDO DE LA CIUDAD DE MÉXICO Y LA SEGUNDA AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 3 DEL METROPOLITANO DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

CABE HACER NOTAR QUE LOS ANÁLISIS QUE SE REALIZAN PARA VALORAR LAS PRESIONES QUE EJERCE EL SUELO CONTRA LOS ADEMES DE LOS TÚNELES AUNQUE SIGUEN UNA METODOLOGÍA TEÓRICA, TAMBIÉN ESTÁN FUERTEMENTE MATIZADOS DE INTUICIÓN O CONOCIMIENTO EMPÍRICO, DE TAL SUERTE QUE EL DISEÑO DE LOS ADEMES TIENE ALGO DE CIENTÍFICO Y POR SUPUESTO, ES MÁS UN ARTE.

ESTO ES DEBIDO PRINCIPALMENTE A QUE LOS TÚNELES NO SE CUENTA POR LO REGULAR CON EL MATERIAL IDEALIZADO CON EL QUE SE CALCULARON ESFUERZOS Y DEFORMACIONES, SINO QUE LAS CONDICIONES CAMBIANTES DEL MATERIAL POR EXCAVAR A LO LARGO DE TODO EL TRAZO DEL TÚNEL HACEN ADAPTAR EL PROYECTO Y CÁLCULOS ORIGINALES A LOS DIFERENTES TIPOS DE SUELO QUE SE ATRAVIESAN. RARO ES EL TÚNEL CUYO TRAZO DISCURRE SÓLO POR UN TIPO DE SUELO COMO RARO SERÍA TAMBIÉN QUE EN UN PROYECTO SE CONOCIERA DE ANTEMANO LA TOTALIDAD DE LOS PROBLEMAS QUE SURGIRÁN DEBIDO A LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL.

DE ÉSTA FORMA SE PIENSA QUE LA COMBINACIÓN DE CONOCIMIENTO TEÓRICOS Y EMPÍRICOS SERÁ EL SENDERO MÁS CORTO PARA DESARROLLAR METODOLOGÍAS PRECISAS QUE EN EL FUTURO HABRÁN DE UTILIZARSE BASADAS EN LA CONSTRUCCIÓN Y COMPORTAMIENTO DE LOS TÚNELES DE HOY.

FINALMENTE, ES PRECISO SEÑALAR QUE ANTE LA ESCASEZ DE MANO DE OBRA CALIFICADA PARA LAS LABORES DE LOS TÚNELES, LA EXCAVACIÓN MECANIZADA VIENE A SER UN PALIATIVO QUE PERMITE LA CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES DENTRO DE LOS MÁRGENES DE LA ECONOMÍA Y RAPIDEZ QUE DE OTRA FORMA SE VERÍAN SERIAMENTE TRAS-

PASADOS, AL NO CONTAR CON ESTE TIPO DE ELEMENTOS, EN LA ACTUALIDAD CUANDO TODO TIPO DE CONSTRUCCIONES DEBE SER ATACADO CONTRA RELOJ PARA RESOLVER LOS PROBLEMAS DE INFRAESTRUCTURA QUE ATACAN AL PAÍS. SE CARECE TAMBIÉN DE RECURSOS TALES COMO ACERO O MADERA, LOS CUALES CLÁSICAMENTE SE HAN UTILIZADO COMO ADEME EN LOS TÚNELES ADEMÁS DE NECESITAR TAMBIÉN GRAN CANTIDAD DE MANO DE OBRA PARA SU HABILITACIÓN Y COLOCACIÓN; POR ESO, ES NECESARIO BUSCAR NUEVOS SISTEMAS QUE REDUZCAN COSTOS Y PERMITAN QUE MATERIALES TAN ESCASOS COMO LOS MENCIONADOS SEAN USADOS EN CASOS EN QUE SEAN REALMENTE INSUSTITUIBLES Y POR LO TANTO VERDADERAMENTE ÚTILES A LA COMUNIDAD. POR ESA RAZÓN SE DESCRIBE EN ESTE TRABAJO LA TÉCNICA DEL CONCRETO LANZADO COMO SOPORTE TEMPORAL DE LAS EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS.

TODA VEZ DICHO LO ANTERIOR, SE PROCEDE AL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO QUE DESCRIBE LAS TÉCNICAS DE EXCAVACIÓN MECANIZADA SUBTERRÁNEA Y SU ADEME CON CONCRETO LANZADO.

## 2.- CARACTERÍSTICAS GEOLOGICAS DEL MATERIAL POR EXCAVAR

### 2.1 ANTECEDENTES

ESTE TRABAJO ESTÁ ENFOCADO A LA EXCAVACIÓN DE TÚNELES CON MÁQUINA ROZADORA Y SU SOPORTE TEMPORAL CON CONCRETO LANZADO; EN ESTE CAPÍTULO SE TRATARÁ DE DAR UN PANORAMA SOMERO ACERCA DE LA COMPOSICIÓN GEOHIDROLÓGICA DEL MATERIAL POR EXCAVAR SIN QUE ESTO TRATE NI POR ASOMO DE ENUNCIAR UNA A UNA LAS CARACTERÍSTICAS QUE UN INGENIERO GEÓLOGO PODRÍA DECIR, BASTARÁ CON HACER UN PLANTEAMIENTO GENERAL DE LAS CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR EL MATERIAL POR EXCAVAR PARA IMPLEMENTAR EL MÉTODO PROPUESTO.

### 2.2 CLASIFICACIÓN DEL SUELO

EL MECANISMO DE LA EXCAVACIÓN CON MÁQUINA ROZADORA SE DESCRIBE EN EL SIGUIENTE CAPÍTULO, AHÍ SE VERÁN DIVERSOS TIPOS DE ALTERNATIVAS PARA LA SELECCIÓN DEL EQUIPO ROZADOR DEPENDIENDO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DUREZA DEL MATERIAL. A GRANDES RASGOS SE PUEDE DECIR QUE PARA QUE LA ROZADORA TRABAJE EFICIENTEMENTE, LA DUREZA DEL MATERIAL NO DEBE SER EXTREMA EN CUYO CASO ES RECOMENDABLE OTRO MÉTODO DE ATAQUE COMO PUEDEN SER LOS EXPLOSIVOS.

SI EL MATERIAL ES PURAMENTE FRICCIONANTE ESTO NO ES OBSTÁCULO PARA QUE LA MÁQUINA DESARROLLE SU TRABAJO PERO PONE EN PELIGRO LA SEGURIDAD DEL PERSONAL QUE LABORA EN EL FRENTE DE EXCAVACIÓN AL TENER DESPRENDIMIENTOS EN LA ZONA CLAVE. SE VERÁ MÁS ADELANTE QUE EL CONCRETO LANZADO NO ES UN ADEME APROPIADO PARA ESTE TIPO DE SUELOS.

SE PUEDE DECIR, CON BASE A LO ANTERIOR, QUE EL MÉTODO QUE SE PROPONE EN ESTE TRABAJO SE CIRCUNSCRIBE A SUELOS COHÉSIVOS O ROCAS MODERAMENTE DURAS. SE HAN TENIDO EXPERIENCIAS FAVORABLES EN EL USO DE LAS ROZADORAS EN MINAS DE CARBÓN Y EN TÚNELES CUYO TRAZO DISCURRE POR SUELOS CONOCIDOS COMO "TOBAS" DE COMPOSICIÓN LIMO-ARENOSAS O LIMO-ARCILLOSAS COMPACTAS AMBAS CON AUSENCIA DE ARENA SUELTA.

ES DE VITAL IMPORTANCIA QUE EL INGENIERO QUE CONSTRUYE EL TÚNEL VAYA HACIENDO UN REGISTRO DE LA CALIDAD Y CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL QUE ATRAVIESEA SOBRE TODO CUANDO EL MATE-RIAL UTILIZADO ES EL CONCRETO LANZADO, QUE POR SUS CARACTERÍSTICAS TAPA POR COMPLETO LA GEOLOGÍA REAL DEL TÚNEL. ESTO ES NECESARIO PARA EL CASO EN QUE SE OBSERVEN PROBLEMAS DESPUÉS DE LA EXCAVACIÓN, TENER UNA IDEA SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LAS PAREDES DE LA MISMA.

### 2.3 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO.

LA MAQUINARIA PARA EXCAVAR TÚNELES QUE SE PROPONE EN ESTE ESTUDIO, TIENE CIERTAS LIMITACIONES QUE PUEDEN AFECTAR SU EFICIENCIA Y UNA DE ELLAS ES LA PRESENCIA DE AGUA EN EXCESO EN LA GALERÍA.

SI SE TIEREN FUERTES FILTRACIONES O MATERIALES TALES COMO ARCILLAS IMPERMEABLES SATURADAS, EL ATAQUE DE LA MÁQUINA SERÁ MUY LABORIOSO PORQUE EL MATERIAL SE AGLUTINARÁ Y "ATASCARÁ" EL MECANISMO DE ATAQUE.

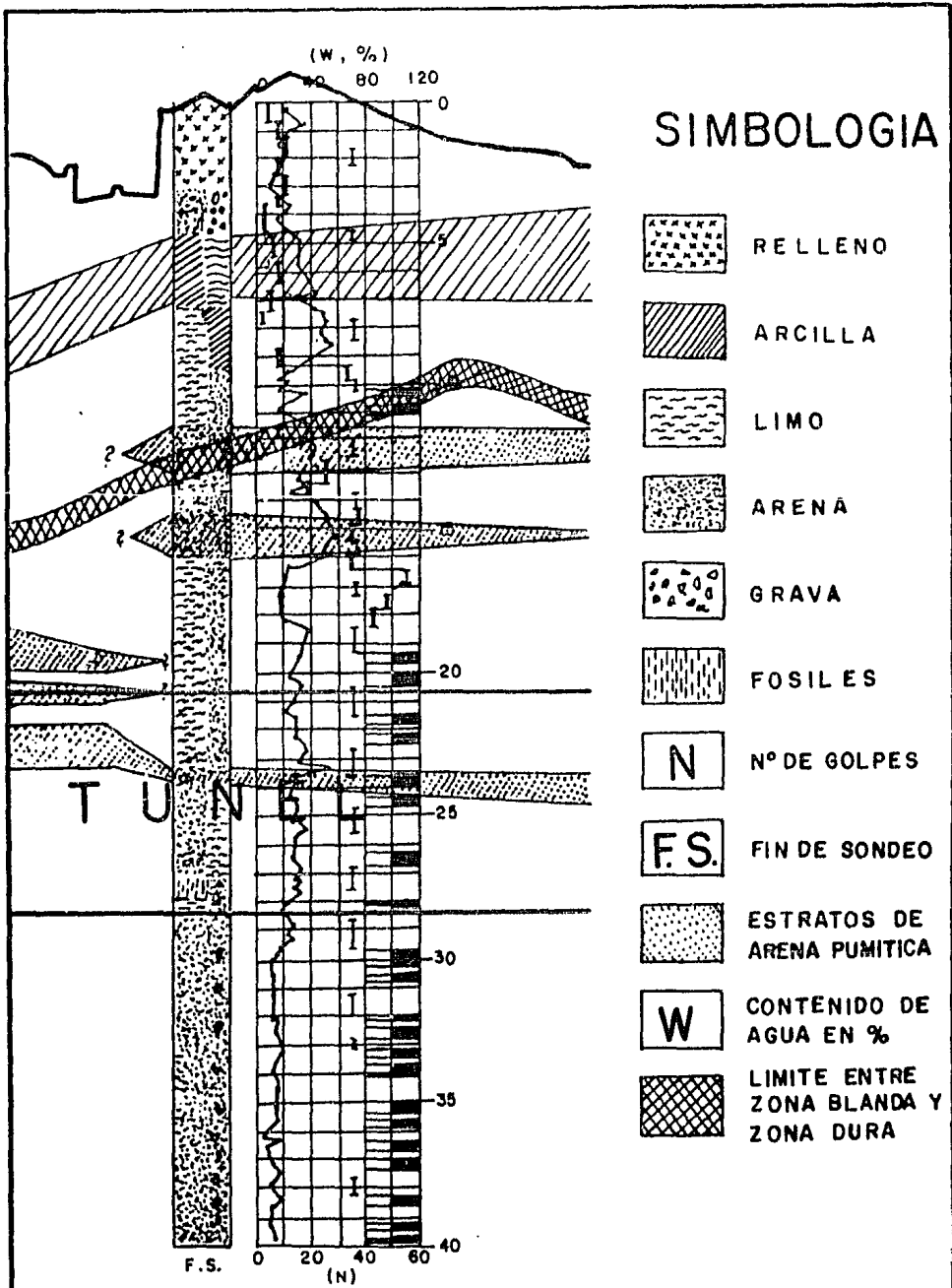
POR OTRA PARTE SE DEBE CONSIDERAR QUE ESTE TIPO DE MAQUINARIA ES MUY PESADA POR LO QUE LA MÁQUINA PUEDE TENER PROBLEMAS PARA SU DESPLAZAMIENTO EN VIRTUD DE LA PLASTICIDAD DEL TERRENO, O, EN CASO EXTREMO, SUFRIRÁ HUNDIMIENTOS QUE PUEDEN PERJUDICAR LA PENDIENTE DEL PROYECTO, HACIÉNDOSE ENTONCES NECESARIA UNA CORRECCIÓN DESPUÉS DE LLEVADA A EFECTO LA EXCAVACIÓN.

PODEMOS DECIR, EN SÍNTESIS, QUE EL MATERIAL NO DEBE ESTAR EN ESTADO PLÁSTICO O MUY HÚMEDO, PUES ESTO TRAERÁ CONSIGO DIFICULTADES PARA EL EMPLEO DE LA MAQUINARIA.

SUELOS QUE SON EXCAVADOS CON MAS FACILIDAD POR TENER ROZADORAS, SON LIMOS, LIMOS ARENOSOS, LIMOS ARCILLOSOS O BOLEOS BIEN EMPACADOS, SIEMPRE Y CUANDO SEAN CAPACES DE AUTOSOPORTARSE UN TIEMPO CORTO Y QUE ADEMÁS TENGAN RESISTENCIA AL CORTE CON LA REQUERIDA POR LA MÁQUINA.



EN LAS FIGURAS SIGUIENTES SE MUESTRAN SONDEOS GEOLÓGICOS EFECTUADOS EN LA AVENIDA UNIVERSIDAD, DONDE ACTUALMENTE SE CONSTRUYE UN TÚNEL CON LA ALTERNATIVA QUE SE PROPONE.



UNAM

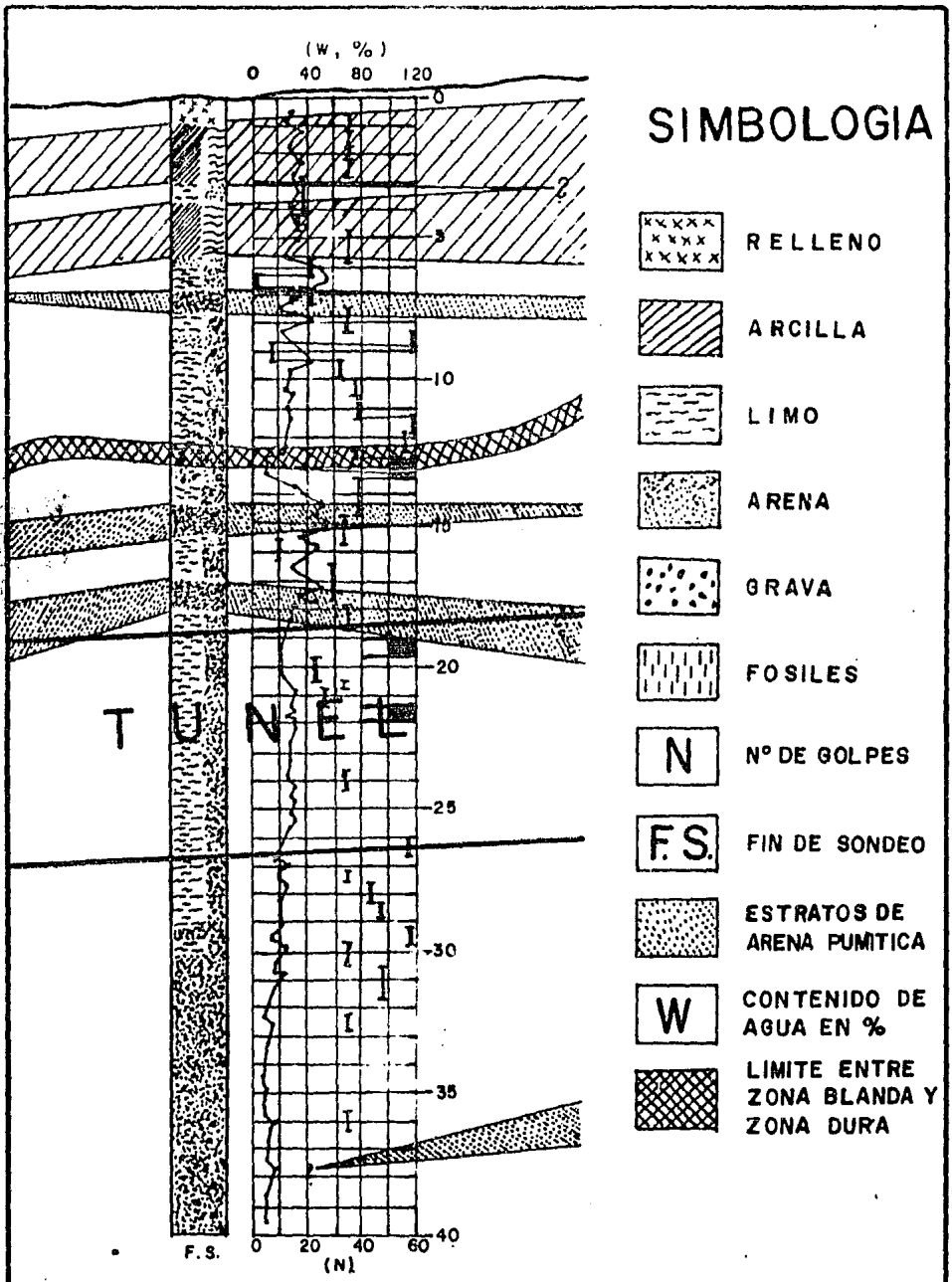
FACULTAD DE INGENIERIA

FIGURA N° 1

MANUEL GARCIA CORDOVA

**SONDEO GEOLOGICO.**

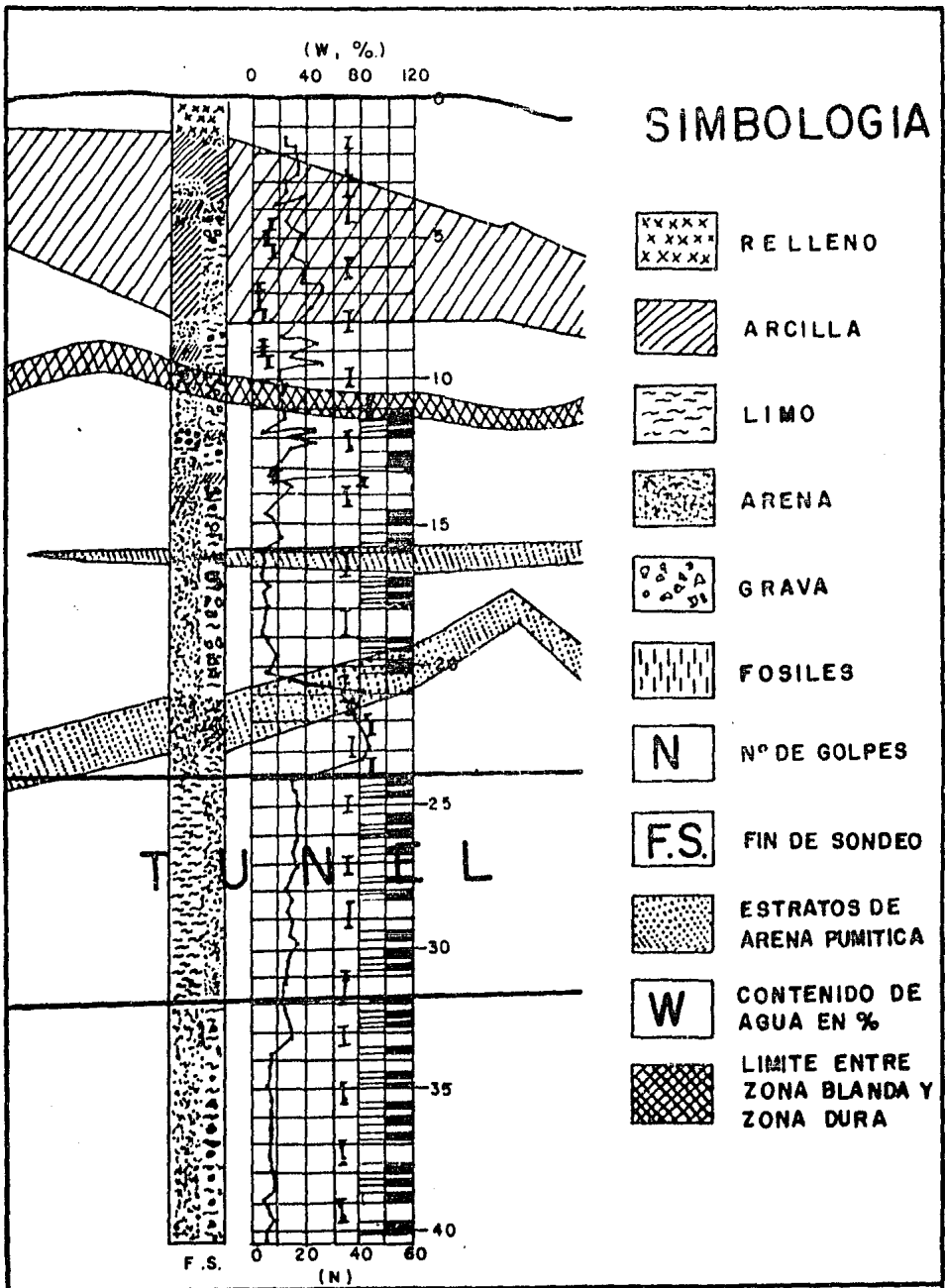
EXCAVACION DE TUNELES CON MAQUINA ROZADORA Y  
ADEME DE CONCRETO LANZADO



**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA **FIGURA N° 2**  
**MANUEL GARCIA CORDOVA**

**SONDEO GEOLOGICO.**

EXCAVACION DE TUNELES CON MAQUINA ROZADORA Y  
 ADEME DE CONCRETO LANZADO



**UNAM**

FACULTAD DE INGENIERIA

FIGURA N°3

MANUEL GARCIA CORDOVA

### SONDEO GEOLOGICO.

EXCAVACION DE TUNELES CON MAQUINA ROZADORA Y  
ADEME DE CONCRETO LANZADO

### 3.- DESCRIPCION DE LA MAQUINA ROZADORA

#### 3.1 ANTECEDENTES

EN ÉSTE CAPÍTULO, SE TRATARÁ DE SEÑALAR LAS CARACTERÍSTICAS DE CONSTITUCIÓN Y OPERATIVAS DE LAS MÁQUINAS ROZADORAS, SIENDO QUE EN LO FUNDAMENTAL, TODAS TIENEN APROXIMADAMENTE LOS MISMOS GRUPOS DE MECANISMOS VARIANDO EN SU DISPOSICIÓN Y RENDIMIENTO, ASÍ COMO EN SU TAMAÑO, POR LO QUE SE HABLARÁ DE MANERA GENÉRICA DE MÁQUINAS ROZADORAS SIN ATENDER A CONDICIONES DE MARCA O MODELO, PUES CARECERÍA DE SENTIDO DIFERENCIAR LA POSICIÓN DE CUALQUIER ELEMENTO CUANDO EL OBJETIVO DEL TRABAJO ES DESCRIBIR LA TECNOLOGÍA DE LA EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA CON ESTE TIPO DE EQUIPO.

#### 3.2 PARTES QUE COMPONEN A LA MÁQUINA ROZADORA

PARA LA MEJOR COMPRESIÓN DE LO QUE A CONTINUACIÓN SE LEERÁ, CONVIENE OBSERVAR LAS FIGURAS 4,5, Y 6, CON EL FIN DE IR RELACIONANDO LOS GRUPOS COMPONENTES QUE SE SEÑALAN. CABE HACER NOTAR QUE SE HARÁ MENCIÓN DE LOS GRUPOS O CONJUNTOS DE PIEZAS QUE INTEGRAN A LA MÁQUINA CON UNA FINALIDAD ESPECÍFICA SIN QUE ESTO SIGNIFIQUE UN DESPIECE DETALLADO DE LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA.

EN PRIMER LUGAR, TENEMOS UN BRAZO (1), EL CUAL TIENE POR OBJETO ALCANZAR LA SECCIÓN POR CORTAR. EN EL EXTREMO, TIENE ADOZADA UNA CABEZA GIRATORIA CON LA QUE SE EJECUTA LA EXCAVACIÓN. DICHA CABEZA PUEDE GIRAR PERPENDICULARMENTE AL EJE DEL BRAZO O SOBRE ÉL MISMO, DE SUERTE QUE AL CONTACTO CON EL SUELO, Y POR CONTACTO DE LAS PICAS, -ELEMENTOS DE CORTE DE LOS QUE SE HABLARÁ POSTERIORMENTE-, EL MATERIAL DEL FRENTE DE EXCAVACIÓN ES DESGARRADO Y SE CONVIERTE EN MATERIAL SUELTO LISTO PARA SER REMOVIDO POR LA PROPIA MÁQUINA O POR UN EQUIPO AUXILIAR CUYA FUNCIÓN SEA LA DE DEPOSITAR EL MATERIAL, PRODUCTO DE LA EXCAVACIÓN, EN LOS MEDIOS DE TRANSPORTE EN EL INTERIOR DEL TÚNEL.

EN SEGUIDA SE DISTINGUE UN ASIENTO HIDRÁULICO (2), SOBRE EL CUAL DESCANSA EL BRAZO Y QUE LE PERMITE DESPLAZARSE EN CUALQUIER DIRECCIÓN QUE REQUIERA EL TRABAJO.

PARA EL CASO DE MÁQUINAS CON SISTEMA DE REZAGA INCORPORADO A ELLAS, EXISTE UN DISPOSITIVO DE CARGA (3), QUE PUEDE SER MEDIANTE UNA BASE ESPECIAL PARA QUE SOBRE ELLA CAIGA EL MATERIAL REMOVIDO Y DE ALLÍ SE ENVÍE AL SISTEMA DE BANDAS O BIEN QUE DE LA PROPIA CABEZA SE DEPOSITE LA REZAGA EN EL SISTEMA (4).

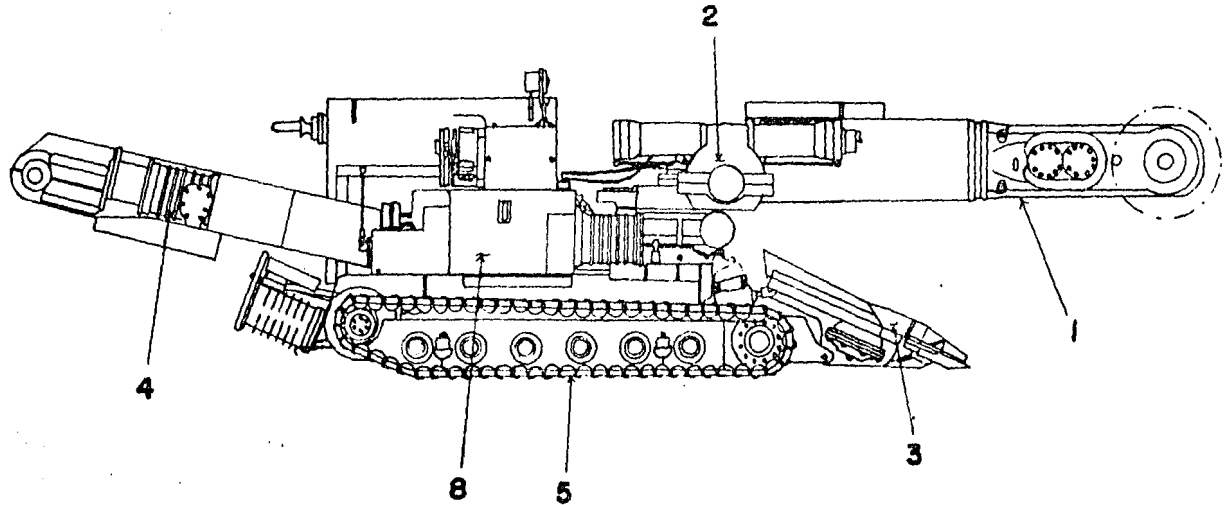
PARA TENER UN APOYO QUE UNIFORMICE LOS REFUERZOS A QUE SE VÉ SUJETA LA MÁQUINA, Y LOS TRANSMITA AL PISO, SE CUENTA CON UN SISTEMA DE ORUGAS (5), QUE POR OTRA PARTE, ES EL MECANISMO DE TRÁNSITO DE LAS EXCAVADORAS.

LA FUENTE DE ENERGÍA DE LAS ROZADORAS, Y EN ESPECIAL DEL MECANISMO DE EXCAVACIÓN (CABEZA), ES LA ELECTRICIDAD EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS, RAZÓN POR LA QUE, LA MÁQUINA DEBE CONTAR CON EL EQUIPO ELÉCTRICO NECESARIO PARA EJECUTAR EL TRABAJO (6). ALGUNAS EXCAVADORAS TIENEN TAMBIÉN COMO FUENTE DE LOCOMOCIÓN A LA ENERGÍA ELÉCTRICA, EN TANTO QUE OTRAS POR SU TAMAÑO, REQUIEREN PARA SU TRÁNSITO DE MOTORES DIESEL.

SE MENCIONÓ EN PÁRRAFOS ANTERIORES QUE EL BRAZO CORTADOR SE MUEVE ANGULARMENTE EN LAS CUATRO DIRECCIONES MEDIANTE SISTEMAS HIDRÁULICOS, POR LO QUE LA MÁQUINA DEBE CONTAR CON ESPACIO PARA ESTE TIPO DE MECANISMO (7).

FINALMENTE, TODOS LOS GRUPOS DE COMPONENTES A QUE NOS HEMOS REFERIDO, SE ENCUENTRAN MONTADOS SOBRE UN BASTIDOR DE ACERO (8), EL CUAL HACE POSIBLE LA INTERACCIÓN DE TODOS LOS SISTEMAS AL SERVIR DE SOPORTE A ELLOS.

LAS DIMENSIONES Y PESOS DE LAS MÁQUINAS ROZADORAS VARÍAN DE ACUERDO CON SU MODELO. SE FABRICAN ACTUALMENTE EN DIVERSAS PARTES DEL MUNDO, EXCAVADORAS CUYO ALCANCE VARÍA NOTABLEMENTE Y ESTO HACE FACTIBLE LA SELECCIÓN DEL EQUIPO DE ACUERDO CON LAS NECESIDADES DEL PROYECTO PARA CONSEGUIR QUE EN EL TRABAJO SE TENGA COMPATIBILIDAD DE COSTOS, FACILIDAD DE MANIOBRAS Y LA EFICIENCIA REQUERIDA. OBVIO ES DECIR QUE DEBE SELECCIONARSE LA MAQUINARIA QUE MÁS SE APEGUE A LAS NECESIDADES DEL PROYECTO HABLANDO EN TÉRMINOS DE GEOMETRÍA, ECONOMÍA Y DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO AUXILIAR.



1 BRAZO

4 BANDA

2 SISTEMA HIDRAULICO

5 ORUGAS

3 SISTEMA DE REZAGA

6 SISTEMA ELECTRICO

UNAM

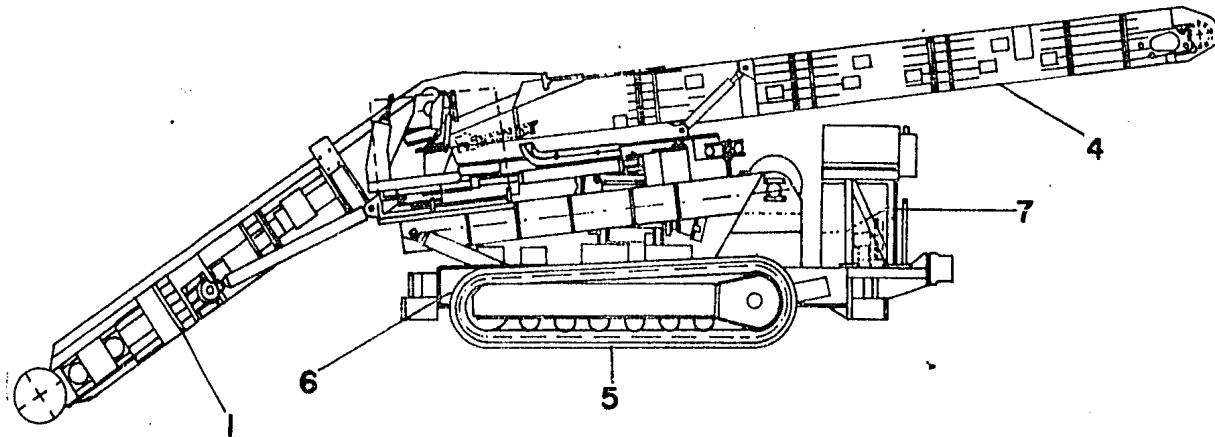
FACULTAD DE INGENIERIA

FIGURA N° 4

MANUEL GARCIA GORDOVA

VISTA LATERAL MAQUINA ROZADORA ALPINE

EXCAVACION DE TUNELES CON MAQUINA ROZADORA Y  
ADEME DE CONCRETO LANZADO



1 BRAZO  
4 BANDA  
5 ORUGA

6 CHASSIS  
7 SISTEMA ELECTRICO

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

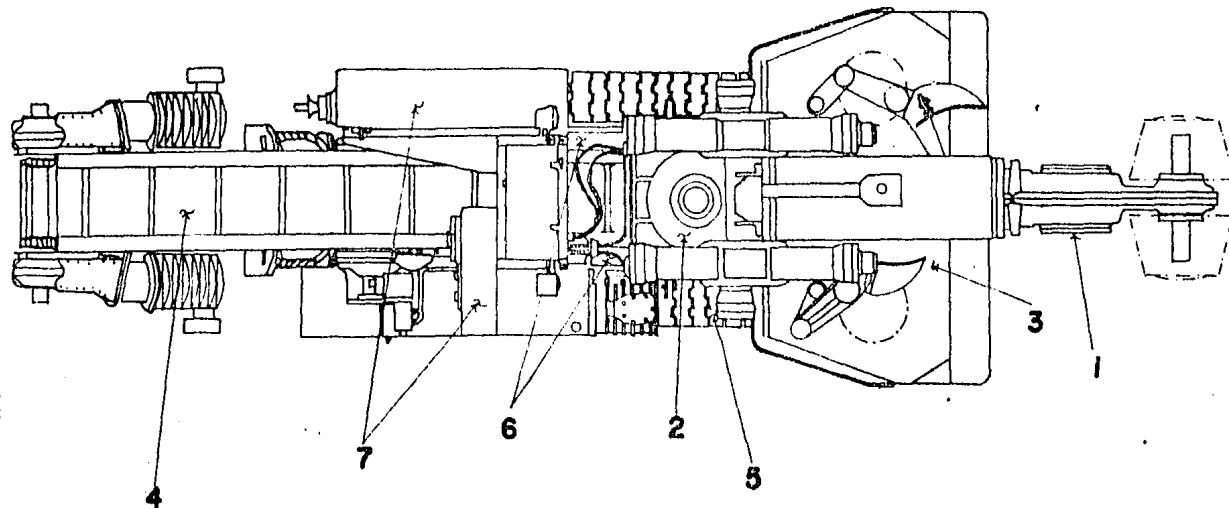
FIGURA N° 5

MANUEL GARCIA CORDOVA

VISTA LATERAL ROZADORA WESTFALIA LUCHS

EXCAVACION DE TUNELES CON MAQUINA ROZADORA Y  
ADEME DE CONCRETO LANZADO





1 BRAZO

5 ORUGAS

2 ASIENTO HIDRAULICO

6 SOPORTES (CHASIS)

3 SISTEMA DE REZAGA  
(BRAZOS REZAGADORES)

7 SISTEMA ELECTRICO

4 BANDA

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

FIGURA N° 6

MANUEL GARCIA CORDOVA

PLANTA MAQUINA ROZADORA ALPINE F 6 A

EXCAVACION DE TUNELES CON MAGUINA ROZADORA Y  
ADEME DE CONCRETO LANZADO

DE ÉSTA FORMA SE HA LLEGADO A CONCLUIR EN ALGUNOS CASOS, QUE LA ADAPTACIÓN DE UN BRAZO CORTADOR ALPINE A UNA RETROEXCAVADORA DE GRAN TAMAÑO ES UNA SOLUCIÓN AL PROBLEMA QUE PUEDE SER EN UN MOMENTO DADO EL CONSEGUIR UN EQUIPO NORMAL, MÁXIME QUE POR SER ESTOS EQUIPOS ALTAMENTE ESPECIALIZADOS, LAS CASAS FABRICANTES TOMAN BASTANTE TIEMPO PARA SURTIR UN PEDIDO DE ÉSTA ÍNDOLE.

ASÍ, SURGEN DENTRO DE LA TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN LAS MÁQUINAS ROZADORAS SELECTIVAS PARA LA EXCAVACIÓN DE TÚNELES QUE AUNQUE ACUSANDO ALGUNAS DIFERENCIAS CON LOS MECANISMOS DE LAS ROZADORAS NORMALES, LOGRAN EL TRABAJO DE LA EXCAVACIÓN MECANIZADA CON RENDIMIENTOS COMPARABLES A ELLAS.

SE PUEDE DECIR QUE LAS PARTES QUE MAS DESGASTE SUFREN SON LAS "PICAS", PUES AL ESTAR CONTINUAMENTE GIRANDO CONTRA EL SUELO COMPACTO, ES EVIDENTE QUE SON VÍCTIMAS DE REBAJE EN SUS DIMENSIONES Y PODER CORTANTE, POR EL EFECTO DE LA ABRASIÓN, POR ELLO SE HACE NECESARIO TENER UNA CANTIDAD ALMACENADA, AMÉN DE LLEVAR A CABO UN MANTENIMIENTO DE CONSERVACIÓN PERIÓDICA CONSISTENTE EN REVESTIR A LAS PICAS DE SOLDADURA PARA REPONER LAS PARTES DESGASTADAS.

AL SER ESTOS EQUIPOS TAN COMPLICADOS, ES PRECISO EJERCER UNA ESTRICTA SUPERVISIÓN EN EL MANTENIMIENTO DE LOS MISMOS QUE DEBE IR DESDE UNA MINUCIOSA LUBRICACIÓN DIARIA A LAS PARTES QUE LO REQUIERAN, HASTA TENER EN EXISTENCIA UNA CANTIDAD RAZONABLE DE PARTES QUE POR LAS CONDICIONES DESFAVORABLES DE ABRASIÓN, HUMEDAD, ETC., PUEDEN FALLAR EN UN MOMENTO DADO.

### 3.3 FUNCIONAMIENTO

GENERALMENTE LAS EXCAVADORAS ROZADORAS EN VIRTUD DE SU TAMAÑO, SON LLEVADAS AL FRENTE DE TRABAJO DESARMADAS POR LA DIFICULTAD QUE IMPLICA EL BAJARLAS AL TÚNEL YA ARMADAS, DEBIDO A QUE POR LO REGULAR EL ÁREA DE LAS LUMBRERAS ES INSUFICIENTE PARA DARLES CABIDA DE ÉSTA MANERA. EXCEPCIONES DE LO ANTERIOR SERÍAN LOS CASOS EN QUE LOS TÚNELES SE ATACAN

A PARTIR DE EMPORTALAMIENTOS SUPERFICIALES, MEDIANTE RAMPAS O CUANDO LA ROZADORA ES LO SUFICIENTEMENTE PEQUEÑA Y LIVIANA PARA PODERLA BAJAR ARMADA.

UNA VEZ QUE LA MÁQUINA SE ENCUENTRA EN EL FRENTE DE TRABAJO Y DEBIDAMENTE ARMADA, DEBE INICIAR EL ATAQUE.

LA MÁQUINA SE SITÚA EN UNA POSICIÓN CONVENIENTE PARA QUE SEAN PRACTICABLES LAS MANIOBRAS DE REZAGA, YA QUE, DEBEMOS RECORDAR QUE AUNQUE LA EXCAVADORA CUENTE CON UN SISTEMA DE BANDAS INTEGRADO, DEPENDE DE LOS VEHÍCULOS QUE TRANSPORTAN LA REZAGA A LA ZONA DE MANTEO, Y POR LO TANTO DEBE COLOCARSE DE MODO QUE SE AHORRE EN MANIOBRAS.

DE NO CONTAR LA ROZADORA CON BANDAS, DEBE COLOCARSE DE TAL SUERTE QUE PERMITA QUE EL EQUIPO SELECCIONADO PARA REMOVER LA REZAGA DEL FRENTE PUEDA TRABAJAR SIN OBSTÁCULOS, PUES DE OTRO MODO, SE TIENEN PÉRDIDAS DE TIEMPO QUE RESTAN EFICACIA A TODO EL SISTEMA.

ANTES DE INICIAR EL ATAQUE, DEBE REVISARSE VARIOS ASPECTOS COMO SON LAS PICAS DE LA CABEZA, PÉRDIDAS DE ACEITE OCASIONALES, TORNILLOS QUE POR EL USO SE HAYAN AFLOJADO, ETC.

EL ATAQUE PUEDE LLEVARSE DE ARRIBA HACIA ABAJO O VICEVERSA, EN VIRTUD DEL DISEÑO DE LA MÁQUINA. EN MÁQUINAS ALPÍNE CON SISTEMA DE BANDAS, SUELE LLEVARSE DE ARRIBA HACIA ABAJO YA QUE ASÍ SE FACILITA LA RECOLECCIÓN DE LA REZAGA EN LA PARTE INFERIOR DE LA MÁQUINA. EN MÁQUINAS WESTFALIA, LA EXCAVACIÓN DEBE HACERSE DE ABAJO HACIA ARRIBA PUES AL SALIR DE LA CABEZA Y POR EL SENTIDO DE ROTACIÓN DE ÉSTA, EL MATERIAL SE DEPOSITA EN LA BANDA. CUANDO LAS MÁQUINAS NO TIENEN SISTEMAS DE REZAGA INTEGRADO, LA EXCAVACIÓN REALMENTE PUEDE EFECTUARSE INDISTINTAMENTE, AUNQUE ES ACONSEJABLE QUE SEA DE ABAJO HACIA ARRIBA CON EL FIN DE QUE EL MATERIAL DESPRENDIDO DE LA PARTE SUPERIOR NO OBSTRUYA EL ATAQUE DE LA INFERIOR.

COMO YA SE DIJO, LAS EXCAVADORAS ROZADORAS FUNCIONAN A BASE DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA HACER GIRAR SU CABEZA Y AUTOPROPULSARSE CUANDO ESTÁN TRABAJANDO.

ALGUNAS TIENEN PARA HACER TRAYECTOS LARGOS, UN MOTOR DIESEL QUE LAS LLEVA AL SITIO DE TRABAJO A UNA VELOCIDAD APROXIMADA DE 2 KM./HR.

LOS MOVIMIENTOS DEL BRAZO SE HACEN MEDIANTE UN SISTEMA HIDRÁULICO QUE PERMITE DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES O VERTICALES.

DEBEN CUIDARSE CIERTOS LINEAMIENTOS DE SEGURIDAD DURANTE LA OPERACIÓN DE LA MÁQUINA TALES COMO ASEGURARSE QUE NO HAYA PERSONAL EN LA ZONA DE ATAQUE, QUE LA MÁQUINA SEA OPERADA EXCLUSIVAMENTE POR PERSONAL ADIESTRADO AL EFECTO, QUE LA MÁQUINA NO PUEDE SER ALIMENTADA DE ELECTRICIDAD EN AUSENCIA DEL OPERADOR O CUANDO SE LE EFECTÚE MANTENIMIENTO MENOR, ETC.

ES NECESARIO CERCIORARSE DE IGUAL MANERA DE QUE EL MECANISMO DE TRANSLACIÓN DE LA MÁQUINAS (ORUGAS) TENGA LA ATENSIÓN DEBIDA PARA QUE NO SE FORME UNA FLECHA QUE PODRÍA LLEGAR A DAÑAR LAS VÍAS.

DENTRO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS MÁQUINAS EL FABRICANTE SEÑALA CIERTOS ASPECTOS QUE DEBEN SER CUIDADOS CON PERIODICIDAD SEMANAL, EJEMPLO DE LO ANTERIOR SON EL PURGAR AIRE DEL SISTEMA HIDRÁULICO, COMPROBAR LA TENSIÓN DE LA CADENA DE ORUGA, CONTAR EL NÚMERO DE PICAS Y REPONER LAS FALTANTES Y EN CASO DE TENER SISTEMA DE BANDAS, COMPROBAR EL BUEN ESTADO DE CADENAS Y CANGILONES.

ASÍ MISMO LAS CASAS FABRICANTES RECOMIENDAN QUE MENSUALMENTE SE LIMPIE O SUSTITUYA EL FILTRO DE ACEITE Y SE CHEQUE EL EQUIPO ELÉCTRICO.

CONVIENE TAMBIÉN REALIZAR ANUALMENTE UNA MINUCIOSA EXPLORACIÓN A TODAS LAS PARTES Y GRUPOS DE PARTES QUE CONFORMAN LA MÁQUINA, PARA SUSTITUIR LAS QUE ESTÉN ESTROPEADAS Y, AL PASAR UNA SEMANA DE ESTA REVISIÓN SE DEBE VERIFICAR QUE TODAS LAS PIEZAS HAYAN QUEDADO EN POSICIÓN CORRECTA DESPUÉS DEL TRABAJO HACIENDO LOS AJUSTES QUE SE REQUIERAN CON EL OBJETO DE GARANTIZAR QUE LAS CONDICIONES DE LA MÁQUINA DESPUÉS DE SU AJUSTE GENERAL, GARANTIZAN LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO FUTURO.

SE TIENE TAMBIÉN EL SISTEMA DE EXCAVACIÓN A MEDIA SECCIÓN Y BANQUEO EN EL QUE SE PUEDE SELECCIONAR UNA MÁQUINA QUE ABARQUE TODA LA SECCIÓN CON LAS RESPECTIVAS DISTANCIAS DEL BANQUEO, O BIEN SE PUEDE HACER UN ARREGLO DE DOS MÁQUINAS PARA QUE CADA UNA DE ELLAS ATAQUE LA MEDIA SECCIÓN CORRESPONDIENTE O, EN ÚLTIMO CASO SE PUEDE TENER EL AUXILIO DE PERFORISTAS EN LA SECCIÓN QUE NO ATAQUE LA MÁQUINA.

EN TÚNELES EN QUE EL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO BASADO EN LAS CONDICIONES DEL SUELO INDICA QUE ES NECESARIO UTILIZAR EL SISTEMA DE TÚNEL PILOTO, AMPLIACIONES LATERALES Y FINALMENTE BANQUEO, NO SE CONSIDERA LÓGICO EL USO DE LAS ROZADORAS PUES SE IMPIDE EL ATAQUE SIMULTÁNEO DE TODAS LAS SECCIONES. SE RECOMIENDA ENTONCES EL USO DE EXPLOSIVOS DE SER CONVENIENTE O EXCAVACIÓN MANUAL POR MEDIO DE PISTOLAS NEUMÁTICAS.

EL CONTROL TOPOGRÁFICO DE LÍNEA Y NIVELES DEBE LLEVARSE CON ACUCIOSIDAD POR LO MENOS CADA DOS METROS DE AVANCE. ES CONVENIENTE QUE LA ROZADORA NO EXCAVE DEMASIADO EN LA ZONA DE FRONTERAS PARA QUE AL COMPROBAR LA SECCIÓN NO APAREZCAN SOBREEXCAVACIONES, PUES ÉSTAS NOS INDUCEN A PÉRDIDAS DE EFICIENCIA Y DE CONCRETO HIDRÁULICO EN LOS CASOS EN QUE EL TÚNEL DEBA SER REVESTIDO.

TERMINADO EL CICLO DE LA MÁQUINA, DEBE COMPROBARSE LA SECCIÓN Y DE EXISTIR SALIENTES O PEINES, ESTOS DEBEN SER REBAJADOS POR PERFORISTAS PARA PERFILAR EXACTAMENTE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PROYECTO.

### 3.4 CAPACIDADES Y RENDIMIENTOS

SE DIJO ANTERIORMENTE QUE EXISTEN VARIAS MARCAS Y MO DELOSDE MÁQUINAS ROZADORAS, POR LO QUE TAMBIÉN LOS RENDIMIENTOS DE LAS EXCAVADORAS NO PUEDEN ENCASILLARSE EN UN NÚMERO FRÍO

SINO QUE, EN VIRTUD DE SU TAMAÑO Y MECANISMO, LA CAPACIDAD DE LA MÁQUINA VARÍA.

A CONTINUACIÓN SE HACE UNA LISTA CON LAS CAPACIDADES TEÓRICAS DE DIFERENTES MÁQUINAS LA CUAL NO SE PRETENDE QUE RESUMA TODOS LOS TIPOS DE ROZADORAS QUE EXISTEN EN EL MERCADO PERO SI, EN CAMBIO, DARÁ UNA IDEA DE LOS VOLÚMENES QUE SE PUEDEN MANEJAR CON LAS EXCAVADORAS ROZADORAS.

MODELO DE MÁQUINA MANUFACTURA PAÍS DE MANU- FACTURA	CORTADOR	SISTEMA DE REZAGA	POTENCIA		POTENCIA TOTAL		PESO DE LA MÁQUINA EN TONELADAS
			MOTOR	CORTADOR	DE MOTORES		
			KW	HP	KW	HP	
FG-A, ALPINE MINER HUNGARIAN LICENSE VOEST-ALPINE A.G. AUSTRIA	DESARRA- DOR	BRAZOS RECOGEDO- RES	30	40	60	80	12
SVM (SYSTEM DOSCO) PAURAT GMBH ALEMANIA FEDERAL	FRESA	TRANSPOR- TADOR CIR- CULAR DE CANGILONES	50	67	88	118	19.5
"SUBRICK" MINER U.S. STEEL CORP., WEST VIRGINIA U.S.A.	DESARRA- DOR	TRANSPOR- TADOR CIR- CULAR DE CANGILONES	D.C. 2 x 60	D.C. 2 x 75	D.C. 180	D.C. 225	Aprox. 27.5
"LUCHS" WESTFALIA ALEMANIA FEDERAL	DESARRA- DOR	TRANSPOR- TADOR CIR- CULAR DE CANGILONES	45	60	52.5	70	36

MODELO DE MÁQUINA MANUFACTURA PAÍS DE MANU- FACTURA	CORTADOR	SISTEMA DE REZAGA	POTENCIA		POTENCIA TOTAL		PESO DE LA MÁQUINA EN TONELADAS
			MOTOR	CORTADOR	DE MOTORES		
			KW	HP	KW	HP	
AM 50 ALPINE MINER VOEST-ALPINE A.G. AUSTRIA	DESGARRA- DOR	BRAZOS RE- COGEDORES	100	134	155	208	22
E 124 PAURAT GMBH ALEMANIA FEDERAL	FRESA	CARGADOR CIRCULAR DE CANGI- LONES	55	74	85	141	21
WAV 200 WESTFALIA ALEMANIA FEDERAL	DESGARRA- DOR	UN BRAZO RECOGEDOR	200	260	300	402	73
ROBOTER (TITAN IN U.K.) PAURAT ALEMANIA FEDERAL	FRESA	DOS CANGI- LONES DE CADENA CUR- VOS	200	268	300	402	64
AM 100 ALPINE MINER VOEST-ALPINE A.G. AUSTRIA	DESGARRA- DOR	BRAZO RECO- GEDOR	225	300	450	600	80



MODELO DE MÁQUINA MANUFACTURA PAÍS DE MANUFACTURA	CORTADOR	SISTEMA DE REZAGA	POTENCIA		POTENCIA TOTAL DE MOTORES		PESO DE LA MÁQUINA EN TONELADAS
			MOTOR	CORTADOR	Kw	Hp	
			Kw	Hp			
E 169 PAURAT ALEMANIA FEDERAL	DESGARRA- DOR	BRAZOS RECOGE- DORES	110	140	187	205	35
SUPER ROC-HINER 330 AEC, INC. FORMERLY ALPINE EQUIPMENT CORP. U.S.A.	DESGARRA- DOR O FRESA	BRAZOS RECOGE- DORES	160	215	321	390	41
ROC-HINER F-16 AEC, INC. FORMERLY ALPINE EQUIPMENT CORP. U.S.A.	DESGARRA- DOR O FRESA	BRAZOS RECOGE- DORES	75	100	112	150	18

#### 4.- EQUIPO BASICO PARA LA EXCAVACION Y REZAGA

LA FINALIDAD DE ESTE CAPÍTULO ES LA DE HACER UNA RELACIÓN PORMENORIZADA DE LA MAQUINARIA NECESARIA PARA PODER CONSEGUIR LOS RENDIMIENTOS HACIENDO COMENTARIOS SOBRE LAS DIVERSAS ALTERNATIVAS QUE SE PRESENTAN PARA LA SELECCIÓN DEL EQUIPO AUXILIAR PARA PODER LLEVAR A EFECTO LA EXCAVACIÓN CONFORME A LOS LINEAMIENTOS DE PROYECTO Y PROGRAMACIÓN DE LA OBRA.

#### 4.2. EQUIPO DE SUPERFICIE

DEBIDO AL ESPACIO REDUCIDO QUE EXISTE EN LA GRAN MAYORÍA DE LOS TÚNELES, SE HACE NECESARIO TENER UN EQUIPO EN SUPERFICIE PARA NO DIFICULTAR LAS MANIOBRAS DE LA EXCAVACIÓN; ASÍ ES PREFERIBLE ENVIAR POR MEDIO DE DUCTOS CONTINUADOS A TODO LO LARGO DEL TÚNEL Y AUMENTANDO SU LONGITUD CONFORME AVANZA LA EXCAVACIÓN, LAS FUENTES DE ENERGÍA DE LOS EQUIPOS QUE SE ENCUENTRAN EN EL FRENTE.

EN VIRTUD DE QUE LAS MÁQUINAS TRABAJAN A BASE DE ELECTRICIDAD, ES NECESARIO TENER EN LA SUPERFICIE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA QUE CAPTE LA ENERGÍA DE 23 000 VOLTS Y LA TRANSFORME EN 440 VOLTS PARA MOTORES Y A 220 VOLTS PARA ALUMBRADO DEL TÚNEL.

ESTA SUBESTACIÓN ABASTECERÁ DE ENERGÍA ELECTRICA A SU VEZ A LOS PATIOS DE MANIOBRAS, ALMACENES, TALLERES Y A LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS QUE OCASIONALMENTE EXISTAN EN SUPERFICIE.

LA SUBESTACIÓN PUEDE SER COMPACTA O AÉREA DEPENDIENDO ESTO BÁSICAMENTE DE LOS TIEMPOS DE ENTREGA DE LOS FABRICANTES PARA NO PERJUDICAR EL PROGRAMA DE LA OBRA Y DE LAS LIMITACIONES DE LA ZONA PARA LA COLOCACIÓN DE SUBESTACIONES, ABIERTAS.

DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA SE MANDA LA ENERGÍA A LOS LUGARES EN QUE ÉSTA REQUIERA EN SUPERFICIE O AL TÚNEL POR MEDIO DE CABLES DE LOS CALIBRES ADECUADOS ALOJADOS EN TRINCHERAS QUE DESEMBOCAN EN LOS SITIOS NECESARIOS O EN LA

BOCA DE LA LUMBRERA O PORTAL DE EXCAVACIÓN SEGÚN SEA EL CASO, DE DONDE SE INTRODUCEN AL TÚNEL Y SE VA CONTINUANDO EL CABLEADO CONFORME AVANZA LA EXCAVACIÓN.

TRATÁNDOSE DE TÚNELES QUE SE ENCUENTRAN EN DESPOBLADO O EN LOS QUE NO HAY MODO DE COLOCAR UNA SUBESTACIÓN POR CUALQUIER MOTIVO, ES NECESARIO ENTONCES SUPLIR LA SUBESTACIÓN CON UNA O VARIAS PLANTAS ELECTRÓGENAS QUE GARANTICEN EL ABASTECIMIENTO DE LA ENERGÍA REQUERIDA.

PARA LAS NECESIDADES DE AIRE COMPRIMIDO DEL FRENTE E INSTALACIONES DE SUPERFICIE ES PRECISO CONTAR CON EQUIPOS QUE SUMINISTREN ÉSTA FUENTE DE ENERGÍA POR LO QUE SE DEBE TENER UN NÚMERO DE COMPRESORES QUE GARANTICEN EL ABASTO DEL AIRE COMPRIMIDO REQUERIDO.

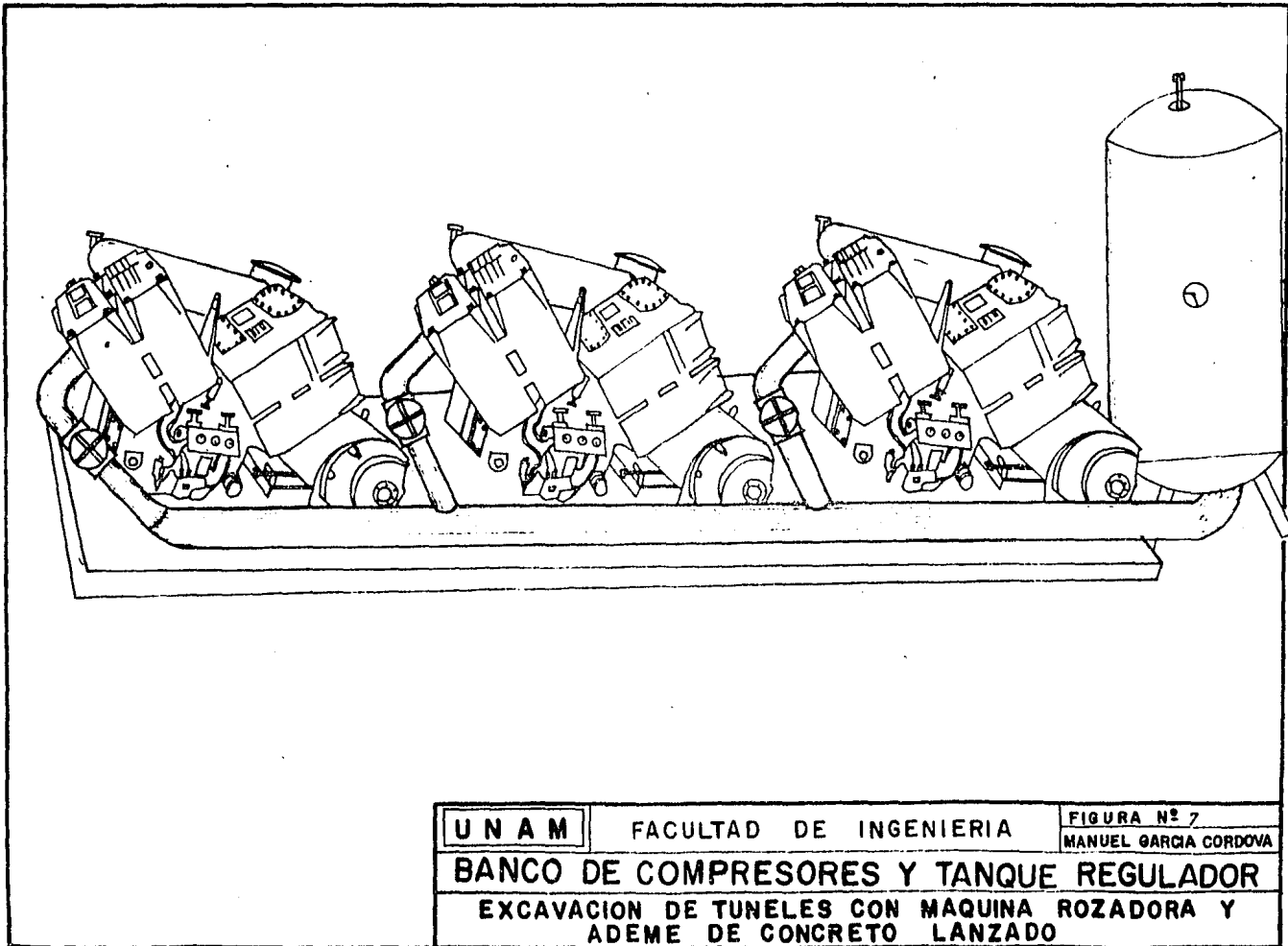
ESTOS COMPRESORES PUEDEN SER ESTACIONARIOS O PORTÁTILES Y DE LA CAPACIDAD QUE ARROJEN LOS CÁLCULOS PARA PODER USAR EL EQUIPO NEUMÁTICO QUE SE TENGA.

LOS COMPRESORES SE CONECTAN A UN TUBO DE DIÁMETRO MAYOR LLAMADO "MÚLTIPLE" QUE RECOGE EL AIRE COMPRIMIDO SUMINISTRADO POR CADA COMPRESOR Y LO DEPOSITA EN UN TANQUE REGULADOR A TRAVÉS DE UNA VÁLVULA DE COMPUERTA LO DISTRIBUYE A LA TUBERÍA QUE LO REPARTE EN LOS SITIOS DONDE SE REQUIERA, COMO TALLERES, LUMBRERAS O FRENTE.

LA PRESIÓN DE AIRE COMPRIMIDO SE MANEJA EN EL ORDEN DE 90 A 110 LIBRAS POR PULGADA CUADRADA, ES DECIR ENTRE 6 Y 7.5 KGS. POR CENTÍMETRO CUADRADO.

LA TUBERÍA QUE SURTIRÁ EL AIRE COMPRIMIDO AL TÚNEL Y QUE PARTE DEL TANQUE REGULADOR DEBE SER, EN VIRTUD DE LA PRESIÓN QUE SE TIENE LO SUFICIENTEMENTE RESISTENTE PARA QUE NO OCURRAN FUGAS O ACCIDENTES POR EFECTO DE LA PRESIÓN. SE ESTÁ MANEJANDO EN LA ACTUALIDAD TUBERÍA DE FIERRO NEGRO CÉDULA 40 O CÉDULA 20 CON COSTURA HELICOIDAL DE 8" DE DIÁMETRO. EN LA FIGURA 7 SE OBSERVA UN BANCO DE COMPRESORES CON SU TANQUE REGULADOR Y SU MÚLTIPLE.

PARA EXTRAER DEL TÚNEL EL MATERIAL PRODUCTO DE LA EXCAVACIÓN, AL CUÁL EN ADELANTE LE LLAMAREMOS REZAGA EXIS-



TEN VARIOS PROCEDIMIENTOS CADA UNO DE LOS CUALES REQUIERE DE EQUIPOS DIFERENTES PARA SER LLEVADO A CABO, Y SU IMPLEMENTACIÓN SE DECIDE CON BASE EN LOS PROGRAMAS DE CONSTRUCCIÓN Y VOLÚMENES A EXTRAER, ADEMÁS DE LA ECONOMÍA Y DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS. AL IZAJE DE REZAGA A TRÁVÉS DE LA LUMBRERA POR CUALQUIERA DE LOS MÉTODOS SE LE DENOMINA "MANTEO".

EL SISTEMA DE MANTEO INGLÉS CONSTA DE UNA TORRE DE GRANDES DIMENSIONES, DOS TOLVAS, UN BOTE DE  $4,5 \text{ m}^3$ , UN MALACATE, UN JUEGO DE POLEAS Y GUÍAS PARA EL IZAJE (FIGURA 8). EL FUNCIONAMIENTO ES COMO SIGUE: DEL FRENTE DE EXCAVACIÓN SE ENVÍA LA REZAGA A LA ZONA DE LA LUMBRERA DONDE FUE NECESARIO PROFUNDIZAR LA EXCAVACIÓN A NIVELES INFERIORES AL PISO DEL TÚNEL CON EL FIN DE ALOJAR ALLÍ UNA TOLVA QUE REGULE LA REZAGA. EN ESTE CASO ES NECESARIO CONSTRUIR UN PISO FALSO AL MISMO NIVEL QUE EL PISO DEL TÚNEL QUE PERMITA REALIZAR MANIOBRAS, SUMINISTRO DE MATERIALES, CONTROLES TOPOGRÁFICOS, ETC. EL VEHÍCULO QUE CONTIENE LA REZAGA LA DEPOSITA EN LA TOLVA Y ÉSTA LA DOSIFICA A UN BOTE CON CAPACIDAD APROXIMADA DE  $4,5 \text{ m}^3$ , Y QUE ES CONOCIDO COMO "SKIP". EL SKIP ES IZADO POR UN MALACATE CUYA POTENCIA DEBE SER SUFICIENTE PARA LOGRAR EL MANTEO. PARA CONTROLAR EL TRAYECTO DEL SKIP, EXISTEN GUÍAS DE CABLE DE ACERO QUE IMPIDEN QUE SALGA DE SU POSICIÓN Y GUÍAS FIJAS EN LA TORRE QUE LO ENCARRILAN A LA POSICIÓN DE DESCARGA.

CUANDO EL SKIP LLEGA A LA TORRE, TOMA LAS GUÍAS FIJAS RECTAS PRIMERO Y LAS CURVAS DESPUÉS PARA QUE AL LLEGAR A ÉSTAS ÚLTIMAS SE ACCIONE UN MECANISMO QUE ABATA LA BASE INFERIOR Y VACÍE LA REZAGA EN UN CANALÓN O CHORREADERO QUE RECIBE LA REZAGA Y LA DEPOSITA EN UNA TOLVA. ÉSTA TOLVA ES SIMILAR A LA QUE SE ENCUENTRA EN EL TÚNEL Y TIENE COMO FINALIDAD ALMACENAR LA REZAGA Y DEPOSITARLA EN CAMIONES DE VOLTEO QUE LA TRANSPORTARÁN A LOS TIRADEROS.

LA TORRE DE MANTEO INGLESA ES UNA ESTRUCTURA METÁLICA DE UNOS 25 MTS. DE ALTURA Y APARIENCIA SEMEJANTE AL VOLÚMEN DE UNA PIRÁMIDE TRUNCADA. PARA ABSORBER LOS ESFUERZOS DE COMPRESIÓN EN EL ASCENSO Y DE TENSIÓN EN EL DESCENSO DEL SKIP, CUENTA CON RETÉN TAMBIÉN DE ESTRUCTURA METÁLICA QUE PARTE DE MANERA INCLINADA DE LA PARTE SUPERIOR DE LA TORRE AL PISO CON UN ÁNGULO APROXIMADAMENTE IGUAL AL DE LA RESULTANTE DE LAS FUERZAS, A ESTE RETÉN SE LE LLAMA "HORCA" Y SE COLOCA GENERALMENTE ENTRE LA TORRE Y EL MALACATE.

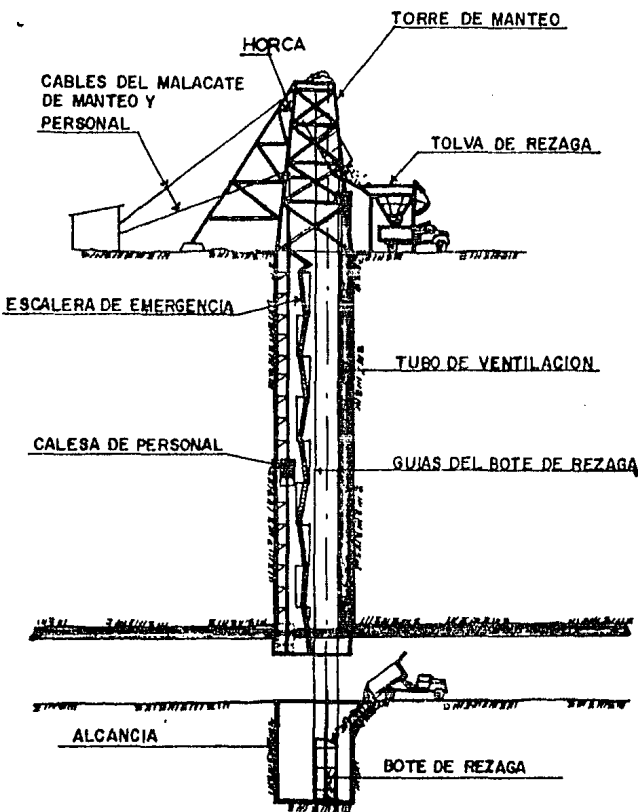
EN LA PARTE SUPERIOR DE LA TORRE DE MANTEO SE ENCUENTRAN LAS POLEAS QUE CONDUCEN AL CABLE DEL MALACATE AL SKIP.

COMO CONTRAPESO DEL SKIP PUEDE MONTARSE OTRO ARTEFACTO DE NATURALEZA SIMILAR EL CUAL PUEDE SER USADO COMO CALESA PARA EL PERSONAL, ADEMÁS DE AYUDAR AL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA AL SUBIR Y BAJAR PROPORCIONANDO CONTRAPESO AL SKIP, O SI LA DEMANDA ASÍ LO EXIGE PUEDE COLOCARSE UN SEGUNDO SKIP.

ESTE SISTEMA SE RECOMIENDA CUANDO LOS VOLÚMENES A EXTRAER SON CONSIDERABLES, O CUANDO SE DISPONE DE LOS ELEMENTOS FÁCILMENTE, PUES DE OTRA FORMA NO ES JUSTIFICABLE LA MANO DE OBRA NECESARIA PARA HABILITAR UN SISTEMA TAN COMPLEJO COMO ÉSTE NI LA CANTIDAD TAN RESPETABLE DE ACERO QUE ES NECESARIO COLOCAR.

OTRO SISTEMA DE MANTEO MAS SENCILLO, CONSISTE EN UNA TORRE MAS LIVIANA QUE LA INGLESA Y NO CONTIENE SKIP (FIGURA 9).

DESDE EL FRENTE DE EXCAVACIÓN LA REZAGA ES COLOCADA EN BOTES MAROMEROS QUE SE ENCUENTRAN SOBRE PLATAFORMAS DE CAMIÓN O FERROCARRIL, Y QUE SON TRANSPORTADOS A LA LUMBRERA PARA SU MANTEO. EN LA LUMBRERA SE ENGANCHAN Y SON IZADOS POR UN MALACATE. AL LLEGAR A CIERTA ALTURA, POR DEBAJO DE ELLOS SE



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA	FIGURA Nº 6 MANUEL GARCIA CORDOVA
<b>SISTEMA DE MANTEO INGLES</b> <b>EXCAVACION DE TUNELES CON MAQUINA ROZADORA Y</b> <b>ADEME DE CONCRETO LANZADO</b>		

POR DEBAJO DE ELLOS SE ABATE UN CANALÓN POR UN MECANISMO DE MALACATES NEUMÁTICOS Y CON UN ARREGLO DE VIGUETAS PARA RECIBIR LOS BOTES QUE DESCIENDEN Y HACERLOS GIRAR EXPULSANDO LA REZAGA POR LA BOCA. LOS BOTES SE VUELVEN A INCORPORAR, EL CANALÓN VUELVE A SU POSICIÓN Y EL MALACATE LOS BAJA A SU POSICIÓN ORIGINAL. LA CONFIGURACIÓN DE LA TORRE ES SIMILAR A LA INGLESA PERO NO TAN ALTA. TAMBIÉN POSEE HORCA Y POLEAS AL IGUAL QUE GUÍAS DE CABLE DE ACERO QUE CONDUCEN A LOS BOTES POR EL LUGAR EXACTO PARA SU DESCARGA Y ACOMODO.

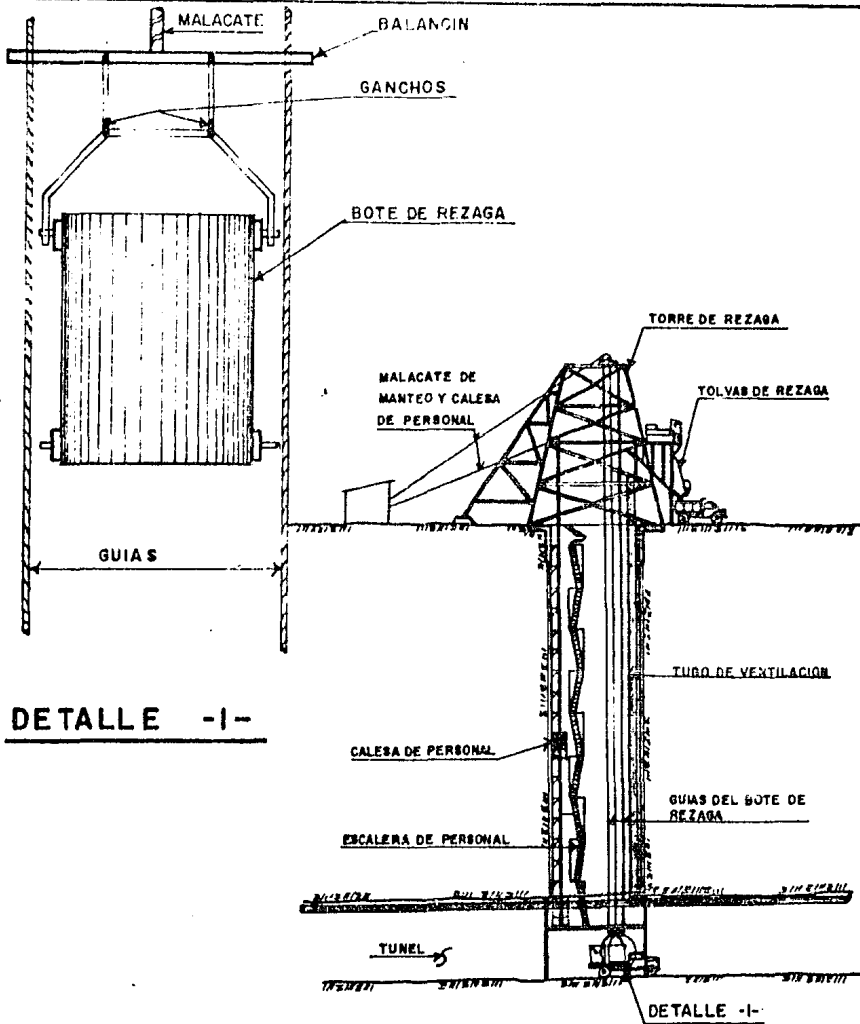
SI EL TRAMO A EXCAVAR ES MUY CORTO O SI POR CUESTIONES DE MERCADO NO ES POSIBLE CONSEGUIR LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA TENER UN SISTEMA DE MANTEO ESTABLECIDO COMO LOS ANTERIORES, SE PUEDE HACER USO DE DRAGAS DE CAPACIDAD SUFICIENTE QUE RECOJAN BOTES EN LA LUMBRERA Y LOS VACIÉN DIRECTAMENTE A CAMIONES VOLTEO EN SUPERFICIE, O BIEN, PROVISTAS DE UN CUCHARÓN DE ALMEJA QUE RECOJA EL MATERIAL SUELTO DEL PISO DE LA LUMBRERA Y LO COLOQUE EN CAMIONES.

PARA EL ABASTECIMIENTO DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA QUE EXISTAN DENTRO DEL TÚNEL, ES NECESARIO TENER TUBERÍAS DE AGUA Y DIESEL A TODA PROFUNDIDAD DE LA LUMBRERA Y QUE SALGAN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE ESTOS LÍQUIDOS.

PARA FACILITAR LAS MANIOBRAS DE SUMINISTRO DE MATERIALES DE SUPERFICIE A TÚNEL, ES CONVENIENTE DISPONER DE UN MALACATE NEUMÁTICO PEQUEÑO EN EL BROCAL DE LOS COMUNMENTE LLAMADOS "WINCHE".

A PARTE DEL EQUIPO ANTERIOR Y COMO INSTALACIONES, SE DEBE CONTAR CON UN PATIO PARA ALMACENAJE DE MATERIALES, UNA ZONA LIBRE CERCANA A LA LUMBRERA PARA MANIOBRAS, TALLERES DE REPARACIONES DE CAMPO, ALMACENES Y OFICINAS ADMINISTRATIVAS Y TÉCNICAS Y DE SUPERVISIÓN EN SUPERFICIE.





**DETALLE -I-**

**DETALLE -I-**

#### 4.3 EQUIPO EN EL FRENTE.

ADEMÁS DE LA EXCAVADORA, PARA QUE ÉSTA PUEDA TENER RENDIMIENTOS ALTOS, ES NECESARIO QUE EXISTA EN EL TÚNEL UNA VARIEDAD DE EQUIPOS AUXILIARES. COMENZAREMOS POR DESCRIBIR EL EQUIPO DE REZAGA.

DEPENDIENDO FUNDAMENTALMENTE DE LA GEOMETRÍA DEL TÚNEL Y DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO. EL EQUIPO DE REZAGA PUEDE SER DE VÍA O SOBRE NEUMÁTICOS.

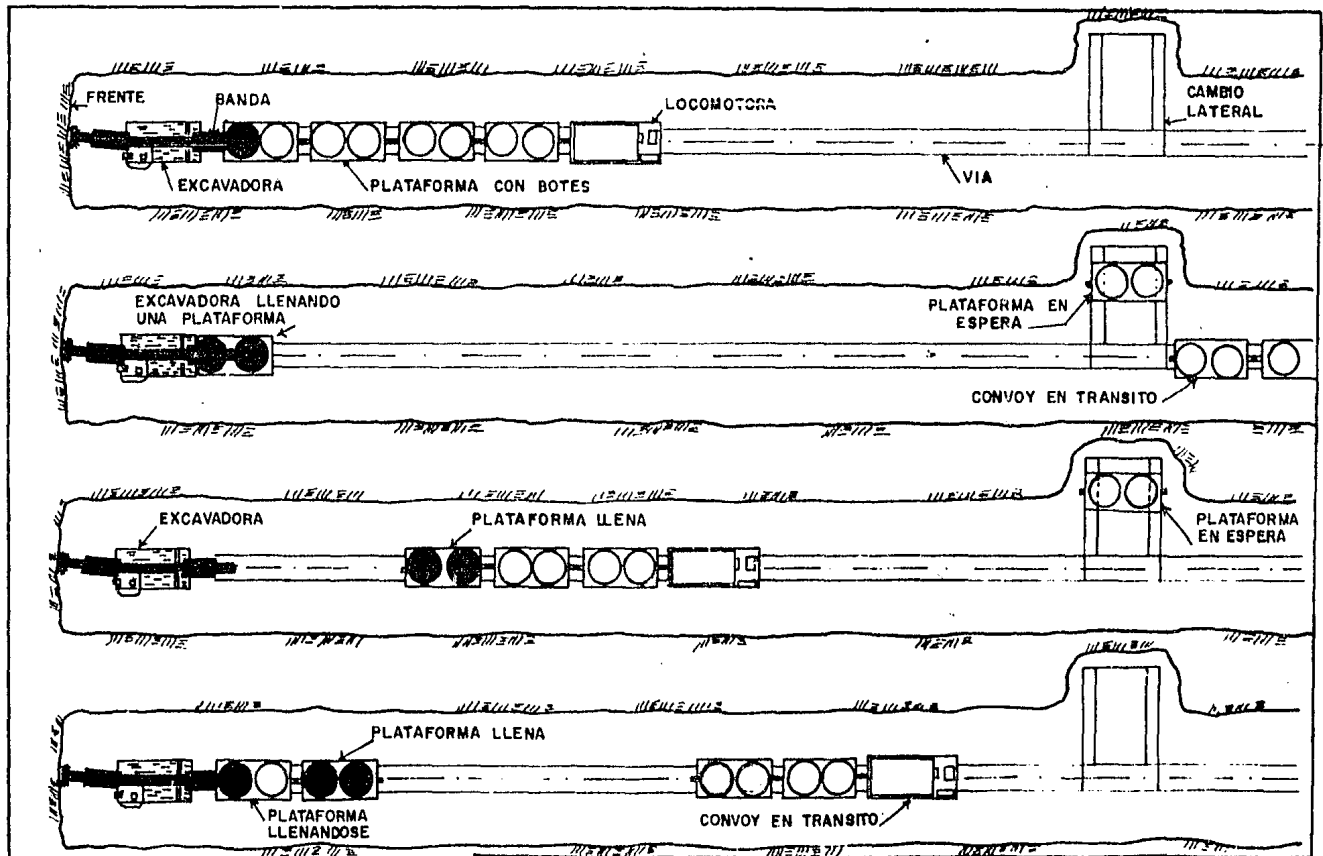
SE SELECCIONA EQUIPO DE VÍA, CUANDO LAS SECCIONES TRANSVERSALES DE LOS TÚNELES SON PEQUEÑAS, YA QUE ESTOS EQUIPOS NO TIENEN LA NECESIDAD DE HACER EVOLUCIONES PARA SU ACOMODO, SINO QUE CON ENGANCHAR Y DESENGANCHAR VAGONETAS Y AUXILIÁNDONOS DE LADEROS, CAMBIOS LATERALES (CAR-PASSER) O CAMBIOS VERTICALES (CHERRY-PICKER), AHORRAREMOS EN MANIOBRAS DE ACOMODO.

UNA RAZÓN PARA NO ESCOGER EQUIPO DE VÍA PUEDE SER QUE EL TENER UN PROGRAMA DE CONSTRUCCIÓN QUE EXIJA EL REVESTIMIENTO DE CONCRETO SIMULTÁNEO A LA EXCAVACIÓN. LA VÍA TENDRÍA QUE SER LEVANTADA Y REACOMODADA CONSTANTEMENTE OCASIONANDO SIGNIFICATIVAS PÉRDIDAS DE TIEMPO Y EFICIENCIA EN CUALQUIER LUGAR DENTRO DEL TÚNEL.

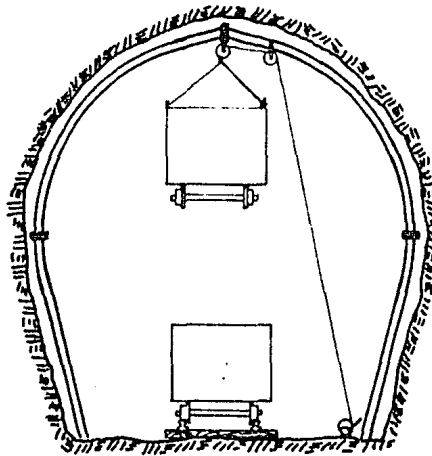
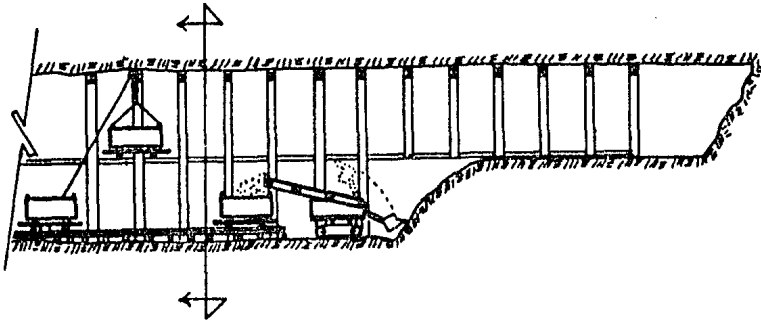
EL EQUIPO DE REZAGA SOBRE VÍA CONSISTE EN LOCOMOTORAS DIESEL O ELÉCTRICAS, PLATAFORMAS CON BOTES O VAGONETAS DE VOLTEO QUE PARA LA CARGA DIRECTA DE LA BANDA DE LA EXCAVADORA O REZAGADORA MANIOBRAN CON LA AYUDA DE UN CAMBIO LATERAL O CAR-PASSER DE ACUERDO CON LA FIGURA 10, O DE UN CAMBIO VERTICAL O CHERRY-PICKER (FIGURA 11).

SI LA CARGA DE REZAGA LA REALIZA UN CARGADOR, PUEDE NO HABER NECESIDAD DE QUE LAS PLATAFORMAS CAMBIEN DE POSICIÓN.

CUANDO EL TÚNEL PERMITE POR SU TAMAÑO QUE SE HAGAN EVOLUCIONES O MANIOBRAS PARA EL ACOMODO DE EQUIPOS, CONVIENE SELECCIONAR EQUIPOS SOBRE NEUMÁTICOS COMO CAMIONES DE VOLTEO O DUMPTORS PARA EFECTUAR EL TRANSPORTE DE REZAGA A LA ZONA DE MANTEO.



<b>U N A M</b>	FACULTAD DE INGENIERIA	FIGURA N <sup>o</sup> 10
	REZAGA CON EQUIPO DE VIA Y CAMBIO LATERAL	MANUEL GARCIA CORDOVA
	EXCAVACION DE TUNELES CON MAQUINA ROZADORA Y ADEME DE CONCRETO LANZADO	



UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

FIGURA N° 11

MANUEL GARCIA CORDOVA

**REZAGA CON EQUIPO DE VIA Y CAMBIO VERTICAL**

EXCAVACION DE TUNELES CON MAQUINA ROZADORA Y  
ADEME DE CONCRETO LANZADO

PARA ALIVIAR A LA ROZADORA, EN ESPECIAL CUANDO ÉSTA NO TENGA SISTEMA DE REZAGA INTEGRADO, CONVIENE TENER UN CARGADOR CON DESCARGA LATERAL EN EL FRENTE QUE REMUEVE EL MATERIAL SUELTO Y LO CARGUE A LOS VEHÍCULOS ENCARGADOS DE TRANSPORTE O A UNA TOLVA QUE POSTERIORMENTE COLOQUE EL MATERIAL EN LOS CAMIONES O VAGONETAS.

DESDE LUEGO, EN EL FRENTE DEBE EXISTIR ALUMBRADO PARA LA CORRECTA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS, ES DECIR, QUE TENGA UNA INTENSIDAD TAL, QUE PERMITA LA MÁXIMA PRECISIÓN POSIBLE. SE UTILIZAN LÁMPARAS DE CUARZO EN EL FRENTE Y EN LOS TRAMOS YA EXCAVADOS PUEDE HABER ILUMINACIÓN INCANDESCENTE O FLUORESCENTE.

PARA PERFILAR LA SECCIÓN DEL TÚNEL LO MÁS EXACTAMENTE POSIBLE SE HACE NECESARIO EL USO DE ROMPEDORAS NEUMÁTICAS COMO SE VIO ANTERIORMENTE, ASÍ, ES NECESARIO QUE LA TUBERÍA DE AIRE COMPRIMIDO SE ENCUENTRE CERCANA AL FRENTE Y EN SU DESEMBOCADURA TENGA UN REPARTIDOR QUE HAGA POSIBLE LA CONEXIÓN DE VARIOS EQUIPOS DE ESTE TIPO.

A LO LARGO DE LA TUBERÍA, ES CONVENIENTE DEJAR TOMAS DE AIRE A INTERVÁLOS CONSTANTES DE DISTANCIA (50 A 100 MTS.) POR SI EN EL FUTURO ES NECESARIO ALGÚN TRABAJO CON FUERZA NEUMÁTICA.

SI A LO LARGO DE LA EXCAVACIÓN SE ENCUENTRAN AGUAS FREÁTICAS, SERÁ NECESARIO CONSTRUIR DRENES O CÁRCAMOS DE BOMBEO ELÉCTRICO O NEUMÁTICO SEGÚN CONVenga.

POR LA CAÍDA DE VOLTAJE CONFORME AVANZA EL TENDIDO DE CABLES, SE HACE NECESARIO CONSTRUIR SUBESTACIONES INTERIORES EN LOS MÁRGENES DE LA EXCAVACIÓN A MANERA DE NICHOS PARA ALOJAR EN ELLOS TRANSFORMADORES QUE EQUILIBREN EL VOLTAJE Y PROPORCIONEN LA CANTIDAD DE ENERGÍA NECESARIA.

PARA EL SUMINISTRO DE AIRE FRESCO EN EL TÚNEL ES NECESARIO COLOCAR UNA TUBERÍA DE DIÁMETRO SUFICIENTE CON VENTILADORES AXIALES INTERCALADOS DE TAL SUERTE QUE LOS HUMOS DE LOS MOTORES DIESEL Y EL POLVO DE LA EXCAVACIÓN NO SEAN MOLESTOS PARA EL PERSONAL QUE SE ENCUENTRE TRABAJANDO EN EL TÚNEL.

## 5.- ALTERNATIVAS DE SELECCION DEL TIPO DE ADEME A UTILIZAR

### 5.1 ANTECEDENTES

LA DECISIÓN DE CONSTRUIR UN TÚNEL CONLLEVA LA DE SELECCIONAR EL MÉTODO DE SOPORTE DE LA EXCAVACIÓN, TENIENDO COMO ERRAMIENTAS PARA TAL FIN, LOS ESTUDIOS PREVIOS QUE SE HAYAN REALIZADO SOBRE LA GEOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS, MORFOLÓGICAS Y ESTRUCTURALES DEL MATERIAL POR EXCAVAR, ASÍ COMO LA CAPA SOBREYACIENTE.

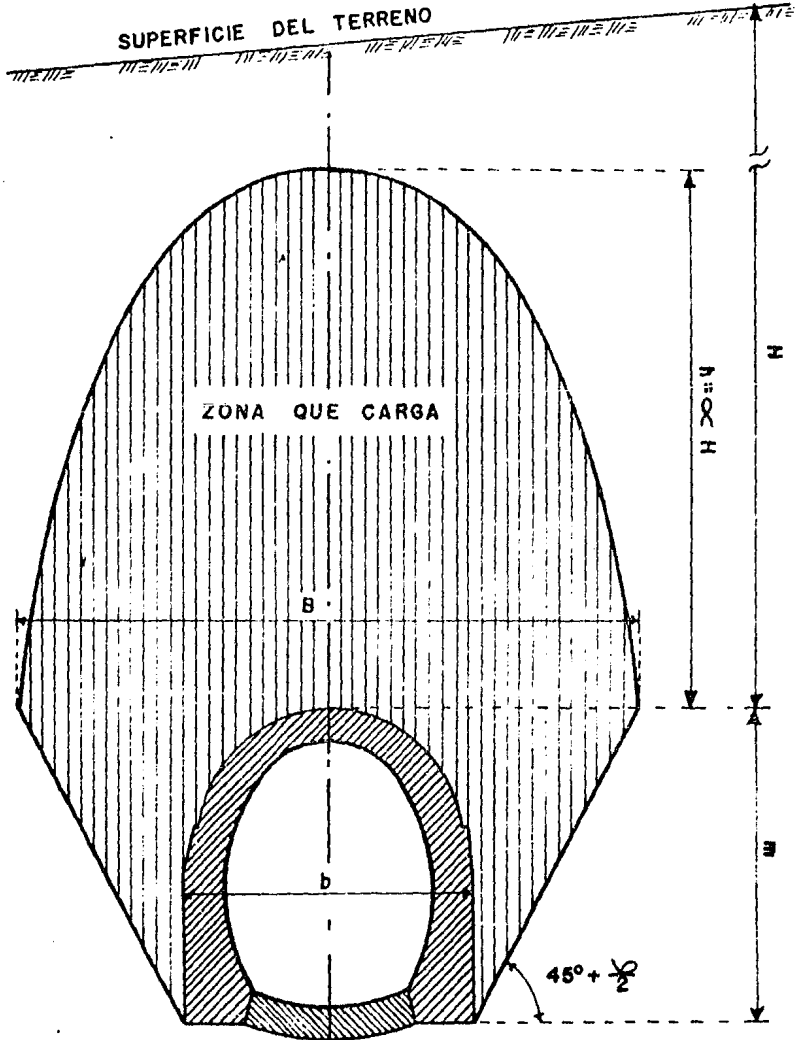
DICHOS ESTUDIOS, SI BIEN DAN UNA IDEA GENERAL SOBRE LOS MATERIALES SUJETOS A ELLOS Y DE SU ACOMODO ESTRATIGRÁFICO, NO SON DEL TODO LO PRECISOS QUE FUERA DE DESEARSE, DADO QUE, A LO LARGO DEL TRAZO DEL TÚNEL, ESTAS CARACTERÍSTICAS SON CAMBIANTES, Y AUNQUE SE TENGA UNA CANTIDAD SUFICIENTE DE -- PRUEBAS Y ESTUDIOS, RESULTA DIFÍCIL ACERTAR EN PRIMERA INSTANCIA SOBRE EL COMPORTAMIENTO DEL TÚNEL UNA VEZ ABIERTA LA CAVIDAD.

EXISTEN VARIAS TEORÍAS PARA EVALUAR LOS ESFUERZOS Y DEFORMACIONES QUE UNA EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA VA A SOPORTAR, DESTACAN LOS SIGUIENTES GRUPOS:

- MÉTODO EMPÍRICO: ESTE HACE ACOPIO DE LAS EXPERIENCIAS OBTENIDAS EN CASOS PARTICULARES. UNA DE ÉSTAS ES LA TEORÍA DE TERZAGHI QUE SUGIERE UNA TRANSMISIÓN DE LA CARGA DE LA ROCA A LOS SOPORTES DEFINIENDO COMO "CARGA DE ROCA" AL PESO DE LA MASA QUE TIENE QUE DESPRENDERSE DEL TECHO DEL TÚNEL Y DEBE SER SOPORTADA POR EL ADEME. (VER FIGURA 12).

- MÉTODO ISOSTÁTICO: CONSISTE EN ESTABLECER CIERTOS LÍMITES DE EQUILIBRIO DE ACUERDO CON UNA DEFINICIÓN DE PLANOS DE DESLIZAMIENTO DE LA ROCA. BIERBAÜMER DEFINE LA CARGA QUE ACTÚA SOBRE EL ADEME CON ALGUNAS CONDICIONES DE LA GEOMETRÍA, DE LA ACCIÓN Y EL EQUILIBRIO DE LAS MASAS DE ROCA.

ESTOS MÉTODOS ADOLESCEN DE QUE SOLO CONSIDERAN --



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA	FIGURA N° 12 MANUEL GARCIA CORDOVA
<b>CARGA DE ROCA (METODOS ESTATICOS)</b>		
EXCAVACION DE TUNELES CON MAQUINA ROZADORA Y ADEME DE CONCRETO LANZADO		

TALES COMO PESO PROPIO, ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA Y EN ALGUNOS CASOS LA COHESIÓN, DEJANDO A UN LADO LAS DEFORMACIONES, POR LO QUE NO SE GARANTIZA LA COMPATIBILIDAD DE LAS DEFORMACIONES DE LA ROCA CON LAS DEL SOPORTE,

- MÉTODO ELÁSTICO: DEBIDO A QUE NO SE ASEGURA LA COMPATIBILIDAD DE LAS DEFORMACIONES ROCA-SOPORTE, SE HAN DESARROLLADO MÉTODOS BASADOS EN LA ELASTICIDAD CLÁSICA CALCULANDO UN CÍRCULO DE DIMENSIONES INFINITAS ATRAVESADO POR LA SECCIÓN DE LA EXCAVACIÓN. ÉSTOS MÉTODOS RESPETAN LAS CONDICIONES DE DEFORMACIÓN DE LA MASA DE ROCA PERO NO SE ASEGURA SU COMPATIBILIDAD CON LAS DEL ADEME,

- MÉTODOS ELASTO-PLÁSTICOS: CON EL AUXILIO DE LAS COMPUTADORAS, MUCHOS INVESTIGADORES REALIZARON CÁLCULOS ELASTO-PLÁSTICOS EN UN PLANO PERPENDICULAR AL PLANO DE LA GALERÍA SIN PODER RESOLVER ESTE PROBLEMA HIPERESTÁTICO,

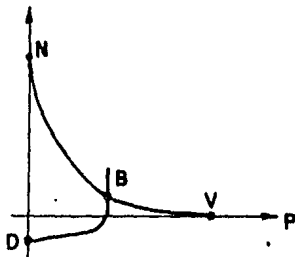
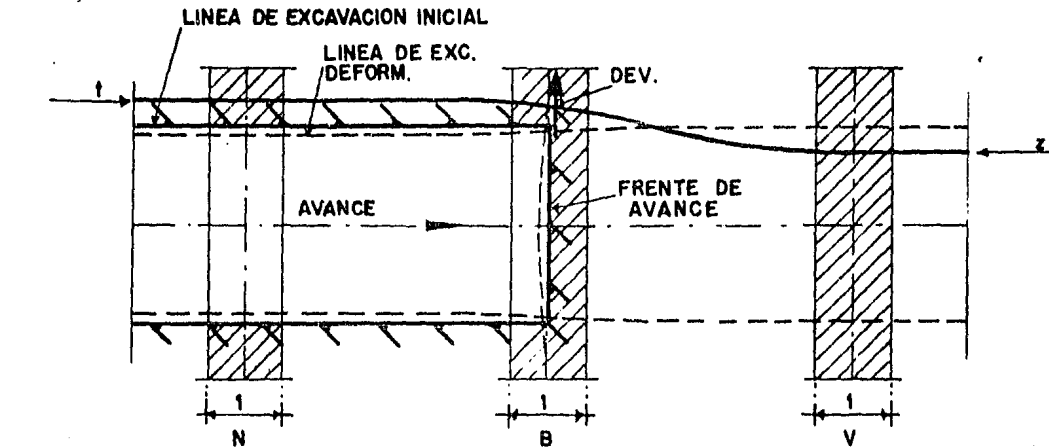
- TEORÍA DE LAS LÍNEAS CARACTERÍSTICAS: DE TODOS LOS MÉTODOS BREVEMENTE DESCRITOS CON ANTERIORIDAD, SE DESPRENDE QUE EL PROBLEMA ESTÁTICAMENTE INDETERMINADO DEL SOPORTE DE LA GALERÍA CONSISTE EN HACER COINCIDIR LAS DEFORMACIONES DE LA ROCA CON LAS DEL ADEME,

EL DR. G. LOMBARDI HACE EL SIGUIENTE PLANTEAMIENTO: SE TIENE UN CILINDRO DE DIMENSIONES INFINITAS OBTENIDO POR LA MASA DE LA ROCA ATRAVESADA POR LA EXCAVACIÓN Y SUJETO A LAS PRESIONES DEL TERRENO. (VER FIGURA 14)

SE SUPONE QUE EL HUECO DE LA EXCAVACIÓN ESTÁ LLENOS DE AGUA A UNA PRESIÓN QUE EQUIVALE AL ESTADO NATURAL DE LAS SOLICITACIONES,

SI LA PRESIÓN SE REDUCE POCO A POCO, LAS PAREDES DEL ORIFICIO INICIARÁN UN MOVIMIENTO CONVERGENTE HACIA EL INTERIOR DE LA EXCAVACIÓN QUE IRÁ AUMENTANDO EN PROPORCIÓN DIRECTA A LA DISMINUCIÓN DE PRESIÓN, EN PRINCIPIO, ESTE MOVIMIENTO ESTARÁ DENTRO DEL RANGO ELÁSTICO DE LA ROCA Y CONFORME VAYA DECRECIENDO LA PRESIÓN ENTRAREMOS EN UNA ZONA PLÁSTICA EN LA QUE SE PERDERÁ LA PROPORCIONALIDAD ENTRE PRESIÓN Y DEFORMACIÓN TENDIENDO LA CURVA, RAPIDAMENTE A LA IZQUIERDA





U N A M

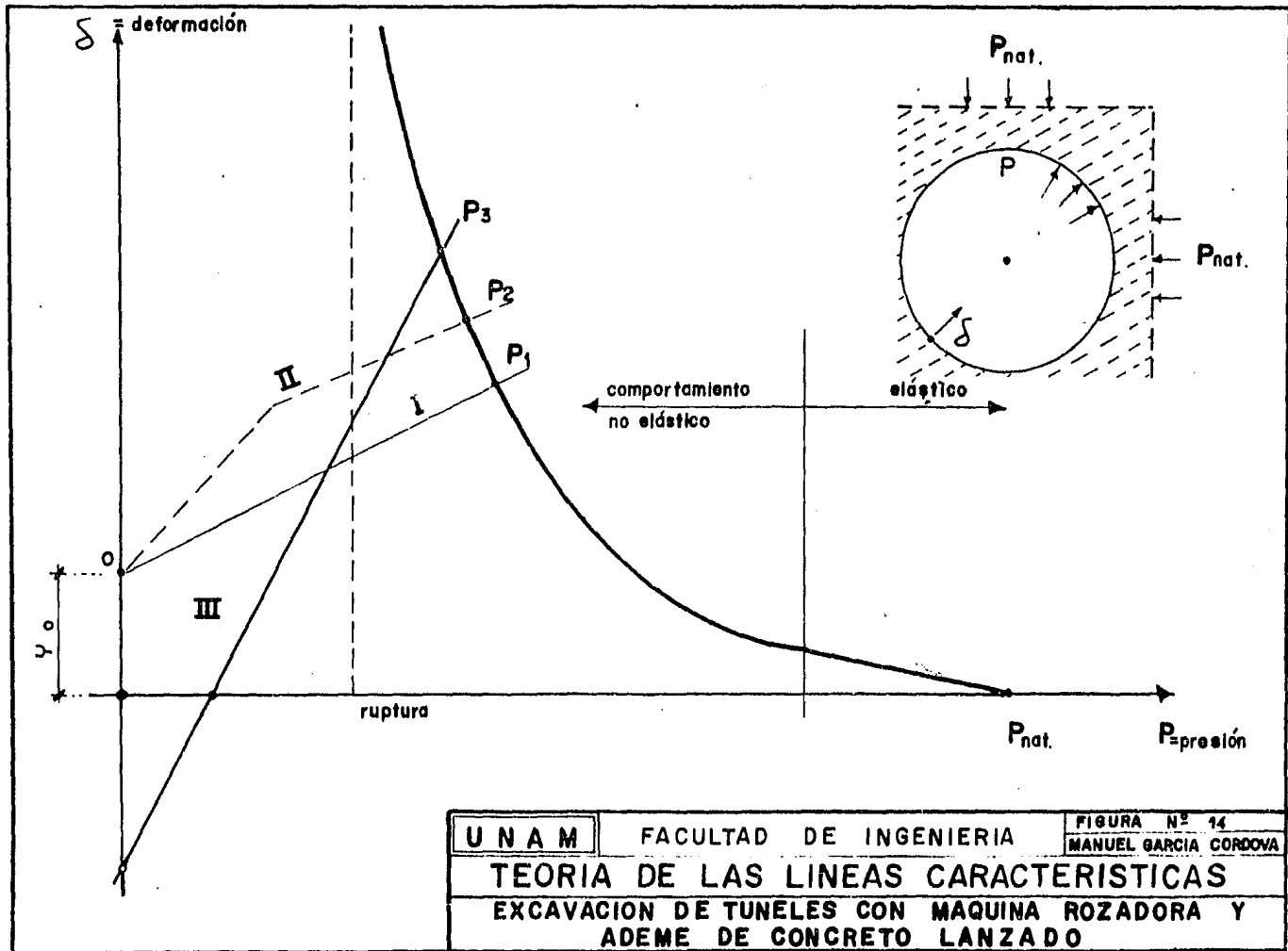
FACULTAD DE INGENIERIA

FIGURA N° 13

MANUEL GARCIA CORDOVA

DEFORMACIONES EN EL FRENTE DE UN TUNEL

EXCAVACION DE TUNELES CON MAQUINA ROZADORA Y  
ADEME DE CONCRETO LANZADO



CUANDO LA EXCAVACIÓN NO ES ESTABLE POR SÍ MISMA, ESTE COMPORTAMIENTO ES REPRESENTADO EN LA FIGURA. SI LA CURVA CORTA EL EJE DE LAS ORDENADAS SIGNIFICA QUE LA EXCAVACIÓN ES ESTABLE POR SÍ MISMA.

PODEMOS OBSERVAR EN LA FIGURA LAS LÍNEAS CARACTERÍSTICAS DE ALGUNOS SISTEMAS DE SOPORTE, LA LÍNEA I SE REFIERE A UN REVESTIMIENTO RÍGIDO, LA LÍNEA II A UN REVESTIMIENTO DEFORMABLE EN COMBINACIÓN CON OTRO RÍGIDO COLOCADO EN OTRO TIEMPO Y LA LÍNEA III REPRESENTA CABLES PRETENSAOS QUE AL NO EXISTIR FUERZA, SU DEFORMACIÓN ES NEGATIVA.

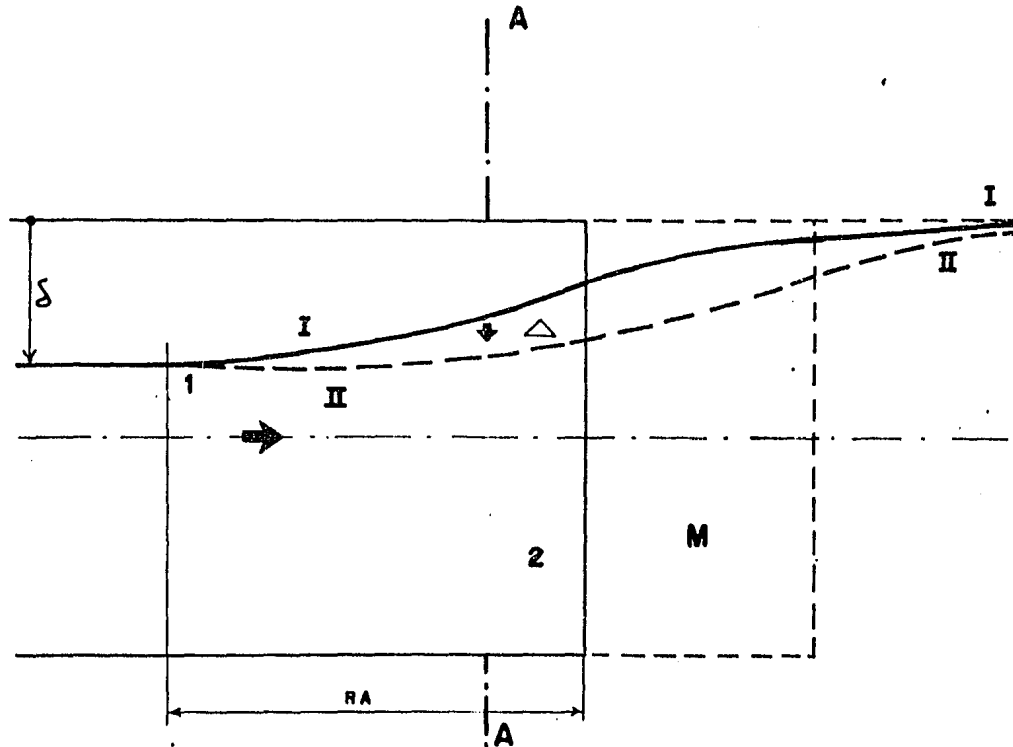
LOS PUNTOS DE INTERSECCIÓN ENTRE LAS LÍNEAS CARACTERÍSTICAS DE EXCAVACIÓN Y SOPORTE PROPORCIONAN EL EQUILIBRIO.

POR ESTO, EL DR. LOMBARDI LLEGA A LA AFIRMACIÓN DE QUE EL EMPUJE DE LA ROCA SOBRE EL REVESTIMIENTO NO PUEDE CONOCERSE A PRIORI SINO QUE SE LIGA A LAS SIGUIENTES VARIABLES:

- EL ESTADO NATURAL DE SOLICITACIONES DE LA ROCA
- LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA ROCA
- LA RIGIDEZ Y DEFORMABILIDAD DEL SOPORTE Y
- EL MÉTODO DE EXCAVACIÓN

LA INCÓGNITA FUNDAMENTAL ES LA DEFORMACIÓN INICIAL YA QUE EL MOMENTO Y EL LUGAR DE LA COLOCACIÓN DEL ADEME SON DE VITAL IMPORTANCIA, YA QUE, CONFORME EL FRENTE VA DESPLAZÁNDOSE EL ESTADO DE ESFUERZOS SE VUELVE TRIDIMENSIONAL Y DE ESTE ESTADO PASA A BIDIMENSIONAL Y LA SOLICITACIÓN DE DEFORMACIÓN DEL ADEME ES MAYOR EN LA CERCANÍA DEL FRENTE QUE EN DONDE YA HA PASADO LA EXCAVACIÓN CON ANTERIORIDAD DEBIDO A QUE LAS DEFORMACIONES YA SE HAN LLEVADO A CABO. (VER FIGURA 15).

CABE ACLARAR QUE A LA VISTA DE LAS TEORÍAS ANTES EXPUESTAS, NO SE PUEDE DAR UNA RECETA PREVIA PARA LA COLOCACIÓN DEL ADEME ESPERANDO QUE ÉSTA SEA ACERTADA EN UN CIENTO POR CIENTO, DEBIDO A LAS INCÓGNITAS A LAS QUE NOS HEMOS REFERIDO. EN ESTA VIRTUD EL INGENIERO QUE ESTÁ AL FRENTE DE LA CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL DEBE OBSERVAR MINUCIOSAMENTE EL COMPORTAMIENTO DE LOS ADEMES QUE SE HAN COLOCADO Y ASÍ PROPONER LAS ALTERNATIVAS PARA EL CASO CONCRETO, NECESITANDO PARA ELLO TENER VERDADERO CONOCIMIENTO Y EXPERIENCIA, Y POR LAS



UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

FIGURA N° 15

MANUEL GARCIA GORDOVA

VARIACION DE LAS DEFORMACIONES EN EL FRENTE

EXCAVACION DE TUNELES CON MAQUINA ROZADORA Y  
ADEME DE CONCRETO LANZADO

MEDICIONES QUE SE REALICEN SOBRE LA EXCAVACIÓN FUNGIENDO ÉSTA COMO LABORATORIO PARA TAL EFECTO.

## 5.2 MARCOS METÁLICOS

EN LA INTRODUCCIÓN DE ESTE TRABAJO, SE ESBOZÓ DE MANERA GENERAL EN QUE CONDICIONES ACTUALES ESTE ES UN TIPO DE ADEME QUE SÓLO CONVIENE UTILIZAR CUANDO SEA REALMENTE NECESARIO, PUESTO QUE A LA PAR DE ESTAR CONSTITUIDO POR RECURSOS DE UNA ALTA CUANTÍA ECONÓMICA ES NECESARIA UNA FUERTE CANTIDAD DE MANO DE OBRA PARA SU HABILITACIÓN Y COLOCACIÓN.

ESTE TIPO DE ADEME ES RECOMENDABLE CUANDO LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL PRODUCEN SOBREEXCAVACIONES O CAÍDOS DE DE TERRENO A REALIZAR LA EXCAVACIÓN. ÉSTAS DIFICULTADES OBLIGAN A UN RETAQUE PREVIO DE MADERA PARA TRANSMITIR LAS CARGAS DE LOS PERFILES ESTRUCTURALES DE MANERA ADECUADA Y A LA VEZ PARA PREVENIR QUE SE INTEMPERICE EL MATERIAL AUNQUE SEA EN MUCHOS CASOS, INSUFICIENTE ÉSTA MEDIDA.

A CONTINUACIÓN SE EXPLICA BREVEMENTE EL PROCEDIMIENTO DE COLOCACIÓN DE LOS MARCOS METÁLICOS.

EL PERFIL ESTRUCTURAL SELECCIONADO PARA EL ADEME METÁLICO DEBE SER HABILITADO DE ACUERDO CON LA GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL; COMÚNMENTE ESTA HABILITACIÓN SE REALIZA CON ROLADORA PARA EVITAR CRISTALIZACIONES PRODUCIDAS POR CALENTAMIENTOS QUE AFECTARÍAN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL ELEMENTO.

EL MARCO CUENTA, PARA FACILITAR SU COLOCACIÓN CON VARIAS SECCIONES, ES DECIR, NO SE COLOCA TODO A LA VEZ SINO QUE SE ARMA PARTE POR PARTE, SE PUEDE DISTINGUIR ENTRE EL GRUPO CONSTITUIDO POR LA MEDIA SECCIÓN SUPERIOR FORMADO POR DOS "SEMICLAVES" Y EL GRUPO DE LA MEDIA SECCIÓN INFERIOR FORMADO POR DOS "POSTES". LA TRANSICIÓN ENTRE AMBOS GRUPOS SE REALIZA POR MEDIO DE UN ARREGLO DE VIGUETAS PARALELAS AL EJE DEL TRAZO DEL TÚNEL DENOMINADAS "RASTRAS". EL OBJETO DE LAS RASTRAS SE VERÁ MAS TARDE.

CUANDO EL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO INDICA LA COLOCACIÓN DE MARCOS, LA EXCAVACIÓN SE LLEVA POR LO GENERAL A MEDIA SECCIÓN Y BANQUEO SOBRE TODO CUANDO EL MATERIAL POR EXCAVAR ESTÁ CONSTITUÍDO POR FINOS MUY SATURADOS O POR ARENA SUELTA.

DE ESTE MODO EL ATAQUE DE LA MEDIA SECCIÓN SUPERIOR SE VA REALIZANDO Y EN EL CASO NECESARIO SE VA COLOCANDO MADERA APOYADA SOBRE EL MARCO ANTERIOR, POSTERIORMENTE SE COLOCAN LAS RASTRAS APOYADAS EN EL BANQUEO Y ES ENTONCES, CUANDO SE CHECA LA TOPOGRAFÍA DEL TÚNEL.

ALINEADAS LAS RASTRAS, SE COLOCAN LAS SEMICLVES SOBRE ELLAS. HUELGA DECIR QUE LAS RASTRAS COLOCADAS DEBEN SOLDADAS A LAS INMEDIATAS ANTERIORES Y QUE LAS SEMICLVES DEBEN SOLDARSE A LAS RASTRAS RECIÉN COLOCADAS. LA UNIÓN ENTRE AMBAS SEMICLVES ES EL SIGUIENTE PASO; ESTE SE LLEVA A CABO ATORNILLANDO LAS PLACAS DE LOS EXTREMOS DE CADA UNA DE ELLAS Y SOLDANDO LA UNIÓN DE DICHAS PLACAS.

POSTERIORMENTE SE EXCAVA LA MEDIA SECCIÓN INFERIOR Y SE COLOCAN LOS POSTES DEBAJO DE LAS SEMICLVES CORRESPONDIENTES SOLDÁNDOSE A LA RASTRA EN LOS PUNTOS DE APOYO.

CUANDO SE TIENEN ESFUERZOS DE COCEO PROVOCADOS POR EMPUJES LATERALES O DEL PISO DE LA EXCAVACIÓN, ESTOS SON TOMADOS POR TORNAPUNTAS DE VIGUETAS SOLDADAS A LA BASE DE LOS POSTES O POR ANCLAS QUE SE COLOCAN IGUALMENTE EN DICHA BASE.

PARA GARANTIZAR EL TRABAJO ENCONJUNTO DE TODOS LOS MARCOS, EN EL ALMA DEL PERFIL ESTRUCTURAL SE HACEN BARRENACIONES CON EL OBJETO DE QUE ATRAVÉS DE ELLAS SE INTRODUZCAN VARILLAS HABILITADAS CON UNA CABEZA DE LA PROPIA VARILLA A QUE NOS REFERIMOS Y UN BIRLO EN EL EXTREMO OPUESTO.

À ESTE BIRLO SE LE ATORNILLA UNA TUERCA Y DE ESTE MODO LAS VARILLAS A LAS QUE NOS REFERIMOS TRABA-

JAN EN TENSIÓN, POR ESA RAZÓN SE LES LLAMA "TENSORES".

LOS ESFUERZOS DE COMPRESIÓN SON TRANSMITIDOS DE MARCO POR POLINES DE MADERA COLOCADOS SOBRE LOS TENSORES CORTADOS DE ACUERDO CON LA SEPARACIÓN ENTRE LOS MARCOS. ESTAS PIEZAS SE CONOCEN COMO "SEPARADORES".

LAS RASTRAS ESTÁN CONSTITUIDAS POR UNA O DOS VIGUETAS SOLDADAS PATÍN CON PATÍN.

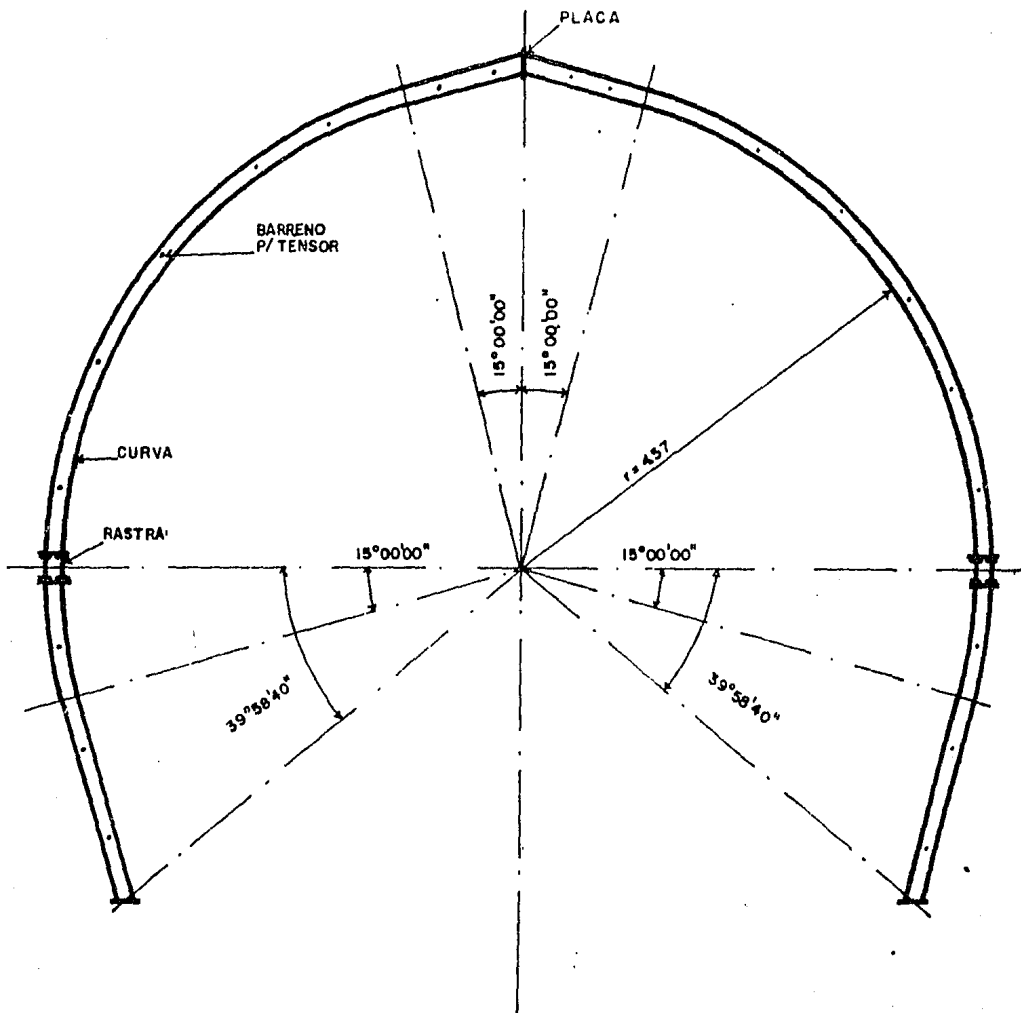
PARA EL APOYO DE LOS POSTES CONTRA EL PISO DE LA EXCAVACIÓN, SE UTILIZA GENERALMENTE MADERA CON EL FIN DE EVITAR CORRIMIENTOS AL COLOCAR EL POSTE, ESTE APOYO POR LO GENERAL ESTÁ FORMADO POR DOS PIEZAS DE MADERA FLEJADAS Y CLAVADAS Y EN ALGUNOS CASOS SE CUELA UNA PLANTILLA DE CONCRETO O UNA GUARNICIÓN SI PARA EL DESALOJO DE AGUAS PROVENIENTES DE FILTRACIONES ES NECESARIO CONSTRUIR OBRAS DE ARTE CON EL FIN DE QUE NO EXISTA TRANSPORTACIÓN DE SUELOS Y LOS MARCOS PIERDAN SU APOYO.

EN LA FIGURA 16 SE MUESTRA UN MARCO DE ADEME TIPO UTILIZADO EN LOS TÚNELES DEL METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO EN DONDE SE COLOCA ESTE TIPO DE SOPORTE EN LOS CASOS EN QUE ES VERDADERAMENTE NECESARIO.

COMO SE PUEDE APRECIAR, LA COLOCACIÓN DE ESTE TIPO DE ADEMES ES DEMASIADO LABORIOSA Y CARA, PUES LAS MANIOBRAS DE SUMINISTRO Y COLOCACIÓN SON MUY MINUCIOSAS Y POR LO TANTO INVOLUCRAN ADEMÁS DE LOS MATERIALES, ALTO COSTO EN MANO DE OBRA POR HABILITACIÓN, COLOCACIÓN Y MANEJO EN LA OBRA Y TRANSPORTE A ELLA.

EJEMPLOS DE CUANDO ES NECESARIO COLOCAR MARCOS SERÍAN: LA PRESENCIA DE SUELOS SIN COHESIÓN EN LA EXCAVACIÓN, EL EXCESO DE FILTRACIONES DE AGUAS FREÁTICAS, FRENTES DE ROCA FRACTURADA EN LOS QUE SE TUVIERON SOBREEXCAVACIONES, ETC.,

CUANDO SE ATRAVIESAN SUELOS PURAMENTE FRICCIONANTES SE HINCA EN EL TERRENO UN ENTRAMADO DE VIGUETAS LIVIANAS QUE SE APOYA EN EL MARCO YA COLOCADO Y SE DESCUBRE LA SECCIÓN. ESTAS VIGUETAS TIENEN COMO FUNCIÓN LA DE BRINDAR SEGURIDAD AL PERSONAL QUE TRABAJA EN LA EXCAVACIÓN DETEN ENDO LA PORCIÓN



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA	FIGURA N° 16
MARCO PARA ADEME TIPICO EN TUNELES DE 8.64		MANUEL GARCIA CORDOVA
EXCAVACION DE TUNELES CON MAQUINA ROZADORA Y ADEME DE CONCRETO LANZADO		



DE SUELO QUE TIENDE A DESPRENDERSE AL PROPICIAR EL ACUMIAMIENTO ENTRE BLOQUES DE MATERIAL EN TORNO A LAS VIGUETAS.

CON ESTO SE TRATÓ DE DAR UNA EXPLICACIÓN SUSCINTA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES Y PROCEDIMIENTO DE COLOCACIÓN DE MARCOS METÁLICOS COMO SOPORTE TEMPORAL DE EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS.

### 5.3 CONCRETO LANZADO

EL CONCRETO LANZADO, CONSISTE EN COLOCAR CONCRETO A PRESIÓN SOBRE EL CONTORNO DE LA EXCAVACIÓN, DE SUERTE DE FORMAR UN ESPESOR SUFICIENTE PARA QUE ACTÚE COMO CASCARÓN QUE SOPORTA LOS ESFUERZOS PRODUCIDOS POR LA EXCAVACIÓN, TENIENDO APARTE LA VENTAJA DE SER DEFORMABLE Y ACUSAR FALLAS CON LA ANTICIPACIÓN NECESARIA PARA TOMAR LAS MEDIDAS PERTINENTES.

ESTA TECNOLOGÍA DE ORIGEN EUROPEO, HA EVOLUCIONADO SORPRENDENTEMENTE EN LOS ÚLTIMOS AÑOS DEBIDO A LA FACILIDAD DE SU APLICACIÓN Y SU VERSATILIDAD DE UTILIZACIÓN

EXISTEN DOS TIPOS DE PROCEDIMIENTOS DE COLOCACIÓN DEL CONCRETO LANZADO, EL DE MEZCLA SECA Y EL DE MEZCLA HÚMEDA.

EL PROCEDIMIENTO DE MEZCLA SECA CONSISTE EN DOSIFICAR UNA MEZCLA DE AGREGADOS Y CEMENTO EN LA PROPORCIÓN REQUERIDA POR LA RESISTENCIA DEL PROYECTO, A UNA MÁQUINA LLAMADA LANZADORA QUE LO SUMINISTRA A PRESIÓN A UNA MANGUERA QUE CONDUCE LA MEZCLA SECA A UNA BOQUILLA O CHIFLÓN. EN ESTE LUGAR SE INCORPORA EL AGUA Y LA MEZCLA SE PROYECTA SOBRE LA SUPERFICIE A CUBRIR.

EL CONCRETO COLOCADO ADQUIERE, DEBIDO A LA PRESIÓN, UNA COMPACTACION MUY BUENA Y NO REQUIERE DE VIBRADO PARA SU ACOMODO. SU REVENIMIENTO ES MUY BAJO, EN VIRTUD DE QUE LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO ES LA INDISPENSABLE PARA MANEJAR LA MEZCLA.

EL MÉTODO, POR LAS VENTAJAS QUE OFRECE PARA LA FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO LANZADO ES EL MAS DIFUNDIDO EN LA ACTUALIDAD.

EL PROCEDIMIENTO DE MEZCLA HÚMEDA CONSISTE EN LA FABRICACIÓN DEL CONCRETO Y SU BOMBEO A PRESIÓN YA INCLUIDA EL AGUA HACIA A LA SUPERFICIE POR PROTEGER. ESTE MÉTODO TIENE LA DESVENTAJA DE QUE SE PUEDEN OCASIONAR SEGREGACIONES EN EL CONCRETO Y SU COMPACTACIÓN INICIAL ES MENOR QUE EN LA MEZCLA SECA.

EL CONCRETO LANZADO SE DISTINGUE DEL CONCRETO HIDRÁULICO ÚNICAMENTE POR SU APLICACIÓN; EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE AMBOS ES IDÉNTICO.

PARA LAS EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS EL CONCRETO LANZADO HA VENIDO A SIMPLIFICAR EL PROBLEMA QUE SIGNIFICA SU SOPORTE YA QUE ES MUY SENCILLO DE COLOCARLO Y ES ADAPTABLE A CUALQUIER GEOMETRÍA SIN NECESIDAD DE USAR CIMBRAS O ARTEFACTOS QUE REQUIEREN MUCHA MANO DE OBRA.

LA MAQUINARIA, MANO DE OBRA Y MATERIALES SE DESCRIBEN CON AMPLITUD EN LOS SIGUIENTES CAPÍTULOS.

EL CONCRETO LANZADO COMO SOPORTE DE TÚNELES SE USA FORMANDO UN CASCARÓN O MEMBRANA ESTRUCTURAL QUE RECIBE LOS ESFUERZOS DE COMPRESIÓN PROPICIADOS POR EL EMPUJE DE LA ROCA A LA EXCAVACIÓN.

POR SU FACILIDAD DE APLICACIÓN, EL CONCRETO LANZADO PUEDE COLOCARSE DE TAL MANERA QUE AUXILIE A OTROS SISTEMAS DE SOPORTE O, SI SE COLOCA EN ESPESORES PEQUEÑOS, AYUDA A EVITAR EL INTEMPERISMO DE LOS MATERIALES.

### 5.3.1. CONCRETO LANZADO REFORZADO CON MALLA ELECTROSOLDADA

EL CONCRETO LANZADO SE APLICA POR LO GENERAL CON ADITIVOS ACELERANTES PARA QUE VAYA ADQUIRIENDO RESISTENCIA EN EL LAPSO MÁS CORTO POSIBLE.

EN ÉSTA TESISURA ES FÁCIL ENTENDER QUE EL CALOR DE FRAGUADO DEL CONCRETO PUEDE EN UN MOMENTO DADO OCASIONAR GRIETAS EN EL ELEMENTO.

PARA ABSORBER LOS ESFUERZOS DE TENSIÓN PRODUCIDOS POR LA ELEVACIÓN DE TEMPERATURA CUANDO EL CONCRETO LANZADO ESTÁ EN LA FASE DEL FRAGUADO INICIAL SE COLOCA UNA MALLA ELECTROSOLDADA CON UN RECUBRIMIENTO LIBRE DETERMINADO EN LAS PAREDES Y CLAVE DEL TÚNEL

PUEDE TAMBIÉN COLOCARSE UNA MALLA MÁS CERRADA CUANDO EL MATERIAL ES POCO COHESIVO Y RESISTE CON ALGUNA DIFICULTAD LA PRESIÓN DE LANZADO, EN ESTE CASO LA MALLA ASUME FUNCIONES DE RETENER LIGERAMENTE EL SUELO CUANDO SE EFECTÚA EL LANZADO. SE HA UTILIZADO PARA ESTOS FINES, CON BUENOS RESULTADOS, MALLA DE GALLINERO.

CUANDO EL CONCRETO LANZADO ES USADO COMO REVESTIMIENTO DEFINITIVO PUEDE SER APLICADO SOBRE REFUERZO ESTRUCTURAL DE VARILLAS DE ACERO CON LA CONDICIONANTE DE QUE EL REBOTE PUEDE AUMENTAR SI EL LANZADOR NO CUENTA CON LA DESTREZA NECESARIA.

### 5.3.2. CONCRETO LANZADO COMBINADO CON MARCOS METÁLICOS

CUANDO SE ABRE UN TÚNEL, LAS PAREDES Y TECHO DE LA EXCAVACIÓN ESTÁN EN CONTACTO CON EL MEDIO AMBIENTE Y ESTO PUEDE OCASIONAR QUE EL MATERIAL SE INTEMPERICE; SI A ESTO SE AÑADE QUE SE TENGAN SUELOS POCO COHESIVOS, DESPUÉS DE UN TIEMPO DE EXCAVADOS Y ADEMADOS CON MARCOS METÁLICOS SE PUEDE PRESENTAR EL FENÓMENO DE QUE, POR PÉRDIDA DE HUMEDAD Y CONTACTO CON AIRE FRESCO, EL MATERIAL TIENDA A DESPRENDERSE POR EN MEDIO DEL RETAQUE DE MADERA. CONVIENE EN ESTAS CIRCUNSTANCIAS, LANZAR UNA CAPA DE CONCRETO QUE DETENGA LOS EFECTOS ANTES MENCIONADOS PROTEGIENDO ASÍ LA ESTRUCTURA DEL MATERIAL PREVIENIENDO QUE SE TENGAN SOBRE-EXCAVACIONES Y ACOMODOS DE LA CAPA SOBREYACIENTE SOBRE EL TÚNEL.

SE PRESENTA OTRO CASO EN EL QUE ES NECESARIO LANZAR CONCRETO SOBRE LOS MARCOS Y ES CUANDO LOS EMPUJES DEL TERRENO SOBRE EL ADEME METÁLICO TIENDEN A PRODUCIR DEFORMACIONES EXCESIVAS E INCLUSO EL CERRAMIENTO DEL TÚNEL. EN ESTE CASO CONVIENE LANZAR UN ESPESOR SUFICIENTE Y FORMAR UNA ESPECIE DE BÓVEDA ENTRE MARCO Y MARCO PARA QUE EL CONCRETO LANZADO AUXILIE EL SOPORTE METÁLICO EN LA RESISTENCIA DE LOS ESFUERZOS DE COMPRESIÓN.

## 5.4 ANCLAS

ESTE TIPO DE ADEME SE HA POPULARIZADO EN LOS ÚLTIMOS AÑOS EN ROCAS RELATIVAMENTE SANAS, Y EL PRINCIPIO FUNDAMENTAL DE HACER UNA ESTRUCTURA QUE SOPORTE A BASE DE ANCLAS, ES QUE LA ROCA SE AUTOSOPORTE, COSA QUE PARA LOGRARLO HAY QUE COLOCAR LAS ANCLAS LO MÁS CERCANO AL FRENTE POSIBLE PARA QUE TOMEN LAS DEFORMACIONES Y ESFUERZOS QUE PRODUJO LA EXCAVACIÓN.

EXISTEN BASICAMENTE, DOS TIPOS DE ANCLAS: LAS DE TENSIÓN Y LAS DE FRICCIÓN.

### 5.4.1. ANCLAS DE TENSIÓN

ESTE TIPO DE ANCLAS CONSISTE EN UNA VARILLA CON UNA CONCHA EXPANSORA EN UN EXTREMO Y CUERDA EN EL OTRO, SIENDO SU PROCEDIMIENTO DE COLOCACIÓN COMO SIGUE: SE BARRENA LA LONGITUD DESEADA, POSTERIORMENTE SE INTRODUCE EL ANCLA Y LA CONCHA EXPANSORA SE AFIANZA CONTRA LA ROCA, CUÁNDO ESTO HA SUCEDIDO EN EL EXTREMO SALIENTE DEL ANCLA SE COLOCA UNA PLACA Y SE ATORNILLA A LA PRESIÓN REQUERIDA POR UNA TUERCA, CON EL AUXILIO DE LLAVES ESPECIALES QUE INDICAN LA TENSIÓN A QUE SE SUJETA EL ANCLA.

CON EL APRIETE EN LA TUERCA SE INDUCE UNA PRE-TENSIÓN AL ANCLA QUE SE TRANSMITE A LA ROCA COMO PRE-COMPRESIÓN. DE ESTE MODO UN CONJUNTO DE ANCLAS ESTRATEGICAMENTE COLOCADAS PROVOCAN EN LA EXCAVACIÓN, ESFUERZOS DE COMPRESIÓN QUE DESARROLLAN UN EFECTO DE ARQUEO EN EL PERÍMETRO DE LA EXCAVACIÓN.

EL USO DE LAS ANCLAS DE TENSIÓN SE RECOMIENDAN PARA TÚNELES CONSTRUÍDOS ATRAVÉS DE ROCA FRACTURADA, EN DONDE SE DEBE PROTEGER LA EXCAVACIÓN DE DESPRENDIMIENTOS DE BLOQUES DE ROCA, SIRVIENDO EL ANCLAJE COMO UNA COSTURA ENTRE BLOQUES.

### 5.4.2. ANCLAS DE FRICCIÓN

LAS ANCLAS DE FRICCIÓN SON ANCLAS ALOJADAS EN BA-

RRENOS CEMENTADOS O INYECTADOS Y FUNCIONAN A BASE DE LA ADHERENCIA MORTERO-PARED DE BARRENO Y MORTERO-ANCLA.

LA COLOCACIÓN DE LAS ANCLAS DE FRICCIÓN CONSISTE EN LAS OPERACIONES DE BARRENACIÓN, COLOCACIÓN DEL ANCLA GENERALMENTE CONSTITUIDA POR VARILLAS DE ACERO CORRUGADAS E INYECCIÓN A PRESIÓN DE UNA LECHADA DE CEMENTO.

EL SOPORTE DE LA EXCAVACIÓN SE EXPLICA COMO UN ACUÑAMIENTO ENTRE LOS BLOQUES ANCLADOS CONFORME A LA EXCAVACIÓN SE VA DEFORMANDO EN CONVERGENCIA HACIA EL INTERIOR. EL TERRENO CARGA SOBRE LA EXCAVACIÓN Y SI ÉSTA ESTÁ PROVISTA DE ANCLAS DE FRICCIÓN, LAS ANCLAS SE APRIETAN FORMANDO BLOQUES AUTOSOPORTABLES DE MATERIAL.

#### 5.4.3. COMBINACIÓN DE ANCLAS CON CONCRETO LANZADO

SI SE HAN COLOCADO ANCLAS DE FRICCIÓN, RESULTA CONVENIENTE LANZAR CONCRETO EN LA SECCIÓN ANCLADA CON LA FINALIDAD DE QUE CONSTITUYA UN APOYO A LAS ANCLAS.

ESTA COMBINACIÓN ES MUY EFICIENTE PUES DE ESTE MODO LAS ANCLAS TRABAJAN COMO VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS Y ADEMÁS DE PROPORCIONAR ACUÑAMIENTOS AL TERRENO POR VIRTUD DE LA FRICCIÓN QUE SE DESARROLLA SE LE DA UN APOYO RESISTENTE PARA DETENER DESPRENDIMIENTOS OCASIONALES QUE SE LLEGARAN A PRODUCIR POR LA INTEMPERIZACIÓN DEL MATERIAL.

## 6.- EQUIPO NECESARIO PARA EL ADEME DE CONCRETO LANZADO

### 6.1 ANTECEDENTES

EN ESTE CAPÍTULO SE TRATARÁ DE EXPLICAR LA MAQUINARIA NECESARIA PARA LA APLICACIÓN NEUMÁTICA DE CONCRETO ASÍ COMO LAS INSTALACIONES QUE ES MENESTER TENER EN SUPERFICIE Y EN EL FRENTE PARA DICHA APLICACIÓN, HACIENDO ALGUNOS COMENTARIOS AL RESPECTO.

### 6.2 EQUIPO EN SUPERFICIE

SE DEBE CONTAR CON EL EQUIPO QUE SUMINISTRE AIRE AL FRENTE, ÉSTE PUEDE SER EL MISMO QUE EL DE LA EXCAVACIÓN SI LA PLANEACIÓN DE LA OBRA NO OBLIGA A QUE SE ESTÉN REALIZANDO AMBAS ACTIVIDADES A LA VEZ, EN CASO QUE ASÍ SE REQUIERA SE PUEDE CONECTAR EL NÚMERO DE COMPRESORES QUE SE CONSIDERE NECESARIO A LA LÍNEA DE AIRE A PRESIÓN DE IGUAL FORMA QUE SE DESCRIBIÓ CON ANTERIORIDAD.

EN SUPERFICIE, TAMBIÉN ES NECESARIO CONTAR CON UNA ÁREA ESPECIAL PARA EL ALMACENAJE DE LOS AGREGADOS, CERCA A LA BOCA DE LA LUMBRERA, ESTA ÁREA DEBE PROTEGERSE CON ALGUNA TECHUMBRE PARA EVITAR QUE SE HUMEDezca EL AGREGADO ANTES DEL LANZADO.

DE IGUAL MANERA, SE HACE NECESARIA UNA BODEGA PARA EL ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO SI EL MANEJO SE HACE CON EL CEMENTO ENVASADO O UNOS RECIPIENTES O SILOS SI EL CEMENTO ES SUMINISTRADO A GRANEL.

SE DEBE CONTAR ASIMISMO CON UN DEPÓSITO PARA AGUA, Y SI SE ESPECIFICA UN ACELERANTE LÍQUIDO DEBEMOS TENER TAMBIÉN UN TANQUE PARA CONTENERLO Y OTRO QUE CONTENGA LA MEZCLA DE AMBOS.

PARA DOSIFICAR CORRECTAMENTE EL ACELERANTE SE DEBE CONTAR EN LA OBRA CON UN DENSÍMETRO QUE MEDIRÁ LA CONCENTRACIÓN DE ADITIVO EN EL AGUA.

EL SUMINISTRO DE AGREGADOS AL TÚNEL SE HACE ATRAVÉS DE UNA TUBERÍA DE PAREDES GRUESAS PARA QUE RESISTA LA FRICCIÓN PRODUCIDA POR LAS CAÍDAS DE LOS MATERIALES PÉTREOS. SI EL CEMENTO SE MANEJA EN SACOS, ÉSTE ES BAJADO AL TÚNEL POR MEDIO

DE UNA CANASTILLA SOSTENIDA DEL CABLE DE UN MALACATE NEUMÁTICO. EN EL CASO EN QUE EL CEMENTO ES SUMINISTRADO A GRANEL, DEL SILO SALE UNA TUBERÍA DESCENDIENTE HACIA EL SITIO DE CARGA EN EL TÚNEL. LA ENERGÍA ELÉCTRICA REQUERIDA PARA EL LANZADO DE CONCRETO ES SUMINISTRADA POR EL MISMO EQUIPO QUE PARA LA EXCAVACIÓN E ILUMINACIÓN DEL TÚNEL.

### 6.3 EQUIPO EN EL FRENTE

LOS MATERIALES SON CAPTADOS EN LAS BOCAS DE LAS TUBERÍAS DE DESCENSO EN UN "CARRO DE AGREGADOS" EL CUAL ESTÁ COBSTITUÍDO POR DOS TOLVAS, UNA PARA CONTENER LOS AGREGADOS Y OTRA PARA EL CEMENTO.

ESTE CARRO DE AGREGADOS DEBE ADAPTARSE AL SISTEMA DE REZAGA QUE SE TENGA EN EL TÚNEL, ESTO ES, QUE PARA TRANSPORTARSE AL FRENTE DEBE SER CONGRUENTE CON EL MÉTODO DE LOCOMOCIÓN QUE SE UTILICE EN EL TÚNEL, SEA SOBRE VÍA O SOBRE NEUMÁTICOS.

LA MEZCLA SECA SE EFECTÚA EN EL CARRO DE AGREGADOS MÉDIANTE UN SISTEMA GRADUADO DE TORNILLOS TRIEXER QUE DOSIFICA AGREGADOS Y CEMENTO EN LA PROPORCIÓN REQUERIDA Y LOS DEPOSITA EN LA LANZADORA.

EN LA FIGURA 17 SE PUEDE OBSERVAR UN CARRO DE AGREGADOS.

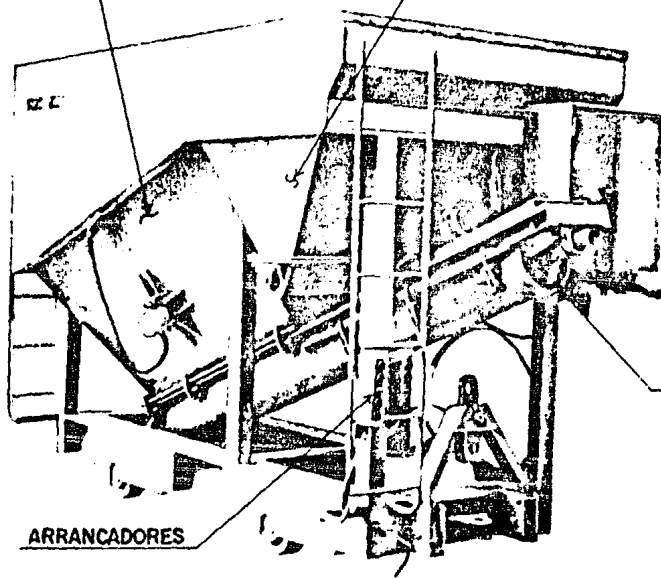
EL FUNCIONAMIENTO DE CARROS DE AGREGADOS ES A BASE DE UN MOTOR GENERALMENTE NEUMÁTICO O ELÉCTRICO QUE IMPULSA A LOS TORNILLOS A MOVERSE TRANSPORTANDO Y MEZCLANDO EL CONCRETO.

EL MATERIAL MEZCLADO POR EL IMPULSO DE LOS TORNILLOS TRIEXER SE DEPOSITA A UNA MÁQUINA LLAMADA LANZADORA, LA CUAL A BASE DE UN MECANISMO DE GIRO LO IMPULSA HACIA UNA SALIDA QUE SE CONECTA A UNA MANGUERA DE ALTA PRESIÓN.

LA MEZCLA IMPULSADA NEUMÁTICAMENTE PASA POR LA MANGUERA QUE DESEMBOCA EN UNA BOQUILLA. ES AQUÍ DONDE SE LE

TOLVA DE  
AGREGADOS

TOLVA DE  
CEMENTO



TORNILLO  
TRIXER

ARRANCADORES

U N A M

FACULTAD DE INGENIERIA

FIGURA N° 17

MANUEL GARCIA CORDOVA

CARRO DE AGREGADOS

EXCAVACION DE TUNELES CON MAQUINA ROZADORA Y  
ADEME DE CONCRETO LANZADO



AÑADE EL AGUA A LA MEZCLA, QUE, CUANDO SE USAN ADITIVOS LÍQUIDOS LOS CONTIENE EN SOLUCIÓN. EL AGUA ES DOSIFICADA AQUÍ DE ACUERDO AL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO AL PROYECTARSE CONTRA LA SUPERFICIE A PROTEGER. OBVIO ES DECIR QUE ES INDISPENSABLE QUE EL LANZADOR SEA ALTAMENTE CALIFICADO, YA QUE DE ÉL DEPENDE LA BUENA DOSIFICACIÓN DEL AGUA Y LA CORRECTA COLOCACIÓN DEL CONCRETO LANZADO.

EL LANZADO DE CONCRETO PUEDE LLEVARSE A CABO CON UN OPERADOR DE CHIFLÓN, EL CUAL LO DIRIGE Y DOSIFICA EL AGUA A UNA DISTANCIA DE LA SUPERFICIE ENTRE 80 CM. Y 1,50 M., O BIEN MEDIANTE EL USO DE UN ROBOT CON EL CUAL EL CUAL EL OPERADOR ESTÁ REALIZANDO EL LANZADO A CONTROL REMOTO.

A PRIMERA VISTA RESULTA MUCHO MAS ATRACTIVO EL USO DEL ROBOT, PERO DEBE CONDICIONARSE A LAS CARACTERÍSTICAS DEL PROYCTO TALES COMO GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN, LONGITUD A SOPORTAR CON CONCRETO LANZADO Y DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO.

LA GEOMETRÍA DEL TÚNEL NOS VA A DETERMINAR LAS DISTANCIAS A LAS QUE SERÁ NECESARIO LANZAR PARA TENER UNA ADHERENCIA SUELO-CONCRETO LANZADO ACEPTABLE CON PORCENTAJES DE REBOTE BAJOS. OCURRE ALGUNAS VECES QUE POR LO ALTO DE LAS SECCIONES, EL CONCRETO LANZADO NO LLEGA A LA CLAVE DEL TÚNEL CON LA PRESIÓN REQUERIDA Y ESTO NOS OCASIONA QUE LOS VOLUMENES DE REBOTE SE INCREMENTEN. SI LA LONGITUD DEL TÚNEL A REVESTIR CON CONCRETO LANZADO ES MUY PEQUEÑO, ESTA DEFICIENCIA SE ATACA DE UNA MANERA MUY ECONÓMICA CON EL EMPLEO DE ANDAMIAJES, EN CAMBIO, SI EL TRAZO DEL TÚNEL ES LO CONSIDERABLEMENTE LARGO SE JUSTIFICA LA EXISTENCIA DE UN ROBOT EN LA OBRA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL LANZADO.

PARA RECOGER EL REBOTE, PRODUCTO DEL LANZAMIENTO DE CONCRETO, SE USAN LOS MISMOS EQUIPOS QUE PARA LA REZAGA, SIENDO IMPORTANTE ASEGURARSE QUE SE RETIRE TODO EL DESPERDICIO OPORTUNAMENTE PARA EVITAR PROBLEMAS TALES COMO EL ENDURECIMIENTO, TAPONAMIENTO DE DRENAJES, ETC.

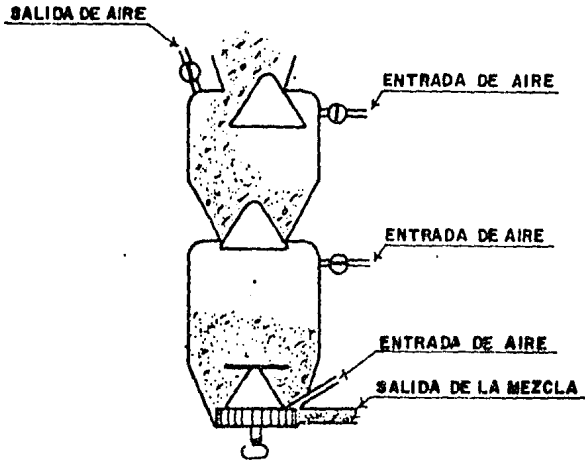
EL EQUIPO PARA CONCRETO LANZADO DESCRITO, ES EN SU MAYORÍA APORTACIÓN SUECA. LOS CARROS DE AGREGADOS FUERON PATENTADOS POR UNA COMPAÑÍA SUECA CON EL NOMBRE DE ROBOT-TRIXER, DE CUYO DISEÑO SE HA OBTENIDO NUEVAS MARCAS Y MODELOS.

LAS LANZADORAS SE FABRICAN DE DIVERSOS MECANISMOS ENTRE LAS QUE DESTACAN LAS SIGUIENTES:

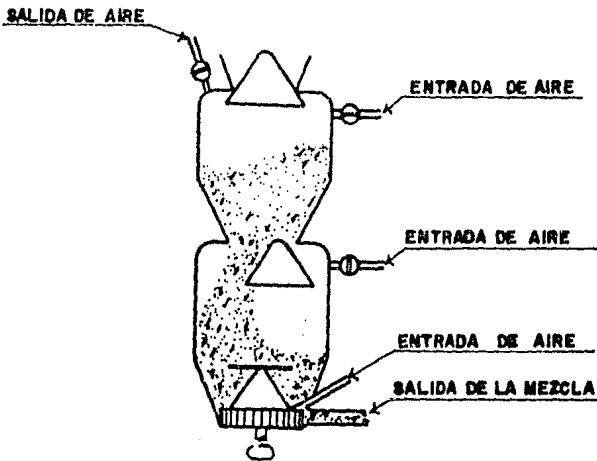
- LANZADORAS TIPO DE RUEDA DE ALIMENTACIÓN: SON MÁQUINAS DE DOBLE CÁMARA. EN LA CÁMARA INFERIOR SE MANTIENE UNA PRESIÓN DE AIRE ELEVADA Y LA CÁMARA SUPERIOR ALIMENTA MATERIAL A LA INTERIOR. LA FIGURA MUESTRA EL FUNCIONAMIENTO ESQUEMÁTICO DE UNA MÁQUINA DE ESTE TIPO. LA ALIMENTACIÓN DEL MATERIAL DEBE SER EFECTUADA DE TAL SUERTE QUE NO SE PRESENTEN FLUCTUACIONES DE PRESIÓN. EN LA CÁMARA INFERIOR SE ENCUENTRA UNA RUEDA DENTADA LA CUAL MUEVE EL MATERIAL HASTA PONERLO EN EL LUGAR DE SALIDA. AQUÍ EL MATERIAL ESTÁ LIBRE POR DOS PARTES COMO SE PUEDE OBSERVAR EN LA FIGURA GRACIAS AL "CUELLO DE GANSO" POR DONDE SE SUMINISTRA AIRE QUE SOPLA AL MATERIAL Y LO CONDUCE POR LA MANGUERA HASTA LA BOQUILLA.

- LANZADORAS DE ALIMENTACIÓN DIRECTA: UN ESQUEMA DE ESTAS MÁQUINAS SE MUESTRA EN LA FIGURA 18. PUEDE TENER UNA O DOS CÁMARAS Y SU PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO CONSISTE EN QUE EL MATERIAL SE MANTIENE EN MOVIMIENTO EN LA PARTE BAJA DEBIDO A LAS ASPAS DE UN AGITADOR; CAE A UN ESTRECHAMIENTO TIPO CONO INVERTIDO EN EL CUAL SE TIENE AIRE A PRESIÓN LO QUE HACE QUE EL MATERIAL SALGA HACIA EL CHIFLÓN.

- LANZADORAS TIPO TAMBOR ROTATORIO: ESTAS MÁQUINAS ROMPEN CON LOS DISEÑOS TRADICIONALES AL CONSISTIR DE UN BARRIL CON CILINDROS HUECOS EN SU INTERIOR. EL BARRIL GIRA CAPTANDO MATERIAL EN LOS CILINDROS Y TRANSPORTÁNDOLO HACIA LA SALIDA EN DONDE NEUMÁTICAMENTE ES IMPULSADO A LA MANGUERA. EL CICLO SE REPITE AL GIRAR EL BARRIL. LA MAYOR VENTAJA DE ESTE TIPO DE MÁQUINAS CONSISTE EN QUE NECESITAN POCAS ATENCIONES DURANTE EL LANZADO Y SE PUEDE PENSAR EN



**ETAPA 1**



**ETAPA 2**

**UNAM**

FACULTAD DE INGENIERIA

FIGURA N° 10

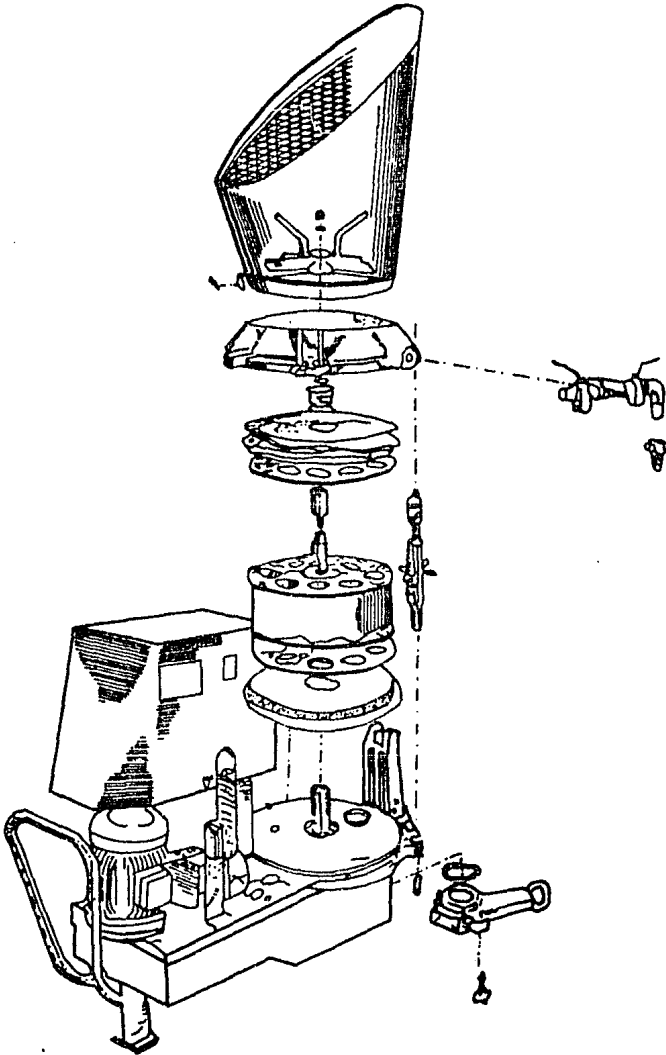
MANUEL GARCIA CORDOVA

**LANZADORA TIPO RUEDA DE ALIMENTACION**

**EXCAVACION DE TUNELES CON MAQUINA ROZADORA Y  
ADEME DE CONCRETO LANZADO**

UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN AUTOMÁTICA. ESTE TIPO DE MÁQUINAS SE HAN USADO EN LOS TÚNELES DEL METRO Y DRENAJE PROFUNDO DE LA CIUDAD DE MÉXICO. (FIGURA 19).

A LA VISTA DE LO ANTERIOR NOS PODEMOS DAR CUENTA DE QUE SI BIEN EL EQUIPO DE CONCRETO LANZADO ES MUY SOFISTICADO, TAMBIÉN ES BASTANTE MANEJABLE Y SENCILLO DE OPERACIÓN. LA CALIDAD DEL TRABAJO DEPENDERÁ DE LAS CONDICIONES OPERACIONALES DE LOS EQUIPOS, PERO EN LA MAYOR PARTE DE LA DESTREZA DEL PERSONAL QUE INTEGRA LA CUADRILLA DE CONCRETO LANZADO, EL CUÁL DEBE SER CONOCEDOR DE LAS PARTES COMPONENTES DEL SISTEMA Y TENER UN SENTIDO ESPECIAL PARA LAS LABORES DEL LANZADO DEL CONCRETO.



UNAM

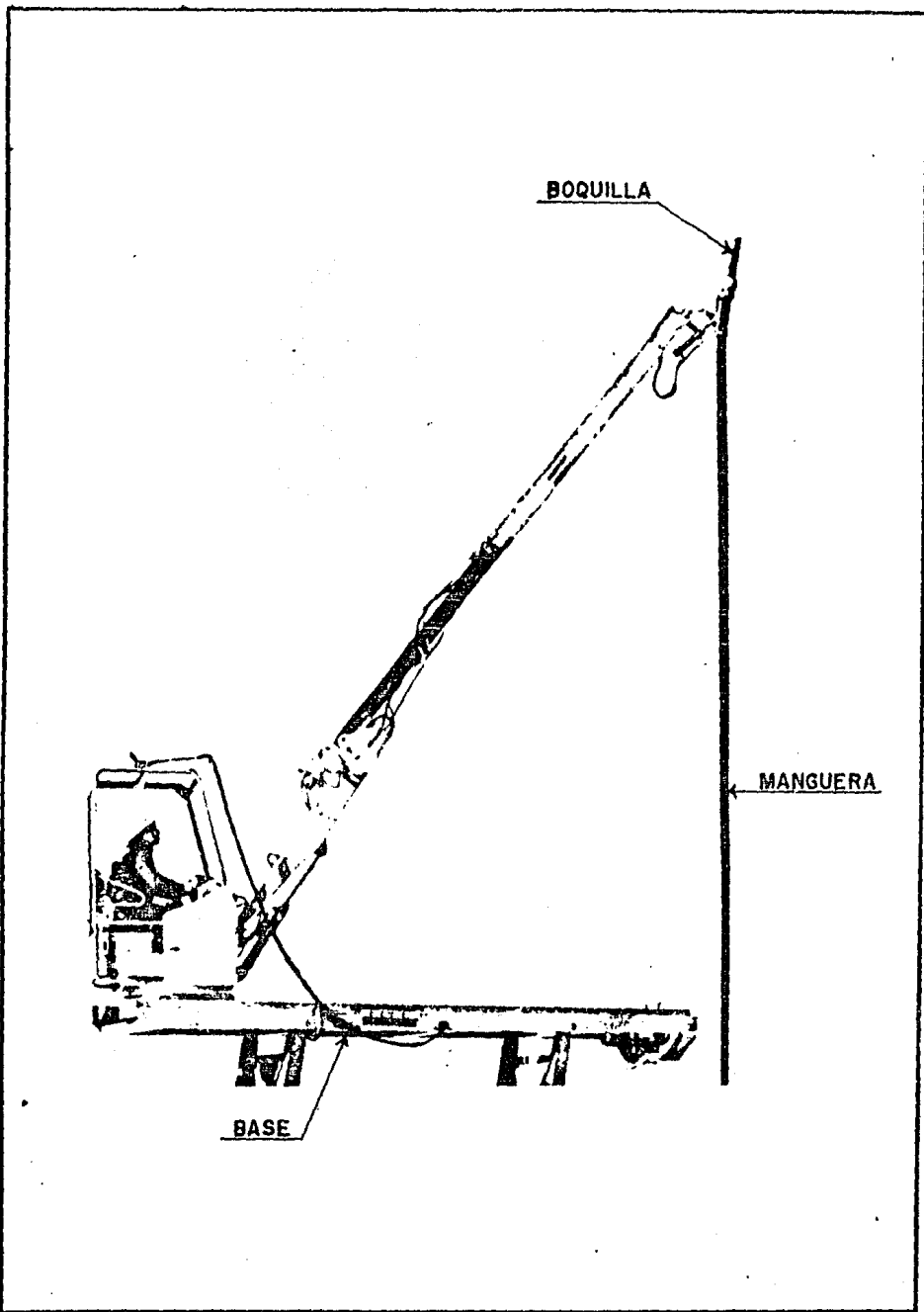
FACULTAD DE INGENIERIA

FIGURA N° 19

MANUEL GARCIA CORDOVA

# LANZADORA DE TAMBOR ROTATORIO

EXCAVACION DE TUNELES CON MAQUINA ROZADORA Y  
ADEME DE CONCRETO LANZADO



UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

FIGURA N° 20

MANUEL GARCIA CORDOVA

### ROBOT PARA CONCRETO LANZADO

EXCAVACION DE TUNELES CON MAQUINA ROZADORA Y  
ADEME DE CONCRETO LANZADO

## 7.- CICLO DE EXCAVACION REZAGA Y ADEME CON MAQUINA ROZADORA Y CONCRETO LANZADO.

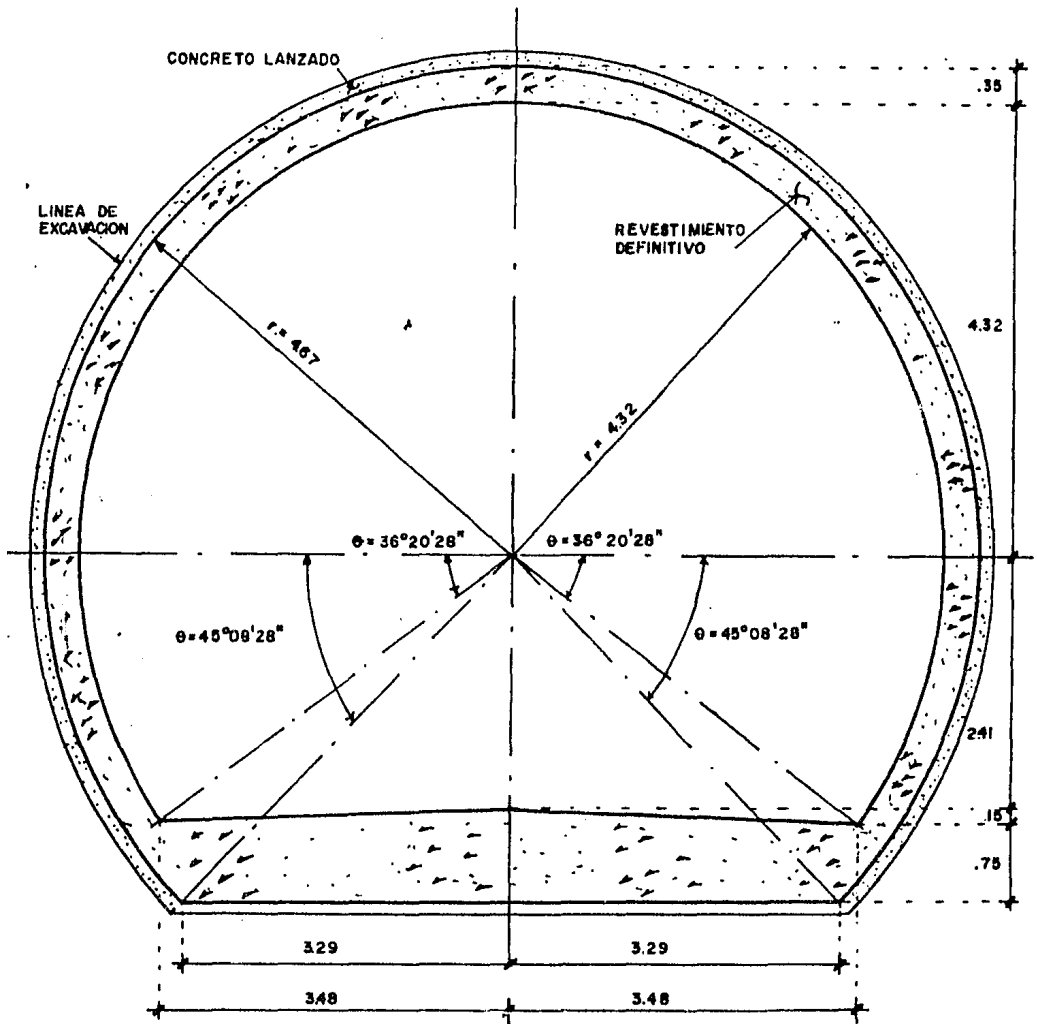
### 7.1 ANTECEDENTES

HASTA AQUÍ SE HA TRATADO DE HACER UNA BREVE DESCRIPCIÓN QUE INTERVIENEN EN EL PROCEDIMIENTO PROPUESTO, EN TÉRMINOS DE EQUIPO NECESARIO Y ALTERNATIVAS DE SELECCIÓN DE SOPORTE TEMPORAL. TODA VEZ HECHO LO ANTERIOR Y PARA LA MEJOR EJEMPLIFICACIÓN DE LO ESTABLECIDO, EN LO SUCESIVO SE PONE UN CASO CONCRETO PARA QUE DE ESTA MANERA SEAN MAS TANGIBLES LAS COMPARACIONES QUE SE REALICEN Y LAS CONCLUSIONES QUE SE DERIVEN DEL ESTUDIO.

### 7.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

ENMARCAREMOS NUESTRO ESTUDIO EN LA LÍNEA 3 SUR DEL METRO, EN EL TRAMO COMPTENDIDO ENTRE LA LUMBRERA CONOCIDA CON EL NOMBRE DE TUERA Y LA ESTACIÓN MIGUEL ÁNGEL DE QUEVEDO. EL ANÁLISIS SE REFERIRÁ A UNA SECCIÓN TRANSVERSAL DE  $68.80 \text{ m}^2$  DE EXCAVACIÓN CON GEOMETRÍA SEMICIRCULAR SEGÚN SE MUESTRA EN LA FIGURA Y UNA LONGITUD DE 425 MTS. DE TÚNEL PRINCIPAL Y 69 MTS. DE TÚNEL DE CONEXIÓN CON LAS MISMAS CARACTERÍSTICAS. EL MATERIAL A EXCAVAR ES UN LINO ARENOSO COMPACTO CON ABUNDAMIENTO PROMEDIO DEL 40%, SU CONTENIDO DE HUMEDAD Y DUREZA SON ACEPTABLES PARA SER ATACADOS POR UNA EXCAVADORA WESTFALIA MODELO LUCHS CON CAPACIDAD TEÓRICA DE CORTE DE  $40 \text{ m}^3/\text{HORA}$  MEDIDOS EN BANCO. EL TRANSPORTE DE REZAGA DESDE EL FRENTE HASTA LA LUMBRERA SE LLEVARÁ A EFECTO CON CAMIONES DE VOLTEO DIESEL DE  $6 \text{ m}^3$  DE CAPACIDAD. EXISTE UNA TORRE DE MANTEO INGLESA CON UN SKIP DE  $4.5 \text{ m}^3$  DE CAPACIDAD, EL CUAL ES IZADO POR UN MALACATE ELÉCTRICO MARCA GRANTHOM-WISEMAN DE DOBLE TAMBOR CUYA VELOCIDAD TANGENCIAL ES DE 1 M/SEG. PARA EL ADEME CON CONCRETO LANZADO SE CUENTA CON CARROS DE AGREGADOS MONTADOS SOBRE CAMIÓN, CON CAPACIDAD DE  $5 \text{ m}^3$  DE MEZCLA FABRICADA Y LANZADORAS CON CONCRETO ALIVA MODELO 250 CON UN RENDIMIENTO PROMEDIO DE  $3.5 \text{ m}^3/\text{HORA}$  DE MEZCLA SECA LANZADA.

EL PROCEDIMIENTO A ANALIZAR, CONSISTE POR ESPECIFICACIONES EN AVANCES DE 2.40 MTS. DE EXCAVACIÓN A SECCIÓN



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA	FIGURA N° 21
		MANUEL GARCIA CORDOVA
<b>SECCION DE TUNEL DE 8.64 DE DIAMETRO</b>		
EXCAVACION DE TUNELES CON MAQUINA ROZADORA Y ADEME DE CONCRETO LANZADO		



COMPLETA Y APLICACIÓN DE CONCRETO LANZADO EN EL PERIMETRO DE LA SECCIÓN CON UN ESPESOR DE 15 CMS REFORZADO CON DOS CAPAS DE MALLA ELECTROSOLDADA CALIBRE 6x6-6/6, SEPARADAS ENTRE SÍ 9 CMS Y CON UN RECUBRIMIENTO LIBRE DE 3 CM EN AMBAS CAPAS.

### 7.3 SECUENCIA DE LAS OPERACIONES

SE PUEDEN RESUMIR LAS ACTIVIDADES DEL CICLO DE LA SIGUIENTE FORMA:

- A) TOPOGRAFÍA: PARA LLEVAR UN CONTROL DE TROZO Y NIVEL SIEMPRE QUE SE VAYA A INICIAR EL CICLO.
- B) EXCAVACIÓN : DE 2.40 MTS,
- C) REZAGA Y MANTEDO DEL MATERIAL PRODUCTO DE LA EXCAVACIÓN,
- D) APLICACIÓN DE 3 CM. DE CONCRETO LANZADO.
- E) COLOCACIÓN DE LA PRIMERA CAPA DE MALLA.
- F) APLICACIÓN DE 9 CM. DE CONCRETO LANZADO.
- G) COLOCACIÓN DE LA SEGUNDA CAPA DE MALLA.
- H) APLICACIÓN DE 3 CM. DE CONCRETO LANZADO.

### 7.4 CÁLCULO DEL CICLO

A) TOPOGRAFÍA: PARA EL TRAZO TOPOGRÁFICO DE LA SECCIÓN POR EXCAVAR SE CENTRA UN TEODOLITO EN UN PUNTO PREVIAMENTE ESTABLECIDO, SE VISA EL CENTRO DE PROYECTO EN EL FRENTE DE EXCAVACIÓN Y SE SEÑALA ESTE PUNTO POR MEDIO DE UN ELEMENTO ADECUADO PARA EL EFECTO. A PARTIR DEL PUNTO SEÑALADO SE RADÍA EN EL FRENTE DE EXCAVACIÓN EL GÁLIBO DE PROYECTO DEJÁNDOSE PINTADO EL CONTORNO DE LA SECCIÓN PARA REFERENCIA DEL OPERADOR DE LA EXCAVADORA. ESTADÍSTICAMENTE SE HA OBSERVADO QUE ESTE CONJUNTO DE OPERACIONES TOMAN APROXIMADAMENTE 45 MINUTOS.

B) EXCAVACIÓN:

VOLUMEN POR EXCAVAR:

$$2.40 \text{ M/AVANGE} \times 68.80 \text{ M}^3/\text{ML} = 165 \text{ M}^3/\text{CICLO}$$

TIEMPO DE EXCAVACIÓN:

$$\frac{165 \text{ m}^3 / \text{AVANCE}}{40 \text{ m}^3 / \text{HR.}} = 4.125 \text{ HR} / \text{AVANCE}$$

EFICIENCIA: SE CONSIDERA UNA EFICIENCIA DE LA MÁQUINA DEL 75%

$$\frac{4.125 \text{ HR.}}{0.75 \text{ HR/HR}} = 5.50 \text{ HR.}$$

TIEMPO REAL DE LA EXCAVACIÓN: 5.50 HS.

EL TIEMPO QUE TOMA LA REZAGA, ASÍ COMO EL MANTEO, SE OBTIENE GRAFICAMENTE A CONTINUACIÓN, DE IGUAL MANERA QUE LA CANTIDAD DE CAMIONES AYUDÁNDONOS DE LOS SIGUIENTES CÁLCULOS:

CARGA:

CAPACIDAD DEL CAMIÓN:  $6 \text{ m}^3$

ABUNDAMIENTO DEL MATERIAL: 40%

VOLUMEN A CARGAR:  $165 \times 1.40 = 231 \text{ m}^3$

TIEMPO DE CARGA : 5.50 HS.

RENDIMIENTO DE CARGA DE LA MÁQUINA:  $\frac{231 \text{ m}^3}{5.50 \text{ HS}} = 42 \text{ m}^3 / \text{HR}$

PARA CARGAR UN CAMIÓN:  $\frac{6 \text{ m}^3 \times 60 \text{ MIN/HR}}{42 \text{ m}^3 / \text{HR}} = 8.57 \text{ MIN}$

ACARREO

CONSIDERANDO PARA EL ACARREO UNA VELOCIDAD PROMEDIO DE 10 KM/HR CUANDO EL RECORRIDO SE HAGA DE FRENTE, Y DE 5 KM/HR, CUANDO ÉSTE SE REALICE EN REVERSA Y ANALIZANDO LA CONDICIÓN DE DISTANCIA PROMEDIO, SE OBTIENE LO SIGUIENTE:

LONGITUD TÚNEL DE CONEXIÓN: 69 MTS.

LONGITUD MÁXIMA DEL FRENTE AL TÚNEL DE CONEXIÓN: 425 MTS.

DADO QUE EN EL CRUCERO CON EL TÚNEL DE CONEXIÓN SE TIENE QUE CAMBIAR EL SENTIDO DEL RECORRIDO PARA QUEDAR EN POSICIÓN ADECUADA DE CARGA Y DESCARGA, SE TOMARÁ LA LONGITUD PROMEDIO DEL FRENTE AL CRUCERO ANALIZANDO POR SEPARADO EL RECORRIDO EN EL TÚNEL DE CONEXIÓN.  
LONGITUD PROMEDIO DEL FRENTE AL CRUCERO: 210 MTS.

TIEMPO DE RECORRIDO:

1) CARGADO DEL FRENTE AL CRUCERO: (DE FRENTE)

$$\frac{210 \text{ MS.} \times 60 \text{ MIN/HR}}{10.000 \text{ MS/HR}} = 1.26 \text{ MIN}$$

2) MANIOBRAS POR CAMBIO DE DIRECCIÓN: 0.50 MIN

3) CARGADO DEL CRUCERO A LA LUMBRERA: (DE REVERSA)

$$\frac{69 \text{ MS.} \times 60 \text{ MIN/HR}}{5.000 \text{ M/HR}} = 0.83 \text{ MIN}$$

4) MANIOBRAS PARA QUEDAR EN POSICIÓN DE DESCARGA: 0.50 MIN

5) VACÍO DE LA LUMBRERA AL CRUCERO: ( DE FRENTE)

$$\frac{69 \text{ M} \times 60 \text{ MIN/HR}}{10.000 \text{ M/HR}} = 0.41 \text{ MIN}$$

6) MANIOBRAS POR CAMBIO DE DIRECCIÓN: 0.50 MIN

7) VACÍO DEL CRUCERO AL FRENTE: (DE REVERSA)

$$\frac{210 \text{ M} \times 60 \text{ MIN/HR}}{5.000 \text{ M/HR}} = 2.52 \text{ MIN.}$$

8) MANIOBRAS PARA QUEDAR EN POSICIÓN DE CARGA: 0.50 MIN

TIEMPO TOTAL DE RECORRIDOS Y MANIOBRAS: 7.02 MIN

EFICIENCIA: 75%

$$\text{TIEMPO REAL DE RECORRIDO: } \frac{7.02}{0.75} = 9.36 \text{ MIN}$$

ANALICEMOS AHORA EL TIEMPO DE MANTEO:

EL CAMIÓN DESCARGA UNA TOLVA CON CAPACIDAD DE  $10 \text{ m}^3$ , SU CONTENIDO, DE DONDE SE SIRVE POR UNA COMPUERTA EL MATERIAL AL SKIP DE  $4,5 \text{ m}^3$  DE CAPACIDAD.

1.- TIEMPO DE CARGA: 1.00 MIN

LONGITUD DE IZAJE: 45 MTS. APROXIMADAMENTE DE LA ALCANCÍA DE LA LUMBRERA AL CHORREADERO DE DESCARGA.

VELOCIDAD LONGITUD DEL MALACATE: 1 M/SEG

2.- TIEMPO DE IZAJE:  $\frac{45 \text{ MTS}}{1 \text{ M/SEG}} = 45 \text{ SEG} = 0.75 \text{ MIN}$

3.- TIEMPO DE DESCARGA: 1.00 MIN

4.- TIEMPO DE DESCENSO:  $\frac{45 \text{ MTS}}{1 \text{ M/SEG}} = 45 \text{ SEG} = 0.75 \text{ MIN}$

TIEMPO TOTAL DE UN CICLO DE MANTEO: 4.50 MIN.

EFICIENCIA: 75%

TIEMPO REAL DE UN CICLO DE MANTEO:  $\frac{4.50}{0.75} = \underline{6.00 \text{ MIN.}}$

C) APLICACIÓN DE 3 CMS. DE CONCRETO LANZADO:

VOLÚMEN DE CONCRETO LANZADO A COLOCAR

PERÍMETRO DE LA SECCIÓN A LÍNEA "B"

$$P_L = \frac{\pi \times 9.78 \times 273.80}{360} = 23.51 \text{ MTS.}$$

PERÍMETRO DE LA SECCIÓN A 3 CMS. DEL CONCRETO LANZADO:

$$P_2 = \frac{\pi \times 4.76 \times 273.80}{360} = 23.35 \text{ MTS.}$$

PERÍMETRO PROMEDIO:  $L = \frac{23.51 + 23.35}{2} = 23.435 \text{ MTS.}$

VOLÚMEN DE CONCRETO LANZADO COLOCADO:

$$23.435 \times 0.03 \times 2.4 = 1.69 \text{ M}^3$$

VOLÚMEN DE MEZCLA NECESARIA:

REBOK: 40%

COMPACTACIÓN DE MEZCLA: 20%

VOLÚMEN REQUERIDO:  $1.69 \times 1.40 \times 1.20 = 2.84 \text{ M}^3$

SE CUENTA CON DOS LANZADORAS POR LO TANTO SE REQUIERE UN TIEMPO DE:

$$\frac{2.84 \text{ M}^3}{2 \times 3.50 \text{ M}^3/\text{HR}} = 0.40 \text{ HRS.}$$

SI CONSIDERAMOS LA EFICIENCIA DE UN 75% TENEMOS UN TIEMPO

DE:  $\frac{0.40 \text{ HRS}}{0.75 \text{ HR/HR}} = 0.53 \text{ HRS.}$

D) COLOCACIÓN DE LA PRIMERA CAPA DE MALLA:

PARA LLEVAR A CABO ESTA OPERACIÓN EFICIENTEMENTE, SE DEBE YA TENER CORTADO EL TRAMO A COLOCAR APOYÁNDOSE EN EL BRAZO DE LA EXCAVADORA, SE EXTIENDA EN EL CONTORNO DE LA SECCIÓN Y SE FIJE AL TERRENO.

EN EL CAMPO ESTA ACTIVIDAD TOMO UN PROMEDIO DE: 45 MIN.  
QUE ES IGUAL A 0.75 HR.

E) COLOCACIÓN DE 9 CMS DE CONCRETO LANZADO:

PERÍMETRO DE LA SECCIÓN CON 3 CMS.:  $P_2 = 23.35$  MTS.

PERÍMETRO DE LA SECCIÓN CON 12 CMS:

$$P_3 = \frac{\pi \times 9.62 \times 273.80}{360} = 22.98 \text{ MTS.}$$

PERÍMETRO 360

PERÍMETRO PROMEDIO II:

$$\frac{23.35 + 22.98}{2} = 23.17 \text{ MTS.}$$

VOLÚMEN DE CONCRETO LANZADO COLOCADO:

$$23.17 \times 0.09 \times 2.40 = 5.00 \text{ M}^3$$

VOLÚMEN DE MEZCLA NECESARIA:

$$5.00 \times 1.4 \times 1.2 = 8.40 \text{ M}^3$$

TIEMPO REQUERIDO:

$$\frac{8.40}{2 \times 3.5} = 1.20 \text{ HR.}$$

TIEMPO REAL:

$$\frac{1.20}{0.75} = 1.60 \text{ HR.}$$

F) COLOCACIÓN DE LA SEGUNDA MALLA: 45 MINS.

G) APLICACIÓN DE 3 CMS. DE CONCRETO LANZADO:

PERÍMETRO DE LA SECCIÓN CON 12 CMS.: 22.98 MTS.

PERÍMETRO DE LA SECCIÓN CON 15 CMS.:

$$P_4 = \frac{\pi \times 9.56 \times 273.80}{360} = 22.84 \text{ MTS.}$$

PERÍMETRO PROMEDIO III =  $\frac{22.98 + 22.84}{2} = 22.91$  MTS.

VOLÚMEN DEL CONCRETO LANZADO COLOCADO :

$$22.91 \times 0.03 \times 2.40 = 1.45 \text{ M}^3$$

VOLÚMEN DE MEZCLA NECESARIA:

$$1.65 \times 1.40 \times 1.20 = 2.77 \text{ M}^3$$

TIEMPO REQUERIDO : -46-

$$\frac{2.77}{2 \times 3.50} = 0.39 \text{ HR.}$$

TIEMPO REAL:

$$\frac{0.39}{0.75} = 0.52 \text{ HR.}$$

### 7.5 COMENTARIO A LOS CÁLCULOS ANTERIORES

EL CICLO DE UN CAMIÓN SERÍA:

CARGA: 8.57 MIN.

RECORRIDOS Y MANIOBRAS: 9.36 MIN.

TOTAL: 17.93 MIN.

ESTO NOS DÁ UNA CAPACIDAD DE ACARREO POR CAMIÓN DE:

$$\frac{6 \text{ M}^3 \times 60 \text{ MIN./HR.}}{17.93 \text{ MIN}} = 20.07 \text{ MS}^3/\text{HR DE MATERIAL SUELTO}$$

RENDIMIENTO DE LA MÁQUINA: 40 M<sup>3</sup>/HR. DE MATERIAL SUELTO.

NÚMERO DE CAMIONES NECESARIOS:

$$\frac{40 \text{ M}^3/\text{HR.}}{20.07 \text{ M}^3/\text{HR.}} = 1.99$$

2 CAMIONES

DADO QUE EL CICLO DEL SKIP ES DE 6.00 MIN. SE TIENE LA SIGUIENTE CAPACIDAD DE MANTEO:

$$\frac{4.5 \text{ M}^3 \times 60 \text{ MIN/HR}}{6.00 \text{ MIN}} = 45 \text{ M}^3 \text{ DE MATERIAL SUELTO}$$

POR LO QUE LA CAPACIDAD DE MANTEO CUBRE LA DEMANDA REQUERIDA POR EL FRENTE.

UNA VEZ COMPROBADO LO ANTERIOR SE RESUME EL CICLO TEÓRICO OBTENIDO EN LA SIGUIENTE TABLA:

A) TOPOGRAFÍA	0.75 HS.
B) EXCAVACIÓN, REZAGA Y	
C) MANTEO	5.50 HS.
D) 3 CM. DE CONCRETO	
LANZADO	0.53 HS.
E) PRIMERA CAPA DE MALLA	0.75 HS.
F) 9 CM. DE CONCRETO	
LANZADO	1.60 HS.
G) SEGUNDA CAPA DE MALLA	0.75 HS.
H) 3 CM. DE CONCRETO	
LANZADO	<u>0.52 HS.</u>
TOTAL:	10.40 HS.

POR LO QUE SI SE TRABAJAN 3 TURNOS DE 8 HS. CADA UNO, Y CONSIDERANDO QUE EXISTE UNA PÉRDIDA DE 0.5 HS. EN CADA TURNO, EN LO QUE EL PERSONAL LLEGA AL SITIO DE TRABAJO SE TENDRÁ:

$$\text{TIEMPO EFECTIVO DIARIO} = 24 - 3 \times 0.5 = 22.5 \text{ HS.}$$

$$\text{NO. DE CICLOS DIARIOS} = \frac{22.5}{10.40} = 2.16 \text{ CICLOS /DÍA.}$$

$$\text{REQUERIMIENTO DIARIO} = 2.16 \text{ CICLOS /DÍA} \times 25 \text{ DÍA/ MES} = 129.5 \text{ M/MES}$$

CON LO ANTERIOR SE CONCLUYE QUE LA EXCAVACIÓN DE ESTE TRAMO DEBERÁ PODERSE REALIZAR EN:

$$\text{TIEMPO} = \frac{4.25 + 69}{129.50 \text{ M/MES}} = 3.81 \text{ MESES.}$$

## 8.- MANO DE OBRA Y MATERIALES NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACION DEL METODO.

### 8.1 ANTECEDENTES

EN ESTE CAPÍTULO SE ENUNCIAN LOS RECURSOS Y MATERIALES QUE SON NECESARIOS PARA QUE EL MÉTODO PROPUESTO EN EL CAPÍTULO ANTERIOR SE DESEMPEÑE CON LA EFICIENCIA REQUERIDA Y POSTERIORMENTE SE TOMARÁ EN CUENTA LO AQUÍ ESCRITO PARA LOS ANÁLISIS DE LOS CAPÍTULOS SIGUIENTES.

### 8.2 MANO DE OBRA

SE HARÁ EL PLANTEAMIENTO DE ESTE RECURSO DIVIDIENDO EL PERSONAL EN CUADRILLAS DE ACUERDO CON LA ESPECIALIDAD QUE DESARROLLEN. SE HACE UNA SOMERA EXPLICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES QUE CADA GRUPO REALIZA DENTRO DEL CICLO.

- **EXCAVACIÓN:** EN ESTA CUADRILLA ENTRA EL PERSONAL QUE REALIZA LAS OPERACIONES DE REMOCIÓN DE LA REZAGA DEL FRENTE DE TRABAJO. SE REQUIEREN POR TURNO DE TRABAJO:

- 1 CABO DE EXCAVACIÓN
- 3 PERFORISTAS
- 3 AYUDANTES DE PERFORISTAS
- 1 OPERADOR DE EXCAVADORA
- 1 AYUDANTE DE OPERADOR

- **REZAGA Y MANTEO:** PARA LAS OPERACIONES DE TRANSPORTE HORIZONTAL DE LA REZAGA, IZAJE DE LA MISMA Y SU TRANSPORTE SUPERFICIAL HASTA LOS TIRADEROS OFICIALES, SE REQUIEREN:

- 3 CHOFERES EN TÚNEL
- 1 CABO DE MANTEO
- 2 TOLVEROS
- 2 AYUDANTES GENERALES
- 1 OPERADOR DE MALACATE
- 4 CHOFERES EN SUPERFICIE

- **MANIOBRAS Y SUMINISTRO:** ESTE PERSONAL ESTÁ ENCARGADO DE PROVEER AL FRENTE LOS MATERIALES NECESARIOS Y SU INTRODUCCIÓN AL TÚNEL.



SERÁN TAMBIÉN LOS ENCARGADOS DE LA COLOCACIÓN DE DUCTOS DE VENTILACIÓN Y AIRE COMPRIMIDO, ASÍ COMO DE REALIZAR LAS MANIOBRAS DE BAJADA O ELEVACIÓN DE LOS DIFERENTES EQUIPOS. LA CUADRILLA SE INTEGRARÁ POR:

- 1 CABO DE MANIOBRAS.
- 3 MANIOBRISTAS
- 3 AYUDANTES DE MANIOBRISTAS

- ADEME: EL PERSONAL ENCARGADO DEL LANZADO DE CONCRETO ENTRA EN ESTA CLASIFICACIÓN SIENDO:

- 1 CABO DE LANZADO
- 2 LANZADORES
- 2 OPERADORES DE LANZADORA
- 1 OPERADOR DE CARROS DE AGREGADOS
- 3 AYUDANTES DE LANZADO

- ELECTRICIDAD Y SOLDADURA: ESTE PERSONAL, REALIZARÁ DIRECTAMENTE SU ACTIVIDAD EN EL TÚNEL:

- 1 ELECTRICISTA
- 1 SOLDADOR
- 1 AYUDANTE DE ELECTRICISTA
- 1 AYUDANTE DE SOLDADOR

-- MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA: PARA DAR EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LA MAQUINARIA SE HACEN NECESARIOS:

- 1 MECÁNICO DIESEL
- 1 MECÁNICO DE AIRE
- 1 ELECTROMECAÁNICO
- 1 ENGRASADOR
- 1 SOLDADOR
- 1 AYUDANTE DE SOLDADOR
- 3 AYUDANTES DE MECÁNICO

- LIMPIEZA DEL TPUNEL: PARA MANTENER LA EXCAVACIÓN EN CONDI-

CIONES DE SALUBRIDAD, SE REQUIEREN:

- 1 CABO DE LIMPIA
- 3 PEONES

- SERVICIOS: EXISTEN CIERTAS ACTIVIDADES QUE APOYAN A LAS DEMÁS SIN ENCUADRAR EXACTAMENTE EN NINGUNA DE ELLAS, ASÍ TENEMOS:

- 3 TELEFONISTAS
- 2 SEÑALEROS
- 1 CHECADOR DE ACTIVIDADES
- 1 OPERADOR DE TRACTOR EN TIRADERO
- 1 BORDERO EN TIRADERO

- COORDINACIÓN: PARA QUE LAS CUADRILLAS SE DESEMPEÑEN: LO MEJOR POSIBLE SON NECESARIOS:

- 1 SOBRESTANTE DE CONSTRUCCIÓN
- 1 SOBRESTANTE DE MAQUINARIA

- TOPOGRAFÍA: PARA CONTROLAR LÍNEAS Y NIVELES SE REQUIEREN:

- 1 TOPÓGRAFO
- 1 AUXILIAR DE TOPÓGRAFO
- 2 CADENEROS

CON ESTO HEMOS TRATADO DE DAR UNA IDEA DEL PERSONAL NECESARIO PARA LA EXCAVACIÓN Y REVESTIMIENTO PRIMARIO DE LOS TÚNELES, HACIENDO LA ACLARACIÓN DE QUE SE HABLA DE CANTIDADES IDEALES QUE PUEDEN VARIAR DE ACUERDO CON LAS NECESIDADES DE LA OBRA. A CONTINUACIÓN SE PRESENTA UNA PLANTILLA DE PERSONAL DE ACUERDO CON LO ESCRITO ANTERIORMENTE.

<u>CATEGORIA</u>	<u>1ER. TURNO</u>	<u>2O. TURNO</u>	<u>3ER. TURNO</u>	<u>TOTAL</u>
<u>FRENTE 1: EXCAVACION:</u>				
CABO DE EXCAVACIÓN	1	1	1	3
PERFORISTA	3	3	3	9
AYUDANTE DE PERFORISTA	3	3	3	9
OPERADOR EXCAVADORA	1	1	1	3
AYUDANTE OPERADOR EXCA- VADORA	1	1	1	3
TOTAL:	9	9	9	27

FRENTE 2: REZAGA Y MANTEO

CABO DE MANTEO	1	1	1	3
TOLVERO	2	2	2	6
AYUDANTE GENERAL	2	2	2	6
OPERADOR MALACATE	1	1	1	3
CHOFER	7	7	7	21
TOTAL:	13	13	13	39

FRENTE 3: MANIOBRAS Y SUMINISTROS

CABO DE MANIOBRAS	1	1	1	3
MANIOBRISTA	3	3	3	9
AYUDANTE DE MANIOBRISTA	3	3	3	9
TOTAL:	7	7	7	21

FRENTE 4: ADEME

CABO DE LANZADO	1	1	1	3
LANZADOR	2	2	2	6
OPERADOR DE LANZADORA	2	2	2	6
OPERADOR CARRO DE AGREGADOS	2	2	2	6
AYUDANTE DE LANZADO	3	3	3	9
TOTAL:	10	10	10	30

FRENTE 5: ELECTRICIDAD Y

SOLDADURA

ELECTRICISTA	1	1	1	3
SOLDADOR.	1	1	1	3
AYUDANTE DE ELECTRICISTA	1	1	1	3

<u>CATEGORIA</u>	<u>1ER. TURNO</u>	<u>2o. TURNO</u>	<u>3ER. TURNO</u>	<u>TOTAL</u>
AYUDANTE DE SOLDADOR	1	1	1	3
TOTAL:	4	4	4	12

FRENTE 6: MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA

MECÁNICO DIESEL	1	1	1	3
MECÁNICO DE AIRE	1	1	1	3
ELECTROMECAÁNICO	1	1	1	3
ENGRASADOR	1	1	1	3
SOLDADOR	1	1	1	3
AYUDANTE DE MECÁNICO	3	3	3	9
AYUDANTE DE SOLDADOR	1	1	1	3
TOTAL:	9	9	9	27

FRENTE 7: LIMPIEZA DE TUNEL

CABO DE LIMPIA	1	0	0	1
PEÓN	3	0	0	3
TOTAL:	4	0	0	4

FRENTE 8: SERVICIO

TELEFONISTA	3	3	3	9
SEÑALERO	2	2	2	6
CHECADOR DE ACTIVIDADES	1	1	1	3
OPERADOR TRACTOR	1	1	0	2
BORDERO	1	1	1	3
TOTAL:	8	8	7	23

FRENTE 9: SOBRESTANTES

SOBRESTANTE DE CONSTRUCCIÓN	1	1	1	3
SOBREESTANTE DE MAQUINARIA	1	1	1	3
TOTAL:	2	2	2	6

CATEGORIA	1ER. TURNO	2O. TURNO	3ER. TURNO	TOTAL
<u>FRENTE 10: TOPOGRAFIA</u>				
TOPÓGRAFO	1	1	1	3
AUXILIAR DE TOPÓGRAFO	1	1	1	3
CADENERO	2	2	2	6
TOTAL:	4	4	4	12
TOTAL PLANILLA:	70	66	65	201

### 8.3 MATERIALES

PARA LLEVAR A CABO EL MÉTODO, SE HACEN NECESARIOS VARIOS MATERIALES QUE DIVIDIREMOS EN LOS GRUPOS QUE SE ENUMERAN.

#### 8.3.1. MATERIALES EN INSTALACIONES DENTRO DEL TÚNEL

##### 8.3.1.1. TUBERÍAS, DERIVACIONES Y SOPORTES

- TUBERÍA DE 2" PARA AGUA CON SUS COPLES
- TUBERÍA DE 8" PARA AIRE COMPRIMIDO CON SUS COPLES
- TUBERÍA DE 36" DE LONA DE VENTILACIÓN
- DERIVACIONES PARA TUBERÍA DE AGUA CADA 20 M. QUE CONSISTEN EN UNA TEE ROSCADA DE 2" x 2",
- DERIVACIONES PARA TUBERÍA DE AIRE COMPRIMIDO POR UNA TEE SOLDABLE DE 8" x 4" Y UNA REDUCCIÓN DE BUSH DE 4" A 2",
- VÁLVULAS DE GLOBO DE 2" PARA TUBERÍAS DE AGUA Y AIRE
- ALAMBRÓN DE ¼" PARA SOPORTE DE TUBERÍA DE VENTILACIÓN.
- VARILLA DE 1¼" PARA SOPORTE DE TUBERÍA Y VENTILACIÓN DE AIRE.

##### 8.3.1.2. ALUMBRADO

- LUMINARIA SLIM-LINE DE 2 x 74 WATTS PARA ALUMBRADO DEL TÚNEL CON GABINETE DE TIPO INDUSTRIAL.
- TUBOS FLUORESCENTES Y BALASTRAS PARA REPOSICIÓN
- LÁMPARA Y FILAMENTOS DE CUARZO DE 500 WATTS CON PORTALÁMPARA PARA ALUMBRADO EN EL FRENTE.

##### 8.3.1.3. MATERIAL ELÉCTRICO

- BASTIDORES DE 4 CARRETES

- AISLADORES DE 2" X 2" TIPO CARRETE
- CABLE # 10 PARA AMARRES
- CABLE 4/0 PARA ENERGÍA
- VARILLA DE 1" PARA SOPORTE DE BASTIDORES
- CINTA AISLANTE SCOTCH # 33
- CABLE TW # 10 PARA ALUMBRADO
- INTERRUPTORES, ARRANCADORES, ESTACIONES DE BOTONES.

### 8.3.2. MATERIALES DE CONSUMO EN EL FRENTE PARA EXCAVACIÓN.

- PALSETAS PARA ROMPEDORA NEUMÁTICA
- PICAS PARA MÁQUINA ROZADORA
- CABEZAL DE LA MÁQUINA ROZADORA
- ANDAMIO TUBULAR O TARANGO HECHIZO
- MANGUERAS DE 3/4" PARA ROMPEDORA NEUMÁTICA.

### 8.3.3. MATERIALES EN INSTALACIONES EXTERIORES

#### 8.3.3.1. TENDIDO DE LÍNEAS DE CORRIENTE Y ALUMBRADO

- MADERA VARIAS MEDIDAS PARA POSTES, TRAVESAÑOS, TABLEROS, ETC.
- LÁMPARAS DE CUARZO DE 500 WATTS CON PORTALÁMPARAS PARA ALUMBRADO DE PATIOS Y TORRE.
- ALAMBRE TW-12
- AISLADORES DE CARRETE

#### 8.3.3.2 MATERIALES PARA UNA SUBESTACIÓN ABIERTA DE 500 Kw.

- POSTES DE CONCRETO DE 12 M
- CUCHILLAS TIPO ALDUCTTI DE 34.5 Kv
- CORTA CIRCUITO S/M-5
- APARTA RAYOS AUTOVALVULAR P/23-Kv
- TRANSFORMADOR DE 500 Kv.
- CABLE DESNUDO SEMIDURO 2/0
- CORTA CIRCUITOS  $X_s$ .
- AISLADORES DE PASO 3" X 3"
- AISLADORES DE RETENCIÓN
- PERNOS TIPO OJO DE 5/8" X 240 MM
- PERNOS DOBLE CUERDA CON TUERCA DE 4/8" X 400 MM.
- CLEMAS DE TENSIÓN 2/0

- CALAVERAS PARA CLEMAS DE OJOS
- VIGUETA CANAL DE 6"
- TUBO GALVANIZADO DE 1½ "
- LÁMPARAS TIPO SUBESTACIÓN COMPLETAS
- MALLA CICLÓN CALIBRE 10 PARA CERCADO
- VARILLA COPPER-WELD DE 5/8" X 10 M.
- CABLE DESNUDO SEMIDURO DE 1/0
- TUBO GALVANIZADO DE 2"
- CONECTOR TIPO "T" PARA CABLE DE 1/0
- PUNTAS DE PARARRAYOS ESTÁTICAS
- BASES PARA PARARRAYOS
- GANCHOS DE OJOS
- FUSIBLES Y MATERIALES DE CONSUMO

#### 8.3.4. MATERIALES PARA CONCRETO LANZADO

- CEMENTO
- AGREGADOS
- ADITIVO ACELERANTE
- AGUA
- MALLA ELECTROSOLDADA DE 6 X 6-6/6
- VARILLAS DE ½ " PARA "MAESTRAS"

#### 8.3.5. MATERIALES DE CONSUMO EN EL FRENTE PARA CONCRETO LANZADO

- MANGUERA DE 2" PARA CONCRETO LANZADO
- MANGUERA DE 2" PARA AIRE COMPRIMIDO
- MANGUERA DE 3/4" PARA AGUA
- CONEXIÓN DIXÓN BOSS DE 2"
- CONEXIONES RÁPIDAS DE 3/4"
- CUERPO DE AGUA Y BOQUILLAS DE 2"
- ACOPLADORES PARA MANGUERA DE LANZADO
- DISCO DE HULE PARA LANZADORA
- DISCOS DE ACERO PARA LANZADORA
- SINFIN DOSIFICADOR DE MEZCLA CON TOLVAS

#### 8.3.6. MATERIALES E INSTALACIONES EXTERIORES PARA CONCRETO LANZADO.

- TUBERÍA DE 8" PARA BAJAR AGREGADOS POR LA LUMBRERA
- TUBERÍA DE 2" PARA AGUA O AGUA CON ADITIVO EN SU SU CASO.

CON ÉSTO SE HA QUERIDO HACER UNA SÍNTESES DE LOS MATERIALES MÁS COMÚNMENTE USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOS TÚNELES EJEMPLIFICADOS POR EL MÉTODO QUE SE PROPONE.



## 9.- RENDIMIENTOS COMPARATIVOS CON EL METODO TRADICIONAL

### 9.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

PARA HACER UNA COMPARACIÓN CONSISTENTE, DESARROLLE EL CICLO CON EXCAVACIÓN MANUAL DEL MISMO EJEMPLO DEL CAPÍTULO 7 DE ESTE TRABAJO, ADAPTÁNDOLO A LAS CONDICIONES DE UN TRABAJO FUNDAMENTADO EXCLUSIVAMENTE EN LA MANO DE OBRA.

DADO QUE LA SECCIÓN DEL PROYECTO TIENE UNA ALTURA DE 8.40 MTS. PARA EL APOYO DE LOS PERFORISTAS, SE NECESITA LABRAR DOS "BANCOS" DE 2.80 MTS. DE ALTURA POR 2.00 MTS. DE PROFUNDIDAD. LA CARGA DEL MATERIAL PRODUCTO DE LA EXCAVACIÓN SE HARÁ CON UN CARGADOR CON SISTEMA DE DESCARGA LATERAL Y EL TRANSPORTE HORIZONTAL Y VERTICAL DE LA REZAGA CON LOS MISMOS MEDIOS DEL EJEMPLO ANTERIOR.

### 9.2 SECUENCIA DE LAS OPERACIONES

LAS ACTIVIDADES DE ESTE CICLO SE PUEDEN RESUMIR COMO SIGUE:

- A) TOPOGRAFÍA
- B) EXCAVACIÓN DEL TERCIO DE SECCIÓN SUPERIOR
- C) EXCAVACIÓN DEL TERCIO MEDIO DE LA SECCIÓN
- D) EXCAVACIÓN DEL TERCIO INFERIOR Y LANZADO DEL TERCIO SUPERIOR
- E) CONCRETO LANZADO EN EL TERCIO MEDIO E INFERIOR

### 9.3 CÁLCULO DEL CICLO

A) TOPOGRAFÍA: EL TIEMPO QUE CONSUME ÉSTA ACTIVIDAD DEBE SER IGUAL AL ANTERIOR PUES EL PROCEDIMIENTO ES EL MISMO POR LO TANTO CONSIDERAREMOS 45 MINUTOS.

B) EXCAVACIÓN DEL TERCIO SUPERIOR:

CALCULEMOS EL VOLUMEN POR EXCAVAR: COMO SE VE EN LA FIGURA EL TERCIO SUPERIOR DE LA SECCIÓN ES UN SEGMENTO CIRCULAR CUYA ÁREA OBTENDREMOS A CONTINUACIÓN:

$$R = 4.92 \text{ m.}$$

$$H = 2.80 \text{ m.}$$

$$R - H = B = 2.12 \text{ m}$$

$$\cos A = \frac{b}{R} = \frac{2.12}{4.92} = 0.4309$$

$$A = \text{ANG COS } 0.4309$$

$$A = 64.475^\circ$$

$$2A = 128.95^\circ$$

$$A_s = \frac{\pi D^2 2A}{4 \times 360} = \frac{\pi \times (9.842)^2 \times 128.95}{4 \times 360} = 27.23 \text{ m}^2$$

QUE ES EL ÁREA DEL SECTOR CIRCULAR, PARA OBTENER EL ÁREA DEL SEGMENTO LE RESTAREMOS A ÉSTA EL TRIÁNGULO ABC.

$$\text{SEN } A = \frac{A}{4.92}$$

$$A = 4.92 \text{ SEN } A$$

$$A = 4.92 \text{ SEN } 64.475^\circ$$

$$A = 4.44 \text{ M.}$$

$$2A = 8.88 \text{ M.}$$

$$A_1 = \frac{8.88 \times 2.12}{2} = 9.41 \text{ m}^2$$

EL ÁREA DEL SEGMENTO ES POR LO TANTO:

$$A_s = A_s - A_1 = 27.23 - 9.41 = 17.82 \text{ m}^2.$$

VOLUMEN POR EXCAVAR:

$$17.82 \times 2 = 35.64 \text{ m}^3.$$

EL EQUIPO DE EXCAVACIÓN SERÁN ROMPEDORAS NEUMÁTICAS MARCA ATLAS COPRO MODELO TEX 11 CUYO RENDIMIENTO SE ESTIMA EN  $2 \text{ m}^3/\text{HR}$ .

DADA EL ÁREA POR EXCAVAR PARA QUE LOS PERFORISTAS PUEDAN TRABAJAR CON EFICIENCIA, SE USARÁN 4 EQUIPOS.

TIEMPO DE EXCAVACIÓN DEL TERCIO SUPERIOR:

$$\frac{35.64 \text{ m}^3}{2 \text{ m}^3/\text{HR} \times 4} = 4.46 \text{ HRS.}$$

CON UNA EFICIENCIA DEL 75% TENDREMOS UN TIEMPO REAL DE:

$$\frac{4.46 \text{ HRS.}}{0.75 \text{ H/HR}} = 5.94 \text{ HRS.}$$

C) EXCAVACIÓN DEL TERCIO MEDIO DE LA SECCIÓN:

CÁLCULO DEL VOLUMEN POR EXCAVAR. (VER FIGURA)

$$R = 4.92 \text{ M.}$$

$$H = 5.60 \text{ M.}$$

$$H - R = B = 0.68 \text{ M.}$$

$$\cos A = \frac{B}{R} = \frac{0.68}{4.92}$$

$$A = \text{ANG COS } 0.1382$$

$$A = 82.055^\circ$$

$$2A = 164.11^\circ$$

$$L = 360^\circ - 2A = 360^\circ - 164.11^\circ = 195.89^\circ$$

$$A_s = \frac{\pi R^2 \times L}{4 \times 360^\circ} = \frac{\pi \times (4.92)^2 \times 195.89^\circ}{4 \times 360^\circ} = 41.38 \text{ M}^2$$

QUE ES EL ÁREA DEL SECTOR CIRCULAR, PROCEDEREMOS A SUMAR EL TRIÁNGULO ABC.

$$\text{SEN } A = \frac{A}{4.92}$$

$$A = 4.92 \text{ SEN } A$$

$$A = 4.92 \text{ SEN } 82.055^\circ$$

$$A = 4.87 \text{ MTS.}$$

$$2A = 9.74 \text{ MTS.}$$

$$A_1 = \frac{9.74 \times 0.68}{2} = 3.31 \text{ M}^2$$

$$\text{ÁREA DEL SEGMENTO CIRCULAR} = A_s + A_1 = 41.38 + 3.31 = 44.69 \text{ M}^2.$$

$$\text{ÁREA DEL TERCIO MEDIO} = A_2 = 44.69 - A_1$$

$$A_2 = 44.69 - 17.82 = 26.87 \text{ M}^2.$$

$$\text{VOLUMEN POR EXCAVAR: } 26.87 \text{ M}^2 \times 2.00 \text{ MTS.} = 53.74 \text{ M}^3$$

PARA ESTA ZONA NECESITAMOS 6 PERFORISTAS CON SUS EQUIPOS POR LO QUE, EL TIEMPO DE EXCAVACIÓN EN EL TERCIO MEDIO SERÁ DE:

$$\frac{53.74 \text{ M}^3}{2 \text{ M}^3/\text{H} \times 6} = 4.48 \text{ HRS.}$$

AFECTADO POR LA EFICIENCIA DE UN 75%:

$$\frac{4.48 \text{ HRS.}}{0.75 \text{ HRS/HR}} = 5.97 \text{ HS.}$$

D) EXCAVACIÓN DEL TERCIO INFERIOR Y LANZADO DEL TERCIO SUPERIOR:

SE CONSIDERA QUE ESTAS ACTIVIDADES PUEDEN LLEVARSE SIMULTANEAMENTE. A CONTINUACIÓN SE CALCULAN LOS TIEMPOS DE AMBAS Y SE INTEGRARÁN AL CICLO EL QUE RESULTE MAS LARGO.

D.1) EXCAVACIÓN DEL TERCIO INFERIOR

VOLÚMEN POR EXCAVAR:

SI LA SECCIÓN TOTAL ES DE  $68,80 \text{ m}^2$  EL ÁREA POR EXCAVAR SERÁ:

$$A_{101} - A_1 - A_2 = A_3$$

$$A_3 = 68,80 - 17,82 - 26,87 = 24,11 \text{ m}^2$$

$$\text{VOLÚMEN POR EXCAVAR} = 24,11 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m} = 48,22 \text{ m}^3$$

CON 6 PERFORISTAS Y SUS EQUIPOS TENDRÁ UN TIEMPO DE:

$$\frac{48,22 \text{ m}^3}{2 \text{ m}^3/\text{HR} \times 6} = 4,02 \text{ HS.}$$

CON UNA EFICIENCIA DEL 75% EL TIEMPO REAL SERÁ DE:

$$\frac{4,02 \text{ HRS.}}{0,75 \text{ HS/HR}} = 5,36 \text{ HRS.}$$

D.2) LANZADO DEL TERCIO SUPERIOR:

EL CONCRETO LANZADO VA TAMBIÉN CON UN ESPESOR DE 15 CMS. Y DOS MALLAS ELECTROSOLDADAS CALIBRE 6 X 6-676 CON RECUBRIMIENTO LIBRE DE 3 CM CADA UNA. EN SEGUIDA SE PROCEDE A CALCULAR EL TIEMPO NECESARIO PARA ÉSTA ACTIVIDAD:

PERÍMETRO DEL TERCIO SUPERIOR A LÍNEA B:

$$P_1 = \frac{\pi \times 9,84 \times 128,95}{360} = 11,07 \text{ MT.}$$

PERÍMETRO CON 3 CM. DE CONCRETO LANZADO:

$$P_2 = \frac{\pi \times 9,78 \times 128,95}{360} = 11,00 \text{ MTS.}$$

PERÍMETRO PROMEDIO:

$$\frac{11.07 + 11.00}{2} = 11.035$$

VOLÚMEN DE CONCRETO LANZADO COLOCADO:

$$11.035 \times 0.03 \times 2.00 = 0.6637 \text{ m}^3$$

VOLÚMEN DE MEZCLA NECESARIA:

$$0.6621 \times 1.40 \times 1.20 = 1.11 \text{ m}^3$$

CON UNA LANZADORA DE  $3.5 \text{ m}^3/\text{HR}$  DE CAPACIDAD DE MEZCLADA LANZADA SE TIENE:

$$\frac{1.11 \text{ m}^3}{3.50 \text{ m}^3/\text{HR}} = 0.32 \text{ HS.}$$

EFICIENCIA DEL 75%:

$$\frac{0.32 \text{ HRS.}}{0.75 \text{ HS/HR.}} = 0.43 \text{ HS.}$$

COLOCACIÓN DE LA PRIMERA CAPA DE MALLA:

SE ESTIMA QUE DADA LA CORTA LONGITUD Y APOYO DEL PERSONAL SOBRE EL BANQUEO, ESTA ACTIVIDAD CONSUMIRÁ 15 MINUTOS = 0.25 HS.

PERÍMETRO DEL TERCIO SUPERIOR CON 12 CMS. DE CONCRETO LANZADO:

$$P_3 = \frac{\pi \times 9.60 \times 128.95}{360} = 10.80 \text{ MTS.}$$

PERÍMETRO PROMEDIO:

$$\frac{11.00 + 10.80}{2} = 10.90 \text{ MTS.}$$

VOLÚMEN DE CONCRETO LANZADO COLOCADO:

$$10.90 \times 0.09 \times 2.00 = 1.96 \text{ m}^3$$

VOLÚMEN MEZCLA NECESARIA:

$$1.96 \times 1.40 \times 1.20 = 3.29 \text{ m}^3$$

CON UNA LANZADORA SE TENDRÁ UN TIEMPO DE:

$$\frac{3.29}{3.50} = 0.94 \text{ HRS.}$$

QUE POR CONDICIONES DE EFICIENCIA SE CONVIERTE EN:

$$\frac{0.94 \text{ HRS.}}{0.75 \text{ HS/HR.}} = 1.25 \text{ HRS.}$$

COLOCACIÓN DE LA SEGUNDA CAPA DE MALLA: 0.25 HR.

PERÍMETRO DEL TERCIO SUPERIOR CON 15 CMS. DE CONCRETO LANZADO:

$$P_4 = \frac{\pi \times 9.54 \times 128.95}{330} = 10.74$$

PERÍMETRO PROMEDIO:

$$\frac{10.20 + 10.74}{2} = 10.77$$

VOLÚMEN DE CONCRETO LANZADO COLOCADO:

$$10.77 \times 0.03 \times 2.00 = 0.6462 \text{ M}^3$$

VOLÚMEN DE MEZCLA REQUERIDA:

$$0.6462 \times 1.40 \times 1.20 = 1.09 \text{ M}^3$$

CON UNA LANZADORA:

$$T = \frac{1.09}{3.50} = 0.31 \text{ HS.}$$

APLICANDO EL FACTOR DE EFICIENCIA:

$$II = \frac{0.31 \text{ HRS.}}{0.75 \text{ HS/ HRS.}} = 0.41 \text{ HRS.}$$

RESUMEN DEL TERCIO SUPERIOR (ADEME):

3 CM. DE CONCRETO LANZADO	0.43 HS.
PRIMERA CAPA DE MALLA	0.25 HS.
9 CMS. DE CONCRETO LANZADO	1.25 HS.
SEGUNDA CAPA DE MALLA	0.25 HS.
3 CMS. DE CONCRETO LANZADO	<u>0.41 HS.</u>
TIEMPO TOTAL:	2.59 HS.

E) CONCRETO LANZADO EN EL TERCIO MEDIO E INFERIOR:

EL PERÍMETRO A LÍNEA B DE LAS PAREDES DESCUBIERTAS ES DE:

$$P_{\text{TOTAL}} - P_{\text{TERCIO MEDIO}} = 23.51 - 11.07 = 12.44 \text{ MTS.}$$

PERÍMETRO DE LAS PAREDES DESCUBIERTAS CON 3 CMS. DE CONCRETO LANZADO:

$$P_5 = \frac{11 \times D \times 273.80}{360} - P_2$$

$$P_5 = \frac{11 \times 9,78 \times 273,80}{360} - 11,00 = 12,46 \text{ MTS.}$$

PERÍMETRO PROMEDIO:

$$\frac{12,44 + 12,36}{2} = 12,40$$

VOLÚMEN DE CONCRETO LANZADO COLOCADO:

$$12,40 \times 0,03 \times 2,00 = 0,744 \text{ m}^3$$

VOLÚMEN DE MEZCLA NECESARIA:

$$0,744 \times 1,40 \times 1,20 = 1,25 \text{ m}^3$$

TIEMPO REAL DE LANZADO:

$$\frac{1,25}{3,50 \times 0,75} = 0,48 \text{ Hs.}$$

COLOCACIÓN DE LA PRIMERA CAPA DE MALLA:

CONSIDEREMOS ESTA ACTIVIDAD UNA DURACIÓN DE 30 MINUTOS = 0,50 HS.

PERÍMETRO DE LAS PAREDES CON 12 CMS. DE CONCRETO LANZADO:

$$P_6 = \frac{11 \times 9,60 \times 273,80}{360} - 10,80 = 12,14 \text{ MTS.}$$

PERÍMETRO PROMEDIO:

$$\frac{12,40 + 12,14}{2} = 12,27$$

VOLÚMEN DE CONCRETO LANZADO COLOCADO:

$$12,27 \times 0,09 \times 2,00 = 2,21 \text{ m}^3$$

VOLÚMEN DE MEZCLA NECESARIA:

$$2,21 \times 1,40 \times 1,20 = 3,71 \text{ m}^3$$

TIEMPO REAL DE LANZADO:

$$\frac{3,71}{3,50 \times 0,35} = 1,41 \text{ Hs.}$$

COLOCACIÓN DE LA SEGUNDA CAPA DE MALLA: 0,50 HS.

PERÍMETRO DE LAS PAREDES CON 15 CMS. DE CONCRETO LANZADO:

$$P_7 = \frac{11 \times 9,54 \times 273,80}{360} = 12,05$$

PERÍMETRO PROMEDIO:

$$\frac{12,14 + 12,05}{2} = 12,095$$

VOLÚMEN DEL CONCRETO LANZADO COLOCADO:

$$12,095 \times 0,03 \times 2,00 = 0,73 \text{ m}^3$$

VOLÚMEN MEZCLA NECESARIA:

$$0,73 \times 1,40 \times 1,20 = 1,23 \text{ m}^3$$

TIEMPO REAL DE LANZADO:

$$\frac{1,23}{3,50 \times 0,75} = 0,47 \text{ HS.}$$

RESUMEN DEL ADEME DE LOS TERCIOS MEDIOS E INFERIOR:

3 CMS. DE CONCRETO LANZADO	0,48 HS.
PRIMERA CAPA DE MALLA	0,50 HS.
9 CMS. DE CONCRETO LANZADO	1,41 HS.
SEGUNDA CAPA DE MALLA	0,50 HS.
3 CMS. DE CONCRETO LANZADO	<u>0,47 HS.</u>

TIEMPO TOTAL: 3,35 HS.

RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DEL CICLO HASTA AQUÍ ESTUDIADAS:

A) EXCAVACIÓN TERCIO SUPERIOR	5,94 HS.
B) EXCAVACIÓN TERCIO MEDIO	5,97 HS.
C) EXCAVACIÓN TERCIO INFERIOR Y ADEME TERCIO SUPERIOR	5,36 HS.
D) ADEME TERCIO MEDIO E INFERIOR	<u>3,36 HS.</u>
TIEMPO TOTAL	20,63 HS.

### 9.3 COMENTARIOS A LOS CÁLCULOS ANTERIORES.

LA REZAGA Y EL MANTEO DEBEN LLEVARSE AL CABO EN ESTE MISMO TIEMPO, DEBIÉNDOSE LLEGAR A UN RENDIMIENTO DE:

$$R = \frac{\text{VOLÚMEN TOTAL POR EXCAVAR}}{\text{TIEMPO}} =$$

$$R = \frac{2 \text{ M} \times 68,80 \text{ M}^2 \times 1,40}{20,63 \text{ HRS.}} = 9,37 \text{ M}^3/\text{HR.}$$

DE CARGA, ACARREO Y MANTEO DE MATERIAL SUELTO.

EN EL CAPÍTULO 7 DE ESTE TRABAJO SE OBTUVO QUE EL ACARREO DE MATEIAL EXCAVADO REPRESENTABA PARA UN CAMIÓN DE 6M<sup>3</sup> DE CAPACIDAD, 9,36 MIN. Y EL MANTEO PARA UN SKIP DE 4,5 M<sup>3</sup> CONSUMÍA 6 MIN., POR LO TANTO, LA CAPACIDAD DE REZAGA Y MAN-YEO ES DE:



$$\text{RENDIMIENTO DE CAMIÓN} = \frac{6\text{M}^3 \times 60 \text{ MIN/HR}}{9,36 \text{ MIN}} = 38.46 \text{ M}^3/\text{HR.}$$

$$\text{RENDIMIENTO DE MANTEO} = \frac{4.5 \text{ M}^3 \times 60 \text{ MIN/HR.}}{6 \text{ MIN.}} = 45.00 \text{ M}^3/\text{HR.}$$

CIFRAS AMBAS, MUY SOBRADAS PARA LOS VOLÚMENES QUE SE MANEJAN CON ESTA ALTERNATIVA, CON EL USO DE UN SOLO CAMIÓN DE VOLTEO Y EL SISTEMA DE MANTEO INSTALADO EN LA OBRA, POR OTRA PARTE, HACIENDO LA CONSIDERACIÓN DE TIEMPO ACTIVO DEL PERSONAL QUE SE HIZO EN EL CAPÍTULO 7, TENDREMOS QUE DIARIAMENTE SE TIENE UNA EJECUCIÓN DE:

$$\frac{22.50 \text{ HR.}}{20.63 \text{ HR./CICLO}} = 1.09 \text{ CICLOS}$$

LO QUE REPRESENTA UN AVANCE DE:

$$1.09 \text{ CICLOS/DÍA} \times 2.00 \text{ M/CICLO} = 2.18 \text{ M/DÍA}$$

RENDIMIENTO MENSUAL:

$$2.18 \text{ M/DÍA} \times 25 \text{ DÍAS/MES} = 54.50 \text{ M/MES}$$

POR LO TANTO LA EXCAVACIÓN CONCLUIRÁ EN:

$$\text{TIEMPO} = \frac{425 + 69}{54.50} = 9.06 \text{ MESES}$$

## 10.- ANÁLISIS DEL COSTO DIRECTO COMPARATIVO CON EL METODO TRADICIONAL.

### 10.1 ANTECEDENTES.

EN LOS CAPÍTULOS ANTERIORES, SE HA DADO UNA DESCRIPCIÓN BREVE DE LOS ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN TÚNEL Y SE HAN HECHO COMPARACIONES ENTRE LA TÉCNICA MECANIZADA Y LO TRADICIONAL. PARA CONCLUIR ESTE TRABAJO, SE TRATA AHORA DE CONOCER EL COSTO DIRECTO DE CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS, INTEGRADO PRIMORDIALMENTE POR LOS SIGUIENTES RUBROS:

- A) MANO DE OBRA
- B) MATERIALES
- C) MAQUINARIA Y EQUIPO

NO ES LA FINALIDAD LA DE FORMULAR UN PRECIO UNITARIO SINO SIMPLEMENTE HACER UNA COMPARACIÓN, GRUESA SI SE QUIERE, DE LOS ELEMENTOS DEL COSTO, HACIENDO A UN LADO LAS PERCEPCIONES QUE EL CONSTRUCTOR PUEDA TENER POR CONCEPTO DE INDIRECTOS Y UTILIDADES, ASÍ COMO DETALLES PUNTUALES QUE SURGEN EN LA OBRA COMO PUEDEN SER ABATIMIENTOS FREATICOS, EMPORTALAMIENTOS, ETC.

EL ESTUDIO LO REFERIREMOS AL PRIMER SEMESTRE DE 1981 EN QUE LA OBRA FUÉ INICIADA Y LOS PRECIOS DE LOS ARTÍCULOS ERAN CIERTAMENTE MAS ESTABLES.

### 10.2 MANO DE OBRA

COMO SE SABE, EL COSTO DE LA MANO DE OBRA ESTÁ INTEGRADO POR VARIOS FACTORES. EN LA TABLA SE MUESTRA LA OBTENCIÓN DEL COSTO DIRECTO PARA LAS CATEGORÍAS DEL PERSONAL QUE INTERVIENE. COMO SE TIENEN ORGANIZADOS TRES TURNOS, NO SE INCLUYE EL COSTO POR CONCEPTO DE HORAS EXTRAS, PERO SÍ EL FACTOR DE INCREMENTO AL SALARIO BASE QUE A CONTINUACIÓN DEDUCIREMOS Y LAS CUOTAS PATRONALES DEL SEGURO SOCIAL Y EL IMPUESTO DEL 1% PARA LA EDUCACIÓN. ASÍ COMO UN PRORRATEO DEL EQUIPO PROTECCIÓN.

- OBTENCIÓN DEL FACTOR DE INCREMENTO AL SALARIO BASE:

DÍAS NATURALES	365.00
AGUINALDO	15.00
VACACIONES	6.00
PRIMA VACACIONES	<u>1.50</u>
TOTAL DÍAS PAGADOS	387.50

DÍAS NO TRABAJADOS AL AÑO POR LEY:

DOMINGOS	52.00
FESTIVOS: 1 ENE.,	
5 FEB., 21 MAR., 1 MAY.,	
16 SEP., 20 NOV., 25	
DIC., Y 1 DIC., CADA SEIS	
AÑOS	<u>7.16</u>

TOTAL DÍAS NO TRABAJADOS POR LEY: 59.16

DÍAS NO TRABAJADOS POR COSTUMBRES O FESTIVIDADES RELIGIOSAS:

JUEVES, VIERNES Y SÁBADO	
SANTO	3.00
1 Y 2 DE NOVIEMBRE	2.00
12 DE DICIEMBRE	<u>1.00</u>
TOTAL DÍAS NO TRABAJADOS	
POR COSTUMBRE	6.00

DÍAS NO TRABAJADOS POR ENFERMEDAD: 3.00

TOTAL DÍAS NO TRABAJADOS AL AÑO: 68.16

DÍAS TRABAJADOS AL AÑO: 296.84

FACTOR DE INCREMENTO AL SALARIO BASE:

$$\frac{387.50}{296.84} = 1.3054$$

## TABLA

## COSTO DIRECTO DE MANO DE OBRA

CATEGORIA	SUELDO BASE	FACTOR DE INCREMENTO	SALARIO REAL	CUOTA PA TRONAL IMSS	1% EDUCA- CION	EQUIPO DE PROTECCION (3%)	COSTO DIRECTO
CABO	343.15	1.3054	447.45	75.87	4.48	13.44	541.74
PERFORISTA	292.60	1.3054	381.96	64.70	3.82	22.46	461.94
AYUDANTE GENERAL	255.35	1.3054	333.33	56.46	3.33	10.00	403.12
OPERADOR MA. PESADA	577.28	1.3054	662.20	112.16	6.62	19.87	800.85
CHOFER	302.08	1.3054	394.34	66.79	3.94	11.83	476.90
MANIOBRIS TA	292.60	1.3054	381.96	64.70	3.82	11.46	461.84
LANZADOR OPERADOR	279.30	1.3054	364.60	61.76	3.65	10.94	440.95
LANZADORA ELECTRICIS TA	279.30	1.0354	364.60	61.76	3.65	10.94	440.95
SOLDADOR	317.00	1.3054	413.81	70.09	4.14	12.41	500.45
MECÁNICO	334.00	1.3054	436.00	73.85	4.36	13.08	627.29
PEÓN	317.00	1.3054	413.81	70.09	4.14	12.41	500.45
SOBRÉS_ TANTE	210.00	1.3054	274.13	56.71	2.74	8.22	341.80
TOPOGRÁ FO	604.16	1.3054	788.67	133.59	7.89	23.66	953.81
	691.20	1.3054	902.29	152.83	9.02	27.07	1091.21

TABLA (CONT.)

CATEGORIA	SUELDO BASE	FACTOR DE INCREMENTO	COSTO DIRECTO DE MANO DE OBRA				EQUIPO DE PROTECCION	COSTO DIRECTO
			SALARIO REAL	CUOTA PA TRONAL IMSS	1% EDUCA CION			
AUXILIAR TOPOGRÁFO	405.83	1.3054	529.77	89.73	5.30	15.89	640.69	
CADENERO	255.35	1.3054	333.33	56.46	3.33	10.00	403.12	

EN LA TABLA ANTERIOR SE OBTIENE EL COSTO DIRECTO PARA LAS DIFERENTES CATEGORÍAS, AHORA SE VALORIZAN LAS PLANTILLAS DE PERSONAL.

10.2.1 CON EL MÉTODO MECANIZADO

CATEGORIA	No.	COSTO DIRECTO UNITARIO	IMPORTE
<u>FRENTE 1:</u>			
<u>EXCAVACIÓN</u>			
CABO DE EXCAVACIÓN	3	541.74	1,625.22
PERFORISTA	9	461.94	4,157.46
AYUDANTE DE PERFORISTA	9	403.12	3,628.08
OPERADOR DE EXCAVADORA	3	800.85	2,402.55
AYUDANTE DE OPERADOR DE EXCAVADORA	3	461.94	1,385.82
SUBTOTAL	27		13,199.13
<u>FRENTE 2:</u>			
<u>REZAGA Y MANTEO</u>			
CABO DE MANTEO	3	541.74	1,625.22
TOLVERO	6	403.12	2,418.72
AYUDANTE GENERAL	6	403.12	2,418.72
OPERADOR MALACATE	3	800.85	2,402.55
CHOFER	21	476.90	10,014.90
SUBTOTAL	39		18,880.11
<u>FRENTE 3:</u>			
<u>MANIOBRAS Y SUMINISTROS</u>			
CABO DE MANIOBRAS	3	541.74	1,625.22
MANIOBRISTA	9	461.94	4,157.46
AYUDANTE DE MANIOBRISTA	9	403.12	3,628.08
SUBTOTAL	21		9,410.76

FRENTE 4:

ADEME

CABO DE LANZADO	3	541,74	1,625,22
LANZADOR	6	440,95	2,645,70
OPERADOR DE LAN-			
ZADORA	6	440,95	2,645,70
CHOFER	6	476,90	2,861,40
AYUDANTE DE LAN-			
ZADO	9	403,12	3,628,08
SUBTOTAL	30		13,406,10

FRENTE 5:

ELECTRICIDAD Y SOLDADURA

ELECTRICISTA	3	500,45	1,501,35
SOLDADOR	3	527,29	1,581,87
AYUDANTE DE ELEC-			
TRICISTA	3	403,12	1,209,36
AYUDANTE DE SOLDADOR	3	403,12	1,209,36
SUBTOTAL	12		5,501,94

FRENTE 6:

MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA

MECÁNICO DIESEL	3	500,45	1,501,35
MECÁNICO DE AIRE	3	500,45	1,501,35
ELECTROMECAÍNICO	3	500,45	1,501,35
ENGRASADOR	3	403,12	1,209,36
SOLDADOR	3	527,29	1,581,87
AYUDANTE DE MECÁNICO	9	403,12	1,209,36
AYUDANTE DE SOLDADOR	3	403,12	1,209,36
SUBTOTAL	27		9,714,00

FRENTE 7:

LIMPIEZA DE TÚNEL

CABO DE LIMPIA	1	541,74	541,74
PEÓN	3	341,80	1,025,40
SUBTOTAL	4		1,567,14

FRENTE 8:

SERVICIOS

TELEFONISTA	9	403.12	3,628.08
SEÑALERO	6	403.12	2,416.72
CHECADOR DE ACTI- VIDADES	3	403.12	1,209.36
OPERADOR TRACTOR	2	200.85	1,601.70
BORDERO	3	403.12	1,209.36
SUBTOTAL	23		10,067.22

FRENTE 9:

SOBRESTANTES

SOBRESTANTE DE CONSTRUCC- CIÓN	3	953.81	2,861.43
SOBRESTANTE DE MAQUI- NARIA	3	953.81	2,861.43
SUBTOTAL	6		5,722.86

FRENTE 10:

TOPOGRAFÍA

TOPOGRÁFO	3	1,091.21	3,273.63
AUXILIAR DE TOPÓGRAFO	3	640.69	1,922.07
CADENERO	6	403.12	2,418.72
SUBTOTAL	11		7,614.42
TOTALES	201		95,083.68

RENDIMIENTO 5.18 m/día

COSTO DIRECTO DE LA OBRA:

$$\frac{95,083.68}{5.18 \text{ m/día}} = 18,355.92 \text{ Mts.}$$

DÍAS NECESARIOS:

$$\frac{425 \text{ Mts.} + 69 \text{ Mts.}}{5.18 \text{ Mts./día}} = 95.37 \text{ 96 días}$$

COSTO DIRECTO TOTAL DE MANO DE OBRA:

$$96 \times 95,083.68 = 9,128,033.28$$



10.2.2 CON LA EXCAVACIÓN MANUAL

EN ESTE CONCEPTO ADECUAREMOS LA PLANTILLA PROPUESTA PARA EL MÉTODO MECANIZADO A LAS CONDICIONES DE EXCAVACIÓN MANUAL.

FRENTE 1:  
EXCAVACIÓN

(SE SUPRIME EL OPERADOR DE EXCAVADORA Y SU AYUDANTE Y SE INCREMENTA AL NÚMERO DE PERFORISTAS DE ACUERDO CON EL ANÁLISIS DEL . CAPÍTULO 9)

CATEGORIA	No.	COSTO DIRECTO UNITARIO	IMPORTE
CABO DE EXCAVACIÓN	3	541.74	1,625.22
PERFORISTA	18	461.94	8,314.92
AYUDANTE DE PERFORISTA	18	403.12	7,256.16
SUBTOTAL	39		17,196.30

FRENTE 2:  
REZAGA Y MANTEO

( SE SUPRIMEN LOS CHOFERES DE UN CAMIÓN Y SE INCREMENTA UN OPERADOR DE CARGADOR Y SU AYUDANTE)

CABO DE MANTEO	3	541.74	1,625.22
TOLVERO	6	403.12	2,418.72
AYUDANTE GENERAL	6	403.12	2,428.72
OPERADOR MALACATE	3	800.85	2,402.55
CHOFER	6	476.90	2,861.40
OPERADOR CARGADOR	3	800.85	2,402.55
AYUDANTE DE OPERADOR DE CARGADOR	3	403.12	1,209.36
SUBTOTAL	30		15,338.52

FRENTE 3:  
MANIOBRAS Y SUMINISTROS

(NO VARÍA CON RESPECTO AL MECANIZADO)

CABO DE MANIOBRAS	3	541.74	1,625.22
MANIOBRISTAS	9	461.94	4,157.46

AYUDANTE MANIOBRISTA	9	403.12	3,628.08
SUBTOTAL	21		9,410.76

FRENTE 4: ( SE DISMINUYE LA CANTIDAD DE PERSONAL PUES SOLO SE REQUIERE EQUIPO DE LANZADO)

CABO DE LANZADO	3	541.74	1,525.22
LANZADOR	3	440.95	1,322.85
OPERADOR LANZADORA	3	440.95	1,322.85
CHOFER	3	476.90	1,430.70
AYUDANTE LANZADOR	6	403.12	2,418.72
SUBTOTAL	18		8,120.34

FRENTE 5: ( NO VARÍA)

ELECTRICIDAD Y SOLDADURA

ELECTRICISTA	3	500.45	1,501.36
SOLDADOR	3	527.29	1,581.87
AYUDANTE ELECTRICISTA	3	403.12	1,209.36
AYUDANTE SOLDADOR	3	403.12	1,209.36
SUBTOTAL	12		5,501.94

FRENTE 5: ( NO VARÍA)

MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA

MECÁNICO DIESEL	3	500.45	1,501.35
MECANICO DE AIRE	3	500.45	1,501.35
ELECTROMECAÁNICO	3	500.45	1,501.35
ENGRASADOR	3	403.12	1,209.36
SOLDADOR	3	527.29	1,581.87
AYUDANTE MECÁNICO	9	403.12	3,628.08
AYUDANTE SOLDADOR	3	403.12	1,209.36
SUBTOTAL	27		12,132.72

FRENTE 7:

LIMPIEZA DE TÚNEL ( NO VARÍA)

CABO DE LIMPIA	1	541.74	541.74
PEÓN	3	341.80	1,025.80
SUBTOTAL	4		1,567.14

FRENTE 8: ( NO VARIA)

SERVICIOS

TELEFONISTA	9	403.12	3,628.08
SEÑALERO	6	403.12	2,418.72
CHECADOR DE ACTIVIDADES	3	403.12	1,209.36
OPERADOR DE TRACTOR	2	800.85	1,601.70
BORDERO	3	403.12	1,209.36
SUBTOTAL	23		10,067.22

FRENTE 9: ( No VARIA)

SOBRESTANTES

SOBRESTANTE DE CONSTRUCCIÓN	3	953.81	2,861.43
SOBRESTANTE DE MAQUINARIA	3	953.81	2,861.43
SUBTOTAL	6		5,722.86

FRENTE 10: ( No VARIA)

TOPOGRAFÍA

TOPÓGRAFO	3	1,091.21	3,273.63
AUXILIAR DE TOPÓGRAFO	3	640.69	1,920.07
CADENERO	6	430.12	2,418.72
SUBTOTAL	12		7,614.42

TOTALES: 192 92,609.22

RENDIMIENTO: 2.18 M/DÍA

COSTO DIRECTO MANO DE OBRA: :

$$\frac{92,609.22}{2.18 \text{ M/DÍA}} = 42,481.29$$

DÁS NECESARIOS:

$$\frac{425\text{M} + 69 \text{ M}}{2.18 \text{ M/DÍA}} = 226.60 \quad 227 \text{ DÍAS}$$

COSTO DIRECTO TOTAL MANO DE OBRA:

$$227 \times 92,609.22 = 21,022,292.94$$

### 10.3 MATERIALES

SIENDO LOS MATERIALES A UTILIZAR PRÁCTICAMENTE LOS MISMOS, SE VALUARÁ EN GENERAL, AQUELLOS QUE SON COMUNES Y, LOS QUE SE CONSUMAN EN UNA DE LAS ALTERNATIVAS, SE ANALIZAN POR SEPARADO, SUMÁNDOLOS POSTERIORMENTE AL PRIMER ANÁLISIS, Y DE ESTE TOTAL SE OBTIENEN LOS COSTOS POR METRO LINEAL PARA CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS.

#### 10.3.1. MATERIALES COMUNES A AMBAS ALTERNATIVAS

##### 10.3.1.1. MATERIALES EN INSTALACIONES DENTRO DEL TÚNEL

###### A) TUBERÍAS, DERIVACIONES Y SOPORTES:

TUBERÍA DE 2" PARA AGUA CON SUS COPLES \$ 200.00/M  
1.00 M/MT X \$ 200.00 /M

TUBERÍA DE 8" PARA AIRE COMPRIMIDO  
1.00 M/MT X \$ 1,587.80/M \$ 1,587.80/M

BRIDA PARA TUBERÍA DE 8"  
0.16 PZA./MT X \$ 1,062.85/PZA. \$ 170.06/M

TUBERÍA DE 36" DE LONA PARA VENTILACIÓN  
1.00 M/MT X 500.00/M \$ 500.00/M

DERIVACIONES PARA TUBERÍA DE AGUA CADA  
20 MS.

1 TEE 2" X 2" X 225.00 PZA. \$ 11.25/M  
20

DERIVACIONES PARA TUBERÍA DE AIRE COMPRIMIDO

1 TEE SOLDABLE DE 8" X 4" \$ 7,050.00/PZA.

1 REDUCCIÓN BUSH DE 4" A 2" \$ 800.00/PZA

7,050.00 - 800.00 \$ 392.50/M  
20 M

VÁLVULAS DE GLOBO DE 2"

2 PZAS. X 1,665.25/PZA. \$ 166.52/M  
20 M

ALAMBRÓN PARA SOPORTE DE TUBERÍA DE VENTILACIÓN

1 SOPORTE CADA 3 MTS.

4 KG/SOPORTE X \$ 18.00/KG \$ 24.00/M  
3.00 MTS.

VARILLA DE 1" PARA SOPORTE DE TUBERÍA  
DE VENTILACIÓN Y AIRE COMPRIMIDO

2 PZAS DE 1.50 MT. CADA 3.00 MTS.

2 PZAS X 1.50 MTS. X 3.975 KG/MT X 16.05/KG  
3.00 Mts.

\$ 63.80

SUMAN LAS TUBERÍAS DERIVACIONES Y SOPORTES:

\$ 3,115.33

B) ALUMBRADO

LUMINARIA SLIM-LINE DE 2 X 74 W EN  
GABINETE TIPO INDUSTRIAL CADA 15 M.

1,200/PZA  
15 M

\$ 80.00/M

LÁMPARA Y FILAMENTOS DE CUARZO DE 500 W  
CON PORTALÁMPARA PARA ALUMBRADO EN EL  
FRENTE.

4 JGOS. X 825.00/JGO  
494 MTS.

\$ 6.68/M

SUMAN LOS MATERIALES PARA ALUMBRADO

\$ 86.68

C) MATERIAL ELÉCTRICO

BASTIDOR DE 4 CARRETES 1 CADA 6 MTS.

1 PZA X 164.00 PZA.  
6.00 M.

\$ 27.33/M

AISLADORES DE 2" X 2" TIPO CARRETE

4 PIEZAS CADA 6 MTS.

4 PZAS X 16.00/PZA.  
6.00 M

\$ 10.67/M

CABLE DEL # 10 PARA AMARRES

0.40 M. POR AISLADOR

0.40 M/AISLADOR X 4 AISLADORES X 10.00/M  
6 M

\$ 2.67/M

CABLE DE 4#0 PARA ENERGÍA

4 HILOS POR METRO

4 MTS./M X 260.10/M

\$ 1,040.40/M

VARILLA DE 1" PARA SOPORTE DE BASTIDORES

1.00 M. CADA 6 MTS.

1.00 M X 3.975 KG/M X 16.05/KG  
6 M.

\$ 10.63/M

CINTA AISLANTE SCOTCH # 33  
UN ROLLO CADA 6 MTS.  
1 ROLLO X 40.60/ROLLO  
6 M

\$ 6.77/M

CABLE TW #10 PARA ALUMBRADO  
4 HILOS POR METRO  
4 MTS./M X 10.00/M

\$ 40.00/M

INTERRUPTORES, ARRANCADORES, ESTACIONES  
DE BOTONES

160.000

494 M

\$ 323.88/M

SUMA EL MATERIAL ELECTRICO

\$ 1,462.35/M

D) MATERIALES DE INSTALACIONES EXTERIORES  
TENDIDO DE LÍNEAS DE CORRIENTE Y ALUMBRADO

MADERA

15 POSTES DE 6" X 4" X 7.60 M

748.03 P.T.

30 TRAVESAÑOS DE 4" X 2" X 1.50 M

98.43 P.T.

60 TRAVESAÑOS DE 2" X 1" X 0.45M

14.76 P.T.

4 TABLEROS DE 1" X 12" X 12"

4.00 P.T.

4 POLINES DE 4" X 4" X 10"

53.33 P.T.

TOTAL

869.66 P.T.

869.66 X 24.00/P.T.

\$ 20,871.84 LOTE

LÁMPARAS DE CUARZO DE 500 W CON PORTA-  
LÁMPARAS, PARA ALUMBRADO DE PATIOS Y  
TORRE.

10 JUEGOS X 825.00/JGO.

\$ 8,250.00/LOTE

CABLE TW #12 PARA ALUMBRADO

450 M X 6.39/M

\$ 2,875.50/LOTE

AISLADORES DE 2" X 2"

30 PIEZAS X 16.00/PZA.

\$ 480.00/LOTE

TOTAL

\$ 32,477.34/LOTE

COSTO POR METRO DE TÚNEL EN INSTALACIONES  
EXTERIORES

32,477.34

494 M.

\$ -66.28/M

C) MATERIALES PARA UNA SUBESTACIÓN ABIERTA DE 500 KW.

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO PROVEEDOR	IMPORTE
POSTES DE CONCRETO 12 M	10	PZA.	9.300.00	93.000.00
CUCHILLA TIPO ALDUCTTI 34.5 Kv	3	PZA.	140.999.00	422.997.00
CORTA CIRCUITO S/M5.	3	JGO.	38.716.00	116.148.00
APARTA RAYOS AUTOVAL- VULAR 23 Kv.	3	PZA.	2.215.00	6.645.00
TRANSFORMADOR 500 KVA.	1	PZA.	375.000.00	375.000.00
TRANSFORMADOR 7.5 KVA.	2	PZA.	19.000.00	38.000.00
CABLE DESNUDO SEMIDURO 2/0	250	MT.	83.55	20.887.50
CORTACIRCUITO X S	9	PZA.	2.953.00	26.577.00
AISLADORES DE RETENCIÓN	30	PZA.	336.00	10.080.00
AISLADORES DE PASO 3" x 3"	27	PZA.	20.00	540.00
PERNOS TIPO OJO DE 5/8" x 240 MM	30	PZA.	80.60	2.418.00
PERNOS DOBLE CUERDA CON TUERCA 5/8" x 400 MM	168	PZA.	85.40	14.347.20
CLEMAS DE TENSIÓN 2/0	30	PZA.	538.00	16.140.00
CALAVERAS PARA CLEMAS DE OJO	30	PZA.	153.00	4.590.00
VIGUETA CANAL DE 6"	1.670	KG.	20.50	34.235.00
TUBO DE 1½" GALVA- NIZADO	6	MT.	98.85	593.10
LÁMPARAS TIPO SUB- ESTACIÓN	6	PZA.	6.036.00	36.216.00
MALLA CICLÓNICA CAL.10	15	MT.	200.00	3.000.00
VARILLA COPPER-WELD DE 5/8" x 10 M	12	PZA.	480.00	5.760.00

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO PROVEEDOR	IMPORTE
CABLE DESNUDO SEMI- DURO 1/0	150	Mt.	81.70	12,225.00
TUBO GALVANIZADO DE 2" CED. 40	18	Mt.	200.00	3,600.00
CONECTOR TIPO "I" PARA CABLE 1/0	18	PZA.	198.00	3,564.00
PUNTAS DE PARARRAYOS ESTÁTICAS	6	PZA.	250.00	1,500.00
BASES PARA PARARRAYOS	6	PZA.	230.00	1,380.00
GANCHOS DE OJOS	30	PZA.	215.15	6,454.50
SUMA				<u>1,255,897.30</u>
MATERIALES DE CONSUMO Y FUSIBLES 5%				<u>62,794.87</u>
				<u>1,318,692.08</u>
MANO DE OBRA INSTALACIÓN 50%				<u>659,346.08</u>
TOTAL				<u>1,978,038.25</u>

COSTO POR CONCEPTO DE SUBESTACIÓN:

1,978,038.25

425 + 69 =

\$ 4,004.13/M

RESUMEN DE MATERIALES DE USO COMÚN PARA AMBAS ALTERNATIVAS:

TUBERÍAS, DERIVACIONES Y SOPORTES	\$ 3,115.93/M
MATERIALES PARA ALUMBRADO	\$ 86.68/M
MATERIAL ELÉCTRICO	\$ 1,464.40/M
INSTALACIONES EXTERIORES	\$ 69.78/M
SUBESTACIÓN ABIERTA	\$ 4,004.13/M
TOTAL	\$ 8,740.92/M



F) MATERIALES PARA CONCRETO LANZADO

PARA OBTENER LA CANTIDAD Y COSTO DE LOS MATERIALES QUE INTERVIENEN EN LA APLICACIÓN DEL CONCRETO LANZADO ES NECESARIO HACER LAS SIGUIENTES CONSIDERACIONES:

PESO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO LANZADO  
( DE ACUERDO CON DOSIFICACIÓN UTILIZADA  
EN LA OBRA)

2,197.20 Kg/m<sup>3</sup>

POR LO QUE, A CONTINUACIÓN SE DESCRIBE LA DOSIFICACIÓN DE LOS MATERIALES QUE LO CONFORMAN.

MATERIAL	PESO VOLUMETRICO ( Kg/m <sup>3</sup> )	DENSIDAD	PESO PARA 1 m <sup>3</sup> ( kg)	VOL. PARA 1 m <sup>3</sup> (LTS.)
CEMENTO	1500	3.10	425.0	137.1
AGREGADOS (GRAVARENA)	1314	2.37	1563.7	659.8
ADITIVO (FRAGUASIL N)	1500	2.70	8.5	3.1
AGUA	1000	1.00	200.0	200.0
TOTALES			2197.2	1000.0

ESTA DOSIFICACIÓN CORRESPONDE A LOS REQUERIMIENTOS DE RESISTENCIA DE PROYECTO QUE CONTEMPLA A LOS 7 DÍAS DE EDAD UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 150 KG/M<sup>3</sup> Y DE 200 KG/CM<sup>2</sup> A LOS 28 DÍAS.

ESTABLECIDO LO ANTERIOR, PASAREMOS A CALCULAR EL COSTO DE LOS MATERIALES QUE INTERVIENEN EN EL ADEME DEL TÚNEL MEDIANTE CONCRETO LANZADO.

- COSTO DE LOS MATERIALES POR METRO CÚBICO DE CONCRETO LANZADO COLOCADO.

- CEMENTO:

425.00 Kg/m<sup>3</sup> x \$ 2.08/kg = \$ 884.00/m<sup>3</sup>  
MERMAS 10% 88.40/m<sup>3</sup>

- AGREGADOS (GRAVARENA T.M. 5/8")

$$0.6598 \text{ m}^3/\text{m}^3 \times \$ 355.00 /\text{m}^3 = \$ 234.23/\text{m}^3$$

MERMAS 10% 23.42 /m<sup>3</sup>

- ADITIVO ACELERANTE (FRAGUASIL II)

$$8.5 \text{ Kg}/\text{m}^3 \times \$ 29.75/\text{m}^3 = \$ 252.88/\text{m}^3$$

MERMAS .5% 12.64/m<sup>3</sup>

- AGUA

$$0.200 \text{ m}^3/\text{m}^3 \times \$ 30.00/\text{m}^3 = \$ 6.00/\text{m}^3$$

TOTAL MATERIALES POR METRO

$$\text{CÚBICO COLOCADO} \quad \$ 1,502.17/\text{m}^3$$

$$\text{REBOTE 40\%} \quad \$ 600.87/\text{m}^3$$

TOTAL MATERIALES PARA LOGRAR

$$\text{UN METRO CÚBICO COLOCADO} \quad \$ 2,103.04/\text{m}^3$$

VOLUMEN DE CONCRETO LANZADO COLOCADO

$$\text{POR METRO LINEAL DE TÚNEL} = 4.85 \text{ m}^3/\text{m}$$

COSTO POR METRO LINEAL DE ADEME DE

TÚNEL CON CONCRETO LANZADO=

$$4.85 \text{ m}^3/\text{m} \times \$ 2,103.04/\text{m}^3 = \$ 10,199.74/\text{m}$$

g) COSTO DE LA MALLA DE REFUERZO DEL CONCRETO LANZADO.

PERÍMETRO PRIMERA CAPA 23.35 m

$$\text{ÁREA POR METRO LINEAL DE TÚNEL} = 23.35 \times 1.00 = 23.35 \text{ m}^2/\text{m}$$

TRASLAPES CON LA CAPA DEL AVANCE ANTERIOR:

LONGITUD DE TRASLAPE = 0.30 m

LONGITUD DEL AVANCE = 2.40 m

LONGITUD DE TRASLAPE 0.30

$$\text{POR METRO DE TÚNEL} = \frac{0.30}{2.40} = 0.125 \text{ m}$$

$$\text{ÁREA POR METRO LINEAL DE TÚNEL} = 0.125 \times 1.00 = 0.13 \text{ m}^2/\text{m}$$

PERÍMETRO DE LA SEGUNDA CAPA = 22.98 m

$$\text{ÁREA POR METRO LINEAL DE TÚNEL} = 22.98 \times 1.00 = 22.98 \text{ m}^2/\text{m}$$

ÁREA DE TRASLAPE POR METRO LINEAL 0.13 m<sup>2</sup>/m

$$\text{ÁREA TOTAL DE MALLA A UTILIZAR POR METRO LINEAL DE TÚNEL} \quad 46.59 \text{ m}^2/\text{m}$$

COSTO DE LA MALLA POR METRO DE TÚNEL:

$$46.59 \text{ m}^2/\text{M} \times \$ 65.00/\text{m}^2 = \$ 3,028.35/\text{M}$$

DESPERDICIO DEL 3% 90.85/M

ANCLAS PARA SUJECCIÓN DE LA MALLA

QUE SIRVEN A SU VEZ PARA CALIBRAR EL  
ESPESOR DEL CONCRETO LANZADO.

LONGITUD TOTAL DEL ANCLA Y LAS CRUCETAS = 1.00 M.

SE COLOCAN 2 POR METRO CUADRADO DE MALLA

Y SE FABRICAN DE VARILLA DEL No. 4

$$2 \text{ ANCLAS}/\text{M}^2 \times 1.00 \text{ M} \times 0.996 \text{ KG}/\text{M} = 1.99 \text{ KG}/\text{M}^2$$

COSTO DE LAS ANCLAS:

$$1.99 \text{ KG}/\text{M}^2 \times 16.05/\text{KG} \times 46.59 \text{ m}^2/\text{M} = \$ 1,488.06/\text{M}$$

SOLDADURA EN LAS CRUCETAS 1% 14.88/M

DESPERDICIOS 3% 44.64/M

COSTO TOTAL DE LA MALLA 4,666.78/M

H) MATERIALES DE CONSUMO EN EL FRENTE PARA CONCRETO LANZADO:

- MANGUERA DE 2" PARA CONCRETO LANZADO	
3 TRAMOS X \$ 14,145.60 =	\$ 42,436.80
- MANGUERA DE 2" PARA AIRE COMPRIMIDO	
2 TRAMOS X \$ 8,010.83 =	16,020.00
- MANGUERA DE 3/4" PARA AIRE COMPRIMIDO	
4 TRAMOS X 3,468.83 =	13,875.32
- CONEXIONES DE 3/4"	
6 PIEZAS X \$ 170.00 =	1,020.00
- CONEXIÓN DE 2" DIXON BOSS	
2 JUEGOS X \$ 2,444.00 =	4,888.00
- UN CUERPO DE AGUA Y BOQUILLA DE 2"	
1 JUSGO X \$ 4,870.00 =	4,870.00
- ACOPLADORES PARA MANGUERA DE LANZADO	
3 PIEZAS X \$ 3,640.00 =	<u>10,920.00</u>
TOTAL	94,030.12

TODO ESTE CONJUNTO TIENE UN RENDIMIENTO DE  
100 M<sup>3</sup> POR LOS QUE SU COSTO SERÁ DE

$$\frac{94,030.12}{100} =$$

$$940.30/\text{M}^3$$

- DISCOS DE HULE PARA LANZADORA  
RENDIMIENTO 50 M<sup>3</sup>

$$\frac{2 \text{ PIEZAS} \times \$ 1,545.00/\text{PZA.}}{50 \text{ M}^3}$$

\$ 61.80/M<sup>3</sup>

- DISCOS DE ACERO PARA LANZADORA  
RENDIMIENTO 250 M<sup>3</sup>

$$\frac{2 \text{ PIEZAS} \times \$ 16,000.00/\text{PIEZA}}{250 \text{ M}^3}$$

128.00/M<sup>3</sup>

- SINFIN DOSIFICADOR DE MEZCLA EN TOLVAS  
RENDIMIENTO 1000 M<sup>3</sup>

$$\frac{1 \text{ PIEZA} \times \$ 72,298.00/\text{PZA.}}{1000 \text{ M}^3}$$

72.29/M<sup>3</sup>

TOTAL

\$ 1,202.39/M<sup>3</sup>

-- COSTO POR METRO LINEAL =

$$1202.39/\text{M}^3 \times 4.85 \text{ M}^3/\text{M} = \$ 5,831.59/\text{M}$$

I) MATERIALES EN INSTALACIONES EXTERIORES PARA CONCRETO  
LANZADO

- TUBERÍA DE 8" PARA BAJAR AGREGADOS POR LA LUMBRERA  
12 MS. DE TUBERÍA + 1 JUNTA VITAUILLÓ CON EMPAQUE:

$$\frac{12 \text{ MS.} \times \$ 1,250.00/\text{M}}{494}$$

\$ 15,000.00/LOTE

$$\$ 1,169.13/\text{JUNTA} + \$ 223.00/\text{EMPAQUE} =$$

1,392.13/LOTE

TOTAL

\$ 16,392.13/LOTE

COSTO POR METRO LINEAL DE TÚNEL

$$\frac{16,392.13}{494} =$$

\$ 33.18/M

TOTAL DE MATERIALES PARA CONCRETO LANZADO=

F) MATERIALES PARA CONCRETO LANZADO	
COLOCADO	\$ 10,199.74/M
G) MATERIALES PARA MALLA DE REFUERZO	4,666.78/M
H) MATERIALES DE CONSUMO	5,831.59/M
I) MATERIALES EN INSTALACIONES	<u>33.18/M</u>
TOTAL	\$ 20,731.29/M

10.3.2 MATERIALES PARA LA ALTERNATIVA MECANIZADA

PULSETAS PARA ROMPEDORA NEUMÁTICA

SUPONIENDO QUE EL ÉFINE DE LA SECCIÓN EQUIVALE A  
1 M<sup>3</sup>/ML Y QUE LA VIDA DE UNA PULSETA ES IGUAL A 50 M<sup>3</sup> TENDREMOS:

COSTO PULSETA = \$ 520.00/PZA.

$$\text{COSTO POR METRO LINEAL} = \frac{\$ 520.00}{50 \text{ M}^3/\text{ML}} = \$ 10.40/\text{M}^3$$

$$1 \times 10.40 = 10.40/\text{ML}$$

CABEZAL DE LA MÁQUINA ROZADORA

COSTO \$ 12,500.00

RENDIMIENTO: SU VIDA ÚTIL ES DE DOS MESES

$$129.5 \text{ M}/\text{MES} \times 2 \text{ MESES} = 259 \text{ MS.}$$

$$\frac{12,500.00}{259 \text{ MS.}} = 48.26/\text{M}$$

MANGA DE LA MÁQUINA ROZADORA

COSTO \$ 15,000.00

RENDIMIENTO: DOS MESES

$$\frac{15,000.00}{259} = 57.92/\text{M}$$

MANGUERAS DE 3/4" PARA ROMPEDORA

4 TRAMOS CADA 200 MS.

$$\frac{4 \times \$ 3,468.63}{200 \text{ MS.}} = 64.38/\text{M}$$

SUMAN LOS MATERIALES DE CONSUMO PARA LA ALTERNATIVA MECANIZADA.

\$ 185,96/M

10.3.3 MATERIALES PARA LA ALTERNATIVA TRADICIONAL

A) ALUMBRADO

- TUBOS FLORESCENTES Y BALASTRA PARA ALUMBRADO EN EL TUNEL

COSTO DE TUBOS Y BALASTRA \$ 664,00/JGO.

DURACION 500 HS.

LA OBRA DURA 227 DIAS = 5448 HS.

5448 HS X \$ 664,00/JGO. = \$ 482.33/M  
15 M. X 500 HS.

- FILAMENTOS DE CUARZO DE 500 WATTS

5448 X 4 PZAS. X \$ 230,00/PZA. = \$50.121.60  
100 HS.

POR METRO DE TUNEL TENDREMOS:

\$ 50,121,60 = \$ 101.46/M  
494 M.

SUMAN LOS MATERIALES PARA ALUMBRADO

\$ 583,79/M

B) MATERIALES DE CONSUMO EN EL FRENTE

- PULSETA PARA ROMPEDORA NEUMATICA

SE TIENEN 16 ROMPEDORAS CON RENDIMIENTO CADA PULSETA DE 50 M<sup>3</sup>.

ES DECIR UNA CAPACIDAD DE:

16 X 50 M<sup>3</sup> = 800 M<sup>3</sup>

EQUIVALENTES A

800 M<sup>3</sup> = 11.63 M.  
68,81 M<sup>2</sup>

16 PULSETAS X \$ 520.00 = \$ 8.320.00

\$ 8.320.00 = \$ 715.39/M  
11.63 M.

- MANGUERAS DE 3/4" PARA ROMPEDORA NEUMÁTICA

16 ROMPEDORAS X 3 TRAMOS = 48 TRAMOS

48 TRAMOS X \$ 3,468.83 = \$ 166,503.84

VIDA ÚTIL = 15 DÍAS

\$ 166,503.84

15 DÍAS X 2.18 M/DÍA =

\$ 5,091.86/M

SUMAN LOS MATERIALES PARA LA ALTERNATIVA  
TRADICIONAL

\$ 6,873.37/M

#### 10.3.4. RESUMEN DE MATERIALES

A) PARA LA ALTERNATIVA PROPUESTA

MATERIALES DE USO COMÚN \$ 8,740.92/M

MATERIALES PARA ESTA ALTERNATIVA \$ 185.96/M

MATERIALES PARA CONCRETO LANZADO \$ 20,731.29/M

TOTAL \$ 29,658.17/M

B) PARA LA ALTERNATIVA TRADICIONAL

MATERIALES DE USO COMÚN \$ 8,740.92/M

MATERIALES PARA ESTA ALTERNATIVA \$ 6,873.37/M

MATERIALES PARA CONCRETO LANZADO \$ 20,731.29/M

TOTAL \$ 36,345.58/M

#### 10.4 MAQUINARIA

EN ESTE RUBRO, VALORIZAMOS LAS HORAS MÁQUINA NECESARIAS PARA LLEVAR A EFECTO LA CONSTRUCCIÓN EN AMBAS ALTERNATIVAS CON EL FUNDAMENTO DE LA LEY DE BASES Y NORMAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PÚBLICAS.

PARA EL EFECTO SE HARÁ UNA TABLA EN LA QUE SE CONSIG-  
NEN LOS SIGUIENTES DATOS POR EQUIPO:

A) VALOR DE ADQUISICIÓN (VA)

B) VALOR DE RESCATE (VR)

C) VIDA ECONÓMICA (VE)

D) HORAS POR MES (HM)

E) HORAS POR AÑO (HA)

F) DEPRECIACIÓN

$$D = \frac{VA - VR}{VE}$$

G) INVERSIÓN

$$I = \frac{(VA + VR) I}{2 HA}$$

H) SEGUROS

$$S = \frac{(V_A + V_R)s}{2 IIA}$$

I) ALMACENAJE A = AD

J) MANTENIMIENTO MAYOR II = KD

K) CONSUMOS DE COMBUSTIBLES

L) CONSUMOS DE LUBRICANTES

HACIENDO NOTAR QUE LA OPERACIÓN DEL EQUIPO YA FUE TOMADA EN CUENTA AL VALORAR LA MANO DE OBRA.



10.4.1. MAQUINARIA PARA ALTERNATIVA PROPUESTA

PARA LLEVAR A CABO LA CONSTRUCCIÓN SE NECESITA EL SIGUIENTE CUADRO DE MAQUINARIA:

1	MÁQUINA ROZADORA
7	CAMIONES DE VOLTEO
1	SKIP
1	ELEVADOR DE PERSONAL
1	MALACATE DE MANTEO
2	CARROS DE AGREGADOS
2	LANZADORAS DE CONCRETO
2	ROMPEDORAS NEUMÁTICAS
3	COMPRESORES 600 PCM
1	TANQUE REGULADOR
2	TOLVAS DE REZAGA
1	MALACATE NEUMÁTICO
3	TANQUES DE 10,000 Hs
3	VENTILADORES AXIALES
1	SILO DE CEMENTO
1	GRÚA HIAB
2	SOLDADORAS
1	PIPA SOBRE CAMIÓN

CON LOS RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN EL CAPÍTULO 7 , OBTENDREMOS EL TIEMPO REAL DE TRABAJO DE CADA MÁQUINA Y CON ESTO, SU COSTO, PARA LOS EQUIPOS QUE NO ENCUADREN DENTRO DE LOS CICLOS, SE APLICA SU HORARIO MENSUAL DE TRABAJO CONTRATADO.

COSTO HORARIO

EQUIPO	DATOS					CARGOS FIJOS					CO.INSTRUIBLE	LUBRICANTE	QUANTAS	TOTAL
	VA	VR	VE (hrs)	HI	HA	D	I	S	A	H				
MÁQUINA ROZADORA	10'786.650.00	1'978.655.00	8000	300	2400	2237.24	546.61	91.19	5.25	2796.55	4.47	124.54	- 0 -	5405.56
COMPRESOR 600 PCM	1'614.000.00	322.800.00	12000	300	2400	107.50	43.42	8.07	- 0 -	134.50	30.45	39.29	- 0 -	368.33
TANQUE REGULADOR	65.000.00	6.500.00	6000	300	2400	9.75	1.79	0.30	- 0 -	6.83	- 0 -	- 0 -	- 0 -	18.67
TOLVA DE REZAGA	110.950.00	17.095.60	6000	300	2400	25.64	4.70	0.78	- 0 -	10.26	- 0 -	5.30	- 0 -	46.68
SKIP	47.673.25	- 0 -	4300	300	2400	9.93	1.19	0.20	- 0 -	4.92	- 0 -	0.68	- 0 -	16.97
MALACATE DE MANTEN	2'919.375.00	291.937.50	8000	300	2400	328.43	80.28	13.38	5.25	295.59	5.01	31.26	326.85	1004.45
CAMIÓN DE VOLTEO	899.636.00	179.927.20	8000	300	2400	89.95	28.29	4.82	5.25	66.57	9.63	30.81	21.84	257.17
ELEVADOR DE PERSONAL	2'315.064.00	231.506.40	12000	300	2400	173.63	63.66	10.61	5.25	217.04	- 0 -	13.44	- 0 -	483.63
MALACATE NEUMÁTICO	375.000.00	- 0 -	10000	300	2400	37.50	9.38	1.56	- 0 -	41.25	- 0 -	7.59	- 0 -	97.28
TANQUE DE 1000 LTS.	56.700.00	- 0 -	6000	300	2400	9.45	1.42	0.24	- 0 -	6.62	- 0 -	- 0 -	- 0 -	17.23
CAIGADOR CAT-955-L	3'257.512.50	551.502.50	12000	300	2400	217.17	97.73	16.29	5.25	271.46	17.25	54.30	- 0 -	679.36
RESPERDIA NEUMÁTICA	65.111.25	- 0 -	6000	300	2400	10.25	1.55	0.27	- 0 -	5.43	- 0 -	14.76	- 0 -	37.66
VENTILADOR AXIAL	159.131.25	- 0 -	6000	300	2400	26.52	3.98	0.66	- 0 -	33.15	- 0 -	- 0 -	- 0 -	64.31
SILO DE CEMENTO	210.000.00	- 0 -	7500	200	1500	28.00	8.40	1.40	- 0 -	21.00	- 0 -	- 0 -	- 0 -	58.80
CAMIO DE AGREGADO	1'557.436.00	179.927.20	8000	300	2240	177.19	46.59	9.76	5.25	129.14	9.20	30.81	21.84	423.16
CAMIÓN CON GRUA HIAB	1'470.900.00	294.180.00	10000	250	2000	117.67	52.95	8.83	- 0 -	70.60	9.63	30.81	21.84	312.33
LANZADORA DE CONCRETO	579.150.00	28.959.00	6000	300	2400	91.70	15.20	2.53	- 0 -	73.36	11.11	- 0 -	- 0 -	193.00
SOLDADORA	337.730.00	67.546.00	12000	250	2000	22.52	12.15	2.03	- 0 -	18.24	6.09	9.89	- 0 -	69.93
PAPA SOBRE CAMIÓN	21.136.00	204.227.20	800	300	2400	102.11	30.63	5.11	- 0 -	75.56	9.63	30.81	21.84	275.60

DESCRIPCION	CANT.	x	CICLOS	x	HS.	HORARIO =	IMPORTE
MÁQUINA ROZADORA	1	x	2.16	x	5.50	x 5.805,56 = \$	68.970,05
CAMIÓN DE VOLTEO	7	x	2.16	x	5.50	x 257,17 =	21.386,28
SKIP	1	x	2.16	x	5.50	x 16,06 =	201,60
ELEVADOR DE PERSONAL	1	x		x	12,00	x 463,63 =	5.803,56
MALACATE DE MANTEO	1	x	2.16	x	5.50	x 1.004,65 =	11.435,24
CARRO DE AGREGADOS	2	x	2.65	x	2.16	x 423,16 =	4.846,99
LANZADORA DE CONCRETO	1	x	2.16	x	2.65	x 193,90 =	2.219,77
ROMPEDORA NEUMÁTICA	2	x	2.16	x	5.50	x 32,86 =	780,75
COMPRESOR 600 PCM	3	x		x	12,00	x 368,33 =	13.259,88
TANQUE REGULADOR	1	x		x	12,00	18,67 =	224,04
TOLVA DE REZAGA	2	x	2.16	x	5.50	x 46,88 =	1.109,12
MALACATE NEUMÁTICO	1	x		x	12,00	x 97,28 =	1.167,36
TANQUE DE 10.000 Hs	3	x	2.16	x	2.65	x 17,73 =	304,46
VENTILADOR AXIAL	3	x		x	12,00	x 64,31 =	2.315,16
SILO DE CEMENTO	1	x	2.16	x	2.65	x 58,80 =	336,57
GRÚA HIAB	1	x		x	12,00	x 312,33 =	3.747,96
SOLDADORAS	2	x		x	12,00	x 69,93 =	1.678,32
PIPA SOBRE CAMIÓN	1	x		x	12,00	x 275,69 =	3.308,28
TOTAL							<u>\$ 143.595,37</u>

QUE ES EL COSTO DEL EQUIPO EN UN DÍA, SI TRABAJAMOS SOBRE LA BASE DE UN RENDIMIENTO DE 5,18 M/DÍA, TENDREMOS UN COSTO POR METRO DE:

$$\frac{\$ 143.595,37/\text{DÍA}}{518 \text{ M/DÍA}} = \$ 27.721,11/\text{M.}$$

10.4.2 MAQUINARIA PARA LA ALTERNATIVA MECANIZADA

EL CUADRO DE MAQUINARIA PARA ESTE CASO SERÍA:

1	CARGADOR DE DESCARGA LATERAL
5	CAMIONES DE VOLTEO
1	SKIP
1	ELEVADOR DE PERSONAL
1	MALACATE NEUMÁTICO
1	CARRO DE AGREGADOS
1	LANZADORA DE CONCRETO
16	ROMPEDORAS NEUMÁTICAS
3	COMPRESORES DE 600 PCM
1	TANQUE REGULADOR
2	TOLVAS DE REZAGA
1	MALACATE NEUMÁTICO
3	TANQUES DE 10,000 HS
3	VENTILADORES AXIALES
1	SILO DE CEMENTO
1	GRÚA HIAB
2	SOLDADORAS
1	PIPA SOBRE CAMIÓN

· PROCEDEREMOS A VALORIZAR EL COSTO DE LA MAQUINARIA CON EL MISMO CRITERIO QUE EN EL INCISO ANTERIOR.

DESCRIPCION	CANT. x	CICLOS	x HS.	x	COSTO HORARIO=	IMPORTE
CARGADOR DE DES- CARGA LATERAL	1	x	1.09	x	17.27	x 679.36 = \$12,788.48
CAMIÓN DE VOLTEO	5	x	1.09	x	17.27	x 257.27 = 24,205.23
SKIP	1	x	1.09	x	17.27	x 16.97 = 314.45
ELEVADOR DE PER- SONAL	1	x		x	12.00	x 483.63 = 5,803.56
MALACATE DE MANTEG	1	x	1.09	x	17.27	x 1,004.65 = 18,911.64
CARRO DE AGREGADOS	1	x	1.09	x	8.66	x 423.16 = 3,993.38
LANZADORA DE CON- CRETO	1	x	1.09	x	8.66	x 193.90 = 1,830.30
ROMPEDORA NEUMÁ- TICA	15	x	1.09	x	17.27	x 32.86 = 9,897.06
COMPRESOR 600 PCM	3	x		x	12.00	x 368.33 = 13,259.88
TANQUE REGULADOR	1	x		x	12.00	x 18.67 = 224.04
TOLVA DE REZAGA	2	x	1.09	x	17.27	x 46.68 = 1,757.44
MALACATE NEUMÁ- TICO	1	x		x	12.00	x 97.28 = 1,167.36
TANQUE DE 10.000 Hs	3	x	1.09	x	8.66	x 17.73 = 502.28
VENTILADOR AXIAL	3	x		x	12.00	x 64.31 = 2,315.16
SILO DE CEMENTO	1	x	1.98	x	8.66	x 58.80 = 555.04
GRÚA HIAB	1	x		x	12.00	x 312.33 = 3,747.92
SOLDADORAS	2	x		x	12.00	x 69.93 = 1,678.32
PIPA SOBRE CAMIÓN	1	x		x	12.00	x 275.69 = 3,308.28
TOTAL						<u>106,265.67</u>

SI TENEMOS UN RENDIMIENTO DE 2.18 M/DÍA, TENDREMOS UN COSTO POR METRO DE TÚNEL DE:

$$\frac{\$ 106,265.67}{2.18 \text{ M/DÍA}} = \$ 48,745.22$$

10.5 RESUMEN DE COSTO POR METRO DE TUNEL PARA CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS.

10.5.1. PARA ALTERNATIVA PROPUESTA.

A) MANO DE OBRA	\$	12,355.92/M.
B) MATERIALES	\$	29,652.17/M.
C) MAQUINARIA	\$	<u>27,721.11/M.</u>
TOTAL	\$	75,735.20/M

COSTO DE LA OBRA:

$$75,735.20/M \times 494 M = \underline{\$ 37,413,118.80}$$

10.5.2. PARA LA ALTERNATIVA TRADICIONAL

A) MANO DE OBRA	\$	42,481.29/M
B) MATERIALES	\$	36,345.58/M
C) MAQUINARIA	\$	<u>48,745.22/M</u>
TOTAL	\$	127,870.11/M

COSTO DE LA OBRA:

$$127,870.11/M \times 494/M = \underline{\$ 63,020,859.46}$$

127,870.11

42,481.29

63,020,859.46

## 11.- CONCLUSIONES

A LA VISTA DE LOS DATOS PRESENTADOS SE CONCLUYE QUE PARA EL TRAMO OBJETO DE ESTE ESTUDIO, RESULTA MUCHO MAS VENTAJOSO POR EL CONCEPTO QUE SE MIRE, LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO MEDIANTE LA ALTERNATIVA MECANIZADA,

TAL SE DESPRENDE DE LA COMPARACIÓN DE TIEMPO DE EJECUCIÓN Y COSTO UNITARIO OBTENIDOS PARA CADA SITUACIÓN EN PARTICULAR AL SER MAYORES LOS RENDIMIENTOS Y MENORES LOS COSTOS DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA.

CABE HACER LA ACLARACIÓN, SIN EMBARGO, QUE ESTE TRABAJO CONSIDERA QUE LAS CONDICIONES QUE SE PRESENTAN EN LA OBRA SE ADAPTAN A LOS REQUERIMIENTOS DEL MÉTODO, BASANDO SU DESARROLLO EN LA INFORMACIÓN PREVIA QUE TIENE EL CONSTRUCTOR Y QUE EN TODO CASO ES LA QUE SIRVE PARA PLANTEAR LAS ESTRATEGIAS DE ATAQUE Y SELECCIONAR LO QUE MÁS SE APEGUE TÁNTO A LAS CARACTERÍSTICAS INTRÍNSECAS DE LA OBRA, COMO SON LAS GEOHIDROLÓGICAS, LAS GEOMÉTRICAS, LAS ESTRUCTURALES, ETC. DE IGUAL FORMA SE DEBEN ANALIZAR FACTORES TALES COMO DISPONIBILIDAD DE EQUIPO, MATERIALES, MANO DE OBRA Y TIEMPO DE EJECUCIÓN NECESARIOS PARA QUE EL MÉTODO SEA REDITUABLE.

POR OTRA PARTE, NO DEBEMOS OLVIDAR QUE LAS EXCAVADORAS SON MÁQUINAS ALTAMENTE SOFISTICADAS Y POR ENDE, COSTOSAS. NO SE JUSTIFICARÁ LA SELECCIÓN DE ESTE PROCEDIMIENTO SI NO SE TIENEN ELEMENTOS DE JUICIO QUE GARANTICEN QUE EL EQUIPO SE AMORTIZARÁ Y QUE NO PASARÁ DEMASIADO TIEMPO ENTRE SU ADQUISICIÓN Y SU AMORTIZACIÓN TOTAL PUES SE CORRE EL RIESGO DE CAER EN LA OBSOLENCIA DEL EQUIPO.

POR LO QUE HACE AL CONCRETO LANZADO, ADEMÁS DEL LO ANTERIORMENTE ANOTADO, ES OBVIO DECIR QUE SE REQUIERE DE UNA SUPERVISIÓN CONTÍNUA DE TODAS LAS VARIABLES QUE LO CONFORMAN CON EL OBJETO DE QUE LA CALIDAD DE ESTE ELEMENTO SEA LA REQUERIDA; GARANTIZADA LA CALIDAD Y SIENDO UNA DE LAS ALTERNATIVAS A ESCOGER, REBASA CON CRECES A CUALQUIER OTRA DE LAS

QUE SE PLANTEEN, DEBIÓ FUNDAMENTALMENTE A LA FACILIDAD DE SU APLICACIÓN Y A LA VERSATILIDAD QUE DICHO RECURSO HA MANIFESTADO.

EN SÍNTESIS PODEMOS CONCLUIR QUE EL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA EXCAVACIÓN DE TÚNELES CON MÁQUINA ROZADORA Y ADEME DE CONCRETO LANZADO ES, CUMPLIENDO CON LOS REQUISITOS MENCIONADOS, UNA ALTERNATIVA CONSIDERABLE MEJOR EN TODOS LOS RUBROS QUE LA EXCAVACIÓN POR MÉTODOS MANUALES.



## INDICE DE FIGURAS

No.	DESCRIPCIÓN
1 .....	SONDEO EFECTUADO ANTES DE CONSTRUIR EL TÚNEL
2 .....	SONDEO EFECTUADO ANTES DE CONSTRUIR EL TÚNEL
3 .....	SONDEO EFECTUADO ANTES DE CONSTRUIR EL TÚNEL
4 .....	VISTA LATERAL MÁQUINA ROZADORA ALPINE F6A
5 .....	VISTA LATERAL ROZADORA WESTFALIA LUCHS
6 .....	PLANTA MÁQUINA ROZADORA ALPINE F6A
7 .....	BANCO DE COMPRESORES Y TANQUE REGULADOR
8 .....	SISTEMA DE MANTEO INGLÉS
9 .....	MANTEO CON BOTES MAROMEROS
10 .....	REZAGA CON EQUIPO DE VÍA Y CAMBIO LATERAL
11 .....	REZAGA CON EQUIPO DE VÍA Y CAMBIO VERTICAL
12x.....	CARGA DE ROCA (MÉTODOS ESTÁTICOS)
13 .....	DEFORMACIONES EN EL FRENTE DE UN TÚNEL
14 .....	TEORÍA DE LAS LÍNEAS CARACTERÍSTICAS
15 .....	VARIACIÓN DE LAS DEFORMACIONES EN EL FRENTE
16 .....	MARCO PARA ADEME TÍPICO EN TÚNELES DE 8.64
17 .....	CARRO DE AGREGADOS
18 .....	LANZADORA TIPO RUEDA DE ALIMENTACIÓN
19 .....	LANZADORA DE TAMBOR ROTATORIO
20 .....	ROBOT PARA CONCRETO LANZADO
21 .....	SECCIÓN DE TÚNEL DE 8.64 M. DE DIÁMETRO

## BIBLIOGRAFIA.-

- RICO RODRÍGUEZ ALFONSO Y DEL CASTILLO HERMILO. "LA INGENIERÍA DE SUELOS EN LAS VÍAS TERRESTRES." EDITORIAL LIMUSA, PRIMERA EDICIÓN, MÉXICO, D.F., 1978.
- LAMBE T, WILLIAM Y WHITMAN ROBERT V. "MECÁNICA DE SUELOS" EDITORIAL LIMUSA, PRIMERA EDICIÓN, SEGUNDA REIMPRESIÓN, MÉXICO, D.F., 1976.
- LEGGET ROBERT F. "GEOLOGÍA PARA INGENIEROS" EDITORIAL GUSTAVO GILI, TERCERA EDICIÓN, BARCELONA, ESPAÑA, 1964.
- PEURIFOY R.L. "CONSTRUCTION, PLANNING, EQUIPMENT AND METHODS", MCGRAW-HILL BOOK COMPANY, SECOND EDITION, TOKYO, JAPAN, 1970.
- "SHOTCRETE FOR GROUND SUPPORT", AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS AND AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, U.S.A. 1977.
- "NUEVOS CONCEPTOS ACERCA DE LA ESTÁTICA DE LOS TÚNELES". TEXTO DE LA CONFERENCIA SUSTENTADA POR EL DR. G. LOMBARDI ANTE LA SOCIEDAD MEXICANA DE MECÁNICA DE ROCAS, 1980.
- CONCRETO LANZADO PARA REVESTIMIENTO DE TÚNELES", TRADUCCIÓN REALIZADA POR EL CENTRO DE CAPACITACIÓN DEL GRUPO ICA DEL ARTÍCULO DEL B. SC. GULLAN PUBLICADO EN LA REVISTA TUNNEL AND TUNNELING DEL MES DE SEPTIEMBRE DE 1975.
- TÚNEL S.A. DE C.V. "INSTRUCTIVO GENERAL PARA LA SUPERVISIÓN DEL CONCRETO LANZADO" PREPARADO POR LOS INGENIEROS LUIS VIÉITEZ UTESA Y ROBERT MASON, MÉXICO, 1972.
- CONSTRUCTORA METRO S.A. DE C.V. "CUADERNO DE PLANEACIÓN PARA LA LÍNEA 7 SUR" PREPARADO POR LOS INGENIEROS JULIO CÉSAR ACEVES SERRANO Y FERNANDO RAMIRO LALANA, MÉXICO, 1981.