



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**DIVISION DE INGENIERIA CIVIL, TOPOGRAFICA Y
GEODESICA**

28
33

**“PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE DOS TUNELES
CARRETEROS EN LOMAS DE VISTA HERMOSA, POR
EL METODO AUSTRIACO”**

Tesis Profesional

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

p r e s e n t a

FRANCISCO JAVIER CAMPOS GOMEZ

México, D. F.

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E.

	Pag.
INTRODUCCION. - - - - -	I

CAPITULO I.

A N T E C E D E N T E S.

I.1.- Datos generales. - - - - -	2
I.2.- Características. - - - - -	5

CAPITULO II.

LOCALIZACION Y ESTUDIO PRELIMINAR.

II.1.- Localización. - - - - -	23
II.2.- Estudios preliminares. - - - - -	26
II.3.- Datos topográficos de proyecto. - - - - -	29
II.4.- Estudios de mecánica de suelos. - - - - -	42

CAPITULO III.

ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS METODOS A UTILIZAR.

III.1.- Estudio económico de dos métodos a utilizar.-	76
III.2.- Comparación de equipos y materiales. - - - -	84
III.3.- Comparación constructiva de ambos métodos.-	98
III.4.- Conclusiones. - - - - -	-117

CAPITULO IV.

METODO AUSTRIACO.

IV.1.- Introducción. - - - - -	120
IV.2.- Datos generales. - - - - -	121

CAPITULO V

PROGRAMA DE OBRA.

V.1.- Lista de actividades. - - - - -	137
V.2.- Evaluación de tiempos por actividad. - - - -	143
V.3.- Ruta Crítica. - - - - -	151
V.4.- Diagrama de barras. - - - - -	152

CAPITULO VI

REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS Y MATERIALES.

VI.1.- Lista de equipo, herramienta, materiales y costos correspondientes. - - - - -	154
VI.2.- Programa para obtención de equipo, herramienta y materiales. - - - - -	165
VI.3.- Equipo rentado por no amortización. - - - - -	166

CAPITULO VII

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL METODO AUSTRIACO.

VII.1.- Introducción. - - - - -	168
VII.2.- Selección del método de excavación. - - - - -	171
VII.3.- Selección definitiva de los túneles. - - - - -	177
VII.4.- Excavación de portales. - - - - -	181
VII.5.- Excavación de los túneles. - - - - -	186
VII.6.- Emportalamiento. - - - - -	198
VII.7.- Procedimiento de anclaje. - - - - -	209
VII.8.- Proceso de concreto lanzado. - - - - -	216
VII.9.- Conclusiones. - - - - -	237

CAPITULO VIII

METODO DE EXCAVACION

VIII.1.- Proceso de excavación utilizado en los- túneles. - - - - -	240
--	-----

CAPITULO IX

A N C L A J E

IX.1.- Procedimiento de anclaje utilizado en- los túneles. - - - - -	247.
---	------

CAPITULO X

CONCRETO LANZADO.

X.1.- Procedimiento de aplicación del concreto lanzado en los túneles. - - - - -	259
---	-----

CAPITULO XI

GRAFICAS Y TABLAS DE AVANCE.

XI.1.- Excavación. - - - - -	266
XI.2.- Anclaje. - - - - -	267
XI.3.- Concreto lanzado. - - - - -	268

CAPITULO XII

COSTOS DE TUNELES.

XII.1.- Costo de equipo, herramienta, materiales y mano de obra. - - - - -	270
XII.2.- Costo total. - - - - -	275

CAPITULO XIII.

COMENTARIOS. - - - - -	-277
BIBLIOGRAFIA. - - - - -	-280

I N T R O D U C C I O N .

Veremos hoy en día que la construcción de obras subterráneas ha progresado con el aumento de tecnología y literatura técnica sobre nuevos -- métodos constructivos, asimismo, podemos ver la maquinaria moderna que se utiliza para excavaciones y terminado de túneles. Tendremos que nos faltan recursos par poder contar con mayor técnica sobre túneles y tomando - en cuenta la situación por la cual el país atraviesa, la falta de maquinaria importada, así como su costo, el cual fué elevado al doble de su precio normal, lo que perjudica en gran medida. La poca literatura que existe sobre túneles se debe por un lado a que la mayoría de los libros técnicos están en varios idiomas y por otro, que los libros o memorias de procedimientos por lo regular los tienen las grandes compañías dedicadas a - la construcción de túneles, por lo cual en la búsqueda de datos para formar este trabajo me encontré que en la Escuela de Minería se tiene información sobre túneles, pero muy poca sobre procedimientos, asimismo en la Facultad de Ingeniería y Biblioteca Central de Ciudad Universitaria. En - el Instituto de Ingeniería recibí gran ayuda referente a procedimientos - y mecánica de suelos, agradeciendo el gran apoyo prestado por el Doctor-Gabriel Auvimet. El complemento de este trabajo fué obtenido por datos de libros técnicos en español, francés e Inglés, así como la asesoría dada - por el Ingeniero Gerald Remick, Ingeniero Jorge Gonzáles, Ingeniero Federico Mosser, al Doctor Melchor Rodríguez Caballero por su apoyo al trabajo profesional, y agradeciendo la dirección de este trabajo al Ingeniero Ernesto Mendoza Sánchez.

El afán de realizar el presente trabajo es por tratar de tener una - memoria técnica del procedimiento constructivo de túneles, no del método-teórico, ya que la necesidad del estudiante o profesionista es tener las bases prácticas para poder apoyar sus teorías de uno o varios métodos. - Teniendo en cuenta que aquí trataré el estudio de dos métodos constructivos y cómo se llegó a la solución de adoptar uno. Como el nombre de este trabajo lo indica, veremos el Procedimiento Constructivo del Nuevo Método Austriaco (método seleccionado), muy utilizado en los países Europeos y - que ya se ha utilizado en México, muy pocas veces como método, porque tiene el principio de sostenimiento de material a base de anclaje e inyección que aquí lo utilizamos como encofrado primario después de la excavación y comunmente lo llamamos Bulonado o Anclaje, por lo cual espero tenga los fines deseados y sea de utilidad este trabajo.

CAPITULO I.- ANTECEDENTES.

I.1.- Datos Generales.

I.2.- Características.

I.1.- DATOS GENERALES.

La construcción de túneles se remonta hasta los tiempos prehistóricos, cuando el hombre primitivo buscaba abrigo y protección contra sus enemigos, excavó cuevas o bien, agrandó algunas existentes.

Recordando que algunos de los túneles mas antiguos es quizá el construido en la Antigua Babilonia hace aproximadamente 4,000 años por la Reina Semiramis, este túnel comunicaba el Palacio Real con el Templo de Júpiter, pasando por abajo del Rio Eufrates teniendo una longitud de 1 kilómetro y sección de 3.6 x 4.5 mts.

El perforar túneles ha progresado a un promedio sorprendentemente rápido en un lapso relativamente corto. Provocado por las urbanizaciones, la industrialización y el crecimiento demográfico.

Las obras de gran magnitud se han ejecutado, gracias a numerosas mejoras introducidas en las técnicas y equipos de perforación. El reemplazo del adomado de madera por soportes arqueados metálicos, tornó mas seguras y rápidas las operaciones en túneles, pero quizá el desarrollo mas espectacular de la década pasada es el equipo mecánico de perforación que permitió perforar galerías de mayor diámetro, mayor longitud y con mas rapidez, fracturando y dando un avance de 3 a 6 mts. lineales por hora en materiales blandos y un poco menor de avance en materiales rocosos.

Pasaron sin embargo muchos años hasta que la técnica de túneles empezó a imponerse en carreteras, los riesgos de este tipo de solución, los elevados costos y las débiles intensidades de tráfico no justificaban obras de tal magnitud. Fué mas adelante, cuando se tomó la solución de adoptar la construcción de túneles al ver la eficiencia e imprescindible necesidad de acortar tiempo y distancias, ocasionando con esto la tendencia de construcción en túneles carreteros, ferroviarios, de obras hidráulicas, minas y del metro, así como de muchos que hay en avanzado proyecto de ejecución.

En México, hay demasiado interés en la construcción de túneles, como era de esperar, gracias a los avances tecnológicos que han reducido costos y tiempo de perforación en un 50%, como son los túneles carreteros, ferroviarios y del metro que tienen un gran auge en la Ciudad de México, del año 1967 a 1982 y que en los inicios de la construcción del último se aplicaron tecnología y métodos tradicionales de cajón a cielo abierto y en la actualidad dicha tecnología y métodos han sufrido grandes avances. Tenemos que en-

14 años nuestro País ha aumentado su interés en la construcción de túneles, contando actualmente con aproximadamente -- 200 Kms. de los mismos, incluyéndose en estos los de aportación y desalajo de agua, minas, etc.

En 1958 el Doctor Karl Terzaghi destacó en cierta oportunidad a tres ciudades afectadas por los problemas de cimentación, enumerando a la Ciudad de México, Shanghai y Calcuta, indicando que México era la ciudad que contaba con mayores problemas.

Los problemas de la Ciudad de México se han complicado, debido a que su población se ha sextuplicado, ya que en 1930 contaba con un millón de habitantes y en la actualidad rebasa los dieciséis millones.

Fue hasta 1967 que en la Ciudad de México se inició la construcción del metro con una red subterránea de 35 kilómetros, de tres líneas que se interceptan al centro de la ciudad. La construcción subterránea fue hecha por (IGA) Ingenieros Civiles Asociados, viéndose con esto que la tecnología fue aportada por Francia, España y los Estados Unidos.

El grado de eficiencia de las operaciones dependen del tamaño y tipo de equipo, de sus métodos de construcción, de la experiencia de sus trabajadores y del Ingeniero residente al mantener un control preciso y oportuno sobre las operaciones.

Con el objeto de lograr buenos resultados el Ingeniero residente, el sobrestante y el sobrestante de la construcción de los túneles deben planear un programa de trabajo que elimine pérdidas de tiempo.

Para un mejor control, se tendrá, que en cada levantamiento dentro del túnel deberá originarse de los puntos principales de control que quedan en el exterior, cada levantamiento se anotará en la libreta de construcción, junto con la fecha, hora, día, brigada y obligaciones de cada uno, así como una bitácora de obra donde sean anotados cambios en el proyecto, personal de ingeniería asignado al túnel, sus deberes del trabajo que realizan, órdenes verbales del Ingeniero residente, supervisores y notas relacionadas al trabajo en el túnel, sin olvidar el control de materiales, equipo y personal que trabajó.

En países de Europa y Sudamérica se ha trabajado en la construcción de túneles y obras subterráneas, donde veremos que la técnica y equipos empleados en los países Europeos es mas moderna en comparación con los Sudamericanos, esto por falta de técnica y equipo, aunque en todo el mundo los problemas siempre han sido las calles estrechas, el volumen de tránsito, crecimiento de ciudades, industrias, centros de trabajo y el descontrolado crecimiento demográfico.

Hé aquí una lista parcial de distintas ciudades que cuentan con modalidades de transporte subterráneo, como: Berlín, Colonia, Essen, Francfort, - Hamburgo, Hannover, Munich, Stuttgart, Londres, París, Budapest, Viena, Bruselas, Moscú, España, Francia, Alemania, Bielefeld, Bremen, Duisburg, Dortmund, Duesseldorf, Nuremberg, Milán, etc.. De estos, en la actualidad no todos están terminados, quedando algunos sólo en proyecto.

La mayoría de los trabajos en los primeros subterráneos fueron ejecutados por excavación a cielo abierto, pero gracias a los estudios, aportaciones económicas, y de los avances técnicos y de maquinaria para la perforación mas moderna y mecanizada, se obtuvieron grandes ventajas.

Existen datos históricos de que un Capitán de nombre Beaumont construyó la primera máquina rotatoria para excavar túneles mecánicamente a fines del siglo pasado, usada con éxito en Inglaterra, posteriormente la División CalWeld de la empresa Smith Industries International, Inc., de California; la BSP Calweld Limited, de la British Steel Piling Co., LTD de Londres, y - así, sucesivamente fueron apareciendo fabricantes en Estados Unidos, Alemania y Japón que producen perforadoras de túneles mecánicas para la venta.

En general, los equipos mecánicos para perforar túneles pueden ser clasificados en: Tipo Rotatorio y Oscilante.

Con esto, vemos los adelantos llevados a cabo referentes a los inicios de la perforación de túneles por medios mecánicos, que a la fecha han tenido cambios de la primera a la última, teniendo en cuenta que continúan haciéndose modificaciones a los mas recientes inventos de máquinas para perforación de túneles.

I.2.- CARACTERÍSTICAS.

Los procedimientos de construcción son muy diversos, debido a que la elección de un método de ejecución se halla relacionado con la geología, la geometría del túnel y la naturaleza del terreno que las rodea. No existe ninguna solución que sirva para todos los casos, ya que cada proyecto requiere una propia acorde a las necesidades de construcción.

Un estudio de los procedimientos mas empleados nos permite ver las semejanzas o modificaciones en otros procedimientos.

Entre los métodos a Cielo Abierto podemos clasificar dos:

-El método Americano, en el que unos cajones de acero de cubierta sencilla ó doble, generalmente de forma circular son construidos en grada ó dique seco, de concreto a flote y sumergidos hasta apoyarse sobre lechos de asiento dispuestos por medio de buzos.

-El Método Europeo, en el que los elementos de túnel prefabricados de concreto armado son colocados sobre cimentaciones provisionales o definitivas, que con frecuencia son lechos de pilotes.

Si se toma en cuenta la aplicación de los métodos anteriores a los aplicados actualmente, tendremos que los métodos técnicos también se desarrollan de un modo especialmente brioso en pos de la obtención de una mayor rentabilidad y seguridad.

El progreso técnico no debe ser solamente atribuido al desarrollo de los métodos de construcción, también debe tenerse en cuenta los nuevos conocimientos sobre la mecánica de rocas, puesto que han suministrado mejores bases para el trazado y dimensionamiento de las obras subterráneas.

Los métodos de construcción vienen determinados por las particularidades de la roca que tiene que ser atravesada, como lo muestra la figura 1. Fueron tomados como base y dieron forma a las excavaciones convencionales que son una combinación de varios métodos y se verán enseguida los diferentes tipos de excavación que reemplazaron en la mayoría de los casos a la excavación a cielo abierto.

Para túneles con una sección mayor, no pudiendo ser excavados en sección entera, se emplea el Método Belga (figura 2). En primer lugar se ensancha la clave superior hacia ambos lados avanzando en franjas (2, 3, 4 y 5) revistiendo la bóveda (6), se excava la parte inferior y para ello se emplean distintos métodos como indica la figura 3, después del concreto de la bóveda se hace saltar el núcleo central (7) a excepción de franjas de roca laterales (8 y 10) que sirven de soporte para la bóveda.

Otro, es el llamado Método Alemán (figura 4), en el cual se hace la excavación de las franjas laterales siguiendo con la clave superior.

De las máquinas fresadoras para la sección entera de túneles, se distinguen:

- Máquinas con cinceles rodantes montados en la cabeza.
- Máquinas con cabezales porta-cuchillos para el sistema de cinceles rodantes.

Con una serie de cinceles encima de la superficie se obtiene un cincelaje continuado, en el sentido de avance, como lo muestra la figura 5.

Según el tipo de roca se puede elegir entre tres clases de cinceles: de botones, dentado o de platillo (figura 6), de cabezales porta-cuchillas que trabaja con cinceles fresadores montados alrededor de discos rotatorios (figura 7), en el sistema de cinceles rodantes las fuerzas actúan en el sentido del avance, en el de cabezales porta-cuchillas las fuerzas actúan en el sentido de rotación.

El principio de construcción con máquinas fresadoras de túneles, es aproximadamente el mismo para todas las máquinas en cuestión.

Grandes diámetros no se perforan solamente en excavación total, sino que también en primer término se abren galerías piloto para dar paso a una o dos máquinas ensanchadoras (figura 8).

El procedimiento de perforado preliminar con galería piloto tiene la ventaja para túneles de gran sección ya que se obtienen resultados de sondeo exactos.

Dentro de datos técnicos tenemos, la potencia propulsora de los motores de cada una de las máquinas se eleva a 600 caballos, la presión de avance es de 680 toneladas, la presión de las prensas laterales se eleva a 1,800 toneladas, el número de revoluciones del frente es de 4 por minuto, manifestándose aquí momentos de rotación de 76 metros, para la ensanchadora pequeña y de 108 metros para la mayor. El número de cinceles en la máquina pequeña es de 30, en la grande de 40.

Una gran ventaja de estos métodos de excavación mecanizada consiste en la construcción del túnel como producción en serie, como se puede ver en la figura 9.

En la figura 10, se muestra el principio simple de la excavación por escudo acoplado a un tubo de acero cilíndrico que aplicado frontalmente contra el terreno mediante prensas realiza el corte de excavación deseado, retirando el material excavado y colocando en la sección excavada un anillo de segmentos de concreto armado contra los cuales las prensas se pueden apoyar de nuevo y así se continúa el mismo proceso.

Entre los datos técnicos tenemos, que cuenta con 28 prensas en siete grupos de cuatro, distribuidas en la periferia del escudo, con una presión de avance de 180 toneladas, que llega a 5,040 toneladas.

Las galerías inclinadas y pozos verticales del Método Alimak de excavación mecanizada, se sirve de dispositivos mecánicos que facilitan la excavación convencional (figura 11).

La excavación se ejecuta conforme al perfil deseado, lo que aumenta la rentabilidad del procedimiento mecanizado y en trazos rectos, se controla la dirección de avance con el rayo laser como guía.

En los rendimientos y costos para la construcción de un túnel de carretera con métodos tradicionales, se tiene en promedio un avance de 6 a 7 metros por día, estas cifras se calculan en base a dos turnos por diez horas cada uno, e incluyen los trabajos de desplazamiento y mantenimiento de máquinas. El avance por escudo es de unos 5 metros diarios en promedio. En ambos casos para el solo avance, las cifras de rendimiento son el doble de las indicadas. Ello significa que el avance en sí exige solamente del 50 al 55% del tiempo empleado.

Únicamente en casos excepcionales se usará el método de congelamiento para arenas inestables saturadas de agua.

Un procedimiento desarrollado en Suiza, denominado (Sistema Bernold), es en principio y en su aplicación asombrosamente simple. El sistema es apropiado para roca, después de la excavación se instalan marcos metálicos de montaje sostenidos uno a otro con distanciadores y encima se colocan chapas acuchilladas, que cumplen una función triple: como protección; como encofrado y como armadura.

Para la carga y extracción de escombros han sido empleadas varios tipos de máquinas muy sofisticadas, de las cuales algunas ya no existen en el mercado por ser obsoletas, entre estas tenemos:

a).- LAS TRAILLAS: compuestas por una cuba rascadora, accionada por tres -- tambores y tres cables: uno de tracción y dos de retorno, que pasan sobre poleas unidas a unas cuñas fijadas en el frente de ataque, como se muestra en la figura 12, esta máquina es usable a la fecha.

b).- LAS PALAS CARGADORAS: reducidas en altura y anchura que con movimiento basculante cargan por el frente y descargan por detrás sobre vagonetas, son accionadas desplazándose sobre rieles o sobre orugas.

Como se muestra en la figura 13, de estas existen dos tipos de palas poco vistas en obra, que cuentan con las características indicadas en la fi

gura 13.

c).- LAS PALAS ORDINARIAS.- para los grandes túneles, dependiendo únicamente del Gálbo, estas palas son eléctricas y de motor diesel como se muestra en la figura 14.

d).- LOS CARGADORES JOY.- para materiales en rocas blandas, ya casi no son vistas en obra, utilizadas en galerías de pequeña altura, desplazándose sobre orugas y compuestas de dos brazos rotativos con movimiento continuo a una bania transportadora como se muestra en la figura 15 .

e).- EL TRANSPORTE POR VIA DE 60.- Puede ser por vagonetas basculantes a mano, con vuelco automático y alrededor de un eje, mostrada en la figura 16 .

f).- LA BANDA TRANSPORTADORA.- Se compone de una correa o cinta sinfin de tejido recubierto de caucho soportado por rodillos fijos sobre una viga rígida para soporte en un extremo, la cinta pasa por un tambor motor que imprime movimiento continuo, ver figura 17 .

Entre los problemas de túneles podemos ver la protección al trabajador, la seguridad que es uno de los renglones mas importantes dentro de las excavaciones subterráneas.

Me limito a mencionar sólo algunas observaciones a considerar. Lo que se comenta de la poca seguridad del personal de obra subterránea, es debido a que cualquier persona se hace llamar especialista u operador de rompedoras, compresores, lanzadores de concreto, máquinas lanzadoras y voladuras de material con explosivos, por el simple hecho de haber realizado este trabajo por algún tiempo sin supervisión alguna, compañías donde no se les hace un exámen de conocimientos y aptitudes, sin tomar en cuenta el peligro que existe si no saben desarrollar la actividad que al cometer algún error, provocarían la muerte no solo de ellos sino del resto del personal que se encuentre trabajando en el mismo lugar.

Para llevar a cabo una obra de túneles es necesario tener definido un proyecto y procedimiento constructivo para así llegar a un buen resultado y seguridad de la obra.

En general, las alternativas de otros túneles y a veces de soluciones aportadas ayudan a seleccionar la mejor, ya que no es fácil, a menos de proceder sistemáticamente con orden, de aquí la necesidad de realizar: 1o.- Un estudio previo que permita obtener una solución y el año óptimo de su puesta en servicio; 2o.- redactar un anteproyecto de la solución recomendada y, 3o.- El proyecto de la obra completa.

El estudio previo de un túnel, debe empezarse con los antecedentes y el planteamiento del problema, las soluciones posibles, la necesidad de ser

vir en el año horizonte, y las zonas a beneficiar del túnel.

El establecimiento de la geometría, el drenaje, las estructuras, los cruces con otros medios de transporte e incluso la estética y los posibles trazados del túnel, así también de un conocimiento real y global de la geología.

Con todos estos elementos debe hacerse un estudio de rentabilidad exponiendo los objetivos que se pretenden alcanzar, el método a seguir, su sentido económico y sus límites. La evaluación de la inversión y las ventajas directas e indirectas.

Finalmente, el estudio previo debe contener una programación de la obra con especial atención al túnel, ya que una vez adoptada una decisión, entramos a la redacción del anteproyecto del túnel.

El primer paso es la preparación de un plano geológico, las posibilidades de encontrar agua, datos sobre la estructura del terreno, dificultades en la correcta elección del trazo y la adecuada sección por perforar.

Una vez justificado el proyecto se iniciarán los trabajos preliminares como inicio de la obra.-

a) Estudios.

1.- Estudios Geológicos.- Estos deben hacerse bajo la dirección de especialistas, los que pueden levantar un plano geológico del terreno, estudiando los accidentes geológicos, como fallas, zonas de dislocación, afloramiento de aguas subterráneas, ya que un buen estudio geológico es a veces suficiente para rechazar, corregir o deshechar un trazo.

2.- Sondeos.- Se precisa de las capas que se atraviesan.

3.- Túneles de reconocimiento.- Que ayudan a preveer la velocidad del avance en la excavación.

b) Trazo y Perfil Longitudinal.

El trazo puede ser rectilíneo o compuesto de rectas y curvas, el perfil longitudinal depende del túnel y de la configuración del terreno.

c) Perfil Transversal.-

Existe una gran variedad de perfiles transversales, y estos se trazan en función de la finalidad que se persigue con la obra.

La construcción del túnel es siempre un problema complejo que exige una metodología cuidadosa del siguiente contenido:

1.- Un estudio Geológico bien hecho.

2.- Una clasificación convencional de las calidades mecánicas de los terrenos a excavar y revestir.

3.- El análisis mecánico del trazado de la obra subterránea.

4.- La tipificación de los procesos de avance y consolidación.

- 5.- Los sistemas constructivos en las labores de excavación.
- 6.- Los sistemas constructivos en la ejecución del revestimiento.
- 7.- La evaluación de los tiempos en los ciclos generales de avance.
- 8.- La evaluación de los costos en función de los terrenos atravesados.
- 9.- Eventualmente el estudio de la construcción de pozos de ventilación.
- 10.- El programa de construcción.

Derivando ahora hacia la construcción de los túneles, que es el más extenso de la materia, recordaremos y prevengamos acerca de la imposibilidad de hacer otra cosa, cuya profundización corresponde a ejecutores experimentados, mucho más que a uno con poca experiencia. Por otra parte, la rápida evolución de los métodos de trabajo y de maquinaria difícil de seguir, más sitúa al Ingeniero poco experimentado en el plano de discípulo y de aprendiz que de pedagogo, ante cuyos dichos habrían de sonreír con motivo muchos de los que oyen y oyeron.

A continuación trataremos la forma y selección del revestimiento de los túneles que de acuerdo a los estudios y clasificaciones se consideran los siguientes tipos de revestimiento de túnel:

- a).- Túneles con revestimiento normal de concreto.
- b).- Túneles con revestimiento de 1a. fase de concreto lanzado y sucesivo - revestimiento de 2a. fase de concreto.
- c).- Túneles artificiales.

Siempre debe tenerse una comprobación de que el revestimiento fué bien realizado, que no existan huecos o espacios mal revestidos que pueden provocar serios problemas, para esto se realiza una rápida inyección de relleno con cemento.

Los revestimientos se dividen en cuatro tipos dependiendo del espesor de clave en la base.

Cada tipo de revestimiento irá en función de la carga existente en la bóveda y los empujes laterales en las paredes del revestimiento, de acuerdo a la clasificación de Terzaghi (fig. 18), válida para túneles de profundidades medias, tendremos:

- TIPO A.- Para terrenos hasta la clase II de Terzaghi, roca dura estratificada.
- TIPO B.- Para terreno hasta la clase IV de Terzaghi, roca fragmentada en bloques con discontinuidad orientada, comparable con una arena gruesa sin cohesión.
- TIPO C.- Para terreno hasta la clase VI de Terzaghi, roca completamente fracturada hasta las arenas sueltas.

TIPO D.- Para los terrenos hasta la clase VII de Terzaghi, terreno arcilloso no hinchable pero que dan empujes.

En los cuatro tipos antes mencionados es necesario estar preparados, para el caso de encontrarse en la base del túnel material arcilloso demasiado húmedo y requerir del arco inferior, para evitar elevadas transmisiones de carga sobre el terreno y empujes laterales.

La existencia de dudas en el concreto lanzado, puede deberse a la humedad de los agregados, que puede iniciar el fraguado antes de tiempo, y que la cantidad de agua está regulada por el operador en forma manual quedando un poco inciertas técnicamente su aplicación, la presencia del concreto lanzado en zonas de terreno flojo o no compacto, debido al rebote del material y desmorone del mismo queda poco compacto el concreto lanzado.

Hay que hacer la aclaración que también en otros procedimientos y métodos constructivos, el revestimiento es a base de espesores bastante grandes de concreto lanzado, como es el caso de los túneles artificiales y anclajes perimetrales, también llamados por su nombre de acuerdo al método como son: El método Austriaco y casquete de anclaje.

Con todo lo comentado anteriormente se trató de ver a los diferentes procedimientos de construcción, revestimiento y pasos a seguir, desde los estudios de suelo, proyecto, definición de éste, método a utilizar, proceso de excavación, construcción y revestimiento de túneles, esperando dejar lo más explícito posible este capítulo desde sus inicios hasta sus últimos avances en casi todos sus aspectos.

Por último, hago una breve indicación en que el Ingeniero y el constructor no llevan las memorias de las incidencias de obra y cada uno recoge para sí su propia experiencia y priva de ella a sus compañeros y sucesores, que vuelven irremediamente a topar con los mismos problemas.

Y no es el atribuir la guarda del secreto profesional, hay cada día menos secretos y tratemos de no dar importancia a soluciones individuales de emergencia, si se divulga de palabra y en un pequeño grupo de compañeros y no se escribe, sólo estarán privando de las experiencias de obra subterránea a más compañeros.

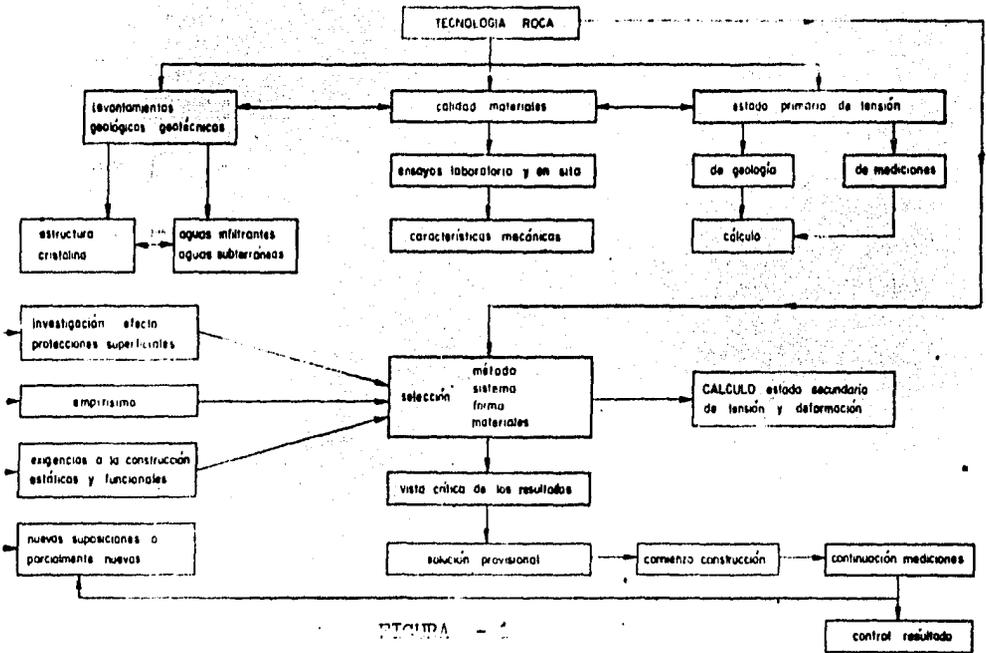
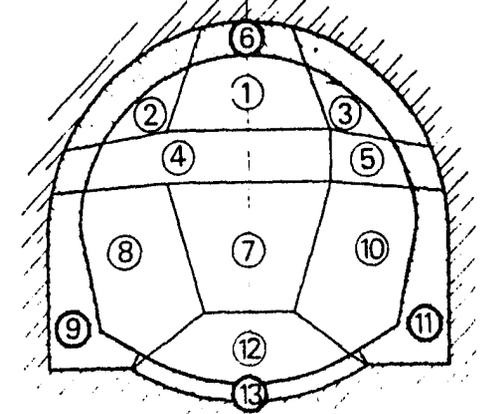


FIGURA - 1

— Diagrama de las relaciones entre investigaciones preliminares, proyecto y ejecución de obras subterráneas.

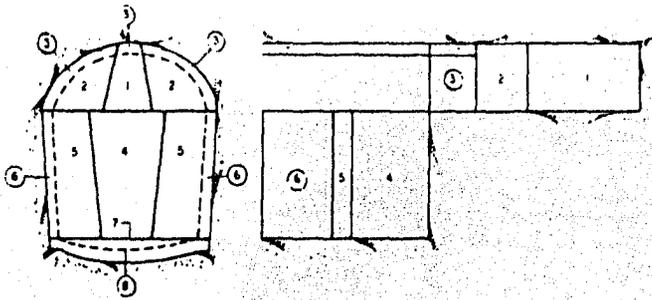
método "belga"



○ excavacion ○ revestimiento

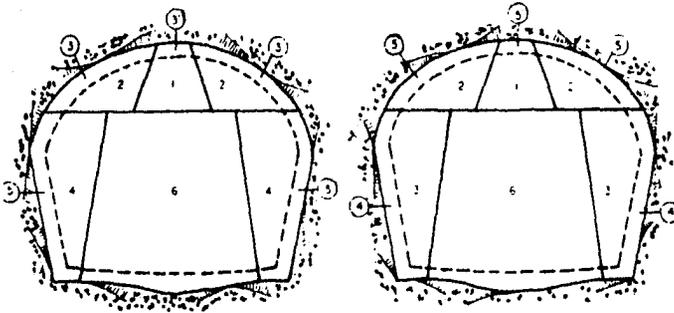
— Excavaciones parciales según el «método belga» (las proporciones no corresponden en su tamaño a la realidad).

FIGURA - 2



METODO DE LA GALERIA DE CORONACION EN BUEN TERRENO

1. Galería de Coronación 2. Excavación de la Bóveda 3. Bóveda
4. Destraza 5. Zona de los Muros 6. Muros 7y8. Sotero (Eventualmente)



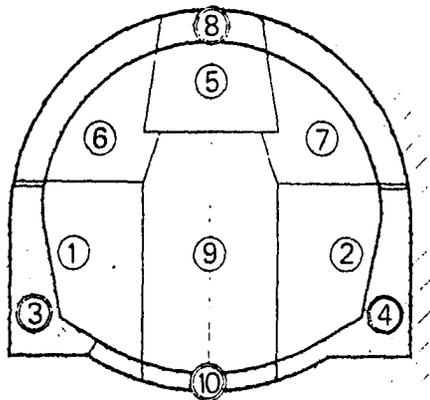
METODO DE LA GALERIA DE CLAVE EN MAL TERRENO (1a VARIANTE)

METODO DE LA GALERIA DE CLAVE EN MAL TERRENO (2a VARIANTE)

1. Galería de Clave 2. Ensenchas de la Bóveda 3y3' Bóveda 4. Excavación de los Muros 5. Muros 6. Destraza y Sotero (eventualmente)

1. Galería de Clave 2. Excavaciones de la Bóveda 3. Excavación de los Muros 4. Muros 5y5' Bóveda 6. Destraza y Sotero (eventualmente)

método "alemán"



- excavación ○ revestimiento

— Excavaciones parciales según el «método alemán» (las proporciones no corresponden en su tamaño a la realidad).

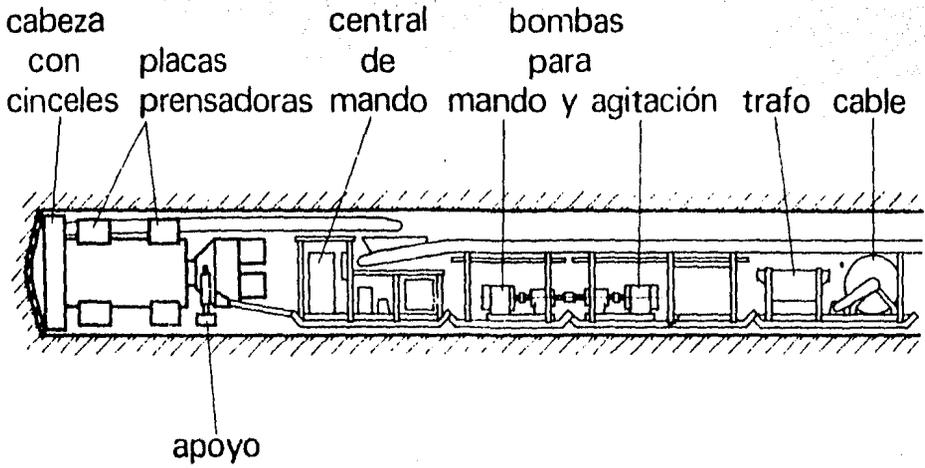


FIGURA 5.- Esquema de excavación mecanizada.

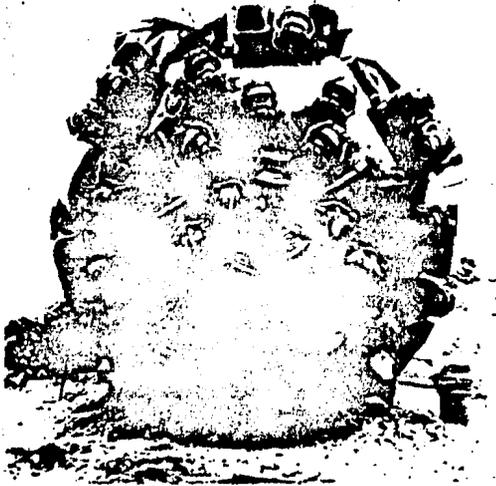


FIGURA 6.- Cabeza de una máquina excavadora con cinceles rodantes.

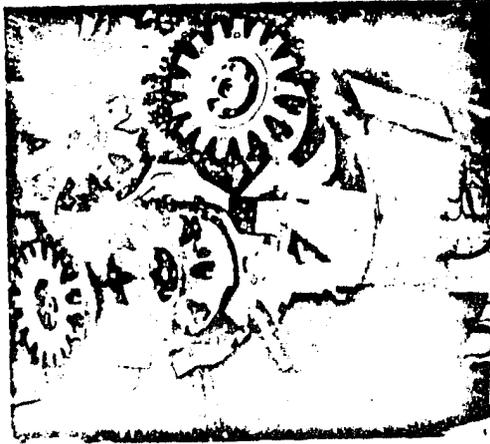
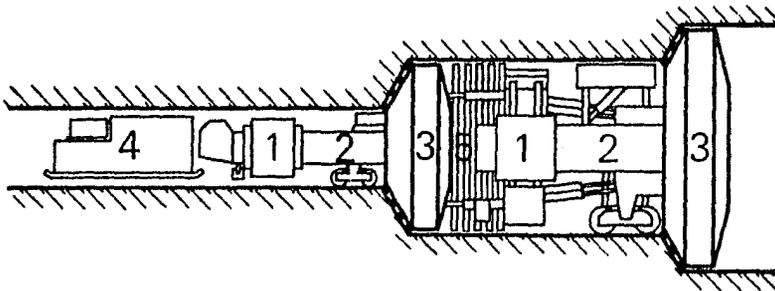


FIGURA 7.- Cabeza de una máquina fresadora con 4 portacuchillas.

galería piloto ya excavada 1^{era} ampliación 2^a ampliación



- | | | | |
|---|---------------------|---|----------------------------------|
| 1 | placas prensadoras | 4 | central de manejo y de agitación |
| 2 | cilindro de guía | 5 | entibación prov. eventual |
| 3 | cabeza con cinceles | | |

FIGURA 8.- Esquema de la perforación tele scópica con dos máquinas ensanchadoras.

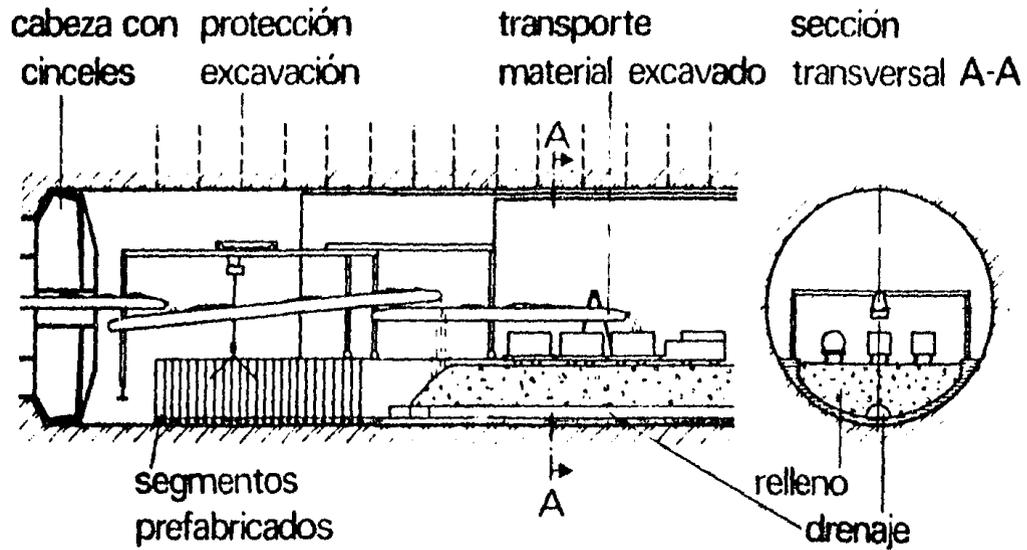


FIGURA 9.- Ritmo de trabajo siguientes a la excavación mecanizada.

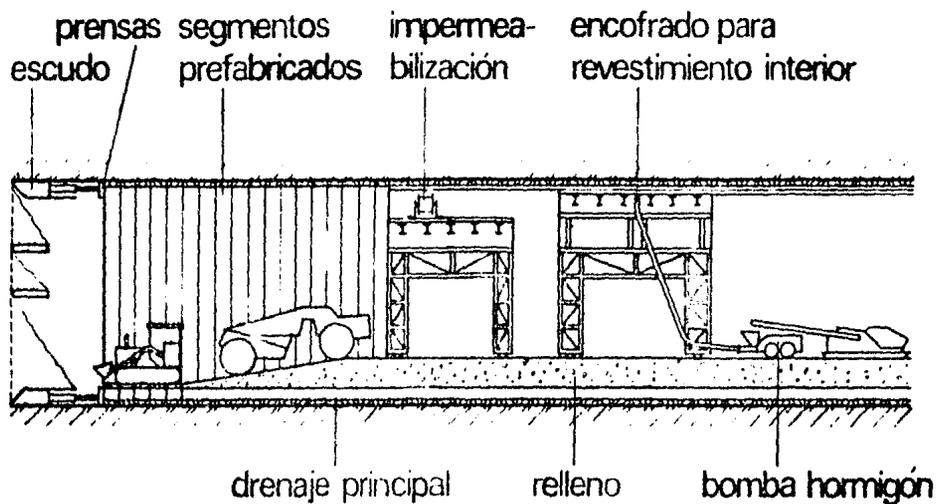


FIGURA 10.- Esquema de excavación de un túnel por escudo.

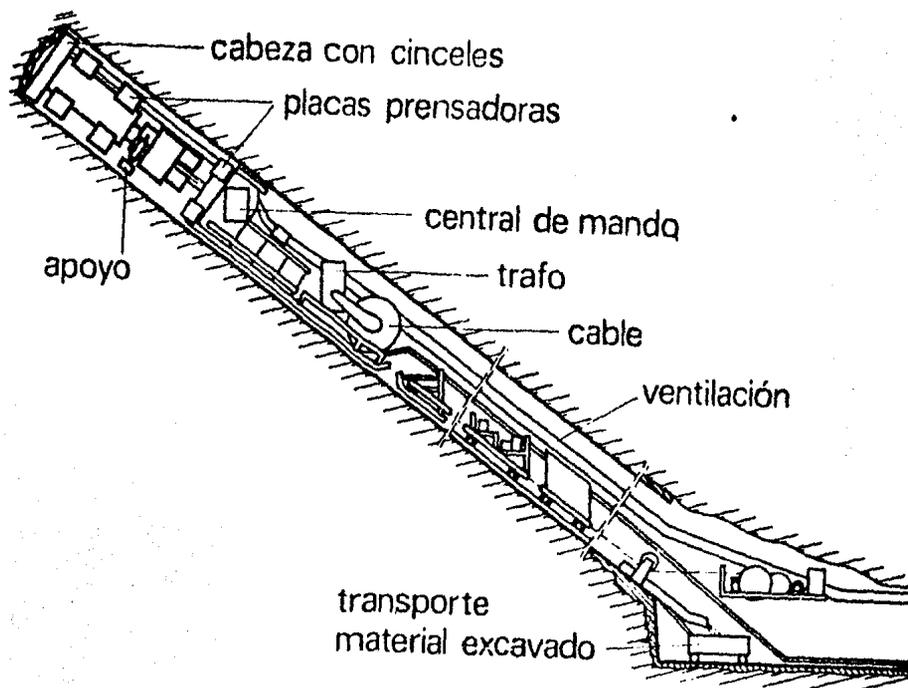


FIGURA 11.- Esquemas de excavación mecanizada en galería inclinadas.

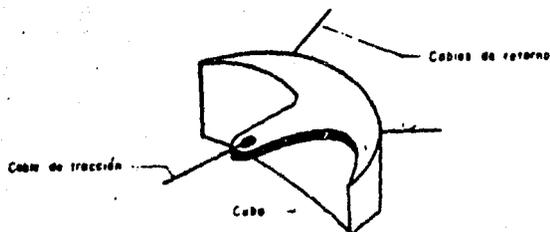
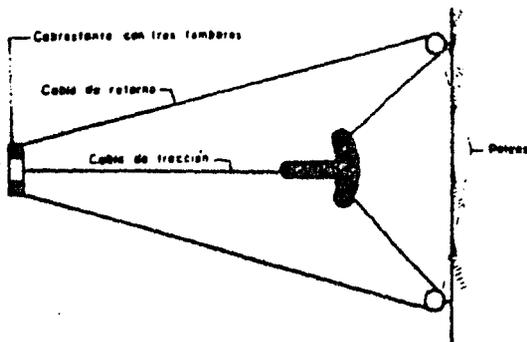
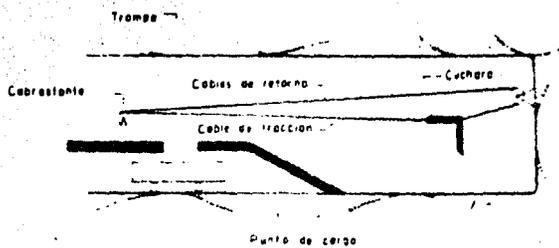
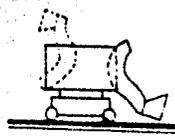
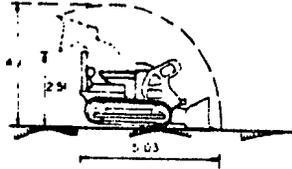


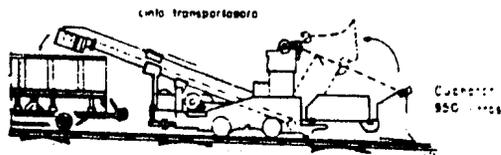
FIGURA - 12



Pala Ligera EIMCO 2.



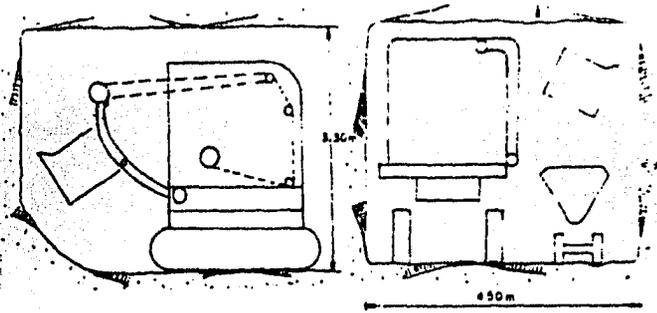
Pala Pesada EIMCO 105



Pala CONWAY 100-1

TIPO	CLASE	Capacidad del conglón (t)	Longitud con el brazo bajado (m)	ANCHURA (m)	Altura Necesaria (m)	PESO (Kg)	Rendimiento horario medido con materiales sueltos (m ³)
EIMCO	12 B Ligera	120-190	1.88	0.71	2.11	1905	8 a 20
	21 Ligera	260-300	2.06-2.14	0.85	2.16-2.39	3356	15 a 20
	40 Pesada	450	6.31	1.83	2.39	7176	35 a 40
	105 Pesada	1140	5.03	2.34	4.115	15700	80 a 100
CONWAY	75 Pesada	575	11.25	2.20	3.90	18000	40 a 50
	100-1 Pesada	950	11.50	2.20	4.15	23000	130 a 150

FIGURA 13



PALA PARA TUNELES CON GALIBO MUY BAJO

FIGURA - 14

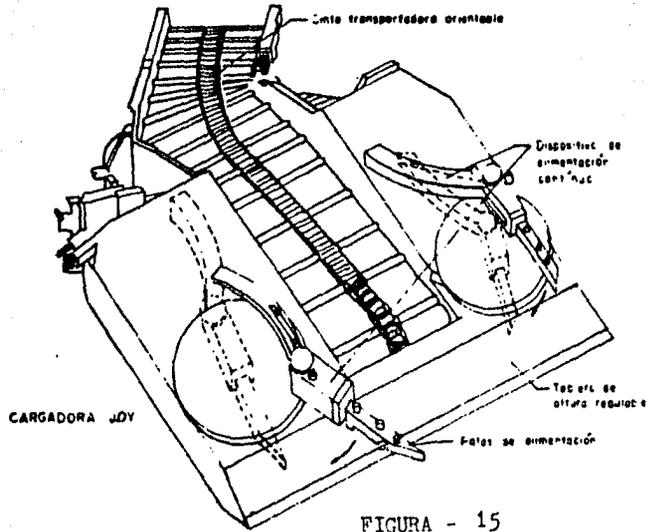
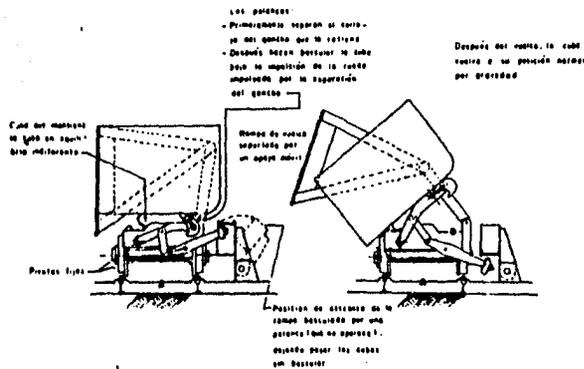
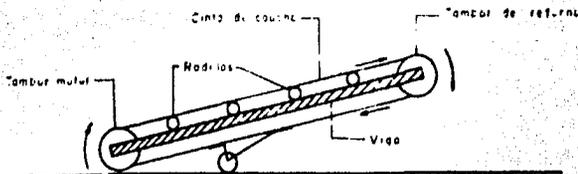


FIGURA - 15

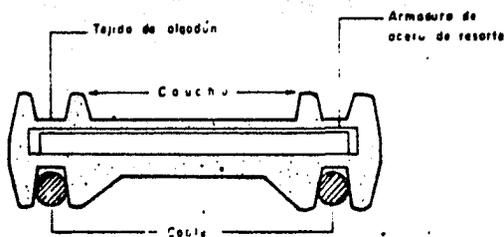


VISION DE VUELO LATERAL AUTOMÁTICO (ver de fin al texto)

FIGURA 16



CINTA TRANSPORTADORA DE TRAMO SIMPLE



SECCION TRANSVERSAL DE LA CORREA

FIGURA - 17

Estimación de la carga de terreno sobre una entibación según Terzaghi (1946)

Tipo de roca	Carga de roca $H_r(m)$	RQD	C. L.*
1. Sana y competente	0	100	A
2. Sana, estratificada o esquistosa	0 a 0,5 B	≥ 30	A
3. Masiva, algo fracturada	0 a 0,25 B	100	B
4. Fracturada en bloques y lascas	(0,25 a 0,35) (B + H)	80	C
5. Muy fracturada	(0,35 a 1,10) (B + H)	50	D
6. Disgregada pero no alterada	1,10 (B + H)	20	E
7. Fluyente plasticamente (profundidad moderada)	(1,10 a 2,10) (B + H)	—	F
8. Id. a gran profundidad	(2,10 a 4,50) (B + H)	—	G

B = ancho del túnel
H = altura del túnel

En los casos 4 a 7 pueden reducirse las cargas al 50% por encima del nivel freático

* C. L. = Clasificación de Lauffer (1958) (Correspondencia aproximada)

FIGURA - 18

CAPITULO II.- LOCALIZACION Y ESTUDIO PRELIMINAR.

II.1.- LOCALIZACION.

II.2.- ESTUDIOS PRELIMINARES.

II.3.- DATOS TOPOGRAFICOS DE PROYECTO.

II.4.- ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS.

II.1.- LOCALIZACION.

En este capítulo se verá la localización, estudios preliminares, datos generales de topografía y mecánica de suelos de la obra que nos ocupa este trabajo.

Como primer punto está la ejecución de esta obra, así como su ubicación y necesidades.

La obra se encuentra ubicada a la altura del kilómetro 16 de la carretera México-Toluca, teniendo al sur la zona de minas y tiradero conocida como Santa Fé, al oriente la zona conocida como Cuajimalpa, al poniente la zona de Tacubaya y al norte con la zona de Lomas de Vista Hermosa.

Como vemos, la ubicación de esta obra tiene la importancia de ligar a Lomas de Vista Hermosa con la zona Santa Fé, donde se realizan los trabajos de vialidad de la prolongación Avenida Reforma con Cuajimalpa, en este proyecto se tiene el ubicar a la Universidad Iberoamericana, así como dos centros, uno comercial y otro industrial, donde habrá gran movimiento de personas y vehículos, también se cuenta en el proyecto con varias zonas residenciales.

Otro de los aspectos es brindar accesos necesarios a la mina de Santa Fé, a Santa Lucía y Cuajimalpa, que se tiene el acceso por una de las carreteras más peligrosas de acuerdo a su índice de accidentes, como es la carretera México-Toluca.

Su ubicación está en un punto clave que tiene la necesidad de comunicar varias zonas de acuerdo a los estudios realizados, tomando en cuenta la oferta y la demanda, así del estudio detallado de un anteproyecto, que dio como resultado y conclusión la realización de estos túneles carreteros.

Estos estudios fueron realizados considerando que en Lomas de Vista Hermosa existen dos colegios particulares, la zona residencial de Lomas de Vista Hermosa, centros comerciales, restaurantes, vía de comunicación con Cuajimalpa y Bosques de las Lomas, que a su vez cuentan con grandes centros comerciales y acceso de importantes avenidas, la Delegación, mercados, escuelas, hospitales y gran afluencia de vehículos particulares, colectivos, de carga y autobuses urbanos, mismos que circulan en ambas zonas y tienen que hacer uso de carretera.

Por otra parte, del lado sur se tienen las minas de arena, tiraderos de basura y los accesos de Tacubaya, Constituyentes, Reforma, Cuajimalpa y carretera México-Toluca. De aquí se tiene afluencia de vehículos pesados de

carga en un 60% y vehículos particulares, colectivos y transporte urbano en un 40%. Todo esto considerando a la Prolongación Reforma con liga a Guajimalpa.

Otro de los puntos primordiales es, el volumen de vehículos particulares que se verá incrementado al cumplirse el proyecto de la zona comercial e industrial así como el de zonas residenciales y escolares.

Todo esto obligó a comunicar las zonas antes mencionadas, logrando acortar distancias, crear mas centros de trabajo, sociales, culturales, recreativos y la disminución de accidentes, por lo cual el Departamento del Distrito Federal y la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas indicó que con un gasto grande a realizar en obra civil de estos túneles, mayor y mejor economía se obtendrá de esto.

En los estudios a realizar se tiene como primer punto la demanda y necesidades de las zonas a comunicar, los estudios preliminares de la zona, recorridos en campo, fotos aéreas y reconocimiento de accesos a obra para la llegada de materiales, equipo, personal y posibilidades de iniciar la obra.

Entre otros estudios debe contarse con planos de curvas topográficas, datos de precipitación, intensidad y fecha de estas. Como también levantamientos topográficos en campo, realización de planos topográficos, necesidades, tipo de maquinaria, personal a solicitar, tiempo requerido para la obra y el tiempo en que es solicitada su entrega, siendo esto primordial en todos aspectos de cualquier obra de esta magnitud.

Con lo antes indicado se muestra la ubicación de la obra, el porqué será realizada y todos los estudios necesarios a realizar para su aprobación e inicio, tomando en cuenta la remodelación de las zonas que serán comunicadas (figura 19).

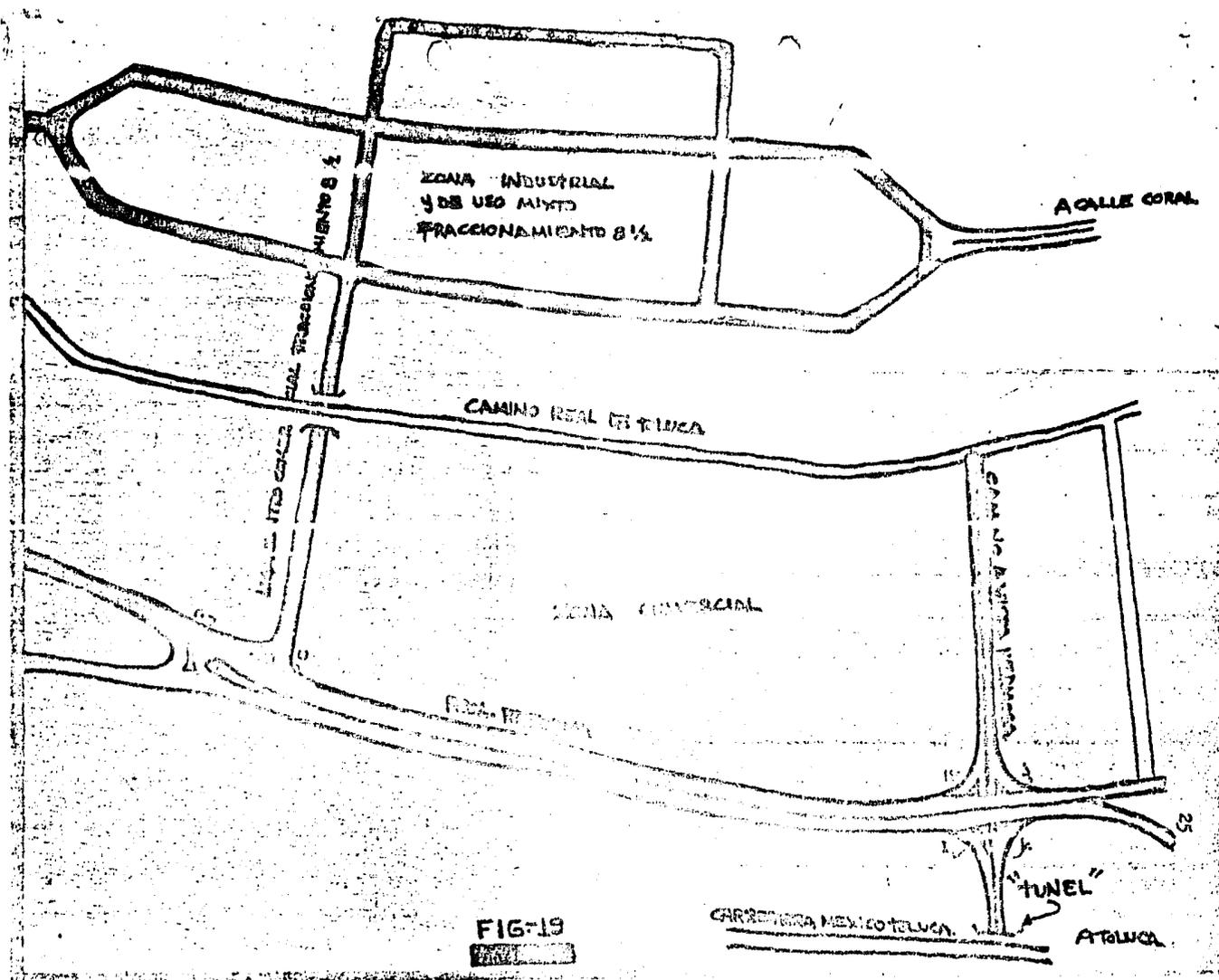


FIG-19

CARRETERA MEXICO-TELUCA

ATELUCA

II.2.- ESTUDIOS PRELIMINARES.

En este punto veremos los estudios preliminares realizados para esta obra a la que se hace referencia.

En primer lugar, se realizó la localización de la obra por medio de la fotogrametría, localizando el sitio donde será realizada la obra y las zonas aledañas con las cuales se cuenta.

Se realizó un recorrido en campo para localizar los accesos y posibles caminos de llegada a la obra.

Continuando con las consideraciones preliminares referente a los problemas geotécnicos que podrá plantear la construcción de los túneles de Vista Hermosa que se construyen como parte del proyecto Santa Fé.

Los túneles tienen una longitud de 100 metros y un diámetro de 13 mts. de ancho, cruzan una loma escarpada localizada sobre dos barrancos profundos, el techo del túnel se encuentra a 30 metros bajo la carretera.

El sitio se localiza en las faldas de la serranía de las cruces, de una zona de depósito de pie de monte-típico de los que se encuentran al poniente de la Ciudad de México.

Dentro de estos depósitos de origen tanto volcánico como aluvial, la erosión diferencial ha creado grandes barrancos delimitadas por lomas de materiales menos erosionables.

Los materiales constitutivos de estas lomas son limos arenosos compactos con alto contenido de grava o tobas pumíticas bien cementadas. En los cortes existentes en la zona del túnel se pueden apreciar ambos tipos de materiales, en particular es notable la presencia de bolsas de materiales granulares gruesos dentro de la matriz general mas fina y cohesiva como la muestra la verticalidad de los cortes.

En forma general, los materiales mencionados pueden considerarse dentro de la clasificación de mecánica de suelos como suelos granulares cohesivos, estos suelos se caracterizan por su comportamiento frágil a la falla, la cual se presenta generalmente a lo largo de planos de debilidad preestablecidos tales como juntas o fisuras antiguas.

Estos túneles bien ejecutados en este tipo de materiales dan lugar a los asentamientos insignificantes en la superficie. Los materiales necesitan la aplicación de un revestimiento provisional tan pronto como sea posible después de la excavación para evitar derrumbes. Resumiendo, su cohesión per

mite la construcción de este revestimiento en condiciones adecuadas.

No se puede descartar, sin embargo, la existencia de bolsas de material granular común para cohesión que requieren tratamiento previo a la excavación (inyecciones o estabilización por otros métodos).

Por la elevación a la que se encontrará el túnel arriba del fondo de los barrancos vecinos, se presume que la excavación se podrá realizar en su totalidad arriba del fondo freático, lo que evitará problemas de tubificación y/o de estabilidad ocasionados por el agua, sin embargo es de esperarse que el contenido de agua de los materiales de la zona central sea senciblemente mayor que el de los observados en los extremos con la reducción correspondiente en la resistencia.

Para una mejor evaluación del problema, fué necesario realizar exploraciones geotécnicas que consistieron en lo siguiente:

1.- Reconocimiento Geológico Detallado.

Se hizo un levantamiento geológico superficial detallado de la zona de construcción incluyendo clasificación de los materiales aparentes, definición de estructuras geológicas, detección de discontinuidades (fallas o grietas) que pudieran afectar la obra. Se prestó especial atención a las condiciones existentes cerca de los portales del túnel. Este reconocimiento podrá apoyarse en geofísica y topografía.

2.- Muestreo inalterado en zonas de portales.

Después de limpiar las zonas de entrada de los túneles, de los materiales sueltos y alterados que les recubren, se tomaron dos muestras cúbicas representativas de los materiales típicos encontrados en cada entrada (4 muestras en total). Las pruebas de laboratorio realizadas en estas muestras fueron principalmente de clasificación mediante pruebas índice, granulometría y/o límites de consistencia y determinación de la resistencia mediante dos pruebas de compresión no confinada, una prueba no consolidada-no drenada y por muestra súbita.

Dos sondeos horizontales coincidentes con el ir de los túneles en ambos extremos del mismo, procurando abarcar la realidad de la longitud del mismo con recuperación de núcleo para clasificación de los materiales y evaluación de sus condiciones en el lugar (cohesión, fracturación), el problema técnico mas recomendado consistió en recuperar muestras, evitar laboriosos movimientos, una barra de perforaciones de referencia, el muestreo se realizó con un diámetro de 2.5 cms.. Se efectuó un sondeo vertical en la parte central de los túneles, desde la cima de la loma con objeto de identificar

perfectamente los materiales del techo de túneles. Este sondeo se llevó hasta 10 mts. abajo del piso de túneles, al igual que en los sondeos horizontales - se tuvieron núcleos en forma continua a lo largo de todo el sondeo.

Para la construcción de los túneles de este tipo, el método tradicional consiste en excavar tramos cortos frecuentemente con la protección de un escudo y colocar un revestimiento provisional (ademes metálicos), dovelas prefabricadas aplicadas a presión contra el terreno, etc., posteriormente se colocará un revestimiento definitivo rígido.

Recientemente se ha generalizado en Europa el método llamado "Nuevo Método Austríaco", que consiste en sustituir el revestimiento provisional tradicional por un refuerzo del terreno circundante con anclas y un revestimiento a base de concreto lanzado reforzado con una malla electrosoldada.

En algunos casos el espesor de concreto lanzado es suficiente para que no se considere necesario el revestimiento definitivo.

Vemos que la geotécnica es una de las claves del proyecto ya que fué necesario actuar sobre el campo más reducido de la solución óptima, en cambio - la exactitud acerca de la estabilidad mecánica de las rocas a perforar es -- obligada. La campaña de sondeos y de obtención de testigos, se realizó con -- ensayos de laboratorio que dieron resultado en el momento preciso.

De acuerdo a los estudios geológicos se tuvo conocimiento, de los terrenos a atravesar en la línea del trazo, encontrándose más terrenos diaclasados o muy fracturados, así como fracciones esquistosas esceptibles de engendrar - fuertes presiones, la forma de la sección que mejor se adapta a tal dificultad, y a la heterogeneidad, y a las presiones geotécnicas, es casi circular. Una buena solución fué proyectar una bóveda clásica de tres centros que a la vez de una cierta garantía para sostener la roca y permite un concreto simple y uniforme a todo lo largo de la obra, lo cual es muy importante.

Considerando dentro de los estudios preliminares a la localización de - la obra, se realizaron los planos correspondientes a las curvas de nivel, --- altimetría y croquis de localización con sus respectivos accesos. Todo esto en base a las fotos aéreas y localización de puntos de campo para formar una poligonal de referencia.

Conforme a lo iniciado antes, se dá una mejor explicación en el siguiente punto.

II.3.- DATOS TOPOGRAFICOS DE PROYECTO.

Aquí tenemos el problema que nos presenta esta obra de túneles, a la cual nos referimos, que es el paso de una cordillera sobre la que se encuentra la carretera México-Toluca, y viendo esta situación nos encontramos a treinta metros abajo de la misma, lo que causa un pequeño problema para obtener los datos topográficos.

Lo importante para el trazo es buscar la distancia mas corta, encajarlo en las curvas de entrada y crear terraplenes en los accesos para aprovechar la excavación y llevarla en terraplén, sin cunetas, para evacuar bien la zona.

La cartografía debe realizarse de forma clara, fué necesario un vuelo a la altura adecuada y su restitución para obtener planos a escala 1/1,000 y mayores. Antes del vuelo deben construirse sobre el terreno los puntos de apoyo necesarios para que sean recogidos por los fotogramas y puedan ser objeto de una poligonal, con telurómetro si es necesario, y una nivelación de precisión. Así controlados y calculados estos puntos de apoyo sirvieron para encontrar la X, Y, Z de los puntos de apoyo de cada par.

Una vez adoptada una decisión entramos en una nueva fase, la redacción del anteproyecto del túnel y sus accesos. El anteproyecto es un desarrollo en profundidad de la solución aprobada, con el fin de detectar especialmente aquellos aspectos cuyo grado de incertidumbre mas pueden influir en su viabilidad técnica y económica.

Al ampliar la escala de la cartografía y trabajar con planos entre 1/1,500 y 1/2,000, ocurre que la solución recomendada en el estudio previo se desdobra a su vez en varias posibles, relativamente próximas, que deben ser analizadas comparativamente para espigar la óptima. Evidentemente, el anteproyecto requiere, en primer lugar, una puesta al día de los estudios del transporte previsible por el túnel. En segundo lugar, un estudio geológico y geotécnico mas avanzado, apoyado en sondeos, reconocimientos geofísicos y ensayos de laboratorio.

Continuando con los trabajos de campo, para poder obtener los primeros datos, se tuvieron que marcar los puntos de referencia que para ser localizados se realizó el desmonte y despalle de la zona dejando limpio el terreno y marcando con mojeneras el eje de ambos túneles respecto a los portales en ambos lados y referenciando los puntos al eje de la Prolongación Reforma.

Quedando así localizados los puntos bases para la obtención de las elevaciones y cotas de referencia que a continuación son calculadas. Tomando como punto de referencia para la triangulación y poligonal los puntos en portales, carretera y Prolongación Reforma.

Enseguida indico con datos de campo y de acuerdo a los datos anotados en la libreta de tránsito cómo se realizó por triangulación la ubicación de los puntos como se muestra en las figuras 20, 21 y 22, muestro planos de fotogrametría, altimetría y localización.

Estos datos fueron obtenidos de acuerdo a especificaciones de SAHOP y D.D.F.

Cálculo de distancia por triangulación: (teniendo como referencia los ejes de los túneles y vialidad de Prolongación Reforma).

PRIMER TUNEL:

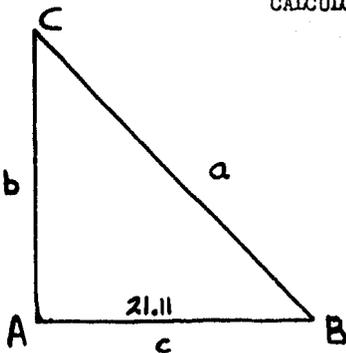
REGISTRO:

Est.		P.V.			
0+000	--	B	--	0°00'00"	
		C	--	90°00'00"	-- 180°00'00"
0+000	--	B	--	0°00' "	
		A	--	90°00'00"	-- 180°00'00"
A	--	B	--	0°00'00"	
		C	--	75°49'24"	-- 150°49'24"
C	--	A	--	0°00'00"	
		B	--	75°30'00"	-- 151°00'00"

$$A \quad \overline{0+000} = 21.245$$

$$C \quad \overline{0+000} = 21.11$$

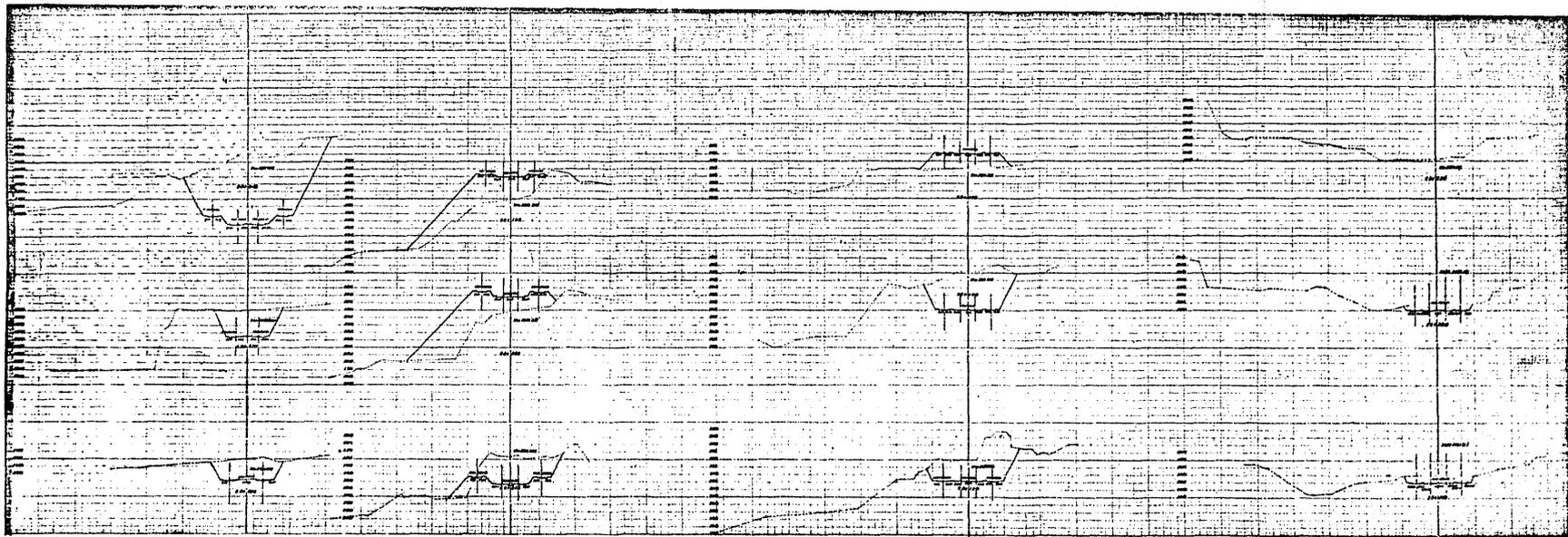
CALCULO

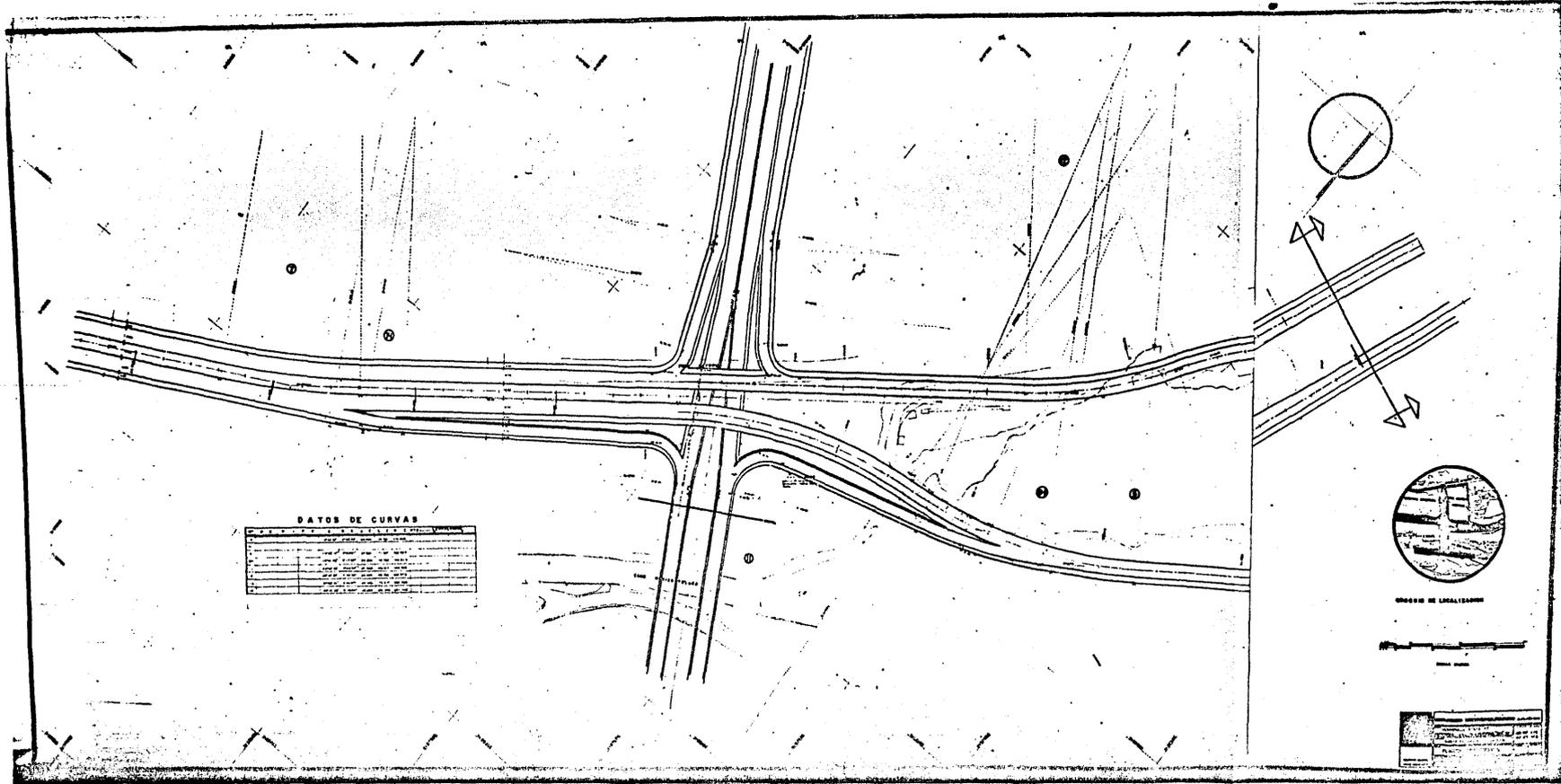


$$b = \left(\frac{c}{\text{Sen}(180 - (A - B))} \right) \text{Sen } B$$

$$\frac{21.11}{0.25038} \times 0.9681476 = 81.626$$







DATOS DE CURVAS

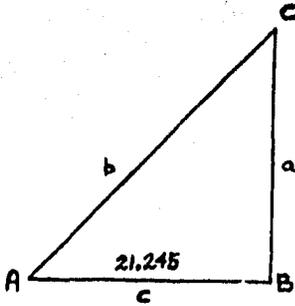
STACION	ANGULO	RADIO	LONGITUD	ORDEN
1+00	90°	100	100	1
1+50	90°	100	100	2
2+00	90°	100	100	3
2+50	90°	100	100	4
3+00	90°	100	100	5
3+50	90°	100	100	6
4+00	90°	100	100	7
4+50	90°	100	100	8
5+00	90°	100	100	9
5+50	90°	100	100	10
6+00	90°	100	100	11
6+50	90°	100	100	12
7+00	90°	100	100	13
7+50	90°	100	100	14
8+00	90°	100	100	15
8+50	90°	100	100	16
9+00	90°	100	100	17
9+50	90°	100	100	18
10+00	90°	100	100	19
10+50	90°	100	100	20
11+00	90°	100	100	21
11+50	90°	100	100	22
12+00	90°	100	100	23
12+50	90°	100	100	24
13+00	90°	100	100	25
13+50	90°	100	100	26
14+00	90°	100	100	27
14+50	90°	100	100	28
15+00	90°	100	100	29
15+50	90°	100	100	30



ORDEN DE LOCALIDADES



1	100
2	100
3	100
4	100
5	100
6	100
7	100
8	100
9	100
10	100
11	100
12	100
13	100
14	100
15	100
16	100
17	100
18	100
19	100
20	100
21	100
22	100
23	100
24	100
25	100
26	100
27	100
28	100
29	100
30	100

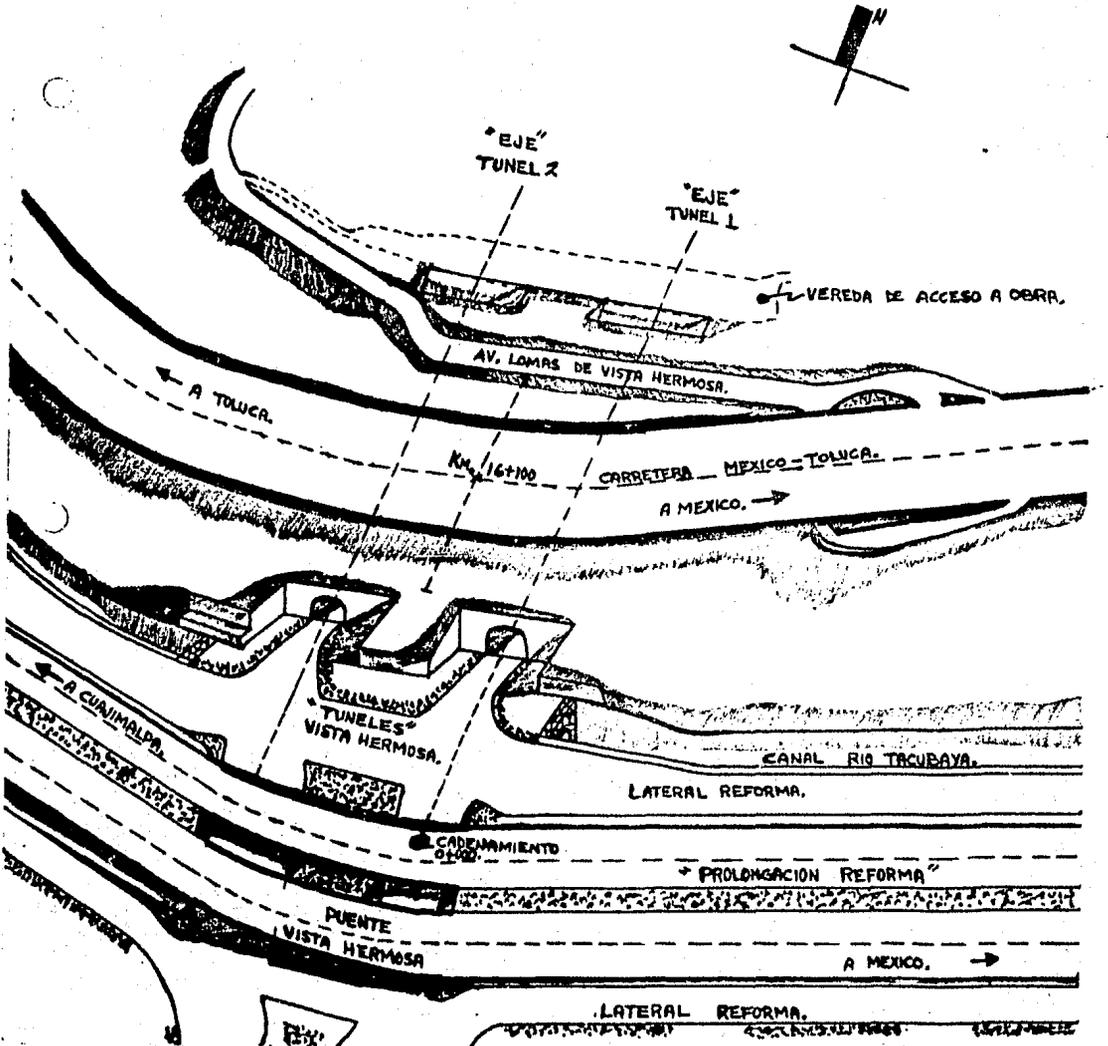


$$a = \left(\frac{b}{\sin(110 - (A - \theta))} \right) \sin A$$

$$\frac{21,245}{0,2519723} \times 0,9677605 = 81,628$$

∴ En Promedio = 81,627

Se muestra en seguida la planta de ubicación correspondiente a los túneles.
Figura 23 en planta:



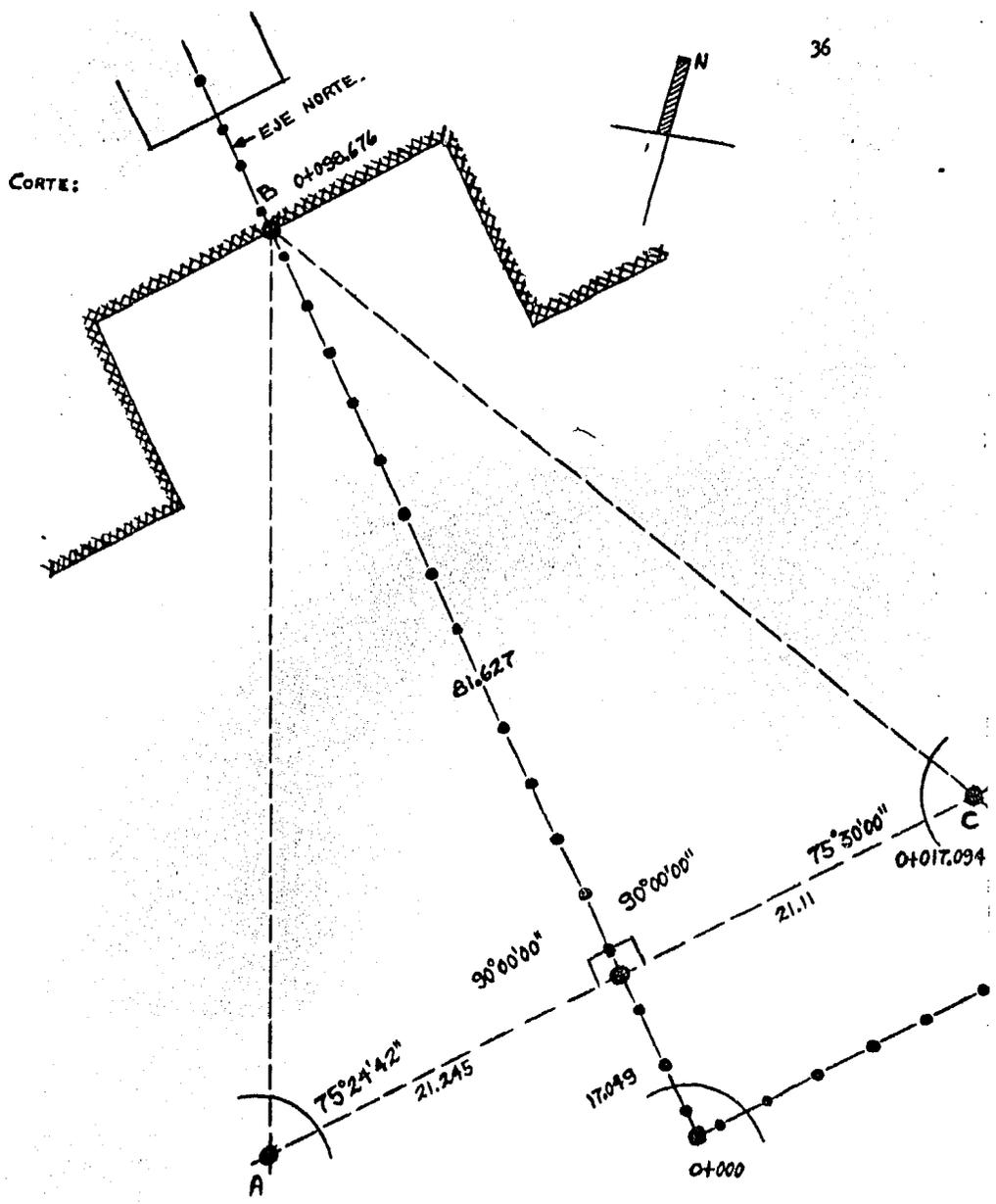
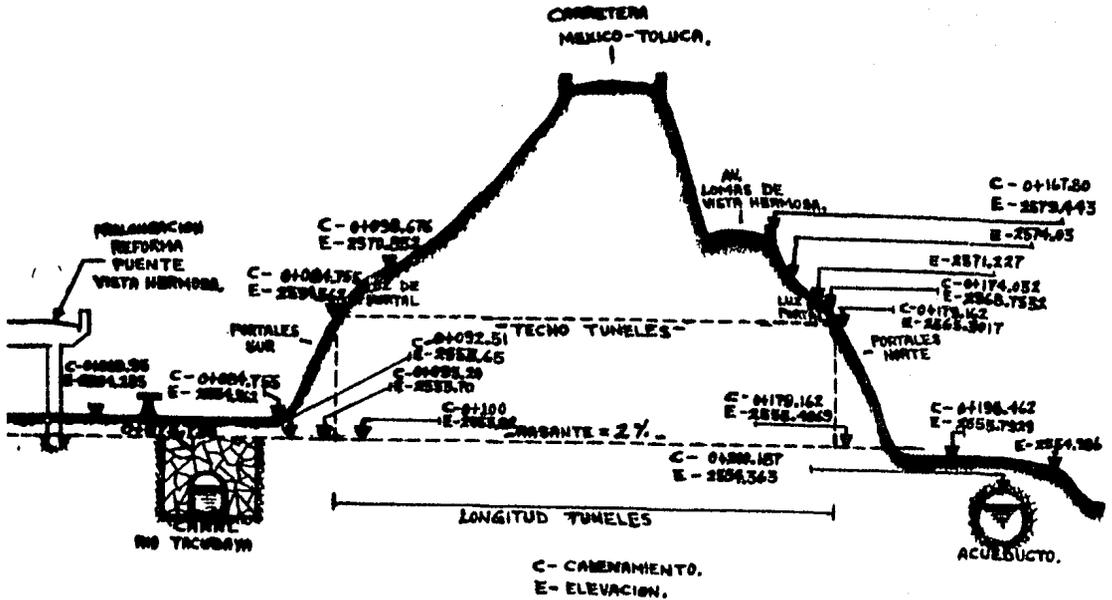


FIGURA 24.

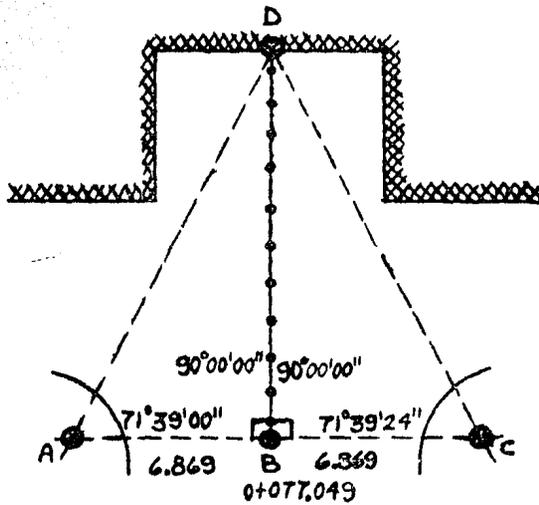
Obtención de ángulos, rumbos y distancias correspondientes al portal norte con base al eje de la vialidad Prolongación Reforma.

Figura 25.- PERFIL EN AMBOS TUNELES:
Croquis fuera de escala.

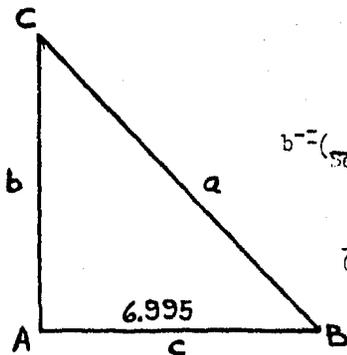


En el croquis anterior están indicados cada uno de los cadenamientos y elevaciones que fueron obtenidos para la realización de los planos antes indicados, haciendo la aclaración que estos datos se obtuvieron conjuntamente con la realización de la vialidad prolongación Reforma, Puente Vista Hermosa y Canal. Todo esto conforme a planos y proyectos entregados por el Departamento del Distrito Federal y la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, ya que de acuerdo a campo fueron reordenados y modificados con la obtención de datos reales, llegando al proyecto definitivo, del cual presento los arriba mencionados con sus respectivos croquis y cálculos topográficos.

Continuando con el cálculo de datos topográficos correspondientes a ambos túneles tenemos: (figura 26)



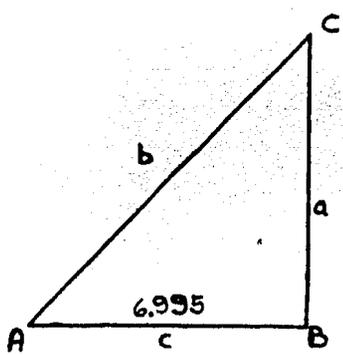
ESP.	P.V.	4	4
C	B	-	0°00'00"
	D	-	71°39'24"
A	D	-	0°00'00"
	B	-	71°39'00"
B	D	-	0°00'00"
	C	-	90°00'00"
B	A	-	0°00'00"
	D	-	90°00'00"



$$b = \frac{6.869}{\sin(180 - (A + B))} \cdot \sin B$$

$$\frac{6.869}{0.994166} \times 0.9025176$$

$B = 71^\circ 39' 24''$
 $A = 90^\circ 00' 00''$
 $b = 21.916$



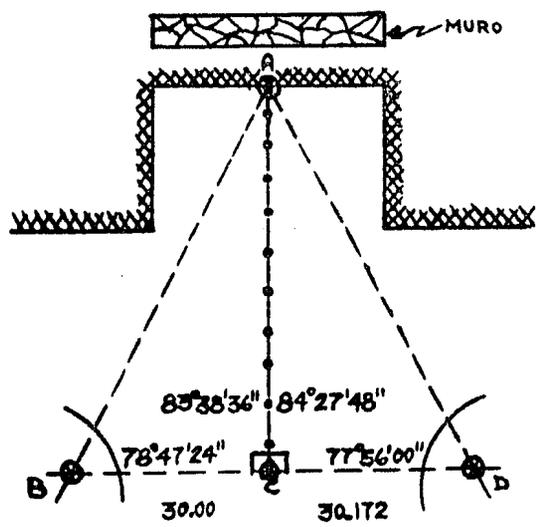
$$\sin(180 - (A + B)) = \frac{a}{b}$$

$$\frac{6.969}{0.2842664} \times 0.9024725$$

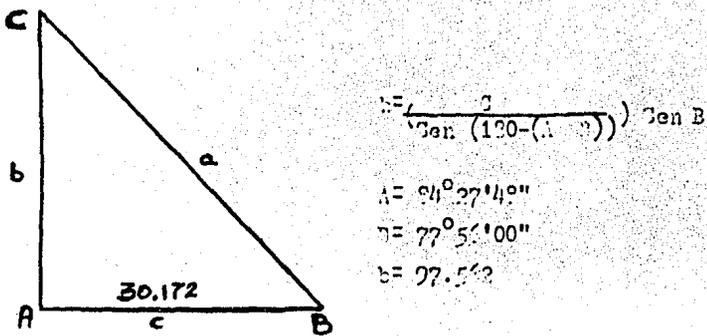
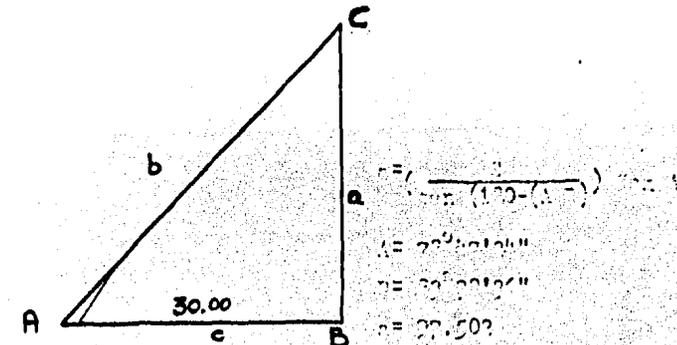
$$\begin{aligned} \alpha &= 90^{\circ}09'00'' \\ \beta &= 71^{\circ}52'00'' \\ \gamma &= 21.07 \end{aligned}$$

DISTANCIA PROMEDIO = 21.012
 CANTONAMIENTO = 0.000.960
 ELEVACION = 2512.172

FIGURA 27.
 CORTE TUNEL:



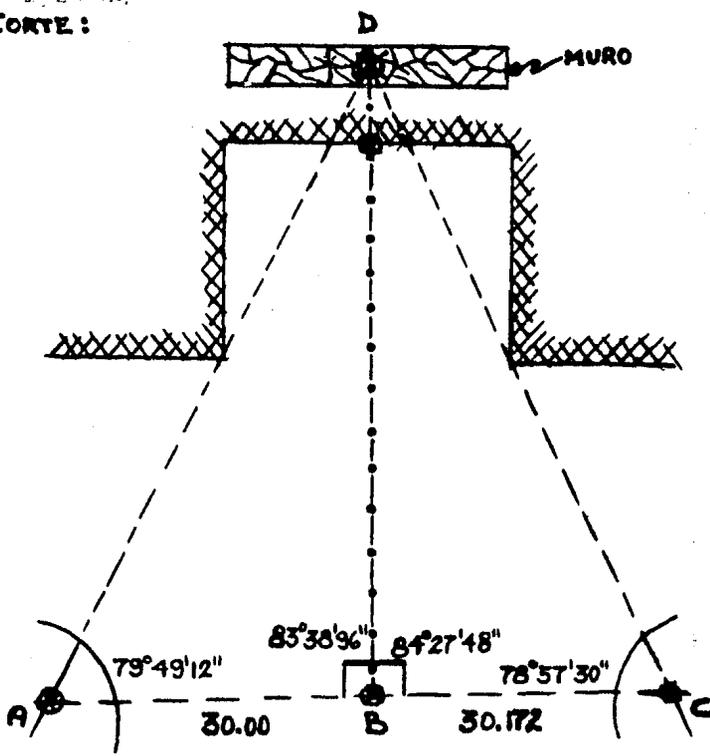
EST.	P.V.	★	★ ₂
B	A	- 0°00'00"	
	C	- 78°47'24"	- 157°34'51"
C	B	- 0°00'00"	
	A	- 83°38'36"	- 167°17'03"
C	A	- 0°00'00"	
	D	- 84°27'48"	- 169°55'30"
D	C	- 0°00'00"	
	A	- 77°56'00"	- 155°52'06"



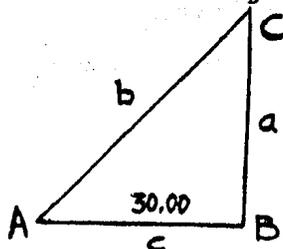
Distanza Frontale = 30.172

(Figura 28)

CORTE :



EST.	P.V.		
B	D	-	0°00'00"
-	C	-	84°27'48"
B	A	-	0°00'00"
-	D	-	83°38'36"
A	D	-	0°00'00"
-	B	-	79°49'12"
C	B	-	0°00'00"
-	D	-	78°57'30"

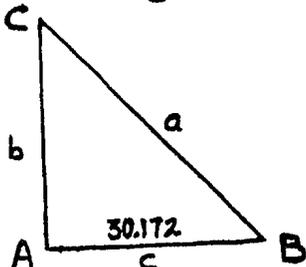


$$a = \left(\frac{c}{\text{Sen}(180 - (A + B))} \right) \text{Sen } A$$

$$A = 79^{\circ}49'12''$$

$$B = 83^{\circ}38'36''$$

$$a = 103.741$$



$$b = \left(\frac{c}{\text{Sen}(180 - (A + B))} \right) \text{Sen } B$$

$$A = 84^{\circ}27'48''$$

$$B = 78^{\circ}57'30''$$

$$b = 103.788$$

Distancia promedio = 103.764.

Con esto quedan totalmente localizados y rectificadas en campo los datos topográficos que serán vaciados a planos y poder dar inicio a la obra, contando ya con el proyecto definitivo.

Sólo queda aclarar un aspecto, que al realizar una obra de este tipo - hay que tomar las medidas de seguridad respecto a los trabajos que se efectuarán y dar datos exactos para no cometer errores que nos provoquen algún problema mayor.

En ocasiones sólo se dan órdenes de iniciar trabajos sin tomar en cuenta datos o informes técnicos sobre procedimiento a realizar, o bien estos - datos no se han obtenido, provocando errores constructivos o de ubicación, - de los cuales queda como responsable el Ingeniero encargado del frente, - el que dió las órdenes, por lo que hay que tener conocimiento exacto tanto de la obra como de los problemas que acarrearán al dar una mala orden que pro vocaría problemas económicos y de tiempo.

II.4.- ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS.

A continuación se muestran los estudios de mecánica de suelos, correspondientes al sitio donde se realizó la obra.

A la fecha y desde 1968, ya no se permite en el Distrito Federal la explotación a base de túneles, y debido a la constante ocurrencia de derrumbes las autoridades del Departamento del Distrito Federal tuvieron a bien formar la Comisión de Zonas Minadas con el propósito de efectuar las investigaciones necesarias encaminadas a determinar en una forma precisa los posibles puntos de colapso, consecuencia de antiguas minas de explotación subterráneas, en los que existen construcciones en estado peligroso con objeto de proceder a tomar las precauciones necesarias para salvaguardar a sus ocupantes, o en terrenos minados susceptibles de ser destinados en un futuro para fines habitacionales.

En la figura 29, se muestra la zona de los Lomeríos del Poniente de la Ciudad de México, en donde existen posibilidades de encontrar cavidades subterráneas, producto de antiguas explotaciones. Se han visitado varias colonias y fraccionamientos, así como predios de distintas dimensiones. En la figura 30 se indican los lugares visitados, los cuales se clasificaron en cuatro categorías en lo que respecta a su grado de peligro: alto, medio, bajo y nulo; en la misma figura aparecen los números correspondientes a los sitios subrayados con tres, dos ó ninguna línea respectivamente. El número de colonias o fraccionamientos referidos, corresponde al mismo que aparece en la tabla I.

Al contemplar la Cuenca de México (figura 31), pueden describirse las Lomas que se elevan a ambos lados de la extensa planicie lacustre de la Cuenca de México, como los depósitos piroclásticos acumulados a los pies de las Sierras Mayores: Sierras de las Cruces, Nevada y Rio Frio.

En 1948 los depósitos de las Lomas se estudiaron por primera vez con cierto detalle. En ese año, V. Arellano y K. Bryan definieron la formación Tarango, basándose en materiales que procedían precisamente de la Barranca de Tarango al oeste de la Ciudad de México, donde existían las clásicas minas de "Arena Azul" en explotación que ofrecían buenos cortes. Aquí fué descrito el afloramiento típico (figura 32) con división de tres formaciones.

La formación Tarango representa un conjunto estratificado a veces regular, a veces irregular y hasta lenticular, ligeramente inclinado (4°), compuesto de los siguientes elementos litológicos:

- a).- Horizontales de cenizas volcánicas de muy distinta granulometría.
- b).- Capas de erupciones pumíticas.
- c).- Lahares.
- d).- Ignimbritas.
- e).- Depósitos Fluviales.
- f).- Suelos.

La formación Tarango alcanza espesores de 300 a 400 metros. Terminando cada abanico volcánico en una superficie estructural propia, que marca el fin de la actividad volcánica que lo produjo.

Al estudiar la formación Tarango es posible reconocer que ésta se compone de la superposición de varios abanicos volcánicos, cada uno terminado con una superficie estructural. Por lo general cada abanico corresponde a la vida activa de un volcán. Cuando éste se apaga, surge otro volcán, el cual produce su propio abanico que se superpone al abanico anterior. Así resulta que la formación Tarango se compone de numerosos abanicos volcánicos entrelazados, según la secuencia de las erupciones de distintos volcanes (fig. 33).

La formación Tarango (fig. 34), está interestratificada con las series lávicas de las sierras mayores (Sierra de la Cruzes) donde se originó. Sobreyacen los abanicos volcánicos Tarango a los depósitos volcánicos del terciario medio (Formación Xochitepec) y del mioceno superior (Sierras menores)

Las capas de pómez cubrieron una topografía ondulada sobre grandes distancias; los piroclásticos rellenaron las barrancas profundas, sobre todo la de Santa Fé con lahares potentes que hoy constituyen las minas de arenas azúles (fig. 35). Estos depósitos finales se definieron como tarango superior.

Al estudiar los depósitos de arenas azúles, sobre todo en la Barranca de Santa Fé, aunque a primera vista el arreglo del material parece caótico, es posible discernir en ellas cierta estratificación, la cual es evidencia de una redeposición del material piroclástico por agua. En otras no se puede reconocer tal estratificación, por lo que el depósito se define entonces como lahar, usando la palabra indonesia que define corrientes volcánicas de lodo.

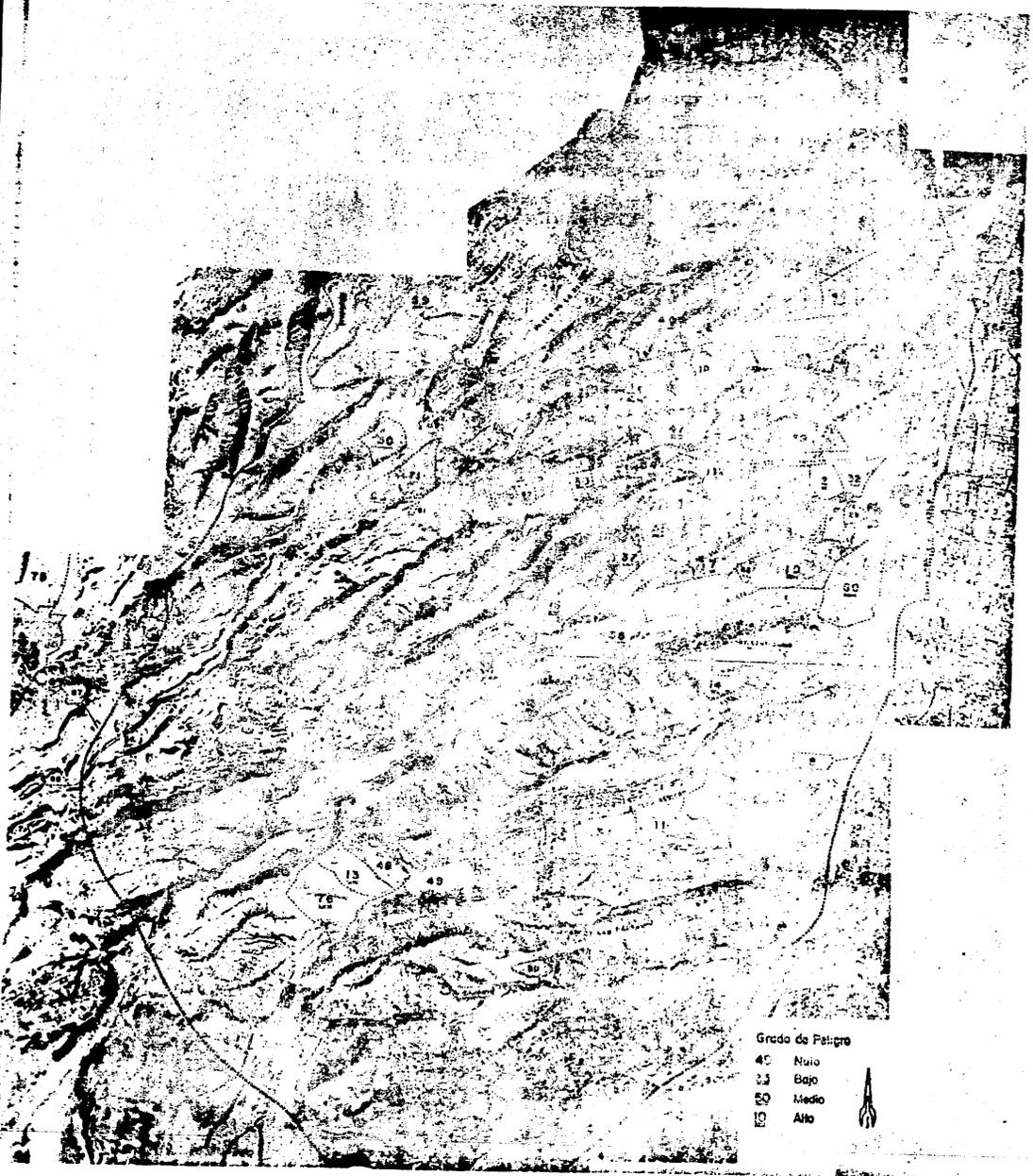
Después de una introducción relacionada con los estudios llevados a cabo en la zona correspondiente a la obra, continuaremos con las pruebas eje-

Grado de peligro de colonias y predios ubicados en las zonas minadas.

colonia o predio	grado de peligro *			
	A	M	B	N
1. Colonia Barrio Norte	x			
2. Colonia Las Butacas	x			
3. Colonia Las Golondrinas	x			
4. Predio Capula			x	
5. Colonia Jalapa	x			
6. Colonia Real del Monte	x			
7. Colonia Las Palmas	x			
8. Fracc. Aguilas-Pilares	x			
9. Colonia Santo Domingo	xt**			
10. Colonia Olivar del Cande	x			
11. Col. Ampliación las Aguilas		x		
12. Colonia Lomas de Becerra	x			
13. Fracc. Axomiatla	xr**			
14. Fracc. Lomas Tarango	x			
15. Cerro de Sn. Nicolás Contreras	x			
16. Col. Piloto A. López Mateos	x			
17. Colonia Garcimarrero	x			
18. Colonia Belem de las Flores	x			
19. Fracc. Colinas de Tarango		x		
20. Colonia Angostura			x	
21. Colonia Puerta Grande	x			
22. Fracc. Xocometla			x	
23. Col. Liberación Proletaria		x		
24. Cerro del Peñón	xa**			
25. Colonia Bonanza	x			
26. Fracc. Lomas de las Aguilas	x			
27. Predio El Salitrero			x	
28. Colonia Pólvora			x	
29. Mina de Cristo			x	
30. Mina Palo Alto			x	
31. Colonia Presidentes		x		
32. Conjunto Habitacional FOVISSSTE		x		
33. Colonia Puente Colorado	x			
34. Colonia San Clemente	x			
35. Fracc. Colinas del Sur			x	
36. Predio Planta de Asfalto			x	
37. Predio Rancho Zamora		x		
38. Predio Batallón de Sn. Patricio			x	
39. Colonia Zenón Delgado	x			
40. Tercera Ampliación Chapultepec		x		
41. Predio Av. Centenario	x			
42. Colonia Batuecas	x			
43. Colonia Gamitos			x	
44. Colonia América	x			
45. Colonia Preconcreto	x			
46. Primera y Segunda Victorias	x			
47. Predio Compañía de Luz y Fuerza, Belem de las Flores	x			
48. Predio sobre Av. las Aguilas				x
49. Fracc. Lomas de Guadalupe				x
50. Col. Ampliación la Mexicana		x		
51. Predio Ahuata (El Pirú)			x	
52. Colonia Ampliación Alpes	x			
53. Colonia Estado de Hidalgo				x
54. Predio junto al Rfo Becerra		x		
55. Colonia Paraíso	x			
56. Predio Reforma No. 2300		x		
57. Colonia la Rosita	xr**			
58. Colonia Granada Uno y Dos				x
59. Fracc. Bosques de las Lomas		x		
60. Predio 198 de la Calle Rosa de Bengala			x	
61. Colonia Daniel Garza	x			
62. Colonia Valle de Luces	x			
63. Predio Banco Nacional de Obras Públicas			x	
64. Predio Av. las Aguilas	x			
65. Predio Av. Vasco de Quiroga		x		
66. Colonia Ajusco			x	
67. Predio la Loma (Margarita Maza de Juárez)	x			
68. Edificio en condominio en Av. las Aguilas				x
69. Unidad Habit. Santa Fe		x		
70. Predio Ladera Grande	x			
71. Instituto Nat. de Fruticultura		x		
72. Colonia El Nopal			x	
73. Colonia Sn. José de los Cedros				x
74. Colonia Molino de Rosas	x			
75. Rancho Sn. José de los Cedros				x
76. Fraccionamiento Villa Verdúm	xr**			
77. Predio ubicado en la Colonia Molino de Rosas			x	
78. Unidad Hab. Santo Domingo		x		
79. Predios de la Delegación Villa Alvaro Obregón	x			
80. Colonia Los Olivos		x		
81. Predio La Curva				x
82. Colonia 12 de Diciembre	x			
83. Colonia El Yaqui				x
84. Ampliación El Capulín		x		
85. Colonia Santa Bárbara	xa**			
86. Terrenos de antiguas minas, Delegación de Iztapalapa				x

* A, alto; M, medio; B, bajo; N, nulo.

** a, asentamientos; r, rellenos; t, taludes.



Grado de Peligro

- 40 Nulo
- 25 Bajo
- 10 Medio
- 10 Alto



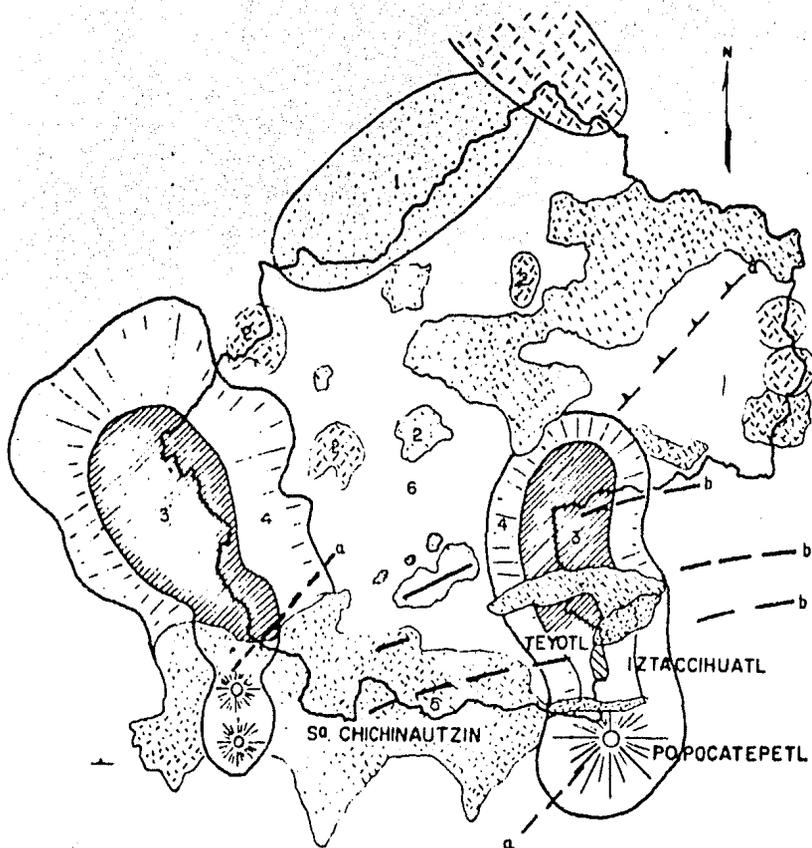


FIGURA - 31

La Cuenca de México, sus formaciones y fracturamientos tectónicos.

1) Sierra de Tezontlalpan; 2) Sierras Menores; 3) Sierras Mayores; 4) Formación Tarango; 5) Formación Chichinautzin; 6) Relleno aluvial; a) Fracturamiento al NE, del Terciario Superior; b) Fracturamiento en arco del tipo Santa Catarina, del Plió - Pleistoceno.

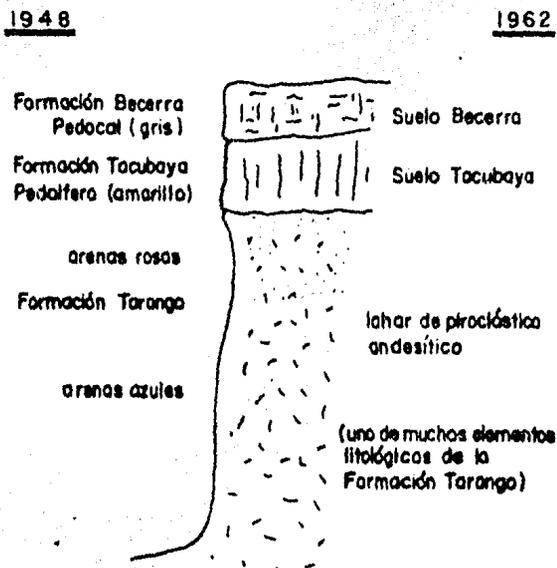


Fig. 32. La Formación Tarango y suelos Tacubaya y Becerra superpuestos.

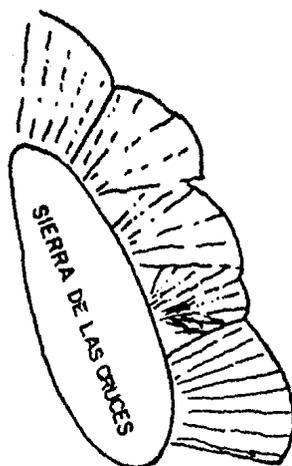
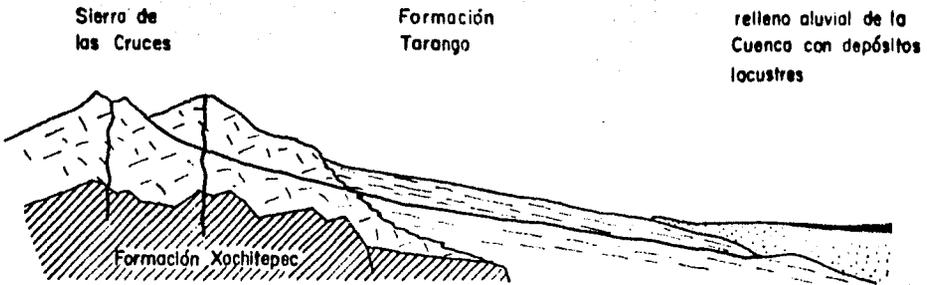


Fig. 33. La Formación Tarango está formada de varios abanicos volcánicos superpuestos y entrelazados.



Sección W-E mostrando la posición de la Formación Tarango respecto a formaciones anteriores y posteriores.

FIGURA - 34

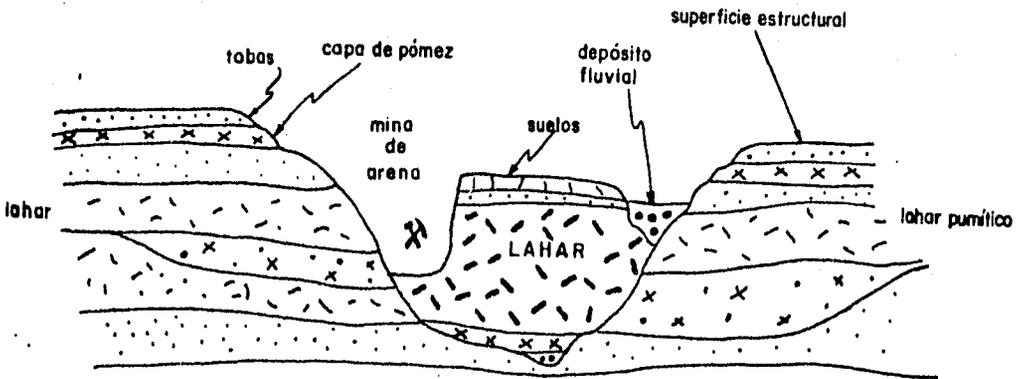


FIGURA - 35

Barranca erosionada en la Formación Tarango y rellenada por un lahar de "arenas azules" del tipo Santa Fe.

cutadas en campo, las que tuvieron semejanza con los estudios antes mencionados.

En la obra de túneles, que como ya se indicó, se encuentra localizada en la carretera México-Toluca, se iniciaron las pruebas en campo con la localización de los puntos donde fueron realizadas las pruebas.

En los portales norte se empezó el desmonte sin que se pudieran apreciar las características del terreno localizado abajo de la tierra vegetal y suelta.

Para una mejor identificación de los materiales de la zona del portal y del techo, se realizó un corte con retroexcavadora a la altura del túnel y se abrió una zanja de exploración de un metro de ancho en toda la altura del talud.

En los escasos cortes antiguos que existen en el área de elevación del portal se observan tobas muy cementadas con menos grava que en la parte superior de la loma. En estas tobas se observan algunas grietas que hacen pensar que a pesar de las buenas características mecánicas de este material, - podría llegar a ser indispensable el uso de anclas.

La presencia del camino en corte y el relleno que se encuentra inmediatamente arriba del portal, implicó que se tomaran precauciones para evitar que se afectara la estabilidad del muro de contención del terraplen. Las medidas finales a tomar se definieron al conocer con seguridad las características de los mismos materiales constitutivos del corte y el perfil del mismo después del despalme, pero se previó la necesidad de reducir el espesor mínimo del techo a seis metros que recomendó SAHOP para el inicio de los túneles que se realizó estabilizando el techo con anclas desde el exterior y/o construyendo muro de contención.

En los portales sur se procedió también al desmonte. En los pequeños cortes realizados, se pudo verificar que el material también es una toba dura con algunas discontinuidades, sin embargo el material fué mas arcilloso.

Se recomendó en la misma forma excavar una zanja de exploración a lo largo de todo el talud.

En los cortes existentes se procedió de inmediato a la extracción de muestras cúbicas representativas y a la realización del sondeo horizontal recomendado anteriormente.

Fuó necesario que iniciaran cuanto antes los trabajos de exploración y el estudio geológico. La decisión final en cuanto al procedimiento constructivo se debió a las primeras evaluaciones de las características de los ma-

teriales y a un estudio económico comparativo, la opinión del Doctor Gabriel Auvinet fué que una aplicación rigurosa del "Nuevo Método Austriaco" era la solución mas adecuada.

Durante los recorridos de campo realizados por el Ingeniero Federico Mosser y el Doctor Gabriel Auvinet, presentaron la información adicional - obtenida respecto a las características geotécnicas del sitio en el que se construyeron los túneles gemelos de Vista Hermosa. Se presentaron además recomendaciones complementarias respecto al procedimiento constructivo de los mismos.

Con respecto a la geología del sitio y de acuerdo con la interpretación del Ingeniero Federico Mosser, la estratigrafía del sitio fué la siguiente:

-- Parte Superior de la Loma: "Lahar Azul".

Se trata de materiales depositados por el agua y constituidos por bloques subangulosos de andesita azul contenidos dentro de una matriz limo-arenosa. Los bloques aparecieron con una densidad variable a la profundidad de acuerdo con las diversas corrientes de depositación que se presentaron. A pesar de la cementación fuerte que presentó superficialmente este material, existió la posibilidad de que su grado de cementación fuera sensiblemente menor a mayor profundidad dentro del macizo.

-- Zona de Contacto "Suelo Rojizo".

Este material existe a la altura del portal sur, se trató de un material parcialmente lateritizado de tipo arcilloso-limoso.

-- Zona Inferior: "Lahar Blanco".

Es un material semejante al superior con la única diferencia de la composición de los bloques que, en este caso estuvieron constituidos por una andesita blanca con la presencia característica de horoblenda (mínimo de la familia de las anfífolas).

-- Depósitos profundos: "Toba Pumítica".

Abajo del lahar blanco aparecieron unos depósitos de toba pumítica, material limo-arenoso-arcilloso de grano fino sin boleos de origen volcánico (cenizas depositadas por agua). Se pensó inicialmente que el portal norte podría quedar dentro de un afloramiento de este material pe -

ro las excavaciones mostraron que se localizó en el lahar blanco.

Respecto a la tectónica de la zona parece que las grietas y/o fallas se presentaron en forma preferencial en dirección este-oeste, es decir--- transversalmente al túnel, lo que resultó favorable para la estabilidad del mismo. Esto es precisamente la orientación de las grietas que se observaron en el portal sur paralelamente al talud.

Las investigaciones geotécnicas realizadas para las propiedades de los materiales constituidos del macizo se realizaron con diversas exploraciones, muestreos y pruebas de laboratorio:

Se realizaron dos sondeos verticales por rotación. La recuperación fue escasa debido al tipo de material encontrado, fragmentos andesíticos dentro de una matriz de composición variable pero generalmente muy erosionable.

Los sondeos horizontales recomendados anteriormente no pudieron realizarse debido a la presencia de los bloques que podrían fácilmente desviar la herramienta.

Fue previsible que no se podía obtener mucha información a partir de los sondeos, debido a la imposibilidad de conseguir muestras inalteradas que permitieron estimar el grado de cementación y por tanto la cohesión de los materiales.

En los portales del lado sur fué posible obtener unas muestras cúbicas que se sometieron en el laboratorio a pruebas índice y de resistencia.

Del lado norte los materiales carecieron de la cohesión suficiente para poder extraer muestras inalteradas por lo que se obtuvieron estas para fines de clasificación exclusivamente. Los primeros resultados de las pruebas de clasificación realizadas se incluyen junto con un esquema de localización de muestras obtenidas, de acuerdo con estas pruebas, en los portales del lado sur se encontraron gravas con matriz arcillosa color café claro bien cementadas y gravas con matriz areno-limo-arcillosa correspondiente al lahar como se muestra en las figuras 36 y 37. Las pruebas compresión y triaxiales realizadas dieron resultados muy variables. Una muestra no pudo ser laborada por falta de cohesión, otra dió una existencia en compresión simple de 20.3 kg./cm.^2 , y los resultados detallados de estas pruebas se encuentran más adelante.

Según lo anterior y las observaciones de campo, los materiales del extremo sur de los túneles presentaron en forma general una alta cohesión. Sin embargo, se ven afectados por grietas transversales que contienen arcilla y hace que sea peligrosa cualquier excavación sin ademe.

A continuación se dan los detalles de los materiales convenientes a los portales del túnel.

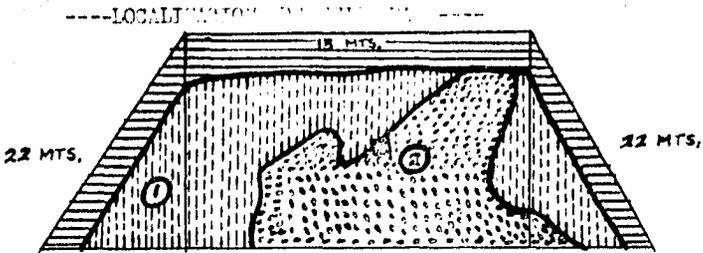


FIGURA 36.

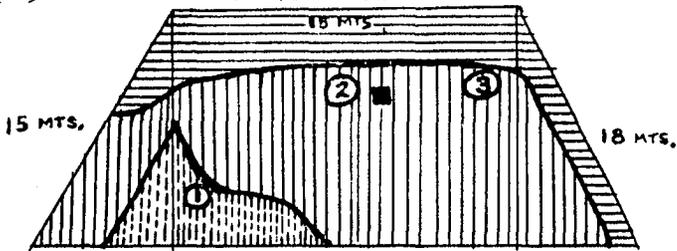
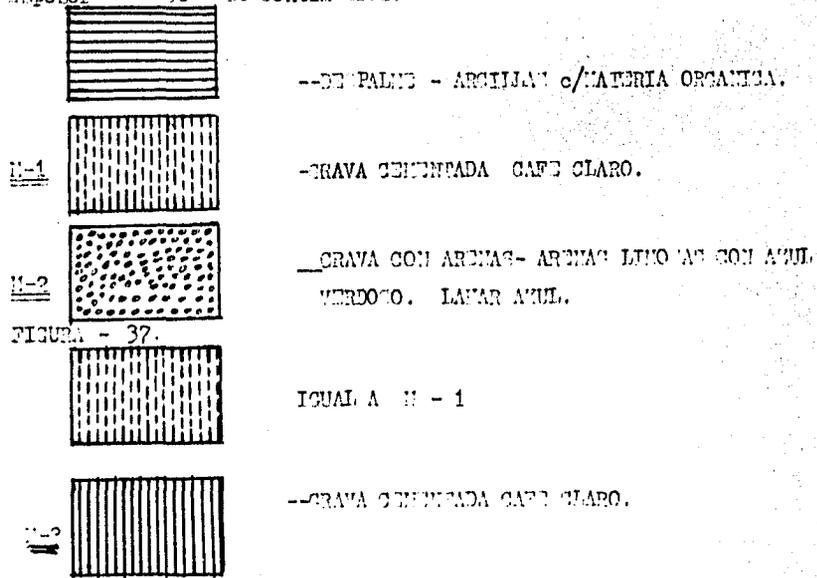


FIGURA 37:

---"FORMA DE LA CORTINA"---

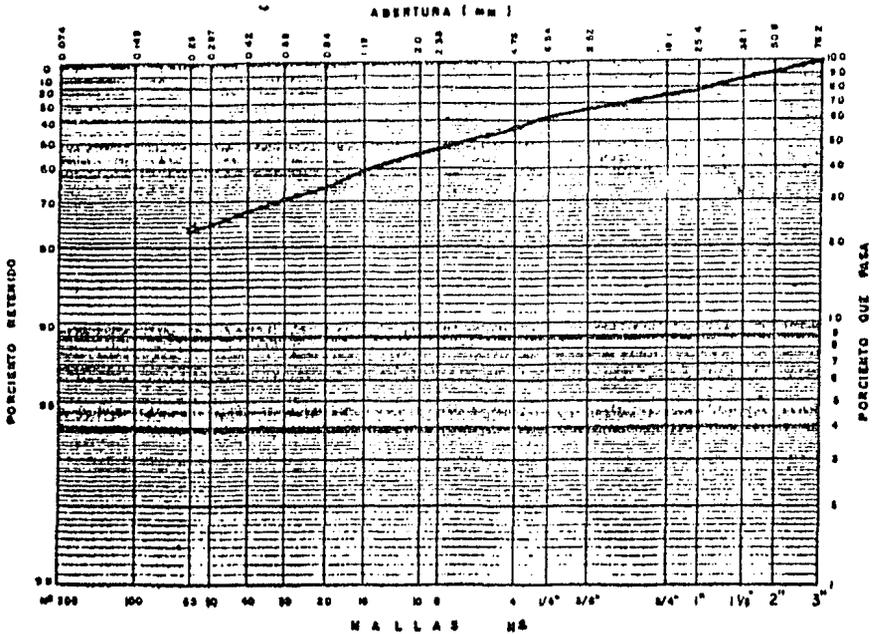
FIGURA - 36.

Espesor --- 60 - 90 centímetros.





OBRA: TUNEL VISTA HERMOZA BANCO: PORTAL SUR LADO PTE.
 LOCALIZACION: ZONA "STA. FE" MUESTRA: M-1
 MATERIAL: GRAVA CEMENTADA PARA EMPLEARSE: PARED DE PORTAL
LAMAR AZUL ANALISIS GRANULOMETRICO CON MALLAS **B:0401**



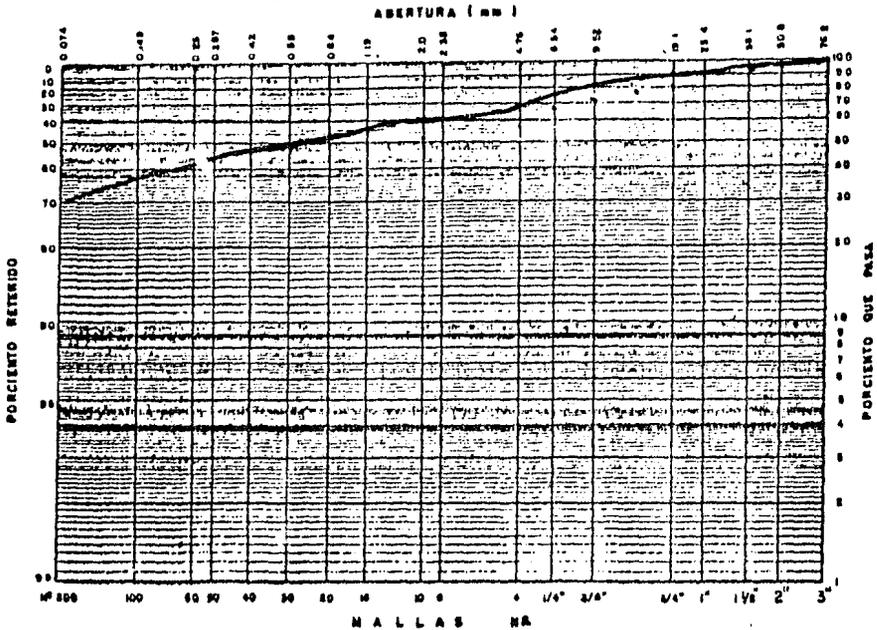
COMPOSICION GRANULOMETRICA		ESPECIFICACIONES	CLASIFICACION: <u>G.C.S.C.</u>	<u>SAFECLEBRADO</u>
MALLA	%		<u>GRAVAS CON ARENAS, ARCILLAS Y LIMOS</u>	
3"	100		PESO VOL. SECO SUELTO (kg/m ³)	1916
2"	99		PESO VOL. MAXIMO (kg/m ³)	1950
1 1/2"	85		HUMEDAD OPTIMA (%)	12.0
1"	75		DENSIDAD	2.3
3/4"	73		ABSORCION (%)	5.3
1/2"	65		LIMITE LIQUIDO	1
3/8"	64		LIMITE PLASTICO	22
1/4"	56		INDICE PLASTICO	0
N° 4	44		CONTRACCION LINEAL (%)	6.1
N° 10	35		V. R. S.	
N° 20	27		EXPANSION (%)	
N° 40	24		VALOR CEMENTANTE	
N° 60	21		DEGRADACION	
N° 100	20		DESGASTE (%)	
N° 200	20		EQUIVALENTE DE ARENA	
% DE DESPERDICIO:				



LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

OBRA: TUNEL VISTA HERMOSA BANCO: PORTAL SUR LADO OTE
 LOCALIZACION: ZONA STA. FE MUESTRA: M-3
 MATERIAL: GRAVA CEMENTADA PARA EMPLEARSE: PARED DE PORTAL

ANALISIS GRANULOMETRICO CON MALLAS 820401



COMPOSICION GRANULOMETRICA		ESPECIFICACIONES	CLASIFICACION	ESPECIFICACION
MALLA	%		<u>GC</u> <u>GRANAS ARCILLOSAS COLOR CAFE CLARO</u>	
3"			PESO VOL. SECO SUELTO (kg/m ³)	<u>1480</u>
2"	<u>100</u>		PESO VOL. MAXIMO (kg/m ³)	<u>1850</u>
1 1/2"	<u>96</u>		HUMEDAD OPTIMA (%)	<u>16.2</u>
1"	<u>92</u>		DENSIDAD	<u>2.23</u>
3/4"	<u>90</u>		ABSORCION (%)	<u>5.73</u>
1/2"	<u>87</u>		LIMITE LIQUIDO	<u>51.41</u>
3/8"	<u>82</u>		LIMITE PLASTICO	<u>15.5</u>
1/4"	<u>78</u>		INDICE PLASTICO	<u>35.91</u>
Nº 4	<u>67</u>		CONTRACCION LINEAL (%)	<u>3.4</u>
Nº 10	<u>62</u>		V. R. S.	
Nº 20	<u>55</u>		EXPANSION (%)	
Nº 40	<u>47</u>		VALOR CEMENTANTE	
Nº 60	<u>43</u>		DEGRADACION	
Nº 100	<u>39</u>		DESGASTE (%)	
Nº 200	<u>30</u>		EQUIVALENTE DE ARENA	
% DE DESPERDICIO:				

Del lado norte, los materiales son altamente friccionantes pero muy poco cohesivos. Por lo que fué recomendado, no iniciar ninguna actividad de excavación, excepto afine del talud del del corte y cunetas antes de contar con el equipo y los materiales requeridos puesto que existe peligro de derrumbes en ambos extremos de los túneles. Además, cualquier excavación que no se incluya dentro del programa propuesto dificultaría las operaciones posteriores hasta dar resultados exactos.

Se incluyeron copias de las observaciones que el Ingeniero Mosser comunicó por escrito y un corte geológico esquemático.

El Ingeniero Mosser indicó que, en el 90% de la longitud de los túneles se tendría que excavar en materiales laharcos blancos poco cementados.

Las zonas cementadas cercanas a los portales que parecen corresponder a fracturas y fallas donde la acción del agua produjo una alteración que causó la cementación.

Además, se incluyen la localización y los resultados de los dos sondeos verticales exploratorios realizados por rotación con barril "NX".

En estos sondeos, la recuperación fué baja debido al tipo de material encontrado, constituido por gravas y boleas empacados en una matriz limo-argosa poco cementada. Para evitar derrumbes, fué necesario usar ademe metálico hasta 8 metros de profundidad, cementación hasta 18 metros y lodo bentonítico hasta la terminación del sondeo.

No se detectaron diferencias apreciables de cementación a través del porcentaje de recuperación. Las granulométricas de las muestras recuperadas se reportan en las tablas y corresponden generalmente a arenas medianas.

Se detectó una diferencia de coloración en los fragmentos recuperados a la profundidad indicada, en el corte geológico (contacto entre arenas laharcas azúles y arenas laharcas blancas), sin que ello corresponda a una diferencia apreciable de propiedades geotécnicas.

Con relación al muestreo en la zona de portales, se presenta el análisis granulométrico de una muestra obtenida en el frente del portal norte.

En esta zona, el material carece casi por completo de cohesión por lo que la muestra fué de tipo alterado. Se trata de una arena con gravas y una importante fracción fina (39%) que no tiene plasticidad.

Asimismo, se incluyen los resultados de pruebas realizadas sobre muestras cúbicas inalteradas extraídas en los portales del lado sur.

En una de ellas, no fué posible labrar especímenes para prueba de resistencia y solamente se determinaron granulometrías, límites de plasticidad -

y clasificación SUCS. Se trató de una arena con gravas y 25% de finos arcillosos (CL).

La segunda muestra es también una arena con grava pero no de mayor proporción de finos arcillosos (40%) y los cuales son además plásticos.

Esta muestra pudo ser ensayada en compresión simple y en ensaye triaxial no consolidado y no drenado. Se obtuvo una resistencia alta (cohesión del orden de 10 Kg/Km²).

Los resultados anteriores muestran heterogeneidad de los materiales del macizo.

Con la ayuda de dos barrenos exploratorios e inspecciones superficiales, fué posible establecer el corte geológico que se muestra en la figura 38.

Resulta que los túneles se desarrollarán dentro de la Unidad Litológica 2, "arenas laharicas blancas". Se trata de un depósito aluvial de polvo, arena, grava y boleos de andesita. Todos estos elementos son micropumfíticos, es decir, con fuerte contenido original de gases (H₂O, CO₂).

Forman un conjunto aluvial mal estratificado. En estado fresco el material es suelto, pero debido a la forma angular de sus componentes es capaz de mantener taludes verticales en alturas de unos 20 metros.

En la superficie donde hay afectación por fracturas y fallas el material laharico blanco aparece fuertemente cementado.

Puede predecirse que el 90% de los dos túneles consistirá en material suelto.

Para la obtención de muestras hago una explicación breve del método utilizado, así como la máquina a utilizar y el tipo de brocas (anexando unas figuras).

Los métodos rotatorios son un sondeo que cuando topan con un gran bloque o estrato rocoso en la perforación se hace indispensable recurrir al empleo de máquinas perforadoras a rotación, con broca de diamante o del tipo cáliz.

En las primeras, en el extremo de la tubería de perforación va colocado un muestreador especial llamado "corazón", en cuyo extremo inferior se acopla una broca de acero duro con incrustaciones de diamante industrial que facilitan la perforación.

En las segundas, los muestreadores son los de acero duro y la penetración se facilita por medio de municiones de acero que se hechan a través de la tubería hueca hasta la perforación y que actúan como abrasivo. En -

roca fracturada puede existir el peligro de que las municiones se pierdan.

Las perforadoras tipo cáliz se han construido con diámetros muy grandes, esto para hacer perforaciones de 3 mts., en estos casos, la máquina penetra en el suelo con la misma broca.

La colocación de los diamantes en las brocas depende del tipo de roca a atacar. En rocas duras, es recomendable usar brocas con diamantes tanto en la corona como en el interior para reducir el diámetro de la muestra, y en el exterior para agrandar la perforación y permitir el paso del mustreador con facilidad. En rocas medianamente duras suele resultar suficiente emplear brocas con inserciones de carburo tungsteno en la corona. En rocas suaves, basta usar brocas de acero duro en diente de tierra.

En la figura 39 aparece un esquema de una máquina perforadora, dos mustreadores de corazón comunes y algunos tipos de brocas.

Las velocidades de rotación son variables, de acuerdo con el tipo de roca a atacar. En estos casos, a causa del calor desarrollado por las grandes fricciones producidas por la operación de muestreo, se hace indispensable inyectar agua fría de modo continuo, por medio de una bomba situada en la superficie. También se hace necesario ejercer presión vertical sobre la roca, a fin de facilitar su penetración. El éxito de una maniobra de perforación rotatoria depende fundamentalmente del balance de esos tres factores principales, velocidad de rotación, presión de agua y presión sobre la roca respecto al tipo de la misma.

Una vez que el mustreador ha penetrado toda su carrera es preciso desprender la muestra de roca (corazón), que ha sido penetrado en su interior de la roca matriz.

El equipo de perforación rotatorio trabaja usualmente en cuatro diámetros y en la tabla V, aparecen sus dimensiones usuales y sus nombres típicos. Las máquinas perforadoras varían su rotación de 40 a 1,000 R.P.M.

BROCA	DIAMETRO EXTERIOR DEL ADEME.		DIAMETRO EXTERIOR DE LA BROCA.		DIAMETRO INTERIOR DE LA BROCA.	
	M.M.	PULG.	M.M.	PULG.	M.M.	PULG.
EX	46	1 13/16	37.5	1 15/32	20.5	27/32
AX	57	2 1/4	47.5	1 7/8	20.5	13/16
BX	73	2 7/8	51.5	2 11/32	42	1 21/32
IX	89	3 1/2	75.5	2 61/64	55	2 5/32

T A B L A V

CORTE GEOLOGICO DEL TUNEL

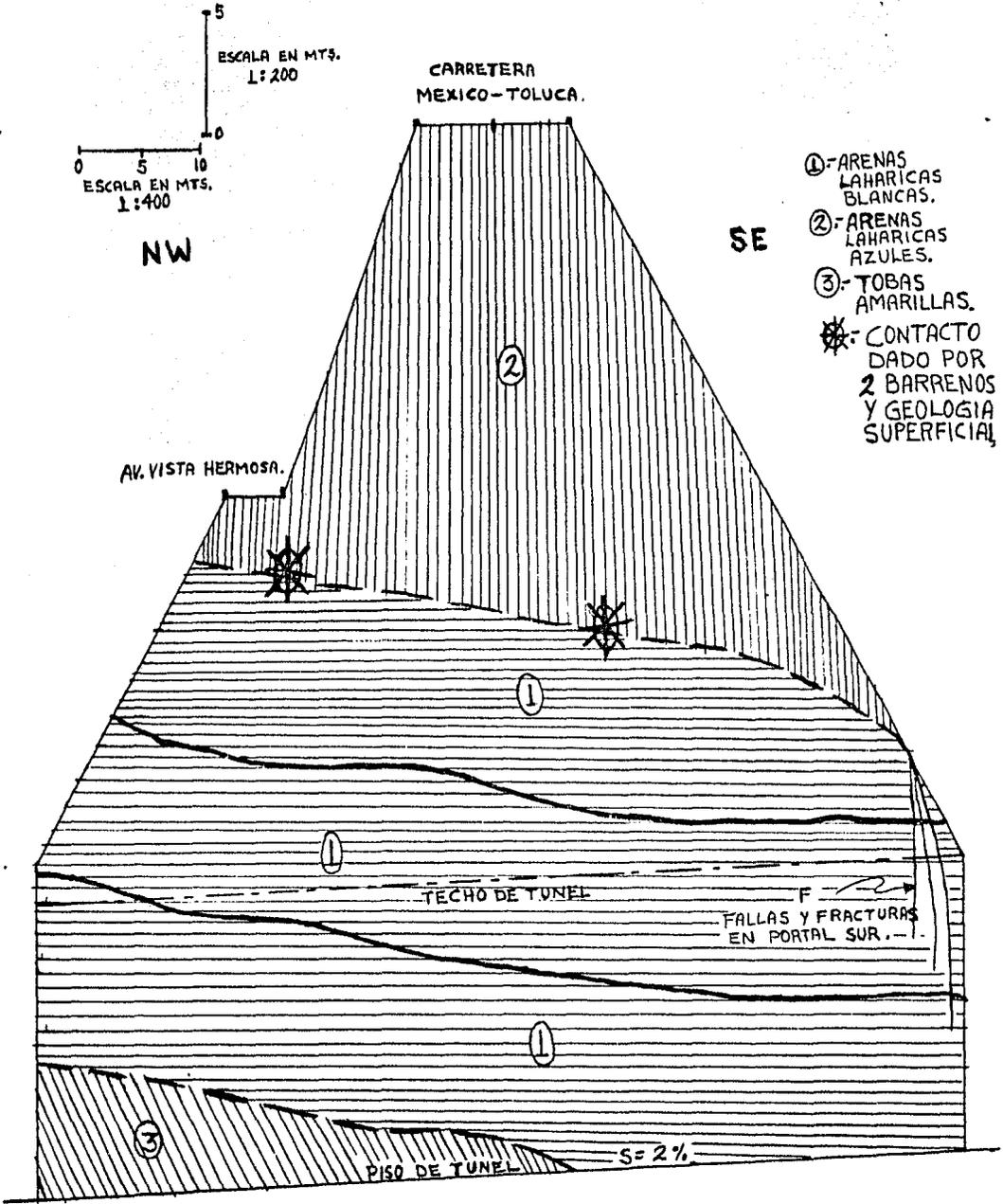
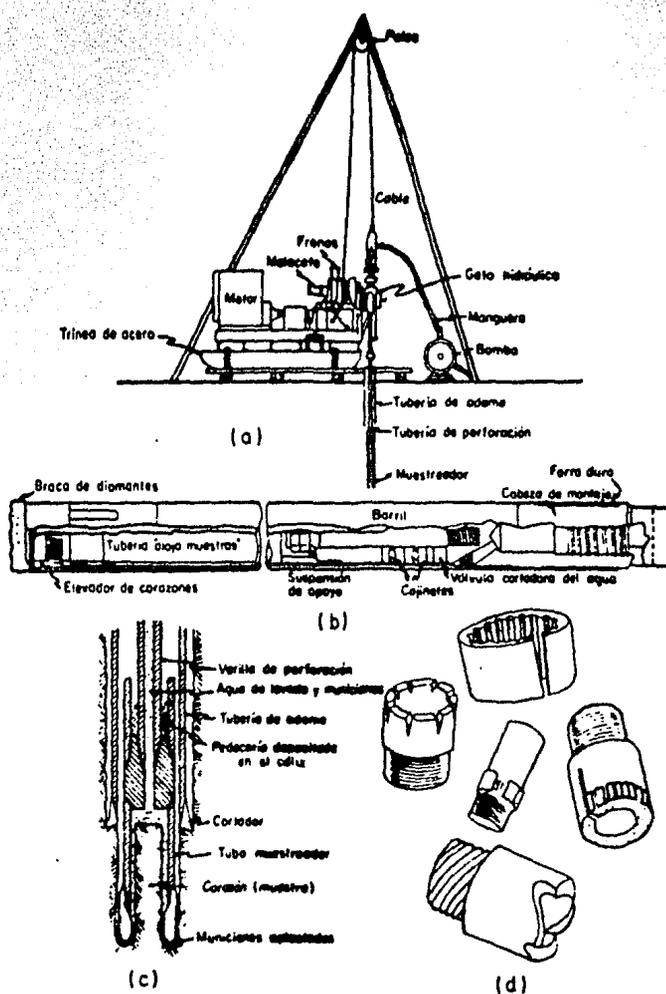


FIGURA - 38



Equipo para muestreo en roca.

- a) Máquina perforadora
- b) Muestreador para braca de diamante
- c) Muestreador tipo cálix
- d) Algunos tipos de brocas

SONDEO No. 1

- 10 MZO/82 INSTALACION DEL EQUIPO DE PERFORACION
- 11 MZO/82 SE PERFORO HASTA 4 M. DE PROFUNDIDAD.- LA RECUPERACION QUE SE OBTIENE ES DE UN 25%, Y SON MATERIALES DE BOLEO EMPACADOS EN UNA MATRIZ ARENO LIMOSA.
- 12 y 13 MZO/82 SE PERFORO HASTA 8 M. DE PROFUNDIDAD MISMOS MATERIALES.
- 15 y 16 MZO/82 SE PERFORO HASTA 14 M. LA BROCA UTILIZADA, QUEDO TRABADA A CAUSA DE HABERSE DERRUMBADO EL SONDEO.
- 17,18 ,19,20 /MZO /82.
DESTRABANDO BROCA Y CEMENTANDO PARA EVITAR FUTUROS DERRUMBES.
- 22,23,24/ MZO/82
SE PERFORO HASTA 21 M., SE SIGUE OBTENIENDO BOLEOS EMPACADOS EN ARENA LIMOSA.
- 27 MZO/82 SE TERMINA SONDEO HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 31 M., SE TRANSPORTAN LAS MUESTRAS AL LABORATORIO CENTRAL PARA SUS ANALISIS CORRESPONDIENTES.

SONDEO NO. 2.

- 30 MZO/82 INICIO DE PERFORACION CON ROTACION MX.
- 31 MZO/82 SE PERFORO HASTA 3 M. SE ESTA RECUPERANDO UN 25%, DE ARENAS LAVADAS CORRESPONDIENTES AL LAHAR BLANCO.
- 3 ABRIL/82 SE SIGUE RECUPERANDO ARENAS DE LAHAR BLANCO.
- 6 /ABRIL/82 SE TERMINA SONDEO 2, SE TRANSPORTAN LAS MUESTRAS AL LABORATORIO PARA SUS ANALISIS CORRESPONDIENTES.

NOTA: Se hace la indicación que para la realización de esta obra fueron ejecutados todos los estudios necesarios para su inicio, sólo que en el presente trabajo se muestran únicamente algunos de los resultados obtenidos de dicho trabajo.



12

LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

OBRA: TUNEL VISTA HERMOSA PERFORISTA: V.A. ESTUDIO NR: MS-03 82/4
 DIRECCION: KM. 16+100 CARRETERA MEXICO TOLUCA LOCALIZACION: S/CROQUIS N.A.F. NO HAY
 SISTEMA DE PERFORACION: ROTACION NX. COTA: FECHA: INICI. 10/MARZO/82

MUESTRA NR	PROFUNDIDAD		GOLPES PENETR.	LONGITUD RECUP.	M A T E R I A L
	DE	A			
	0.00	100	ROT-NX		MATERIAL DE COMPACTACION TEPETATE C/GRAVAS
1	1.00	2.00	" "	25	GRAVAS EMP EN ARENA ARCILLOSA CAFE CLARO.
2	2.00	3.00	" "	25	GRAVAS EMP. EN ARENA ARCILLOSA CAFE CLARO.
3	3.00	4.00	" "	25	GRAVAS EMP. EN ARENA ARCILLOSA CAFE CLARO.
	4.00	5.00	" "		ARENA LIMOSA COMPACTA COLOR CAFE CLARO.
4	5.00	6.00	" "	20	BOLEOS EMP. EN ARENA LIMOSA CAFE CLARO.
5	6.00	7.00	" "	70	BOLEOS EMP. EN ARENA LIMOSA CAFE CLARO.
6	7.00	8.00	" "	55	BOLEOS EMP. EN ARENA LIMOSA CAFE CLARO.
7	8.00	9.00	" "	25	BOLEOS EMP. EN ARENA LIMOSA CAFE CLARO.
	9.00	10.00	" "		DETECTANDO GRAVAS LAHAR BLANCO EN ARENA LIMOSA
8	10.00	11.00	" "	15	GRAVAS EMP. EN ARENA LIMOSA CAFE CLARO
9	11.0	12.00	" "	M.L.	ARENA FINA COLOR AZUL CLARO.
	12.00	13.00	" "		CONTINUA ARENA Y DETECTANDO GRAVAS.
10	13.00	14.00	" "	20	GRAVAS EMP. EN ARENA AZUL
	14.00	15.00	" "		DETECTANDO GRAVAS.
11	15.00	16.00	" "	M.L.	ARENA FINA COLOR AZUL CONTINUAN GRAVAS
12	16.00	17.00	" "	10	GRAVAS EMP. EN ARENA AZUL GRISOSA.

LABORATORIO

OFICINAS

RECIBI MUESTRAS Y RESULTADOS


NOMBRE

FECHA

RECIBI REGISTROS DE CAMPO

NOMBRE

FECHA

OBRA: TUNEL VISTA HERMOSA
 LOCALIZACION: CARR. MEXICO TOLUCA.
 ENSAYE N° E-1 SONDEO N° S-1
 MUESTRA N° 2 PROF. 0.0 a 1.0 m.

LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

DESCRIPCION: BOLEOS LAHAR AZUL CON ARCILLA LIMO ARENOSA CAFE
 PESO DE LA MUESTRA 195.2 gr.

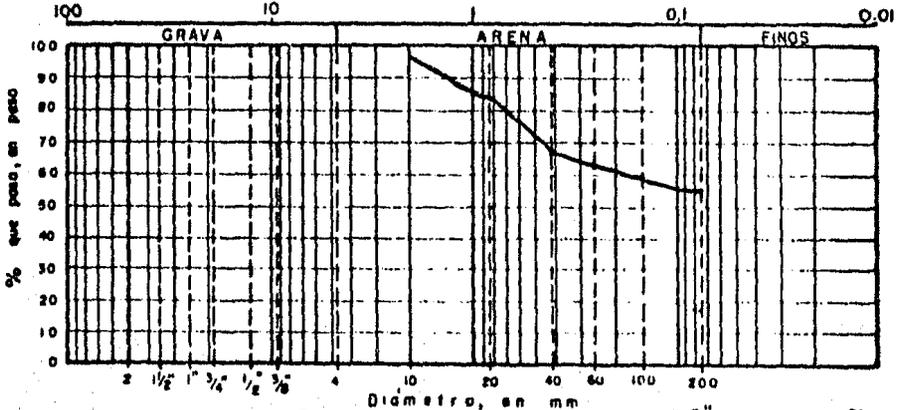
GRANULOMETRIA
 POR MALLAS

	RET. N°4	PASA N°4
PORCIENTO		
TARA + MUESTRA HUMEDA		
TARA + MUESTRA SECA		
PESO AGUA		
PESO TARA		
PESO MUESTRA SECA		
CONTENIDO DE HUMEDAD		

FECHA: 82 04 12
 OPERADOR: R. GOMEZ
 CALCULO: JOSE GAVILAN.

Malla N°	Abertura	Peso Suelo retenido	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	Malla N°	Abertura	Peso Suelo retenido	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa
	mm	gr	%	%		mm	gr	%	%
2"	50.80				10	2.000	4.35	2.2	97.8
1 1/2"	38.10				20	0.840	25.99	13.	84.8
1"	25.40				40	0.420	34.24	17.1	67.7
3/4"	19.05				60	0.250	10.4	5.2	62.5
1/2"	12.70				100	0.149	6.51	3.3	59.2
3/8"	9.52				200	0.074	4.13	4.1	55.1
N° 4	4.75				Pasa 200		110.2	55.1	
Pasa N° 4					SUMA		195.2		
SUMA									

CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO:



$D_{10} = \dots$ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \dots$ $G > 3" = \dots \%$
 $D_{30} = \dots$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \dots$ $G = \dots \%$
 $D_{60} = \dots$ $S = \dots 45 \%$ $F = \dots 55 \%$

Clasificación SUCS: ML.

OBSERVACIONES: BOLEOS LAHAR AZUL CON ARCILLA LIMO ARENOSAS CAFE.

[Handwritten signature]

OBRA: TUNEL VISTA HERMOSA
 LOCALIZACION: CARRETERA MEXICO-TOLUCA
 ENSAYE N° E-13 SONDEO N° S-1
 MUESTRA N° M-25 PROF: 29.0 a 30.0 m.
 DESCRIPCION: 196.0 gr.
 PESO DE LA MUESTRA:

LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

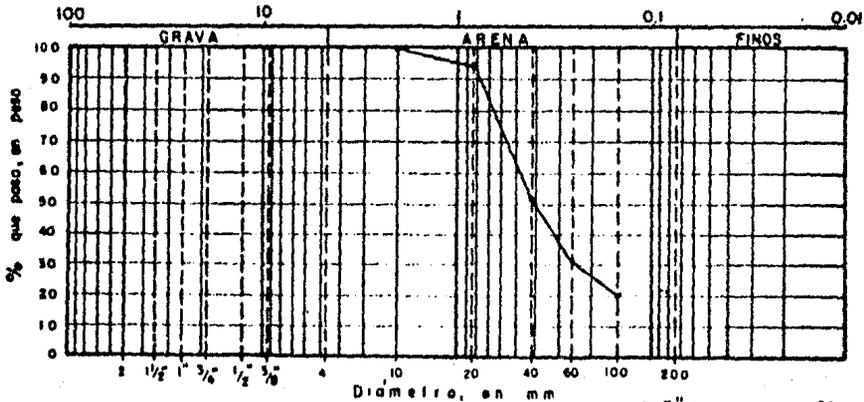
GRANULOMETRIA
 POR MALLAS

	RET N°4	PASA N°4
PORCIENTO		
TARA + MUESTRA HUMEDA		
TARA + MUESTRA SECA		
PESO AGUA		
PESO TARA		
PESO MUESTRA SECA		
CONTENIDO DE HUMEDAD		

FECHA: 82 04 13
 OPERADOR: R. GOMEZ
 CALCULO: JOSE GAVILAN

Malla N°	Abertura	Peso Suelo retenido	Porcentaje retenido parcial	Porcentaje que pasa	Malla N°	Abertura	Peso Suelo retenido	Porcentaje retenido parcial	Porcentaje que pasa
	mm	gr	%	%		mm	gr	%	%
2"	50.80				10	2000	.6	.3	99.7
1 1/2"	38.10				20	0.840	9.89	5.1	94.6
1"	25.40				40	0.420	84.72	43.2	51.4
3/4"	19.05				60	0.250	39.45	20.1	31.3
1/2"	12.70				100	0.149	22.04	11.2	20.1
3/8"	9.52				200	0.074	17.49	9.0	11.1
N° 4	4.75				Peso 200		21.81	11.1	
Peso N° 4					SUMA		196.0		
SUMA									

CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO:



$D_{10} =$ _____ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ _____ $> 3" =$ _____ %
 $D_{30} =$ _____ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} =$ _____ $G =$ _____ %
 $D_{60} =$ _____ $F =$ 11 _____ %

Clasificación SUCS _____ S.M. - M.L.

OBSERVACIONES: ARENA FINA CON PARTICULAS GRANO BLANCO Y NEGRO.

OBRA TUNEL VISTA HERMOSA
 LOCALIZACION CARRETERA MEXICO-TOLUCA
 ENSAYE N° E-1 BOMBEO N° S-2
 MUESTRA N°: M-1 PROF: 0.0 A 1.0 M
 DESCRIPCION: LAHAR BLANCO CON ARCILLA LINOSA
 PESO DE LA MUESTRA: 145.26 gr.

LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

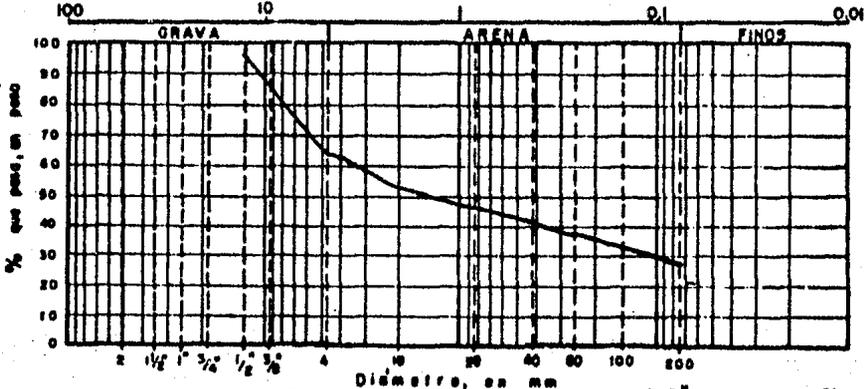
GRANULOMETRIA
 POR MALLAS

	RET. N°4	PASA N°4
PORCIENTO		
TARA + MUESTRA HUMEDA		
TARA + MUESTRA SECA		
PESO AGUA		
PESO TARA		
PESO MUESTRA SECA		
CONTENIDO DE HUMEDAD		

FECHA: H20413
 OPERADOR: R. GOMEZ
 CALCULO: J. GAVILAN

Malla N°	Abertura	Peso Suelo retenido	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa	Malla N°	Abertura	Peso Suelo retenido	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa
	mm	gr	%	%		mm	gr	%	%
2"	50.80				10	2.000	32	10	53
1 1/2"	38.10				20	0.840	20	6	47
1"	25.40				40	0.420	19	6	41
3/4"	19.05			100	60	0.250	10	3	38
1/2"	12.70	5	4	96	100	0.149	19	6	32
3/8"	9.52	22	15	81	200	0.074	13	4	28
N°4	4.75	26	18	63	Pasa 200		87	28	
Peso N°4		90	61		SUMA		200	63	
SUMA									

CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO:



$D_{10} =$ _____ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ _____ $> 5 =$ _____ %
 $D_{30} =$ _____ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} =$ _____ $G =$ 37 %
 $D_{60} =$ _____ $F =$ 28 %

Clasificación SUCS: _____ S.C.

OBSERVACIONES: LAHAR BLANCO CON ARCILLA LINOSA.

JG

OBRA: TUNEL VISTA HERMOSA
 LOCALIZACION: CARRITERA MEXICO - IOLUCA
 ENSAYE N°: E-14 SONDEO N°: S-2
 MUESTRA N°: M-2 9 PROF: 29.0 a 30.0 m.
 DESCRIPCION: ARENA FINA C/GRANO AZUL, BLANCO Y NEGRO.
 PESO DE LA MUESTRA: 200 gr.

LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

GRANULOMETRIA POR MALLAS

	REI N°4	PASA N°4
PORCIENTO		
TARA + MUESTRA HUMEDA		
TARA + MUESTRA SECA		
PESO AGUA		
PESO TARA		
PESO MUESTRA SECA		
CONTENIDO DE HUMEDAD		

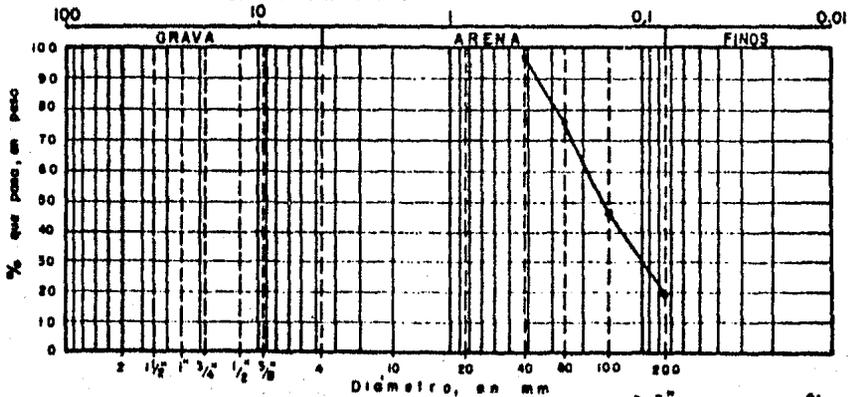
FECHA: 82 04 13

OPERADOR: R. GOMEZ

CALCULO: J. GAVILAN.

Malla N°	Abertura	Peso Suelo retenido	Porcentaje retenido parcial	Porcentaje que pasa	Malla N°	Abertura	Peso Suelo retenido	Porcentaje retenido parcial	Porcentaje que pasa
	mm	gr	%	%		mm	gr	%	%
2"	50.80				10	2.000			
1 1/2"	38.10				20	0.840			
1"	25.40				40	0.420	5.4	3	97
3/4"	19.05				60	0.250	42.42	21	76
1/2"	12.70				100	0.149	59.62	29	47
3/8"	9.52				200	0.074	54.79	28	19
N°4	4.75				Peso 200		37.77	19	
Peso N°4					SUMA		200.00		
SUMA									

CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO:



$D_{10} =$ _____ $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ _____ $> 3" =$ _____ %
 $D_{30} =$ _____ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} =$ _____ $G =$ _____ %
 $D_{60} =$ _____ $S =$ 81 _____ %
 $F =$ 19 _____ %

Clasificación SUCS: S.H.

OBSERVACIONES: ARENA FINA C/GRANO AZUL Y BLANCO Y NEGRO LAHAR BLANCO.

PERFIL ESTRATIGRAFICO

TUILL VISTA HEROSA
SONDEO S-1

ESTRATIGRAFIA DEL SUELO		MUESTRA NUMERO DE GOLPES N		RESULTADOS DE ENSAYES	
CLASIFICACION Y DESCRIPCION	PROFUNDIDAD (m)	1	2	RESISTENCIA UNIFORME (kg/cm ²)	RESISTENCIA PENETRACION (kg/cm ²)
BASE LANA Y MEZCLAMIENTOS DE PASTAMENTOS GRANOS CEMENTADOS	0.00 - 0.10				
CAPAS CEMENTADAS CON ARELLAS LOCALS	0.10 - 0.20				
BOLLOS LANA ALBA CON ARELLAS LINDAS	0.20 - 0.30				
BOLLOS GELIS (VERDE) CON PELLIS LINDAS	0.30 - 0.40				
BOLLOS LANA BLANCA (POMBA)	0.40 - 0.50				
BOLLOS LANA ALBA	0.50 - 0.60				
BOLLOS LANA BLANCA	0.60 - 0.70				
ARENAS FINAS CON PARTICULAS DE GORDO BLANCO	0.70 - 0.80				
BOLLOS LANA ALBA CON ARELLAS LINDAS	0.80 - 0.90				
BOLLOS LANA BLANCA	0.90 - 1.00				
ARENAS FINAS CON PARTICULAS DE GORDO BLANCO Y ARELLAS	1.00 - 1.10				
BOLLOS LANA ALBA Y ROSA	1.10 - 1.20				
ARENAS FINAS CON PARTICULAS DE GORDO BLANCO Y ARELLAS	1.20 - 1.30				
ARENAS BLANCA CON PARTICULAS DE GORDO BLANCO	1.30 - 1.40				
BOLLOS LANA BLANCA CON ARELLAS BLANCAS	1.40 - 1.50				
ARENAS FINAS CON PARTICULAS DE GORDO BLANCO Y ARELLAS	1.50 - 1.60				
ARENAS FINAS CON PARTICULAS DE GORDO BLANCO Y ARELLAS	1.60 - 1.70				
BOLLOS LANA BLANCA (POMBA)	1.70 - 1.80				
ARENAS CON PARTICULAS BLANCAS Y VERDES	1.80 - 1.90				
LANA BLANCA POCILLO	1.90 - 2.00				
ARENAS FINAS CON PARTICULAS BLANCAS Y VERDES	2.00 - 2.10				
LANA BLANCA CON ARELLAS BLANCAS POCILLO	2.10 - 2.20				
FIN DE SONDEO	2.20				

NOMENCLATURA :

- P = Pastamentos
- F = % de Fina
- A = % de Arma
- G = % de Grava
- S = Cantidad de Bollos
- X_h = Peso volumetrico de bollos en agua, en T/M³
- W = Humedad
- f_w = Índice de Plasticidad
- L.C. = Límite de Consistencia Volumetrica
- C = Cohesion
- J = Ángulo de Fricción Interna
- P.C. = Puntamento Carbonatado
- M.M.O. = Mucha Materia Orgánica
- N.A.S. = Nivel de Agua Superficial
- N = Resistencia Extrema de ensayo con 20 golpes como minimo 30 golpes maximo de 2' dentro de todo con un promedio de 60 kg/cm²

SÍMBOLOS :

- Arcilla
- Limo
- Arena
- Grava
- Fines
- Vidrio Volcánico
- Pedruzcos de Concha
- Rotura
- Lomitas
- Gases Escudados
- Lanas Azules y Verdes
- Lanas Blancas
- Bola
- N Mayor de 60 Golpes
- Resistencia en grandes golpes rotados
- Resistencia en golpes rotados y grandes arcillosos

ENSAYES :

- T_u = Prueba Triaxial
- T_{u2} = Prueba Triaxial, Estabilización-Deformación
- C_u = Prueba de Consolidación
- E_{sp} = Prueba de Espesamiento
- T_u = Prueba de Torsion
- cu = Prueba de Compresion Simple
- C.D. = Prueba de Carp Directa

TIPO DE MUESTREO

- T.S. = Tube Shelby
- B.D. = Borel Cannon
- P.E. = Penetracion Extensa
- A. = Avance
- M.P. = Muestra Perdida
- P.P. = Peso Procto
- P.H. = Presion Horizontal
- R. = Rotacion
- GO/10 = Golpes/Cm

CONSTRUCCIONES S.A.

TUILL VISTA HEROSA

CARRETERA ALIXICO-TOLUCA

SONDEO AUXILIARIO SIABONE S-1

LABORATORIO

PERFIL ESTRATIGRAFICO

TUNEL VISTA HERNANDEZ

SONDEO S-2.

ESTRATIGRAFIA DEL SUELO DESCRIPCION Y DESCRIPCION	MUESTRA NUMERO DE GOLFES N	MUESTRA NUMERO DE GOLFES N				RESULTADOS DE ENSAYES							
		1	2	3	4	W	L	U _c	T ₅₀	T ₂₀	T ₁₀	T ₅	
Capas Lamas Blancas con Arena Blanca	1												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	2												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	3												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	4												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	5												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	6												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	7												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	8												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	9												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	10												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	11												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	12												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	13												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	14												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	15												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	16												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	17												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	18												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	19												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	20												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	21												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	22												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	23												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	24												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	25												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	26												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	27												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	28												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	29												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	30												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	31												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	32												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	33												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	34												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	35												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	36												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	37												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	38												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	39												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	40												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	41												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	42												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	43												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	44												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	45												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	46												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	47												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	48												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	49												
Capas de arena con arenas blancas y arenas blancas	50												

NOMENCLATURA :

- P = Penetrómetro
- F = % de Finos
- A = % de arena
- G = % de Grava
- S₁ = Cantidad de Sólidos
- F_h = Pres. (resistencia) en estado natural, en T/M²
- Q = Densidad
- I_p = Índice de Plasticidad
- L.C. = Límite de Consistencia Volumétrica
- C = Cohesión
- α = Ángulo de Fricción Interna
- P.C. = Fuerzas de Cohesión
- M.M.D. = Mucha Materia Orgánica
- M.A.S. = Nivel de Agua Superficial
- R = Resistencia Extrema de arena con 2% de humedad de agua según norma para hacer ensayo 30 Co de resistencia de 2 a 20 cm de tamaño con un peso de 85 kg de peso y una altura de caída de 75 cm

SÍMBOLOS :

- Arena
- Leno
- Arena
- Grava
- Follas
- Vidrio Volcánico
- Piedras de Canchales
- Reteno
- Lodo

ENSAYES :

- T₅ = Prueba Triaxial
- T₁₀ = Prueba Triaxial, Edificio-Deformación
- C_u = Prueba de Consolidación
- E_{sp} = Prueba de Espesamiento
- T₂₀ = Prueba de Torsión
- C_u = Prueba de Compresión Simple
- C.D. = Prueba de Corte Directo

TIPO DE MUESTREO :

- T.S. = Tubo Shelby
- B.D. = Bore Danson
- P.E. = Penetración Extensor
- A = Amaca
- M.P. = Muestra Perdida
- P.P. = Pasa Placa
- P.H. = Prueba Hidráulica
- R = Retención
- GO/CO = Golpe/CO.

CONSTRUCCIONES S.A.

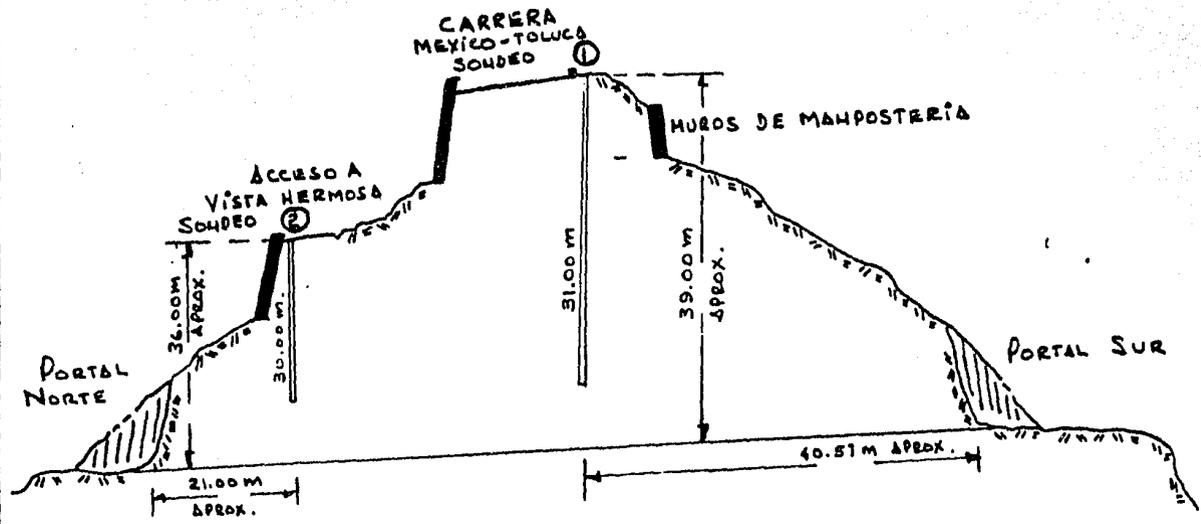
TUNEL VISTA HERNANDEZ.

ANEXILLA HÉRICO - TORRES.

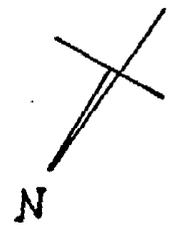
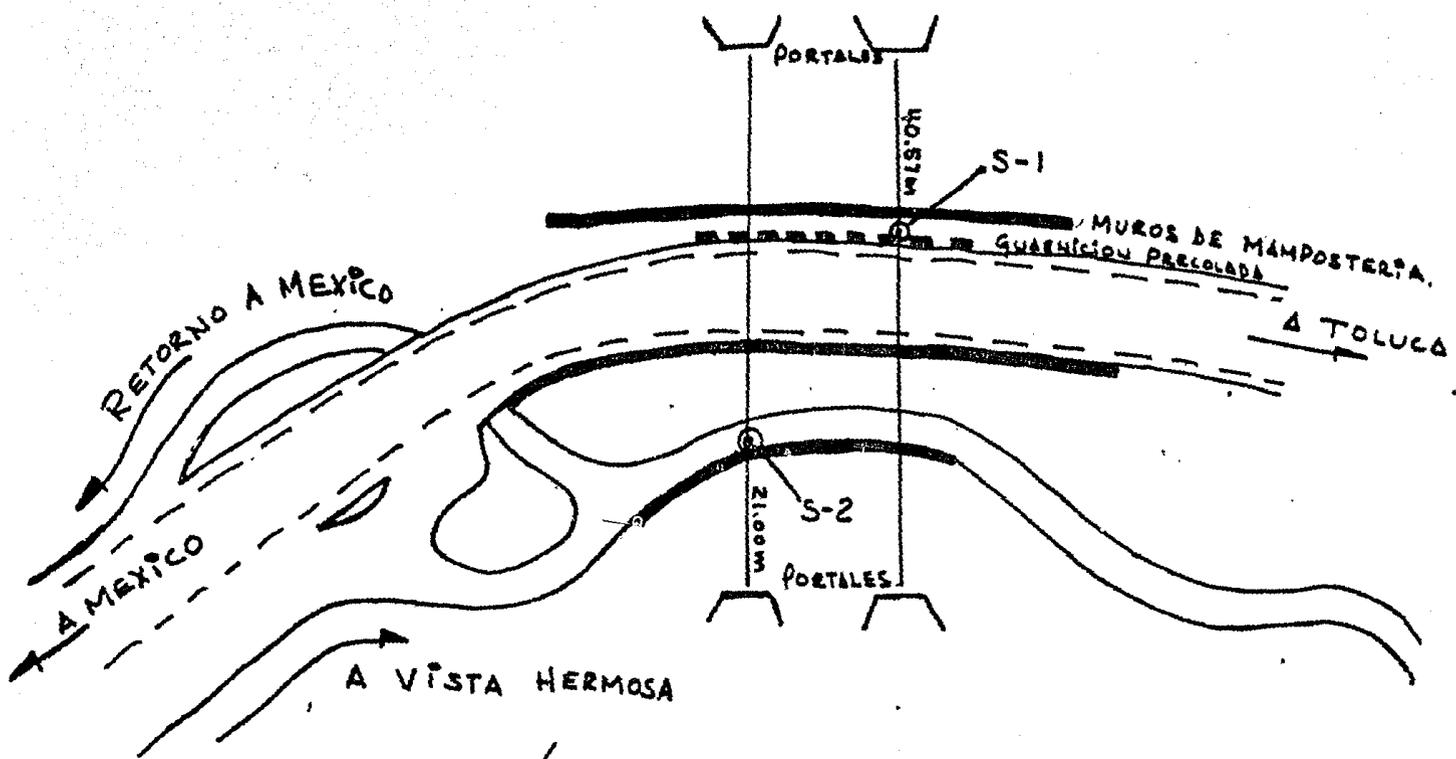
SONDEO PERFORACION STRABER S-2.

LABORATORIO

CROQUIS DE LOCALIZACION



C
CROQUIS LOCALIZAC. N.



CAPITULO III.- ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS METODOS A UTILIZAR.

III.1.- ESTUDIO ECONOMICO DE DOS METODOS A UTILIZAR.

III.2.- COMPARACION DE EQUIPOS Y MATERIALES.

III.3.- COMPARACION CONSTRUCTIVA DE AMBOS METODOS.

III.4.- CONCLUSIONES.

III.1.- ESTUDIO ECONOMICO DE AMBOS.

En este capítulo, se tratará la utilización de dos métodos constructivos que tienen procesos, equipos y materiales poco diferentes en su construcción.

A excepción de algunas semejanzas de lo arriba mencionado, en el desarrollo de este tema, se verá la secuencia y clasificación de dos métodos, para llegar a una conclusión o solución del método mas apropiado a utilizar se en la obra ya mencionada.

A continuación veremos que no fué tarea fácil llegar a una solución, puesto que en realidad no fueron dos sino tres métodos, como se verá enseguida.

Al dar inicio a los trabajos de campo, fué entregado un procedimiento constructivo por parte de SAHOP elaborado por IPESA, el cual se modificó por demostrarse falta de datos y seguridad. Realizándose los estudios correspondientes por parte de la Compañía, se llegó a la conclusión de deshecharlo y pidiendo asesoría se dió como resultado la obtención de 2 métodos: uno por parte del Dr. Gabriel Auvimet y otro por parte de Estructuras Internacionales.

Dando inicio al estudio comparativo de ambos, que provocaron nutridos debates y llegando como resultado a inclinarse al método del Dr. Auvimet por ser la solución que la Compañía creyó mas óptima en el aspecto económico, dejando escapar detalles como la seguridad a los trabajadores de acuerdo al procedimiento constructivo del método, muy importante en este tipo de obras civiles. Aclarando que no se está afirmando que el método no funciona, sino que al compararse dió una diferencia aproximadamente de un 75% mas económico, casi igual en su procedimiento y un 70% contra un 100% en seguridad del Método de Estructuras Internacionales, en lo que respecta a los puntos mas importantes desde el aspecto administrativo y constructivo.

Como aclaración, siempre se ha dicho que vale la pena realizar un gasto mayor que reditue mejor ganancia y seguridad total en todo el trabajo a ejecutar. Porque al obtener ahorros se pueden crear problemas (accidentes), lo cual no fué buena inversión y se provocará un gasto doble o triple al ahorro obtenido.

En relación a los métodos, El Nuevo Método Austriaco aportado por el Dr. Auvimet y el método de Estacado aportado por Estructuras Internaciona-

les son efectivos al 100% en lo que respecta a sus procedimientos constructivos, tiempos de terminación y funcionamiento de trabajo como estructura.

Estos métodos se han aplicado en países como España, Alemania, Estados Unidos y aquí en México como se mostrará mas adelante.

El procedimiento constructivo que a continuación se expone, fué el -- aportado por SAHOP, para la construcción del portal de entrada (y de salida) se deberá excavar el terreno a cielo abierto con taludes laterales y de -- frente de 0.25:1, dichos taludes podrán variarse según la estabilidad del - material en el momento de la construcción. El frente de la excavación deberá tener una altura de 5 mts. sobre la clave del túnel como se indica en la figura 40.

En caso necesario se deberán analizar las zonas alrededor del portal de entrada por medio de una protección de concreto lanzado ó mediante la colocación de un muro de retención, según lo requiera el terreno.

Una vez que se tenga excavado y estabilizado el portal de entrada se - procederá a excavar la sección del túnel en forma parcial, primero excavando la sección superior, lanzando concreto y rezagando, y posteriormente excavando la sección inferior como se indica en la figura 41.

Dicha excavación podrá ser por medio de explosivos o con un equipo mecánico, dependiendo de la naturaleza del terreno.

Para la construcción del túnel empleando en éste caso la técnica del - precorte con explosivos de bajo poder. Después de la detonación se colocará un ademe primario consistente en la colocación de 5" de concreto lanzado. De ser necesario se colocarán anclas durante el proceso de lanzado (ver Figura 42).

La rezaga de productos de la excavación podrá retirarse empleando una retroexcavadora (CAT 235 ó similar), cargando camiones accionados por motor Diesel.

Alternativamente podrá usarse una escrepa minera para bajar el material proveniente de la media sección superior y cargadores frontales sobre neumáticos para cargar la rezaga a camiones Diesel.

Para la barrenación podrán usarse pistolas de pierna apoyadas desde - Jumbos tubulares que podrán ser colocados y retirados por medio de la retroexcavadora. Asimismo la retroexcavadora será usada para acercarse al lanzador a las zonas por proteger. La plantilla de barrenación se diseñará de acuerdo con el terreno y para la detonación se emplearán tiempos a milisegundos. La profundidad de barrenación será de 2.40 x 3.00 metros.

Una vez que la media sección superior haya sido estabilizada se procederá a la excavación de la sección inferior, la cual será estabilizada en sus paredes mediante 4" de concreto lanzado como se indica en la figura 42.

En todo caso se deberá cumplir que la distancia entre el frente de la excavación y el ademe ya instalado no deberá exceder de 3.00 mts.

Una vez instalado el ademe primario, se colocará un ademe definitivo consistente en concreto armado.

En el caso de que se pueda atacar el frente sin el uso de explosivos, la retroexcavadora podrá realizar dicho ataque auxiliado con herramientas neumáticas manuales y/o martillo rompedor neumático colocado en el brazo de la propia retroexcavadora.

La carga de camiones podrá efectuarse simultáneamente a la excavación y la operación de concreto lanzado realizado en el momento en que se requiera.

En este caso deberá cumplirse con lo mismo especificado en el otro método, es decir, excavar primero la media sección superior y posteriormente la inferior, los mismos espesores de concreto lanzado, anclas en caso de requerirse distancia máxima entre el frente y el ademe ya instalados de 3.00 metros.

Se hace la observación, que en la aplicación de cualesquiera de los métodos, se serán obtenidos usando estudios de mecánica de suelos y geológicos, se tomó como medida precautoria evitar explosivos en su excavación dada la poca altura entre el techo del túnel y la carretera. Fué indicado también, que debido al tipo de material encontrado y la vibración del paso vehicular en la carretera, se podrían provocar desprendimientos de material durante el proceso constructivo y aunado a esto, las ondas vibratorias de explosivos que pueden ocasionar problemas mayores en la ejecución de la obra.

Después de haber explicado en breve el proceso constructivo por parte de IPESA, se verá a continuación el estudio económico comparativo de los dos métodos y porqué fué seleccionado para su aplicación el Nuevo Método Austriaco.

De acuerdo al estudio económico que se realizó conjuntamente con el Dr. Auvimet, se llegó a lo que será mencionado aquí y en los capítulos subsecuentes.

Conforme a la comparación de costos entre los procedimientos constructivos propuestos por el Dr. Auvimet y Estructuras Internacionales en lo que respecta a soporte temporal comparado con el de IPESA, esto relacionado al-

recubrimiento definitivo en el proyecto preparado por SAHOP.

El análisis comparativo únicamente se realizó para las actividades que se diferencian para uno y otro método, dividiéndolas en:

- a).- SOPORTE TEMPORAL.
- b).- SOPORTE DEFINITIVO.
- c).- EQUIPO.

Para las dos primeras, la comparación se realizó sobre materiales y para la tercera sobre tiempo de utilización de equipo. En la tabla VI, se incluye el cuadro comparativo con los costos correspondientes, teniendo que:

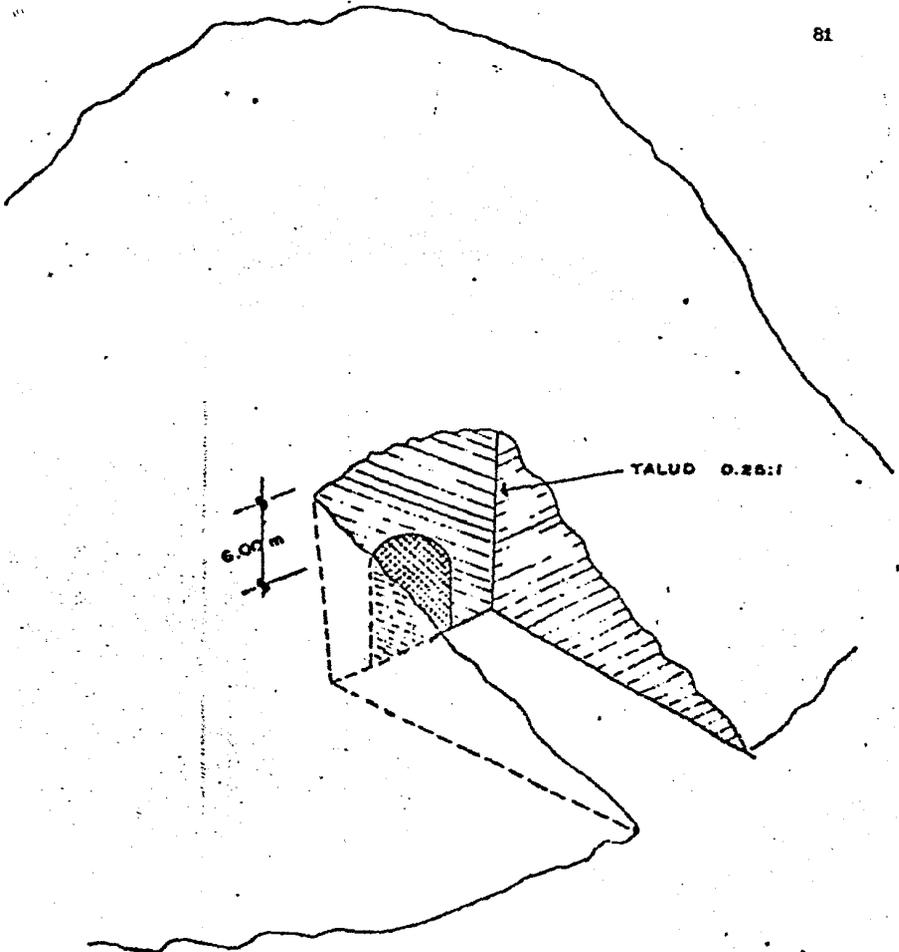
- 1).- En dicha tabla se manejan costos directos a la contratista sin tomar en cuenta impuestos, indirectos, imprevistos, renta y compra de otros equipos, materiales, faltantes, mano de obra y tener en cuenta las variantes existentes de los precios en el mercado, ya que los precios que se muestran son del mes de septiembre de 1983, habrá que aumentarlos de un 75% a un 85% del precio indicado en la tabla.

Todo lo antes mencionado a costos estará tratado con mas detalle en el capítulo XII de este trabajo, ya que los conceptos principales de la obra gruesa de túneles son los que se muestran en la tabla y sirvieron para tomar la decisión económica en ambos métodos.

- 2).- El cuadro contempla algunos conceptos principales requeridos para la ejecución del túnel dejando fuera a otros, ya que su comparación y costos serán semejantes en ambos métodos, de los cuales podrán referirse a lo antes mencionado que va aunado al emportalamiento, excavación, iluminación, etc.
- 3).- Las cantidades indicadas corresponden a las calculadas por el Dr. Auvimet y las entregadas por Estructuras Internacionales.
- 4).- La protección para caídos en los extremos fué dada por el Dr. Auvimet, que protege aproximadamente 2/1,000 del túnel.
- 5).- La protección dada por Estructuras Internacionales, en el mismo caso extremo incluye material para 100/1,000 aproximadamente.
- 6).- Se supone protección temporal en ambos casos de 10 centímetros.
- 7).- Se dan espesores de revestimiento definitivo para el primer caso de 30 cms. de concreto lanzado y de 70 cms. de concreto hidráulico en el segundo caso.
- 8.-El caso de Jumbo y cimbra, se amortizan a un 90% dentro de los costos indicados.

Resumiendo, tenemos que fué en base al procedimiento constructivo y al estudio económico de ambos métodos como fueron comparados, estudiados y que dieron como resultado la elección del Nuevo Método Austriaco para ser aplicado en la obra correspondiente a Dos Túneles Carreteros en Vista Hermosa.

CONCEPTO	COSTO UNITARIO \$	MATERIAL AUSTRIACO		MATERIAL ESPAÑOL	
		CANTIDAD \$	SUBTOTAL \$	CANTIDAD \$	SUBTOTAL \$
a) Soporte temporal.					
Anclaje Radial.	1,821.57	2,138 Pza.	3'094,516.60	-----	-----
Anclaje Portal	2,281.15	60 Pzas.	136,869.00	-----	-----
Anclaje Caidos	2,281.15	140 Pzas	319,361.00	-----	-----
Concreto Lanzado	14,500.00	587 m ³	8'511,500.00	587 m ³	8'511,500.00
Barras Longitud.	22.00	-----	-----	64,133 Kg.	1'410,000.00
Barrenado	343.00	6,145 H.L.	2'107,735.00	10,295.00	3'571,105.00
SUB-TOTAL			<u>\$ 14'092,221.60</u>		<u>\$ 13'492,611.00</u>
b) Soporte Definitivo.					
Concreto Lanzado	14,500.00	1,174 m ³	17'023,000.00	-----	-----
Concreto Hidráulico	3,200.00	-----	-----	3,821 m ³	12'027,800.00
Acero Reforzado	26.00	-----	-----	210,676 Kg.	5'477,826.00
Cimbrado metal	1,326.00	-----	-----	5,029 m ³	6'662,454.00
Bombado Concreto	394.17	-----	-----	3,821 m ³	1'502,123.50
SUB-TOTAL			<u>\$ 17'023,000.00</u>		<u>\$ 25'629,253.50</u>
TOTAL			<u>\$ 31'002,981.60</u>		<u>\$ 29'122,864.50</u>
c) Equipo.					
Retroexcavadora	160,000.00	4 meses	640,000.00	2.5 meses	400,000.00
Cargador Rezag.	150,000.00	4 meses	600,000.00	3 meses	450,000.00
Carg. Maniobras.	150,000.00	4 meses	600,000.00	-----	-----
Jumbo	300,000.00	-----	-----	6 meses	1'800,000.00
Tractor.	325,000.00	-----	-----	1 mes	325,000.00
SUB-TOTAL			<u>\$ 1'860,000.00</u>		<u>\$ 2'975,000.00</u>
TOTAL			<u>\$ 33'862,981.60</u>		<u>\$ 32'107,864.50</u>
DIFERENCIA -----			<u>\$ 8'474,982.90</u>		



PORTAL DE ENTRADA

FIGURA No. 40

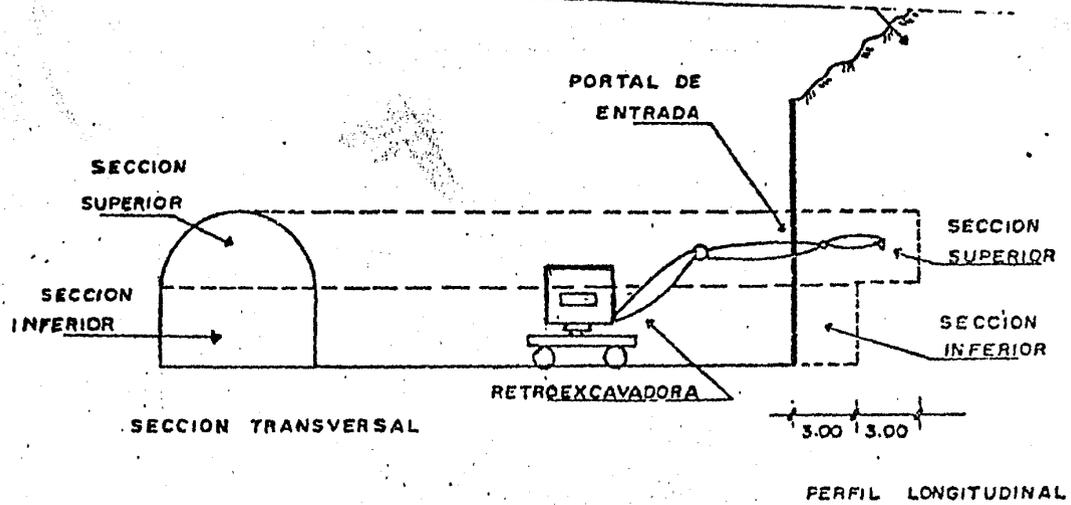


FIGURA No. 43

SI EL TERRENO ES INESTABLE
SE COLOCARAN ANCLAS.

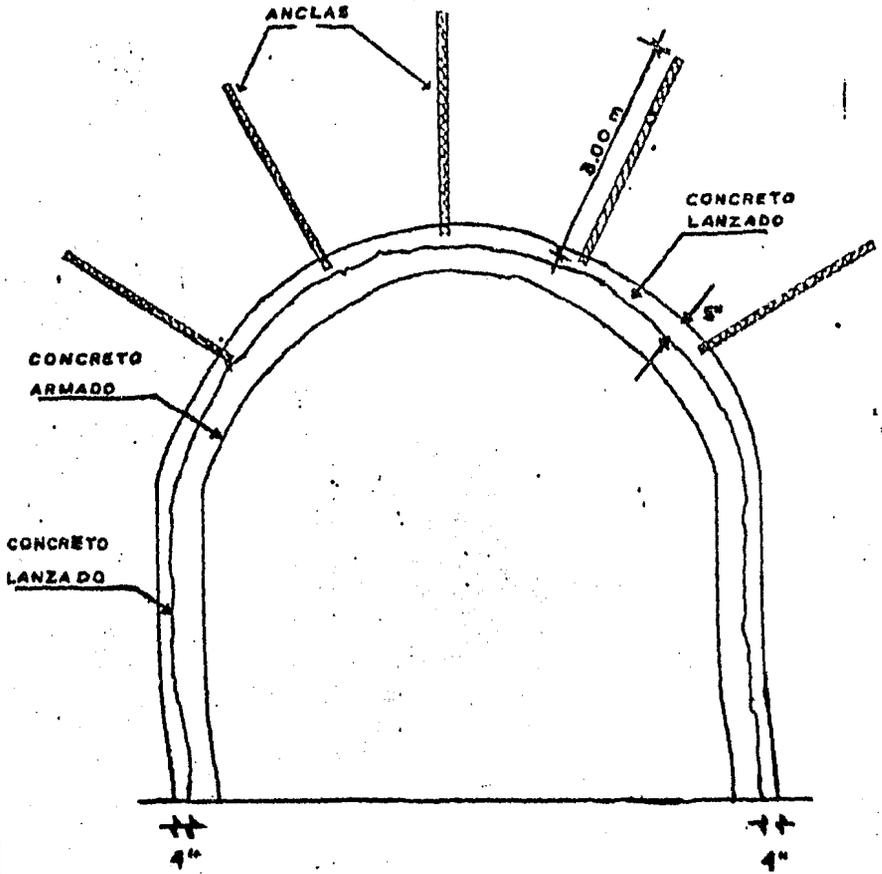


FIGURA No. 42

III.2.- COMPARACION DE EQUIPO Y MATERIALES.

En el desarrollo de este tema, veremos la comparación en materiales y equipo correspondiente a los dos métodos que se propusieron para ser utilizados en la construcción de los túneles de Vista Hermosa, carretera México-Toluca. Ya que de acuerdo al inciso anterior, se dió la aprobación al método Austriaco.

Conforme a lo arriba mencionado, veremos como inciso y en forma explícita el listado de equipo y materiales correspondientes al método de estacado así como sus respectivos planos de adquisiciones y programas.

En forma breve se mostrará el listado correspondiente al Nuevo Método Austriaco, ya que será visto en el capítulo VI de este trabajo.

Tomando en cuenta que servirá para formar un criterio ó una idea con respecto a la comparación de ambos métodos en la casi igualdad de materiales y equipo a utilizar en su respectivo procedimiento constructivo, ofreciendo un tema interesante por su semejanza en las actividades principales de construcción, así de la igualdad de materiales y equipos, a excepción de algunas variantes y cantidades como se mostrará a continuación en el listado de ambos métodos referente a la obra de Túneles de Vista Hermosa.

	Método de Estacado.	Nuevo Método Austriaco.
A.- EQUIPO MAYOR:		
1.- Concreto Lanzado.		
1.1.-Lanzadoras de Concreto		
Tipo seco.		
Marca Aliva, Reed ó Similar.		
Capacidad - 9 m ³ /HR.		
Cantidad	3	2
1.2.-Carro Dosificador y mezclador de agregados pétreos y cemento con capacidad - de 5 m³ de agregados y 1.4 m³ de cemento con una relación cemento agregados 1:3.25 incluyendo Camión Diesel.		
	2	1
1.3.-Robot Electro-Hidraulico opcional para lanzamiento de concreto.- Cantidad-		
	1	--
1.4.- Accesorios:		
Mangueras para lanzado ϕ 2"	40 mts.	50 mts.
Mangueras para agua 1/2" ϕ	30 mts.	40 mts.
Boquillas de lanzado	6 pzas.	4 pzas.
Recubrimientos de boquillas	6 pzas.	4 pzas.
Conexiones Coples y válvulas inyectoras de presión.	6 pzas.	4 pzas.

2.- Equipo de Excavación:			
2.1.-Retroexcavadoras Tipo CAT-225 ó similar.			
Cantidad		2	2
2.2.-Jumbo de perforación y excavación. especialmente diseñado para la sección de excavación con plataformas fijas, telescópicas y abatibles para abarcar el 100% del perímetro de la media sección superior.			
Con Instalación de Aire:			
Tanque de 1,300 lts.		- 1	
Repartidores 3 salidas		- 3	
Tubería 2" ϕ y accesorios		-30 mts.	
Manguera 3/4" ϕ Flexible		-50 mts.	
Manguera 4" ϕ Flexible		-15 mts.	
Con Instalación de Agua:			
Tanque de 1,300 Lts.		- 1	
Repartidores 3 salidas		- 3	
Tubería 2" ϕ y accesorios		-30 mts.	
Manguera 3/4" ϕ flexible		-30 mts.	
Manguera 4" ϕ flexible		-10 mts.	
Con Instalación de Lúz:			
Lámparas Cuarzo 500 w.		- 6	
Interruptores		- 1	
Cable # 10 TWR		-50 mts.	
Tripie p/lámparas		- 3	
Cable # 8-3 Fases Uso Rudo		-10 mts.	
Cantidad:		1 Unidad	---
2.3.- Máquinas Perforadoras. Marca CHECK GROUND, HOG DRILL Mercado - California U.S.A. P.O Box 290 San Bernardino Se requieren con motor eléctrico			
Cantidad:		5 Unidades	----
2.4.- Barra de Barrenación tipo Gusano Especiales para la máquina descrita antes			
Cantidad:		10 M.L. por Maq.	---
2.5.- Brocas de Corte de dos tipos: Para las barras de gusano anteriores. Para material suave y semiduro.			
		10 Pzas. c/u	-----
2.6.- Perforadoras. Para material duro-tipo FL-63. Marca: Gardner Denver ó similar. Con pierna neumática y martillo.			
Cantidad:		1 por frente	10-Unidades

2.7.-Acero de Barrenación. Seccional para las perforadoras anteriores. Diámetro 2 1/4" ϕ Carga 1.30 mts. Con coples de cuerda de sogá. Cantidad - (para 2 máquinas)	15	----
2.8.- Brocas con 1 Injerto de Carburo de Tungsteno. Tipo 4. Tinken. Para 1 1/2" ϕ Cantidad	6	12
2.9.- Barras de Barrenación Iniciales para las máquinas. Cantidad -- (para 2 máquinas)	3	----
2.10.-Martillo Neumático ó hidráulico para usarse en combinación con la retroexcavadora Marca JOY Modelo 514 HEPTI. ó marca INERSOLL-RAND Modelo Mobgobling	1	----
2.11.-Cargador Frontal. Marca-Casse ó Cat. Tipo -Neumático. Model-580 ó 7-14 Cantidad por Frente:	1	1
2.12.-Camiones Volteo (Diesel) De acuerdo a necesidades	Segun se requieran	10 unidades
2.13.-Tractor de Orugas con Ripper Marca-Cat - D 7 ó D 8 Cantidad por frente.	1	1
3.- Equipo de Revestimiento.		
3.1.- Cimbra monolítica para arco y paredes laterales con longitud propuesta de - 9 mts. o instalación de:		
AIRE.		
Repartidores 3 salidas	- 4	
Tubería 2" ϕ y accesorios	- 20 mts.	
Manguera 3/4" ϕ Flexible	-100 mts.	
Manguera 2" ϕ Flexible	- 10 mts.	
AGUA.		
Repartidores 3 salidas	- 4	
Tubería 2" ϕ y Accesorios	- 20 mts.	
Manguera 3/4" ϕ Flexible	- 30 mts.	
Manguera 2" ϕ Flexible	- 10 mts.	
LUZ.		
Lámparas Cuarzo 500 W.	- 10	
Extensión p/uso rudo # 14	- 7	

Cable # 8-3 fases uso rudo	- 10 mts.		
Interruptores	- 2		
Cantidad		1	-----
<hr/>			
3.2.- Cimbra para Guarniciones.			
Longitud propuesta 9 mts.			
Cantidad		1	1
<hr/>			
3.3.- Bomba de Concreto.			
Marca - WHITE MAN.			
Modelo- P-80 ó similar.			
Cantidad		2	-----
<hr/>			
3.4.- Tubería de Concreto y Accesorios.			
Para 6" ϕ Compuesto Por:			
Tubo 6" ϕ x 10' - 0 Cédula 40	- 10		
Cable rápido	- 50		
Repartidor de Concreto	- 1		
Codo 6" ϕ x 45°	- 10		
Codo 6" ϕ x 90°	- 6		
Pantalón 6" ϕ	- 1		
Válvulas Perno	- 4		
Válvulas Inyección Aire	- 6		
Sujetadores	- 20		
Bolas Limp. de esponja	- 2		
Balas limp. de neopreno	- 2		
Trampas recolectoras	- 2		
Carrete p/limpieza	- 1		
Sellos p/coples	- 75		
		1 Lote Acc.	---
<hr/>			
3.5.- Vibradores de Inmersión			
de preferencia eléctricos			
Cantidad		7	2
<hr/>			
3.6.- Vibradores de Contactó			
de preferencia eléctricos			
Cantidad		5	-----
<hr/>			
3.7.- Ollas Revolvedoras,			
Repartidas en 30 m ² x Hr.		Según Cant,	Según Cant.
<hr/>			
4.- Soldadoras con Accesorios			
Cantidad Planta		1	1
<hr/>			
5.- Escantillon			
Regla para cubeta de madera ó ángulo			
Cantidad		1	1
<hr/>			
6.- Gato de Escalera para 30 Pons.			
Cantidad		2	-----
<hr/>			
7.- Gatos Hidráulicos Manuales			
Cantidad		1	1
<hr/>			

8.- Equipo Rayo Laser p/ Topografía			
Cantidad	1		1
9.- Equipo de Seguridad			
	1 lote p/		1 lote P/100
	100		
10.- Equipo de Comunicación			
Cantidad	1		1
11.- Equipo Aire Comprimido			
Compuesto por:			
Compresor 1,200 P.C.H.	1		
Tanque 1,500 Lts.	1		
Repartidores 3 salidas.	3 Pzas.		
Válvula y accesorios 3/4"	18 "		
Tubería 4" ϕ x 20' - 0	35 "		
Cople rápido 4" ϕ	35 "		
Manguera 3/4" c/conexiones	50 Mts		
Cantidad		- 1	
12.- Equipo Instalación de Agua.			
Compuesto por:			
Tanque 1,500 lts.	1		1
Repartidores 3 salidas	3 Pzas.		3 Pzas.
Manguera 3/4" ϕ c/conexiones.	20 Mts.		20 Mts.
Válvula y Accesorios 3/4"	18 Pzas.		18 Pzas.
Cople Roscado 2" ϕ	35 Pzas.		30 Pzas.
Tubería 2" ϕ Roscada 20'-0	35 Pzas.		30 Pzas.
13.- Equipo de Ventilación.			
Compuesto por:			
Ventiladores 10,000 Ft.	2 Unidad.		1 Unid.
Arrancadores	2 "		2 "
Soportes p/arrancadores	20 Pzas.		20 Pzas.
Tubería Flexible 2 1/2" ϕ	120 Mts.		130 Mts.
Anclajes ó soportes p/tubería	40 Pzas.		50 Pzas.
Cantidad			
14.- Equipo Instalación Eléctrica.			
Compuesto por:			
Subestación 100 K.V.A.	- 1	1 Unidad	2 unidades
Cajas de conexión	- 40	40 Pzas.	30 Pzas.
Lámparas 200 W.	- 40	40 Pzas.	50 Pzas.
Aisladores	-120	120 Pzas.	50 Pzas.
Soportes p/aisladores	- 40	40 "	50 "
Clavijas trifásicas	- 10	10 "	10 "
Contactos trifásicos	- 10	10 "	10 "
Cable uso rudo Trif. # 8	- 60 mts.	60 mts.	100 Mts.
Cable P.V.R. # 2 Alumbr	- 600 mts.	600 mts.	800 Mts.
Cable TMR # 8 Alumbr	- 200 mts.	200 mts.	300 mts.
Cable uso rudo Trif. 000 Energ.	- 200 mts.	200 mts.	200 mts.
Interruptor Seguridad	- 2	2 Pzas.	2 Pzas.
(30x 600 x 240)			

15.- Tuberia para Aire 2" ϕ x 20'-0	---	40 Pzas.
16.- Cople rápido 2" ϕ para aire	---	40 Pzas.
17.- Motor para ventilador 10,000 P.C.H.	---	1 Unidad
18.- Pipa para abastecer tanque con capacidad de 15,000 Lts.	---	1 Unidad
19.- Rompedoras para afino de galeria TKX - ATLAS COPCO ó INGERSOL RAND con peso de 10 Kilos	---	6 Unidades
20.- Manguera para Aire 3/4" ϕ x 15'-0	---	13
21.- Lubricador de Línea para perforadoras	---	8 Pzas.
22.- Acero integral para barronación seleccionado en tramos de 30 cms. Hasta 3.20 mts.	----	4 juegos
23.- Fleje acero 3/4" p/manguera	---	20 mts.
24.- Grapa p/fleje de 3/4"	---	8 cajas
25.- Pulsetas con punta de cuchilla para rompedora de afino	---	10 pzas.
26.- Rompedora de piso Marca Gardner Denver ó Atlas Copco.	---	10 unidades
27.- Pulsetas p/rompedora piso	--	20 Pzas.
28.- Brocas 1 1/2" ϕ con injerto diamante Marca Joy y similar	---	4 Pzas.
29.- Uñas de conexión p/aire 3/4" ϕ	---	36 Pzas.
30.- Empaques p/mangueras y compresor	---	200 Pzas.
31.- Broquero p/colocación anclas con 1" ϕ	---	6 Pzas.
32.- Andamio tubular	---	1 lote
33.- Gato hidráulico para prueba de anclas 1" ϕ	---	1 Unidad
34.- Vibrocompactador Marca Dynapac ó similar (CA 25)	1	1

35.- Compactadora manual marca DYWIDAG 6 similar	---	2
36.- Motoconformadora Marca-D995 CATERPILLAR 6 similar	1	1
37.- FINISHER Marca - 130 BLACK NOX 6 similar	1	1
38.- Pipa Petrolizadora	1	1
B - EQUIPO MENOR.		
A.- Tirfors. Para 3 tons. Cantidad	4	4
B.- Montacargas Capacidad 3 tons. Cantidad	4	4
C.- Sierra eléctrica Cantidad	2	---
D.- Equipo de Oxicorte con Acc. Cantidad	3	2
E.- Equipo de Maniobras. Compuesto por:		
Polcas	4	4
Estrébos 1 1/2" ϕ	4	6
Grilletes	10	10
Nudos p/cable	20	30
Cable manilla 2/4" ϕ	200 mts.	300 mts.
Cable de Acero 1/2" ϕ	20 mts.	30 mts.
Cadena 1/2"	20 mts.	30 mts.
Eslabones falsos	4 pzas.	4 pzas.
Ganchos p/cadena 1/2"	4 pzas.	4 pzas..
Cantidad -- 1 lote.		
F.- Herramientas mecánicas Cantidad	1 lote	1 lote;
G.- Herramientas albañilería Cantidad	1 lote	1 lote
H.- Herramientas Carpintería	1 lote	1 lote
I.- Herramientas electricistas Cantidad	1 lote	1 lote

J.-Herramientas fierros			
Cantidad		1 lote	1 lote
K.-Flejadora		----	1 Pzas.
L.- Pinzas de torque para tuercas de anclas con 1" ϕ			
Cantidad		---	4
C.- MATERIALES.			
I.- Varilla de 1 1/2" ϕ			
Cantidad	37,870 Kg.	---	
II.-Varilla de 1 1/4" ϕ			
Cantidad	26,263 Kg.	---	
III.- Varilla de 1/2" ϕ			
Cantidad	3,000 Kg.	9,500 Kg.	
IV.- Varilla de 3/8" ϕ			
Cantidad	3,000 Kg.	1,500 Kg.	
V.-Canales de 4"x804 Kfm.			
Cantidad		30 Pzas.	-----
VI.-Cemento tipo normal p/long. lanz.			
Cantidad	274 Ton.	798 ton.	
VII.-Arena			
Cantidad	260 M ³	750 M ³	
VIII.- Confitillo			
Cantidad	306 M ³	882 M ³	
IX.- Malla electrosoldada # 8			
Cantidad	600 ML.	4,500 Mts.	
X.- Alambrcn 1/4" ϕ			
Cantidad	2 Rollos.	2,000 Kgs.	
XI.-Alambre recocido # 18			
Cantidad	600 Kg.	1,400 Kg.	
XII.- Tablones de madera 12"x2"x8'-0"			
Cantidad	30 Pzas.	-----	
XIII.-Polines de madera 4"x4"x8'-0"			
Cantidad	30 Pzas.	----	
XIV.- SHE BOLTS.			
Cantidad	130 Pzas.		
XV.- Anclaje para cimbra			
Cantidad	720 Pzas..		
XVI.- Concreto f'c=250 Kg./cm ²			
Cantidad	120 nts	-----	

XVII.- Clavos de 6", 4" y 2" Cantidad	15 Kg c/u	10 Kg c/u
XVIII.- Metal desplegado Cal. # 2 Cantidad	120 mts.	
XIX.- Anclas 1/2" Ø para silla Cantidad	1,200 Pzas	3.5 ton.
XX.- Marcos de acero 1/2" sección Cantidad	28 Pzas.	-----
XXI.- Marcos de acero secc. completa Cantidad	12 Pzas.	12 Pzas.
XXII.- Tornillería 3/4"x2 1/2" Cantidad	100 Pzas.	-----
XXIII.- Placa 2/9"x5'x10' (almacen) Cantidad	1 Pza.	
XXIV.- Placa 1/4"x5'x10' (almacen) Cantidad	1 Pza.	
XXV.- Viga 6"x4" ligera (almacen) por 2.5 mts. Cantidad	40 Mts.	40 mts.
XXVI.- Acelerante p/concreto lanzado Cantidad	6.5 Ton	12.5 Ton.
XXVII.- Grasa Cantidad	10 Kg.	20 Kg.
XXVIII.- Durmientes de madera 8"x3"x2' Cantidad	80 Pzas.	----
XXIX.- Riel 80 Lbs. Cantidad	40 mts.	----
XXX.- Clavos p/riel y planchuelas Cantidad	50 Pzas.	----
XXXI.- Cal para señalamiento Cantidad	50 Kgs.	200 Kg.
XXXII.- Pintura de aceite (roja) Cantidad	20 Lts.	40 Lts.
XXXIII.- Alambre negro #9 Cantidad	300 Kg.	200 Kg.
XXXIV.- Polin madera 2"x2"x2'-0" Cantidad	40 Pzas.	
XXXV.- Madera para "JUNTO" Compuesta por: Tablones 12"x2"x2'-0" Polines 2"x2"x2'-0" Cantidad	-150 Pzas. -50	1 loto -----

XXXVI.- Madera para "limbra"			
Compuesta por:			
Tablones	12"x2"x2'-0	-130 Pzas.	
Polines	2"x1"x2'-0	35 Pzas.	
Polines	2"x2"x2'-0	28 Pzas.	
Cantidad			1 lote ----
XXXVII.- Madera para "tapones"			
Compuesta por:			
Tablones	12"x2"x3'-0	-100 Pzas.	
Polines	4"x4"x2'-0	- 20 Pzas.	
Reemplazar cada 4 colados)			
Cantidad			1 lote -----
XXXVIII.- Madera para encofrado protecc.			
Compuesta por:			
Tablones	12"x2"x2'	-236 Pzas.	
Polines	2"x2"x2'	- 55 Pzas.	
Polines	2"x1"x2'	- 70 Pzas.	
Polines	4"x4"x2'	- 40 Pzas.	
Cantidad		----	1 lote.
XXXIX.- Tornillos 6" largo con tuerca p/φ 1 1/2"			
Cantidad		----	50 Pzas.
XL.- Tornillos 6" largo con tuerca p/φ 2 3/4".			
Cantidad		---	50 Pzas.
XLI.- Tornillos 6" largo con tuerca p/φ 1 1/2"			
Cantidad		---	50 Pzas.
XLII.- Tornillos 6" largo con tuerca p/φ 2 1/2"			
Cantidad		---	50 Pzas.
XLIII.- Varilla de 3/4" φ			
Cantidad		---	17,000 Kg.
XLIV.- Varilla de 1" φ			
Cantidad		---	23,500 Kg.
XLV.- Tuercas estándar p/tornillo 1" φ			
Cantidad		---	2,590 Pzas.
XLVI.- Placas p/anelas de tornillo 1" φ			
Cantidad		---	2,590 Pzas.
XLVII.- Cartuchos resina epóxica con 100 c/caja.			
Cantidad		---	96 Cajas.
XLVIII.- Asfalto con espector de 10 cms.			
Cantidad		3,000 M ²	2,800 M ²

En la lista antes mencionada sólo faltó indicar las cantidades del alumbrado definitivo en ambos métodos, quedando así mostradas las cantidades de equipo y materiales correspondientes a los dos métodos que comparándolos veremos las diferencias y el poder seleccionar de estos lo más adecuado y conveniente.

A continuación, anexo los siguientes planos (figura 43,44,45) que corresponden a los programas de recursos de equipo, maquinaria, materiales y tablas de secuencias. Esto referente al método de estacado, ya que el Nuevo Método - Austriaco lo veremos más explícito en los siguientes capítulos.

PROGRAMA DE RECURSOS

CONCEPTO	CAN*	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
EQUIPO Y MAQUINARIA								
1. MOTOR CON RECOLECTOR	5							
2. MOTOR CON RECOLECTOR	UNA							
3. MOTOR CON RECOLECTOR	UNA							
4. MOTOR DE VOLTAJE	UNA							
5. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
6. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
7. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
8. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
9. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
10. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
11. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
12. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
13. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
14. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
15. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
16. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
17. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
18. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
19. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
20. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
21. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
22. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
23. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
24. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
25. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
26. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
27. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
28. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
29. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
30. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
31. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
32. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
33. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
34. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
35. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
36. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
37. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
38. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
39. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
40. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
41. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
42. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
43. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
44. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
45. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
46. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
47. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
48. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
49. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
50. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
51. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
52. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
53. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
54. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
55. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
56. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
57. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
58. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
59. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
60. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
61. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
62. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
63. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
64. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
65. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
66. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
67. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
68. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
69. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
70. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
71. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
72. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
73. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
74. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
75. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
76. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
77. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
78. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
79. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
80. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
81. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
82. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
83. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
84. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
85. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
86. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
87. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
88. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
89. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
90. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
91. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
92. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
93. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
94. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
95. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
96. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
97. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
98. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
99. MOTOR DE BATERIAS	UNA							
100. MOTOR DE BATERIAS	UNA							

REVISIONES



INTERNACIONAL DE INGENIEROS Y ARQUITECTOS

ELABORADO POR:
 PROYECTO:
 FECHA:
 ESCALA:
EQUIPO Y MAQUINARIA

III.3.- COMPARACION CONSTRUCTIVA DE AMBOS METODOS.

Conforme a lo tratado en el desarrollo de este tema, se verá la comparación de ambos métodos respecto a su procedimiento constructivo, donde veremos una semejanza en las actividades principales de su construcción como lo indiqué anteriormente.

En primer término, mostraremos el NUEVO METODO AUSTRIACO en forma breve ya que será visto en los capítulos IV y VII de este trabajo, prosiguiendo de inmediato con la explicación del método de ESTACADO, así trataremos de formar una conclusión de ambos y llegar a una solución.

De acuerdo al procedimiento constructivo para los túneles de Vista Hermosa por el Nuevo Método Austriaco, veremos las ideas generales respecto a la aplicación del método mencionado.

Antes de iniciar la construcción del túnel, se protegerán los taludes de los portales con una capa de 10 cms. de concreto lanzado y anclas longitudinales de 4 mts. de longitud.

La construcción del túnel se realizará excavando primero la media sección superior y unos 30 metros atrás se completará la destroza. La altura de la media sección será de 5 mts.

Para la media sección superior, la secuencia de trabajo será la siguiente:

- 1.- Excavación en una sola etapa con retroexcavadora y martillo en el borde para un recorte perfecto. La longitud de pase en un primer tiempo será de 1.50 mts., pudiendo ser aumentado o reducido en función de los resultados obtenidos.
- 2.- Colocación inmediata de una capa de concreto lanzado de 5 cms. de espesor, eventualmente después de cada subfase con una relación 1:3.14.
- 3.- Colocación de la primera capa de malla metálica fijada a la primera capa de concreto con clavos "spit" o con anclas cortas.
- 4.- Colocación de las anclas a tresbolillo, aplicando la placa de la cabeza contra la malla.
- 5.- Proyección de la segunda capa de concreto lanzado de 15 cms. de espesor con una relación 1:3.14.
- 6.- Excavación del talud del frente de la media sección y del pase siguiente.

7.- Se repite un nuevo ciclo.

La segunda capa de malla y la tercera capa de concreto lanzado de 10 cms. de espesor, se colocarán con desfaseamiento de dos a tres ciclos ó pases para no entorpecer las labores en el frente.

Para la destroza (parte inferior), se procederá en forma semejante, por medios anchos alternados, con rampa de acceso al frente. La longitud de pase podrá ser del orden de 5 mts.

En los 15 primeros metros cerca de cada portal, se reforzará la sección con arcos de concreto armado espaciados de 1.5 mts. y ahogados dentro de la segunda capa de concreto lanzado.

El Nuevo Método Austriaco permite prescindir del revestimiento definitivo siempre que se verifique la estabilización de las convergencias del terreno.

La aplicación del Nuevo Método Austriaco en buenas condiciones da seguridad para el personal y para la obra, requiriéndose un cuidado extremo en los detalles de ejecución y un personal debidamente entrenado. Así como este método también permite lograr ahorros significativos en tiempo y costo.

Enseguida se muestra el procedimiento constructivo aportado por Estructuras Internacionales:

El presente procedimiento se basa en los siguientes parámetros:

-- Número de túneles:	Dos
--Alineamiento de los túneles:	Tangente
--Pendiente:	2.5 %
--Curvas verticales:	Ninguna.
--Longitud total por túnel:	100 mts. aproximadamente.
--Diámetro terminado:	12.00 mts.
--Sección transversal:	Tipo portal.
--Volúmen de concreto incluyendo:	3,821 m ³ Concreto hidráulico.
--Sobreexcavación promedio:	587 m ³ Concreto lanzado.
--Volúmen de excavación:	20,633 m ³
--Espesor de concreto:	0.70 m.
--Acero de refuerzo:	Doble parrilla.
--Acceso al túnel:	por portales.
--Techo de túneles:	30 mts. aproximadamente.
--Datos geológicos:	--
--Aguas freáticas:	no.

- Material de excavación: Lahar blanco y tobas amarillas de composición purítica con posibilidad de encontrar bolsas de material granular grueso, así como arenas de baja cohesión.
- Fallas: Transversales al túnel.

A fin de llevar a cabo el presente estudio, de una manera clara y lógica, se enunciarán secuencialmente las actividades por ejecutar, llevando una descripción detallada del procedimiento constructivo para cada una de ellas, de tal manera que las actividades serán las siguientes:

- a) Topografía.
- b) Localización de equipos e instalaciones.
- c) Emportalamiento de túneles.
- d) Excavación y protección provisional.
- e) Revestimiento definitivo.
- f) Obras complementarias.

a) TOPOGRAFIA.- Deberá desarrollarse de tal manera que defina de una manera permanente los puntos de referencia desde el inicio de ejecución de trabajos hasta la terminación de la obra; por lo tanto, se deberá pensar llevando a cabo la construcción de mojonearas y bancos de nivel de una manera definitiva.

Se deberán de localizar los ejes de los túneles posicionando convenientemente mojonearas de concreto exactamente sobre el eje de los túneles y a ambos lados de los mismos.

La localización deberá quedar fuera del paso de vehículos y construcciones futuras.

De la misma manera, se deberán localizar bancos de nivel permanentes a ambos lados de los túneles, de fácil referencia debidamente protegidos. En combinación con los puntos de referencia citados, se propone la utilización de un equipo de Rayos Lasser, que deberá ser colocado en la parte superior de la sección del túnel, sobre una plataforma debidamente anclada sobre los marcos de emportalamiento. Este equipo permitirá tener una referencia constante del posicionamiento de una estructura metálica rodante, que contará con los blancos de señalización correspondientes, de tal manera que dicha estructura sirva de escantillón o plantilla de excavación continua durante el proceso de excavación de túneles.

Tomando los puntos de referencia mencionados al principio, llevar a cabo un trazo para corte de taludes en cada uno de los portales de los túneles, tomando en cuenta que se propone el ataque en dos etapas; la primera de la media

sección superior del túnel, y segunda del banqueo de la sección inferior. Para esto, se requerirá de rampas de acceso que impedirán el desarrollo de los trabajos de excavación actuales (en el caso de los portales en los que se está trabajando).

b) LOCALIZACION DE EQUIPOS E INSTALACIONES .- Que tiene por objeto proveer con anticipación el llevar a cabo una planeación práctica de los trabajos a realizar para la ejecución del proyecto, tomando los equipos, materiales, maquinaria e instalaciones indispensables para el proyecto, se deberán proveer los cortes o nichos necesarios para alojar los diferentes equipos e instalaciones y llevarlas a cabo con anticipación para no entorpecer los movimientos de los mismos tanto dentro como fuera de los túneles.

Dentro de las instalaciones que deberán considerarse como permanentes, - está la de aire comprimido que deberá contar con espacio para compresores en batería, tubería de intercomunicación, tanque regulador, tubería y accesorios.

Alojar el espacio conveniente para la subestación necesaria de la instalación eléctrica, ubicando convenientemente el transformador, interruptores y accesorios. Asimismo, se deberá localizar espacio para tanque de agua e instalar tuberías, válvulas y accesorios.

Dentro de materiales a utilizar, existirá un almacén. Los mas importantes de acuerdo a cantidades y espacio, serán marcos de acero y varillas de acero de refuerzo. Deberán tomarse en cuenta el espacio para movimiento de los siguientes equipos:

- Jumbo de Barrenación.
- Carros de Concreto Lanzado.
- Robot de Lanzado de Concreto.
- Retroexcavadora.
- Camiones de Volteo.
- Tractor.
- Cargador Frontal.

c) EMPORTALAMIENTO DE TUNELES.- El diseño preliminar de emportalamiento en el cual se pretende dar un inicio seguro, además de contar con una protección a cualquier material rodante que pudiera desprenderse de la loma.

Este proyecto, presenta un corte de taludes para permitir acceso a la sección transversal del túnel con inclinación de 0.25:1, debiendo ampliarse - ambos lados de la sección por lo menos 1 metro.

Se provee la colocación de 3 marcos metálicos fuera de línea "A" de -- sección tipo portal semejante a la del túnel. Estos marcos, el primero de -- ellos deberá quedar coincidente con la clave del túnel y si se requiere un --

corte de talud de la cara portal de la sección, deberá hacerse.

Estos marcos tendrán por objeto, además de la protección de material ro-
dado, y su función como soporte para el método de excavación que adelante tra-
taremos.

Estos marcos deberán ser apoyados sobre zapatas de concreto en la parte
inferior con la colocación de anclas de varilla roscada de 1" de ϕ de acuerdo
al plano, que mostraré en el capítulo VII pues esta actividad es la misma pa-
ra ambos métodos.

Una vez efectuada la erección de marcos con sus separadores y contraven-
teo correspondiente, se deberá llevar a cabo el revestimiento de los muros de
protección lateral hasta la media sección del túnel.

Llevar a cabo la excavación de zanjas aproximadamente a 3 mts. de distan-
cia del corte del talud frontal y que cuenta con un drenaje lateral a ambos -
lados del túnel.

Se realizará una protección de concreto lanzado en toda el área de talu-
des, incluyendo las zanjas de drenaje con un espesor de 10 a 15 cms. con la -
colocación de una malla electrosoldada # 8 de 6 x 6" ó similar.

En combinación con estas protecciones, y dependiendo de los cortes del -
terreno, podrá llevarse a cabo la colocación de anclas longitudinales, para -
tomar los deslizamientos posibles de las fallas existentes, principalmente en
los portales sur.

Dentro de este concepto de emportalamiento, deberemos de considerar la -
colocación de rampas de acceso a la media sección superior del túnel, para -
cumplir con el procedimiento constructivo que mas adelante se detallará; por-
lo tanto, se deberá considerar dentro de los trabajos, el tendido de rezaga -
o material proveniente de excavación, para permitir que el equipo ingrese al
túnel con la rasante de la parte media del mismo.

Deberá asegurarse que para iniciar el tendido del material, los muros de
protección lateral de los marcos metálicos, estarán previamente colocados.

Para este inciso, la secuencia de actividades es la siguiente:

- 1).- Para la actividad de corte y limpieza de taludes, continuaremos con los-
trabajos ya iniciados de acuerdo al proyecto original en el cual se lle-
va un corte de taludes de 0.25:1, asegurándose de mantener un techo so-
bre la clave del túnel de por lo menos 6 mts.

En el sitio de obra, se han tenido discrepancias en topografía. Marcar -
exactamente la traza y sección del túnel, así como rasante y subrasante.
El equipo adecuado para estos trabajos, será la combinación de la retro-
excavadora y rompedora o martillos de mano.

- 2.- En la excavación para cimentación de marcos hay que ver la necesidad de zapatas.

Se prevé una zapata inicial en donde deberán ahogarse las placas con las anclas de los marcos y deberá hacerse la excavación para éstas zapatas.

- 3.- El colado de cimentación, deberá hacerse sobre una malla de varilla de $3/8"$ ϕ , a 20 x 20 cms. en el lecho inferior. Podrá emplearse cimbra no aparente y deberán ahogarse convenientemente las placas de apoyo con el anclaje de los marcos, asegurando alineamiento y nivelación correspondiente.
- 4.- La erección de marcos de acero, podrá ser hecha por partes, apoyando inicialmente las verticales y sobre éstas las curvas. Deberá asegurarse la colocación de todos los tornillos de ensamble. La fabricación de estos elementos en 4 secciones con placas de ensamble a cada uno de los extremos, contando con dos elementos rectos de la sección inferior de portal y de dos tramos curvos que desarrolló la sección transversal superior del túnel.

La sección transversal de diseño para estas piezas, es una vigueta de IPR de 6" x 5 $3/4"$ x 31.3 Kg/m.

El espesor de placas de empalme deberá ser de 9 m.m.. Adelante se muestran planos con mayor detalle.

- 5.- Excavación de zanjas de drenaje en la parte superior del túnel según se indicó anteriormente en la descripción del procedimiento.
- 6.- Deberá llevarse a cabo la colocación de concreto lanzado en taludes y zanjas de drenaje reforzado con malla electrosoldada # 8 de 6 x 6" 6 similar. El concreto lanzado deberá colocarse en un espesor que podrá variar de 10 a 15 cms.

Las especificaciones para el concreto lanzado deberán ser las siguientes:

VIA:	SECA.
BOQUILLA:	PREHUMEDECEDORA.
CEMENTO:	TIPO NORMAL.
MARCA DE CEMENTO:	RECONOCIDA.
PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLA, CEMENTO-AGREGADO MEDIDA EN SITIO POR PESO:	1: 3.5
RELACION AGUA CEMENTO:	0.37
RESISTENCIA DE LA COMPRESION:	250 Kg/m ²

- 7.- El revestimiento de muros de protección lateral, se deberá realizar una vez que los marcos sean instalados, las dimensiones del muro están conforme al plano mostrado mas adelante. Deberá de colocarse un refuerzo para-

temperatura con varilla de $3/8$ " colocada a cada 30 cms. en los lechos, la altura de estos muros deberá ser la parte media del túnel o medio punto de la sección.

El revestimiento podrá ser efectuado con cimbra no aparente y la resistencia de concreto podrá ser de 210 Kg/cm^2

d) EXCAVACION Y PROTECCION PROVISIONAL.- La excavación y protección provisional del túnel es concepto primordial, para la secuencia de actividades, es la seguridad total en la excavación. El procedimiento constructivo que a continuación se detalla, mantiene siempre en mente el poder tener un sistema provisional de soporte que estará a la mano y disponible para soportar cualquier caído.

Esta idea se ha mantenido por el estudio de datos geológicos y observaciones del material por excavar en el sitio de la obra, además de referencias en obras similares que se han excavado.

Siempre existe en este tipo de terrenos la posibilidad de bolsas de arena que pueden llegar a fluir con rapidéz si no se cuenta con elementos de soporte necesarios.

En principio, el procedimiento de excavación será a través de medios mecánicos y no por explosivos que modifiquen la estructura del terreno y mantener hasta donde sea posible la estructura actual del material.

Se tratará de evitar la descompresión del material en la excavación del túnel, a través del soporte provisional que se compone básicamente de varillas de acero de refuerzo de $1 \frac{1}{2}$ " ϕ (38 m.m. ϕ), colocadas dentro de barrenos de 2" ϕ , que previamente se efectúan en forma longitudinal al túnel, mediante perforadoras rotatorias con acero de barrenación tipo gusano y brocas de cola de pescado. Estas varillas serán colocadas entre línea "A" y "B", y serán espaciadas dependiendo de la cohesión existente en el terreno, variando de 15 a 40 cms. a lo largo del perímetro del arco.

En combinación con este acero de refuerzo previamente colocado y llevando avances máximos de un metro de profundidad se requiere la colocación de concreto lanzado en un espesor de 10 a 15 cms., incluyendo en donde se estime necesario un refuerzo adicional de malla electrosoldada. Las especificaciones de concreto y malla estarán de acuerdo a las indicaciones anteriores. Este soporte provisional deberá estar apoyado en la parte media de la sección, pues forman un arco de compresión al soportar el techo del túnel. Apoyándonos en la seguridad que presenta esta medida de soporte provisional, se prevee excava-

var toda la media sección superior del túnel, ayudada con martillo hidráulico en su brazo hasta aproximadamente 30 ó 40 cms. del perímetro de excavación, - mismo que será excavado con martillos neumáticos manuales con personal apoyado sobre una plataforma rodante o jumbo de excavación que permitirá que los - trabajadores tengan acceso al perímetro total, así como los permite tener una plataforma de trabajo para manejar su equipo y soporte de máquinas perforadoras que se requieren para la colocación de barrenos y acero de refuerzo longitudinal.

Este equipo mencionado: Jumbo de excavación y barrenación podrá ser también utilizado para la colocación e instalación de anclaje radial, en donde - el terreno indique que es necesario, el porcentaje de instalación y anclaje - podrá variar de un 10 a 15 % del acero longitudinal de soporte provisional empleado.

Para la instalación de anclas, tomaremos las especificaciones e indicaciones hechas para el Nuevo Método Austriaco. Posteriormente, una vez excavada la media sección del túnel en toda la longitud del mismo se podrá llevar a cabo el banqueo de la media sección inferior. Está previsto llevarlo a cabo - con la utilización de un tractor RIPPER en un avance vertical de un metro a - un metro. Con la respectiva protección de concreto lanzado y malla de refuerzo en la sección vertical del banqueo.

En ambos casos el movimiento de material excavado será llevado a cabo - con la utilización de un cargador frontal sobre camiones de volteo.

Las actividades de excavación del túnel se agrupan prácticamente en dos ciclos continuos de trabajo a saber:

- I.- Excavación y protección provisional de media sección inferior.
- II.- Excavación y protección de la media sección inferior.

Las actividades anteriores contienen un ciclo repetitivo de sub-actividades de acuerdo a la siguiente lista:

- I.1.- Barrenación longitudinal en el perímetro de la sección longitudinal de 6 a 10 mts.
- I.2.- Colocación de acero de refuerzo longitudinal.
- I.3.- Excavación con retroexcavadora hasta 30 cms. de línea "A".
- I.4.- Excavación manual hasta línea "A".
- I.5.- Lanzado de concreto.
- I.6.- Rezaga sobre camión volteo.
- I.7.- Instalación de tipo de barrenación.
- I.8.- Instalación eléctrica.
- I.9.- Colocación de anclaje radial si se requiere.

Para barrenación inferior:

- II.1.- Remoción de material con ripper hasta 40 cms. de línea "A".
- II.2.- Rezaga de material de banqueo.
- II.3.- Recorte de material con la herramienta manual hasta línea "A".
- II.4.- Rezaga de material de recorte.
- II.5.- Lanzado de concreto con malla de refuerzo.

e) REVESTIMIENTO DEFINITIVO.- El procedimiento constructivo general para la actividad de revestimiento definitivo, se lleva a cabo en tres etapas:

--- Revestimiento de guarniciones laterales a ambos lados del túnel, incluyendo o no las banquetas, de acuerdo al proyecto.

Por condiciones de programa y fecha de terminación, ejecutar los trabajos de revestimiento de guarniciones en paralelo con la excavación de la sección inferior del túnel. Para llevar a cabo esta operación, se deberá realizar la limpieza en ambos extremos del túnel, y colocar el acero de refuerzo que presenta la sección definitiva de revestimiento, dejando las bardas correspondientes para el traslape necesario de las varillas de acero de refuerzo. Dentro de estas guarniciones se deberá proveer el anclaje necesario para soportar los empujes de concreto que la cimbra de arco y paredes transmitirá a estas.

El equipo de revestimiento es tal que resolverá la topografía definitiva de alineamiento y nivel, tanto para el arco, paredes laterales y losa inferior. Las dimensiones de la guarnición proyectadas conjuntamente con el equipo de revestimiento definitivo; definidos los traslapes necesarios, así como alturas para desmolde y movimiento de cimbras.

La longitud del equipo es de 9.15 mts. a ambos lados del túnel, considerando un colado diario.

El equipo contará con espacio, tornillos y escantillón para localizar el anclaje, así como alineación y nivelación.

--- Revestimiento de arco y paredes laterales.-

Para esta actividad se utiliza un equipo monolítico de colado estacionario, con longitud de 9.15 mts.

Este equipo estará apoyado sobre un sistema de bastidores de rodamiento ajustables, que permite el posicionamiento de la cimbra sobre la guarnición previamente colada, tanto en línea como en nivel.

El equipo está calculado estructuralmente para tomar las cargas de concreto a una velocidad vertical de 3 m/hora.

Este equipo es manejado sobre vía metálica, apoyada sobre la guarnición previamente colada, para su fácil deslizamiento longitudinal, el equipo de revestimiento deberá ser manual por el bajo número de usos que tendrá.

Tendremos en cuenta que antes del colado, debemos colocar el acero de refuerzo de acuerdo a la sección definitiva.

La cimbra tendrá ventanas de acceso e inspección para colado y vibrado del concreto.

--- Revestimiento de losa inferior o cubeta.

Una vez colocado el acero de refuerzo correspondiente, el colado en esta zona del túnel, será mediante una regla deslizante apoyada a ambos lados o extremos sobre las guarniciones ya coladas.

Este equipo contará con la longitud suficiente para el buen acabado del concreto, así como, en su estructura, contará con soportes para vibradores de contacto, a fin de compactar y dar acabado al concreto.

Al frente del equipo se instalarán canalones verticales para mejor distribución homogénea, en todas las secciones transversales. Asimismo, en su parte inferior, deberá contar con espacio suficiente para alojar material de contrabalance, para evitar flotación que pudiere causar el concreto.

El movimiento longitudinal será mediante Tirfords.

En caso de guarniciones se descargará el concreto directamente de la olla revolventora, debido a la magnitud del túnel.

En arco y paredes se utilizarán dos bombas de concreto con tubería de 6" ϕ para distribuir el material dentro de la cimbra, en capas horizontales y con caídos menores de 3 mts. En el caso de cubetas, el depósito de concreto será con bombas de concreto, ya que las ollas revolventoras no podrán acercarse al sitio de colado por existir las parrillas de acero de refuerzo.

Anexo al presente estudio los siguientes planos (figuras 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54), correspondientes a sección transversal, corte longitudinal, sección de excavación, ciclo de revestimiento, programa general de trabajo y diagrama de barras. Todo esto correspondiente al método de Estacado.

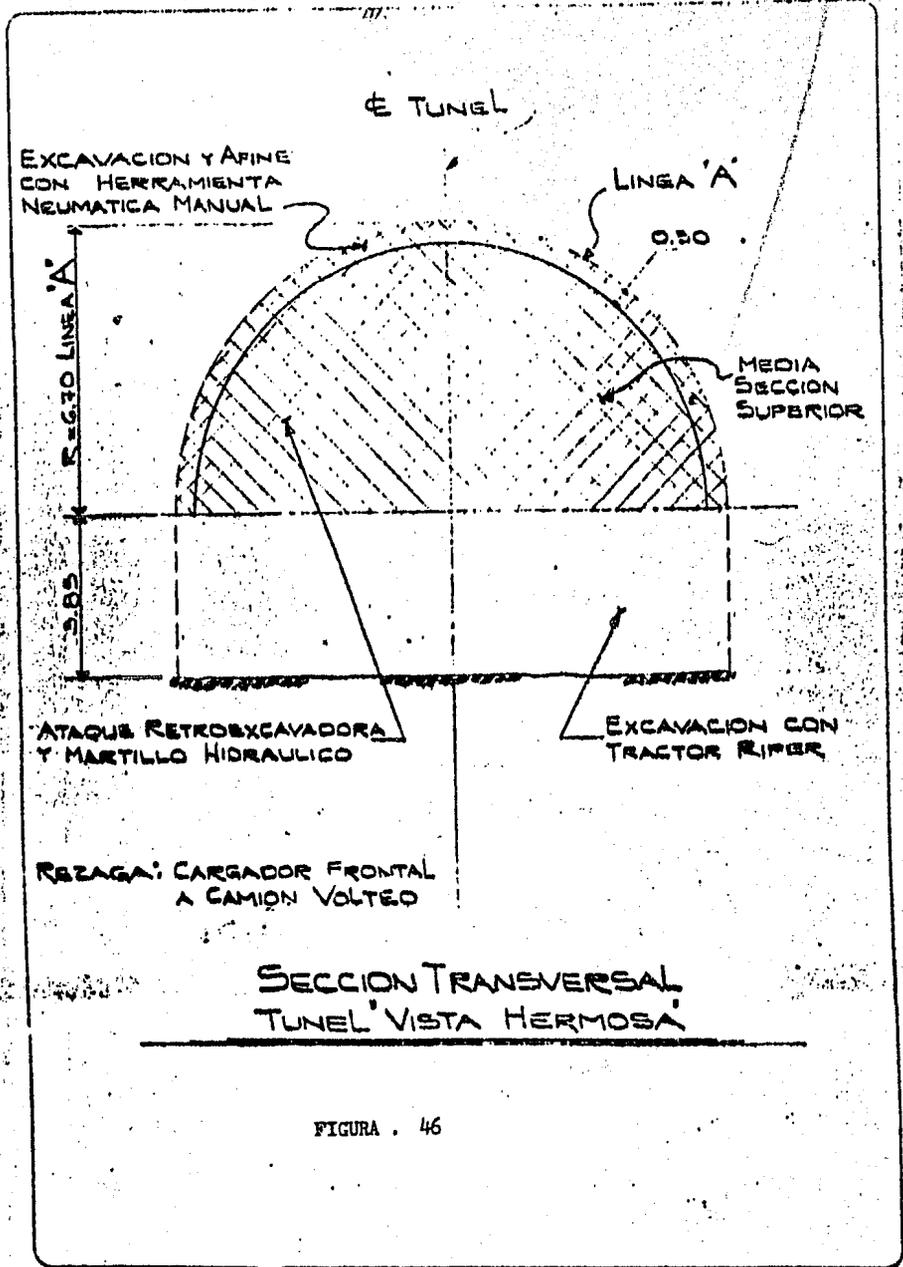


FIGURA . 46

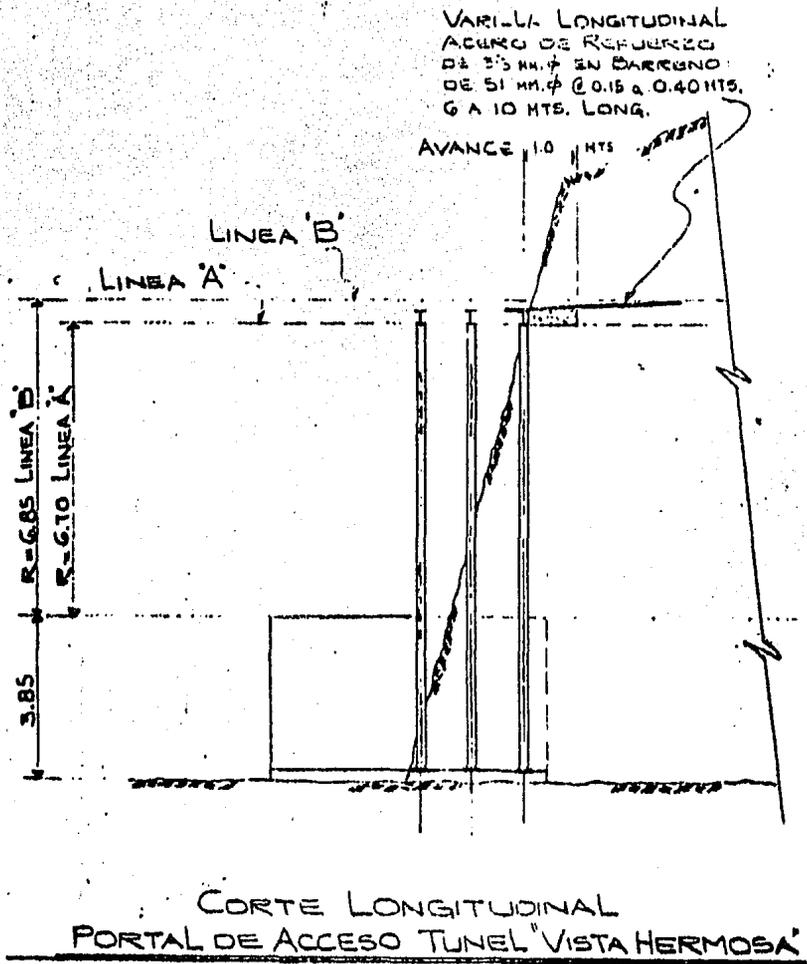
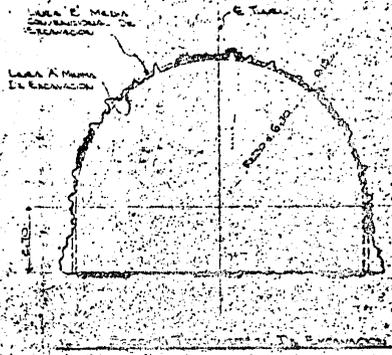
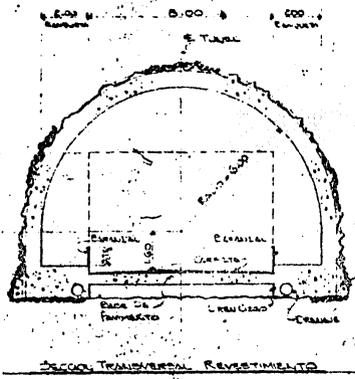


FIGURA. 47



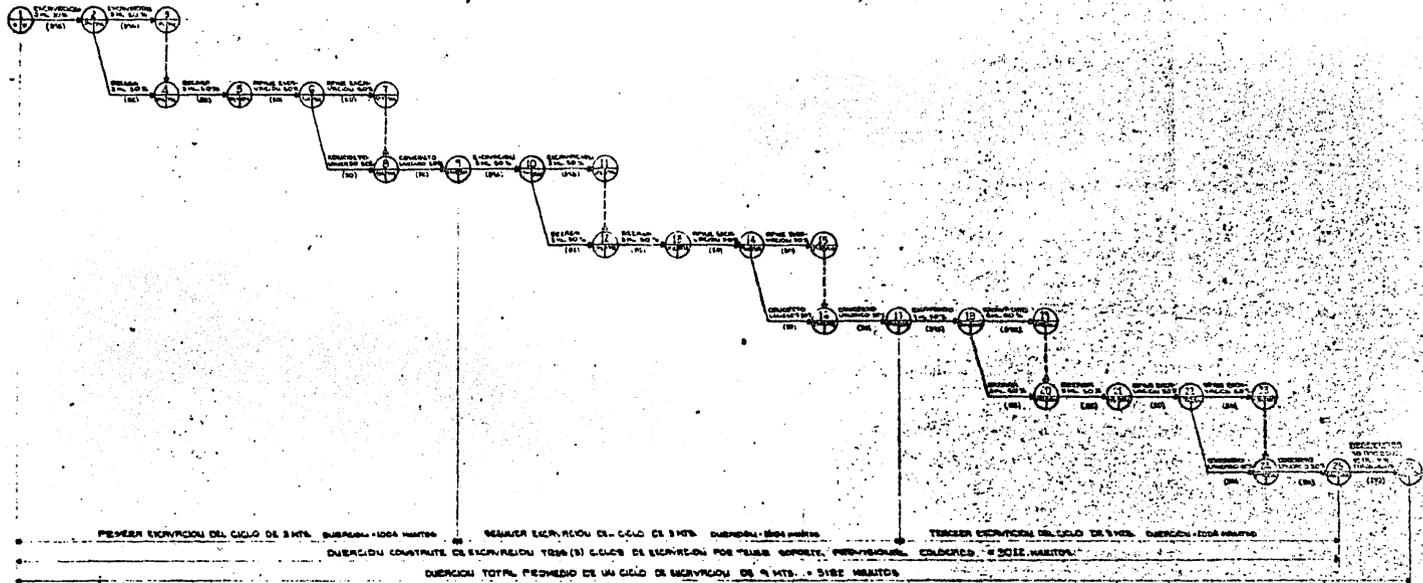
No.	Fecha	Observaciones



INSTITUCIONAL DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA, S.C.

CLIENTE: _____
 PROYECTO: _____
 FECHA DE ELABORACION: _____
 ESCALA: _____
 DISEÑADO POR: _____
 REVISADO POR: _____
 APROBADO POR: _____
 FECHA DE APROBACION: _____
 LUGAR DE ELABORACION: _____

Origen: PID-002 Plano E-2 Esc. 1/200



AVANCE DEL CICLO 9 METROS LIBERLES

NOTAS:

- 1. Para un estudio sobre el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 2. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 3. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 4. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 5. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 6. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 7. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 8. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 9. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 10. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 11. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 12. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 13. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 14. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 15. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 16. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 17. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 18. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 19. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 20. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 21. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 22. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 23. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.
- 24. Verificar el funcionamiento de los relés en condiciones de trabajo normal.

1. DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA:

Componente	Modelo	Características
RELE 1
RELE 2
RELE 3
RELE 4
RELE 5
RELE 6
RELE 7
RELE 8
RELE 9
RELE 10
RELE 11
RELE 12
RELE 13
RELE 14
RELE 15
RELE 16
RELE 17
RELE 18
RELE 19
RELE 20
RELE 21
RELE 22
RELE 23
RELE 24

2. TIEMPO DE EXPOSICION PEDIMOS:

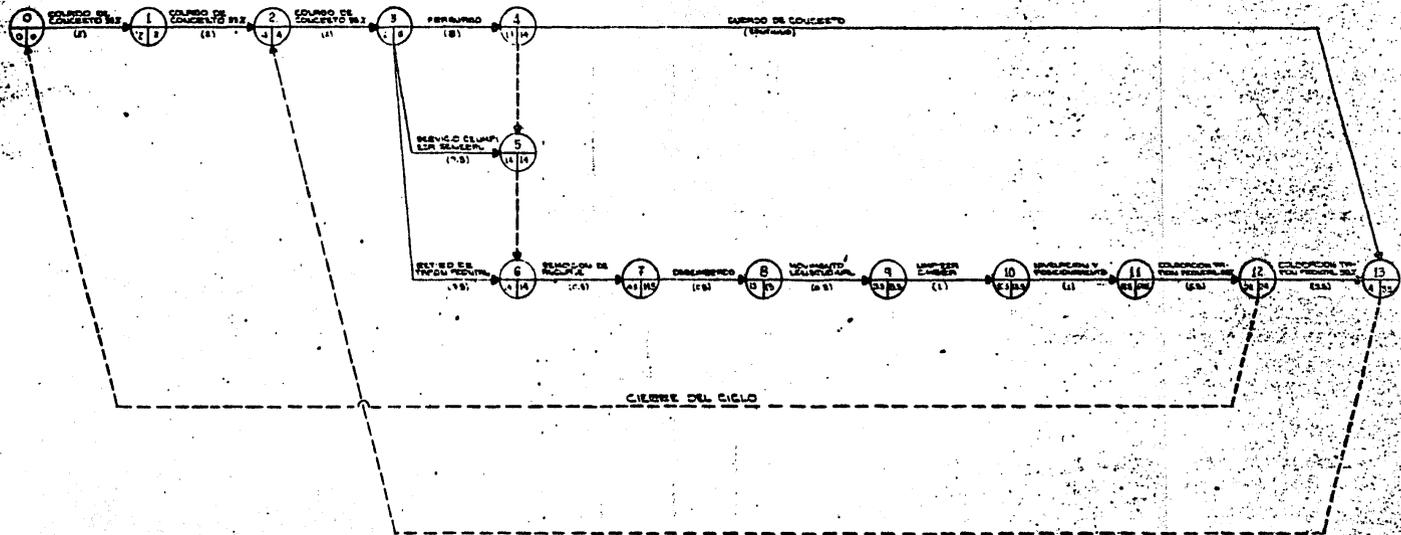
Componente	Tiempo (seg)
RELE 1	...
RELE 2	...
RELE 3	...
RELE 4	...
RELE 5	...
RELE 6	...
RELE 7	...
RELE 8	...
RELE 9	...
RELE 10	...
RELE 11	...
RELE 12	...
RELE 13	...
RELE 14	...
RELE 15	...
RELE 16	...
RELE 17	...
RELE 18	...
RELE 19	...
RELE 20	...
RELE 21	...
RELE 22	...
RELE 23	...
RELE 24	...

- 1. El tiempo de exposición de cada ciclo es de 9 mts. 51.52 seg.
- 2. El tiempo de exposición de cada ciclo es de 9 mts. 51.52 seg.
- 3. El tiempo de exposición de cada ciclo es de 9 mts. 51.52 seg.
- 4. El tiempo de exposición de cada ciclo es de 9 mts. 51.52 seg.
- 5. El tiempo de exposición de cada ciclo es de 9 mts. 51.52 seg.

CONCLUSIONES:

- A. El ciclo de trabajo es de 9 mts. 51.52 seg.
- B. El tiempo de exposición de cada ciclo es de 9 mts. 51.52 seg.
- C. El tiempo de exposición de cada ciclo es de 9 mts. 51.52 seg.
- D. El tiempo de exposición de cada ciclo es de 9 mts. 51.52 seg.

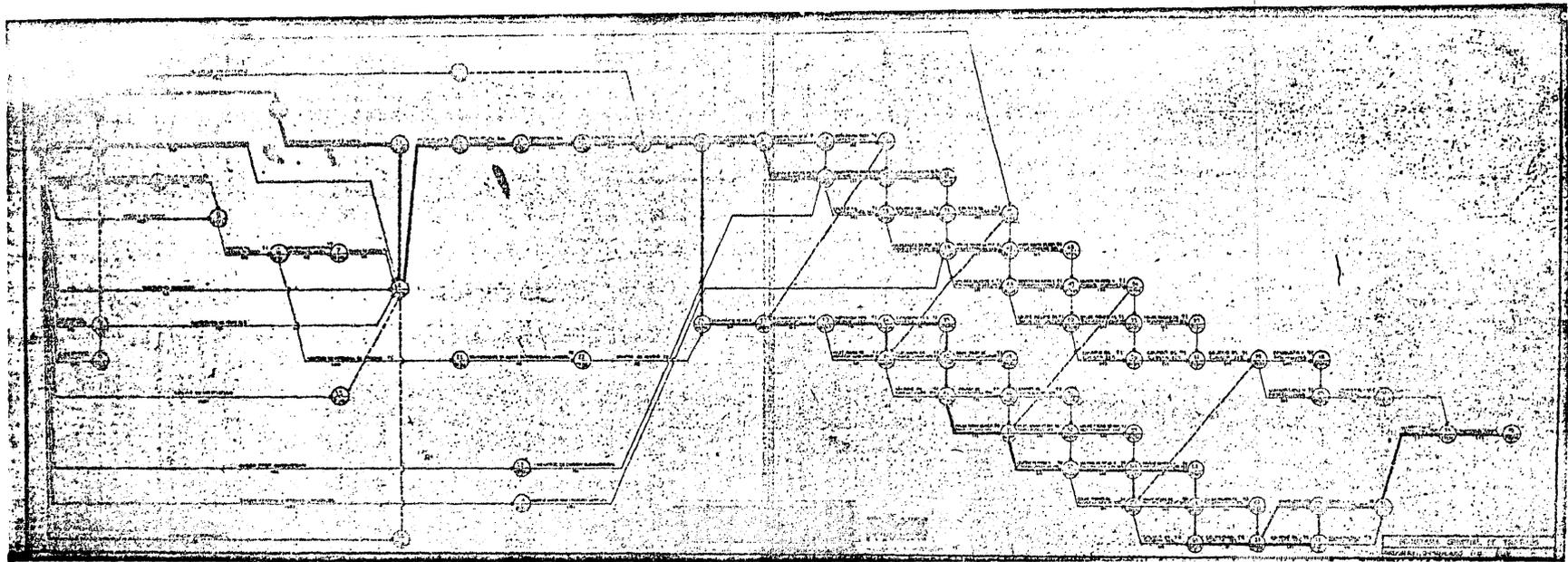




CICLO DE REVESTIMIENTO



1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 25
 26
 27
 28
 29
 30



III-4.- CONCLUSIONES .

El anterior estudio comparativo de los dos métodos tiene por objeto -- definir el procedimiento constructivo más adecuado para llevar a cabo la -- construcción de dos túneles carreteros, de dos vías, proyectados por la -- Secretarías de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, localizados aproxima-- damente en el Kilómetro 16 bajo la carretera México-Toluca; y tiene por -- objeto comunicar al proyecto Santa Fé, actualmente en desarrollo, con la -- zona Vista Hermosa.

Las anteriores proposiciones de procedimientos constructivos, tiene -- dos objetivos primordiales a cumplir, tratando de combinarlos y conseguir -- cumplir a tiempo la obra.

PRIMERO.- Ejecutar, con la máxima seguridad los trabajos de excava--- ción y revestimiento de los túneles, preservando cualquier pérdida de vida humana, así como de equipos y obra ejecutada, Dentro de este objetivo de-- beremos considerar el evitar cualquier perjuicio que pueda acaecer a la --- carretera México-Toluca, vía tan importante y en pleno uso.

SEGUNDO.- La ejecución del proyecto, dentro del tiempo previsto, el -- cual cuenta con una fecha específica de terminación. Para asegurar que es-- te objetivo se cumpla, consideré que es importante impedir cualquier inte-- rrupción de avance que pueda ser causada por caídos o inestabilidad del -- terreno, lo cual se podrá evitar si llevamos a cabo el trabajo con un pro-- cedimiento constructivo seguro, mismo que cumplirá con el primer objetivo.

Con la información anterior llevamos a cabo la comparación del proce-- dimiento constructivo entre la propuesta por Estructuras Internacionales y la del Doctor Gabriel Auvimet Guichard.

Se debió concebir la ejecución del proyecto en todo, y no únicamente -- en el capítulo de Protección Provisional, ya que la única manera de cons--- truir los túneles y terminarlos en el tiempo esperado, es analizando en -- todos sus aspectos a ambos métodos. Sin embargo, para que hubiera podido -- hacer la comparación necesitábamos de la información anterior y veremos que se pudo llegar a una decisión consciente y práctica, sin embargo, el método de Estacado es un sistema que cuenta con la seguridad, no sólo de ejecutar la obra, sino terminarla a tiempo, como se indicó y con mayor seguridad.

Continuaremos con los comentarios a ambos procedimientos constructivos; veremos que Estructuras Internacionales ha sugerido un Procedimiento de cong

trucción consistente en proteger el frente en forma continua mediante varillas de acero de 1 1/2" colocadas en perforaciones previamente realizadas longitudinalmente siguiendo las generatrices del túnel. En opinión del Dr. Gabriel Auvimet, y después de consultar con el Ing. Claude Louis de la --- Compañía Francesa Simecsol, con amplia experiencia en construcción de túneles, este procedimiento puede ser evaluado como sigue:

--- Este procedimiento se considera como un método excepcional, aplicable solamente para pasar zonas muy difíciles. Para ello, ha sido aplicado con éxito.

--- En Europa no se usa solo, sino que se combina generalmente con el Nuevo Método Austríaco comentado anteriormente.

--- Se considera como una solución cara.

--- Se considera como un método extremadamente lento.

--- El uso que se hace del acero es muy poco eficiente puesto que las varillas no contribuyen a la resistencia del revestimiento de concreto lanzado.

--- No se evita la descompresión del macizo durante la excavación con lo que el revestimiento final debe ser de mayor espesor que en el caso del método Austríaco.

--- La ejecución es muy delicada debido a la necesidad de realizar --- perforaciones horizontales sin desviación, lo que resulta difícil cuando el material contiene boleo como en el caso presente. Ello obliga a realizar perforaciones de gran diámetro, con el costo y la lentitud correspondiente.

En resumen, la solución propuesta es segura pero lenta y costosa además de ser delicada su ejecución, por lo que solamente deberá considerarse, después de verificar que no es aplicable algún otro método más sencillo, -- como el propuesto por el Dr. Auvimet, y como conclusión llegamos a la aplicación del Nuevo Método Austríaco como procedimiento constructivo de los -- túneles gemelos.

CAPITULO IV.- METODO AUSTRIACO.

IV.1.- INTRODUCCION.

IV.2.- DATOS GENERALES.

IV- 1.- INTRODUCCION

Es sobre todo por el medio de la sustentación, que es posible limitar al terreno de la descompresión y sus efectos. De esta constatación ha nacido el Nuevo Método Austríaco de construcción de túneles, debido al Profesor Austríaco Rabcewicz, y desarrollado en los países de lengua alemana desde hace más de una docena de años, este método fué dado a conocer en 1956 por su propio autor el Doctor Claude Louis, Ingeniero de artículos y manufacturas, doctor de la Universidad de Karlsruhe (R.F.A.) y jefe del Instituto de Mecánica de Suelos y Rocas de la misma Universidad. Participando como Ingeniero consultor de su propio método que fué aplicado en Alemania por primera vez en 1965. Este método abandona la sustentación provisional, siempre problemática, utilizando desde la apertura de la excavación en sección total o parcial, el concreto lanzado, con una malla ligera e incrementada por el bulonaje o anclado, lo que da por efecto que el terreno sea apto para soportarse así mismo, elimina totalmente los riesgos de descompresión.

El fin de esta exposición es mostrar el Nuevo Método Austríaco de construcción de túneles, poco conocido y por tanto no aplicado en muchos países. Después de haber esbozado los principios del método, comparándolo con los métodos convencionales, daré algunos detalles técnicos para la puesta en obra del método e insistiendo sobre los problemas puramente geotécnicos. Como se indica anteriormente, los aspectos económicos interviene demasiado, que como veremos se terminaron abordando dichos aspectos económicos del problema de puesta en obra de este método comparado con los tradicionales.

IV- 2.- DATOS GENERALES.

Para comprender bien los principios del Nuevo Método Austríaco, es fácil compararlo con los métodos convencionales en sus aspectos de ejecución y actividades constructivas.

En las técnicas tradicionales, la excavación se realiza con la sección más grande posible y guardando como objetivo la rentabilidad de la perforación, debiendo ser la sección mínima de inicio compatible con la dimensión de los elementos de sustentación (cimbras metálicas).

Por el contrario, con el Método Austríaco se obliga a reducir al máximo los desórdenes en el terreno trabajando en sección parcial muy débil, si es posible con excavación mecánica o en caso contrario con un plan de tiro finamente calculado, afrontando unos problemas de rendimiento previstos.

Después de la excavación en el método convencional, el sostenimiento provisional es asegurado por cimbras metálicas muy pesadas, sobredimensionada, que no se adaptan en absoluto al perfil exterior. Cualquiera que sea la técnica adoptada, se realiza así un sostenimiento rígido que no tiene nada más que contactos parciales con el macizo. A menudo, este contacto no se establece hasta después de una deformación importante (convergencia), arrastrando la aparición de zonas de descompresión muy extensas en el terreno. Este proceso tiene consecuencias múltiples, muy desfavorables: por una parte, una caída de las características mecánicas de los terrenos en las zonas tocadas por la descompresión y por otra, la movilización de fuerzas concentradas muy elevadas en el punto de contacto entre el sostenimiento provisional y el macizo. Estas fuerzas concéntricas son a veces tan elevadas, en razón de su carácter de punta, que llevan un deterioro y ruptura de las cimbras metálicas. Utilizando el concreto lanzado, ligeramente armado de varillas soldadas, se realiza por el contrario un sostenimiento continuo perfectamente solidario con el terreno, adaptándose exactamente a las irregularidades del perfil, con el límite, rellenado de vacíos y fisuras el macizo. A este se añade que el concreto lanzado es de una colocación en obra muy rápida sea cual sea la sección. Las primeras capas de concreto lanzado, desde su aplicación, aseguran una protección del macizo contra toda forma de alteración.

El sostenimiento por este medio es considerado como provisional, -- presenta constantemente una gran superioridad, tanto sobre el plano geotécnico, tecnológico, como económico sobre el sostenimiento tradicional por cimbras metálicas.

La diferencia esencial entre el procedimiento convencional y el -- Nuevo Método Austríaco aparecen quizá todavía en el estado final de la construcción. La figura 55, representa esquemáticamente dos perfiles tipos de túnel con su sostenimiento definitivo; el primero, según el método convencional y el segundo, según las técnicas Austríacas. Las diferencias llevan en primer lugar a los tres puntos siguientes:

- Las técnicas de colocación del sostenimiento.
- El tiempo de colocación del sostenimiento.
- El procedimiento mecánico del sostenimiento.

El último punto es en gran parte el resultado de las dos primeras -- anteriores.

La sustentación tradicional está constituida por una bóveda de concreto encofrado, colocando según la abertura de la excavación en sección total. En ciertos casos, el sostenimiento provisional (cimbras metálicas) es dejado en obra, es incrustado en la bóveda; juega entonces el papel -- de armadura, a pesar de inyecciones de relleno como unión, siempre es -- difícil tener buena unión entre la bóveda y el macizo. Como medida a la descompensación del terreno, es conveniente que el espesor de la bóveda alcance valores del orden de 80 a 100 cms.

La bóveda es muy rígida y muy pesada necesitando de encofrados deslizantes importantes que paran la obra, evitando ejecutar de inmediato -- el sostenimiento definitivo después de la excavación; por lo que existen plazos de varias semanas, a veces de meses entre la excavación y la -- colocación del revestimiento definitivo.

La bóveda tradicional en concreto encofrado que constituye una sustentación del siguiente tipo:

- De mucho plazo para ser colocada.
- Demasiado rígida, con lo que la bóveda no se adapta así a las exigencias del terreno.
- No está sólidamente ligada al macizo.

Como se indicó arriba, el Método Austríaco se caracteriza esencial-

mente por la utilización del concreto lanzado para el revestimiento definitivo, una vez que la excavación, en sección parcial o total es realizada con el fin de bloquear en cierto modo el macizo; es decir, limitando al máximo la descompresión y mejorando con ello la resistencia mecánica del terreno que se hace capaz de sostenerse por sí mismo.

El concreto lanzado protege el terreno desde su colocación contra toda acción de agentes externos, tales como el agua o el aire. Irá armado según las necesidades, en general por una malla electrosoldada de diámetro 6 a 8 mm. El comportamiento y la adherencia del revestimiento al macizo quedan aseguradas por la colocación de una red de anclaje de poca longitud, (de 3 a 6 mts. para los túneles de sección inferior a los 100 M²). Las fuerzas de anclaje son generalmente tomadas inferiores a 20 toneladas. La densidad de los anclajes es adaptada a cada caso en particular. Generalmente esta densidad es tomada entre los dos límites siguientes, un anclaje c/4 M² y un anclaje c/20 M², que son valores promedio de los más utilizados. En casos difíciles, la acción de las armaduras y del anclaje es reforzado por la colocación de cimbras metálicas ligeras o armadas sencillos incrustados en el concreto lanzado.

El espesor del revestimiento terminado pasa generalmente entre 10-- y 30 cms. Teniendo ésto en cuenta, los aspectos máximos quedan fuera de perfil. Para una sección útil dada de túnel (abertura libre), la sección del revestimiento tradicional y de los rellenos (por inyección), puede sobrepasar según Muller el 50% de la sección útil, mientras que por el Método Austríaco, esta misma sección no alcanza sino raramente el 10% de la misma sección útil. El Método Austríaco, permite por tanto, hacer una economía sustancial sobre la sección total a excavar para una sección útil, la cual puede alcanzar el 40% de la sección útil.

El concreto lanzado armado y anclado al macizo contribuye a dar al terreno en las proximidades de la excavación una presión de confinamiento suficiente como para aumentar considerablemente su resistencia mecánica. El conjunto constituido por el revestimiento y los anclajes permite al terreno participar en el sostenimiento del medio, y esto dá la formación de una bóveda monolítica compuesta por el concreto y el terreno, de acuerdo a la figura anterior. El terreno, ayudado por el revestimiento se vuelve auto-portante. Por su propia naturaleza, la bóveda así realizada conserva una cierta flexibilidad que le permite en consecuencia, el adap-

tarse mejor a las modificaciones del medio debido a la excavación y a las construcciones. Las deformaciones iniciales son frecuentemente disimétricas en los terrenos antisísmicos. En tal comportamiento no puede intervenir, en el caso de una bóveda rígida (método convencional), que se encuentra a menudo sobredimensionada en ciertas zonas e igualmente demasiado solicitada ó incluso subdimensionada en otras.

Para darse una explicación de los dos procesos del sostenimiento por el método tradicional y el Nuevo Método Austríaco, es razonar sobre el siguiente diagrama de Mohr (fig. 56). Se trata del caso de un terreno difícil que necesita sostenimiento.

La puesta en obra de las técnicas tradicionales se acompaña generalmente de una descompresión, que lleva aunado una dilatación del macizo y una dislocación localizada en corona. Esta dislocación incluso cuando es insignificante, lleva consigo una caída de las características mecánicas del terreno. Este comportamiento queda esquematizado en la figura 57 por el paso de la curva 0, en referencia a la curva 1. En tales circunstancias, la resistencia límite se encuentra ampliamente rebasada (el círculo de contracciones corta a la curva intrínseca), aparecen entonces unos desordenes y unas roturas mas o menos importantes en el macizo.

Con la utilización del concreto lanzado colocado a los minutos que siguen a la excavación, la descompresión del macizo no tiene tiempo de actuar.

La primera capa de concreto lanzado bloquea al macizo en superficie, suelda los bloques rocosos, cimenta las fisuras y las juntas mejorando así la cohesión del macizo, aportando al mismo tiempo confinamiento. Este confinamiento juega, como veremos, un papel muy importante. Sobre el diagrama de Mohr se tiene una evolución, esquematizada en el diagrama una representación opuesta a la que interviene en el caso del método tradicional. Se beneficia mejorando las características intrínsecas del material (paso 0 - 1) y, además de una transferencia del círculo de contracciones en el sentido de las contracciones normales positivas, en razón de la reacción P (confinamiento), aportada por el revestimiento continuo de concreto lanzado. Esta reacción se encuentra muy favorablemente amplificada por puesta en tensión de los anclajes.

Así, por el método Austríaco, el material no se deteriora mecánicamente sino que, al contrario, se mejora, y las consecuencias de riesgo caído son lejanas (figura 57). Las dimensiones del revestimiento, (espesor del concreto lanzado, malla, anclajes, etc.), debe ser tal que los

círculos que representan los estados de contracción alrededor del túnel, no se encuentran ahí donde las curvas intrínsecas del material. Este razonamiento es efectivo, cualquiera que sea la zona y la dirección considerada (compresión) o corona donde las contracciones de tracción puedan intervenir.

En el comportamiento del material el cual se excavará, se presentan -- tres fenómenos de importancia:

1).- La influencia de la descompresión y de la dilatación del macizo -- sobre la resistencia mecánica.

Según Muller (1970), una dilatación (volumétrica) $\Delta V/V$ de 2 a 3 % puede ocasionar pérdidas de resistencia del 80 al 90 %.

2).- La influencia del grado de funcionamiento $n = \sqrt[3]{1}$ sobre la resistencia.

Es necesario evitar que el terreno trabaje en tensión (en corona) ó en compresión uniaxial (en pie derecho). La resistencia de los medios naturales, a menudo fisurados, depende del grado de confinamiento y la orientación del tensor de contracciones como lo muestra la figura 58, debida a Muller y Palmer (1965).

3).- La influencia del factor tiempo sobre la descompresión del macizo y sus consecuencias.

El factor tiempo juega un papel muy importante en el proceso de descompresión, seguido de fenómenos de dilatación y fallas. En el Nuevo Método Austriaco las oportunidades de éxito serán mayores cuando la colocación y el -- fraguado del concreto lanzado sean mas rápidas.

A estos tres puntos corresponden evidentemente tres imperativos fundamentales a respetar cuando se trata de la construcción de túneles:

a).- Evitar toda descompresión o falla del macizo en las cercanías de -- la excavación.

b).- Aportar en cuanto sea posible a la pared de la excavación un confinamiento continuo para neutralizar los estratos de contracción -- uniaxial.

c).- Utilizar lo mejor posible el tiempo disponible antes de que el macizo se deforme.

Aclarando que sólo alguna de estas tres condiciones se respeta en -- los métodos convencionales. Esto tiene por consecuencia el hacer interve-

nir unas sobrecargas anormales amplificadas en relación a la descompresión, como se representa en la figura.-59.

En función del problema planteado y de la finalidad a alcanzar, el -- Nuevo Método Austríaco permite, por la unión del concreto con malla (eventualmente armados sencillos), y afianzado al terreno por anclajes, es --- capaz de realizar un sostenimiento que presenta las siguientes características:

- La colocación rápida en obra, inmediatamente después de la excavación.
- Constituye un revestimiento definitivo.
- Puede intervenir en sección total o parcial, incluso de bajas dimensiones, para los terrenos muy difíciles o los túneles de gran sección.
- Es flexible y se adapta a la forma del terreno.
- Es continuo y no engendra así ninguna fuerza elevada entre el macizo y el revestimiento.
- Es perfectamente solidario al terreno y forma con él una bóveda monolítica.
- Mejora las características mecánicas del medio natural soldando los -- bloques entre sí, cimentando los vacíos y juntas o fisuras.
- Aporta una presión radial de confinamiento estabilizador en el macizo.
- Hace posible el drenaje del macizo.

Sobre el plano geotécnico, la elaboración del proyecto de ejecución - necesita en contrapartida de lo siguiente:

- Buen conocimiento del medio y de las características mecánicas de los materiales (en obra) y su evolución.
- Una evaluación del estado de las contracciones en el macizo alrededor de la cavidad excavada, en sección parcial o total.
- Un control de las deformaciones "in situ" en el estudio de la ejecución de los trabajos comprendiendo las necesidades del sostenimiento, los parámetros variables de ejecución (espesor de concreto lanzado, malla, densidad de anclajes, etc.).

Estos tres puntos definen perfectamente la naturaleza e importancia de los estudios geológicos y geotécnicos (observaciones en campo, ensayos "in situ", en laboratorio, cálculos teóricos, etc.). Qué necesidades hay - y cuáles se necesitan para aplicar el Nuevo Método Austríaco de túneles.

El anteproyecto y reconocimiento preliminar para la puesta en obra -- del Método Austríaco, necesita en principio, un buen reconocimiento geoló-

gico e hidrológico así como una primera identificación geotécnica de los terrenos encontrados. Esta identificación puede ser realizada a partir de un perfil geofísico complementado con índices de resistencia e índices de fracturación en los sondeos.

Un análisis de la estructura del medio, es igualmente conveniente -- efectuarla en el estudio del anteproyecto.

Los caracteres continuo-discontinuo, homogéneo-heterogéneo de los -- terrenos a atravesar son a considerarse con el mayor rigor posible. Es, -- en efecto, de esta caracterización de lo que dependen la naturaleza e -- importancia del estudio geotécnico, (estudio teórico y ensayos) de los -- estudios que hay que realizar.

Estos trabajos preliminares se inician con los aforos, que sólo se -- puede observar después de los sondeos de reconocimiento cuando permiten -- desglosar el problema y preparar los anteproyectos.

Los proyectos de ejecución son realizados a partir de las observa-- ciones hechas en las galerías experimentales así como los resultados de -- ensayos geotécnicos "in situ" y en laboratorio.

El proyecto de ejecución es elaborado conjuntamente a partir de:

- Datos de reconocimiento preliminar complementados con los obtenidos -- en la ejecución de galerías experimentales.
- De la clasificación geotécnica de los terrenos.
- Los resultados de ensayos geotécnicos.
- Del estudio teórico.

A.- Se tiene una clasificación geotécnica especialmente para los pro-- blemas de construcción de túneles que ha sido adoptada en Alemania y --- Austria, consiste en observar el comportamiento de los diferentes terrenos encontrados por medio de galerías experimentales. El criterio de la clasi-- ficación es la duración de estabilidad de la excavación experimental sin -- ningún revestimiento, (Laufler-1958), y ésto conduce así a una clasifica-- ción de los terrenos en clases con un número total de siete, obtenida a -- partir de un diagrama en el cual figuran las siete zonas, llevando en --- abcisa la duración de estabilidad de la excavación y en la ordenada longi-- tud libre, parámetro definido como la más pequeña de las dimensiones; diá-- metro y longitud de la excavación no revestida (fig.- 60).

En los países de lengua alemana, este criterio está actualmente rete-- nido para preparar las demandas de ofrecimiento a las empresas. En numero

En los casos, la clasificación definitiva de los terrenos es establecida teniendo igualmente en cuenta unos resultados de ensayos geotécnicos.

Un tipo característico de sostenimiento es entonces preconizado para cada clase de terreno como lo precisa de manera muy esquemática la fig.-61, para las 5 primeras clases "A" a "E". Los terrenos correspondientes a las clases F y G (la mayor parte del tiempo de los suelos) son llamados o denominados como "muy difíciles" y necesitan estudios particulares para cada caso. La excavación de túneles en tales medios impone a menudo unos tratamientos especiales de mejora, (inyecciones, congelación, etc.). Entendiendo que las características dadas sobre la figura anterior no se deben adoptar sin reserva; procede el considerar escrupulosamente cada caso particular de manera a elegir el revestimiento continuo teniendo en cuenta la altura de cobertura, en función del modo de las excavaciones, de las condiciones de ejecución de los trabajos... etc.

La colocación en obra del Método Austriaco es, en efecto, muy flexible, y la clasificación de los terrenos y los tipos de sostenimiento se establecen a una clase cercana. Con todo rigor no hay diferentes tipos característicos de sostenimiento, sino más bien una continuidad entre cada uno de ellos. Conviene precisar que todo revestimiento puede ser reforzado después de su colocación y puede así pasar de una clase a otra.

B.- La finalidad de los ensayos geotécnicos ejecutados "in situ" o en el laboratorio es doble, a saber:

- Dar información sobre la deformación de los terrenos para permitir unos cálculos teóricos de contracciones y deformaciones.
- Determinar las características mecánicas del material para cada clase de terreno, es decir, las curvas o zonas intrínsecas.
- Clase de terreno, es decir, las curvas o zonas intrínsecas.

Las características de deformación de los terrenos interviene en el cálculo de distribuciones, contracciones y las deformaciones alrededor del túnel para cada etapa de ejecución.

La determinación de las características mecánicas de los terrenos juega un papel importante en el dimensionamiento del revestimiento. Las contracciones, medidas, son en efecto confrontadas con la resistencia del terreno, lo que condiciona en el estudio del proyecto de ejecución, las características del sostenimiento necesario para asegurar la estabilidad del conjunto.

Los ensayos mecánicos más comúnmente practicados son los ensayos de - compresión simple, tracción indirecta, triaxiales y los ensayos de cizalla miento.

El establecimiento del proyecto de ejecución no puede concebirse sin ensayos de anclaje, siendo éste uno de los elementos principales de sustentación. Es en efecto, a partir de los ensayos de anclaje, realizados - en cada clase de terreno, determinar las técnicas óptimas de anclaje, las fuerzas de rotura y las cargas admisibles en los bulones.

C.- Los cálculos teóricos se basan especialmente sobre la simulación del comportamiento mecánico del medio alrededor de la cavidad, pero es sobre todo a partir de observaciones hechas durante la ejecución de los trabajos cuando será determinado el sostenimiento óptimo. Estas observaciones "in situ" consisten en un control y una consultación muy precisa del terreno por medidas de convergencias, extensometría y medidas diferenciales.

En la práctica, el dimensionado real del revestimiento se determina - en el estudio de la ejecución de los efectuados con medidas de deformaciones en el avance de cada clase de terreno encontrado. Estas medidas de deformaciones son hechas con ayuda de tasómetros o aparatos de medida de convergencia. Estos tres tipos de aparatos dan todas unas variaciones de longitudes entre unos puntos solidarios. Es en función de la amplitud de las deformaciones como son ajustadas las características del sostenimiento --- (espesor del concreto lanzado, importancia de la malla, densidad de los -- anclajes), de acuerdo con las exigencias reales del terreno, tomando como revestimiento de principio, el determinado por el estudio teórico.

Las medidas "in situ" sobre la obra misma permiten además del control, ver si los resultados de los cálculos son representativos y pueden considerarse como válidos.

Para los túneles de poca profundidad, los extensómetros situados desde la superficie del suelo dan unos datos extremadamente interesantes por que suelen ser colocados en el terreno antes de la ejecución del túnel, -- (fig.-62). La experiencia muestra que las primeras deformaciones aparecen netamente antes de que el frente de corte en el túnel haya alcanzado la -- sección de medidas.

Para las excavaciones de gran sección este problema no se plantea generalmente, porque se tiene en efecto, la posibilidad de colocar exten----

sómetros de base transferible a partir de una galería de reconocimiento.

Las medidas de deformación complementadas por unas mediciones topográficas en superficie o en subterráneo a partir de puntos fijos, permiten determinar los desplazamientos absolutos en las cercanías del túnel.

Las numerosas medidas hechas en Alemania muestran que las deformaciones crecen muy rápidamente desde la apertura de la excavación y son atenuadas cuando intervienen el fraguado del concreto lanzado, parándose los movimientos cuando es terminado el revestimiento.

Para terminar, se indicará además, que el control de las fuerzas de anclaje constituyen una medida indirecta de las contracciones. Esto puede constituir un método de auscultación cómodo de los túneles después de su ejecución.

El Nuevo Método Austríaco de construcción de túneles es utilizado en obras, en todos los países de lengua alemana desde hace una década.

Actualmente, la mayor parte de los túneles y excavaciones de gran sección son realizados según este procedimiento tanto en Alemania como en Austria.

El autor de este método ha participado como Ingeniero de consejo, tiene numerosas realizaciones en el curso de su actividad en el Instituto de Mecánica de Suelos y Rocas de Karlsruhe; como el proyecto del metro de Frankfurt (terrenos muy difíciles), en una excavación muy apelmazada, una gran obra subterránea y un túnel de autopista en terreno difícil, la descripción de estas obras se da en las figuras 63, 64, 65, por una sección tipo con mención de sus características principales (geología, geometría y revestimiento).

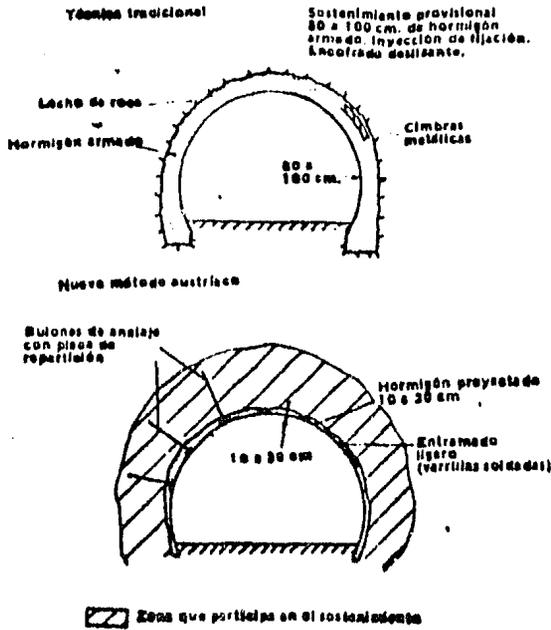


FIG. 55 .- El método tradicional y el nuevo método austriaco de construcción de túneles.

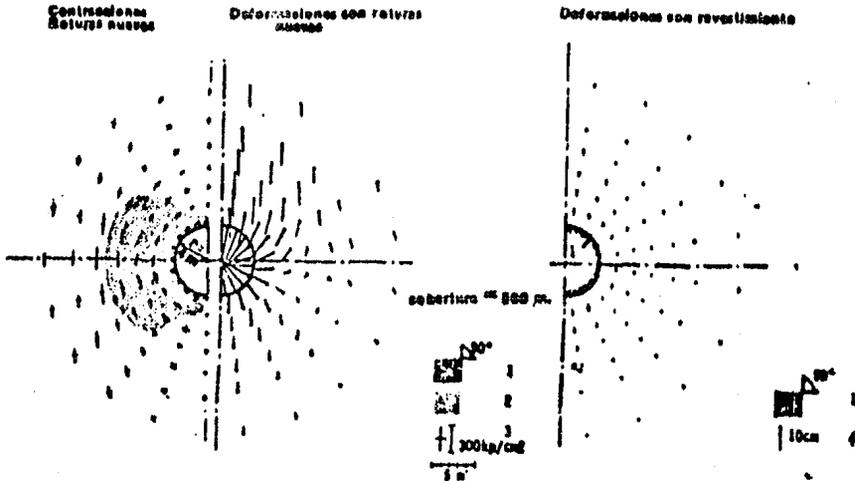


FIG. 56.- Contracciones y deformaciones en un medio pseudo-plástico discontinuo según Baudendistel, Malina y Müller (1970).
 1. Dirección de fisura, 2. Zonas de nuevas roturas, 3. contracciones principales, 4. Deformaciones.

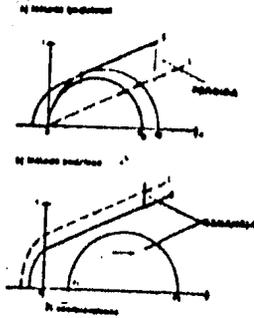


FIG. 57.- Curvas intrínsecas y estado de contracciones (en pie derecho) en las inmediaciones de un túnel.

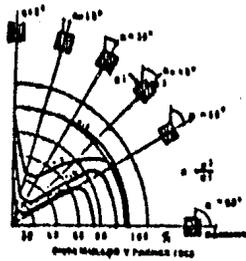


FIG. 58.- Influencia de la orientación del tensor de las contracciones y del grado de confinamiento sobre la resistencia.

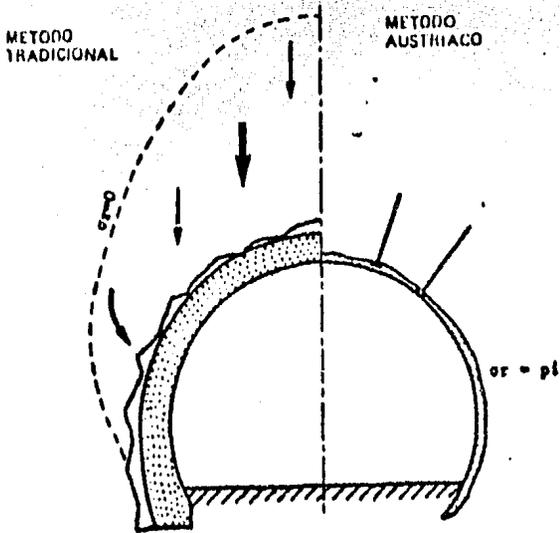
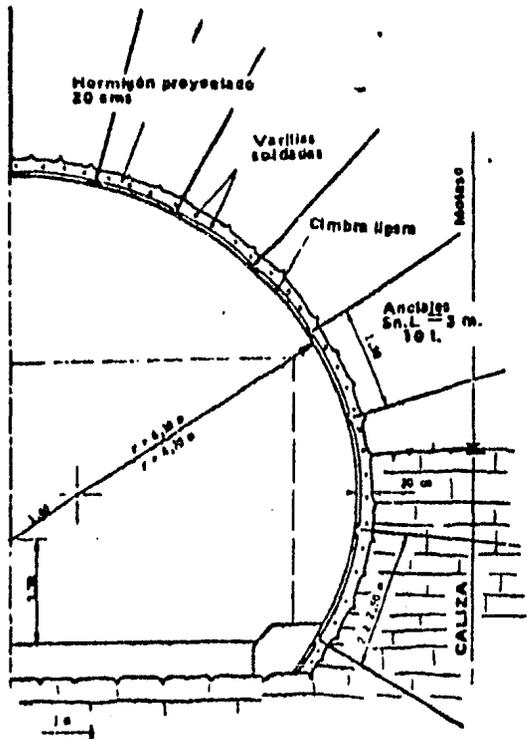


FIG. 59.- Desordenes debidos al modo de construcción.

FIG. 60.- Sostenimiento de un túnel de carretera en malos terrenos en el sur de Alemania, cobertura 50 mts.



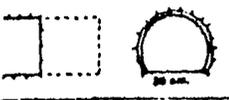
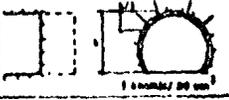
Clase	Tipo de terreno	Excavación	Sostenimiento	Representación esquemática
A	Lecho de roca sano, muy compacta, estable.	Excavación a plena sección. Venos importantes. Explosivo-Pracorte	Sostenimiento nulo. Hormigón proyectado (10 cms) de protección contra la alteración.	 10 cms mortero proyectado
B	Lecho de roca sano, compacta, poco fríasurcado.	Excavación a sección completa. Venos importantes. Explosivo-Pracorte.	Hormigón proyectado (20 cms) reforzado por varillas torcidas ligeras para protección contra las caídas de bloques y alteraciones. Anclaje según la sección del túnel.	 20 cms.
C	Lecho rocoso con bastante fracturado. Lecho de roca ligeramente alterado. Conglomerados blancos-mantados.	-Idem- con reducción de las venas o si se practica excavación mecánica (Máquina de avance mecánico).	Hormigón proyectado (30 cms) reforzado por entroncados de varillas fuertes. Anclajes sistemáticos de baja densidad en corona (1/4 o 1/3 superior).	 1 anclaje/30 cms
D	Lecho rocoso bastante alterado o muy fríasurcado. Rocas blandas. Conglomerados fríasurcados-mantados.	Excavación en sección parcial poco profunda al explosivo. Esquejesa prefabricada.	Hormigón proyectado (30 cms). Entramado soldado y reforzado. Cinturas metálicas ligeras. Anclajes sistemáticamente débiles.	 1 anclaje/30 cms
E	Terrazo muy difícil. Masas alteradas y muy fracturado con bloques oscuros. Rocas blandas de baja cohesión. Conglomerados muy mantados. Morfan, erosion o en general terrenos bastante de fuerte explotación.	Excavación en sección parcial (muy reducida 5-10 m ²) Paso preliminar a 1,5 m. Excavación mecánica.	Hormigón proyectado (30 cms o más) sistemáticamente para la superficie del túnel y los frentes de corte en sección parcial. Entramado, soldado reforzado en dos capas. Cinturas metálicas ligeras. Anclajes muy débiles. Revestimiento continuo cerrado en bóveda.	 1 anclaje/30 cms

FIG. 61.- Clase de terrenos y características de sostenimiento para la construcción de túneles.

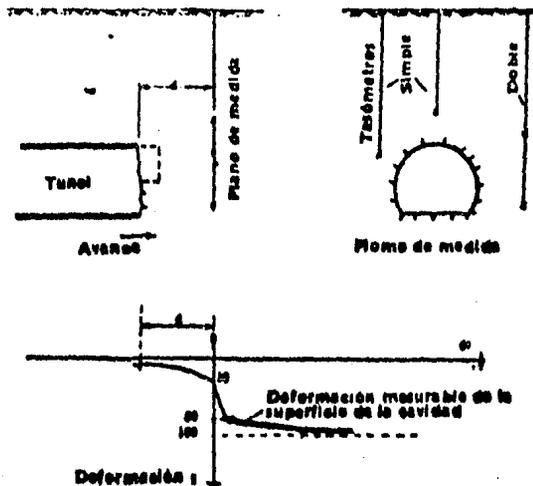


FIG. 62.- Control de las deformaciones por "tasómetro" en función del avance del túnel.

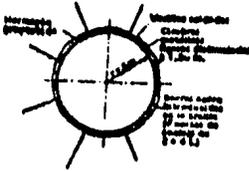


FIG. 63.- Sustentación de una galería del metro de Frankfurt.

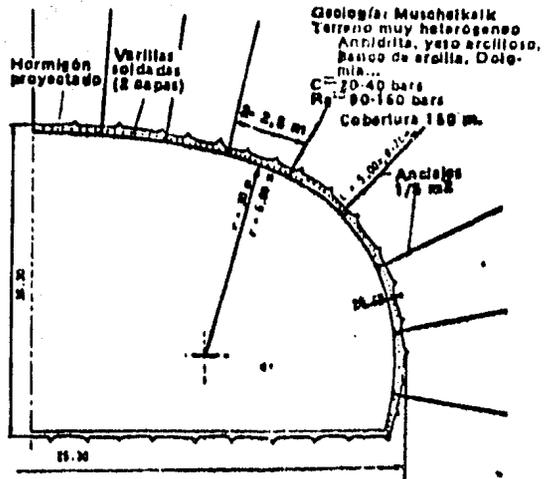


FIG. 64.- Sostenimiento de una excavación muy compacta en un macizo de Muschelkalk muy heterogéneo.

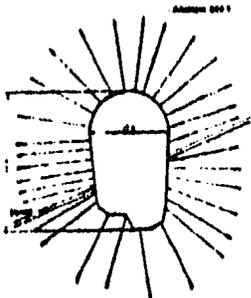


FIG. 65.- Sostenimiento de la central subterránea de Waldeck (R.F.A.) en el macizo esquizitoso.

CAPITULO V.- PROGRAMA DE OBRA.

- V.1.- LISTA DE ACTIVIDADES.
- V.2.- EVALUACION DE TIEMPOS POR ACTIVIDAD.
- V.3.- RUTA CRITICA.
- V.4.- DIAGRAMA DE BARRAS.

V.1.- LISTA DE ACTIVIDADES.

En este capítulo trataremos lo correspondiente a las actividades que se realizan en el proceso constructivo de los túneles gemelos de Vista Hermosa por el Nuevo Método Austriaco.

Como primer punto deberemos de tener en cuenta que la obra tiene una fecha de inicio y terminación, asimismo tomar un 20% del tiempo total de obra por tiempos perdidos debido a lluvias, accidentes y problemas ajenos que lleguen a interrumpir la obra.

Para la programación de la obra debe conocerse en forma el proyecto y procedimiento constructivo para poder llegar al listado de actividades tomando como base los siguientes puntos:

- 1.- Como punto primordial la duración de la obra.
- 2.- El aspecto económico respecto al tiempo de ejecución.
- 3.- Conocimiento de cada una de las actividades de acuerdo al método y tiempo que lleva en realizarse cada una de ellas, en base a la experiencia o rendimientos obtenidos de obras anteriormente.
- 4.- La fecha de inicio de actividades y terminación de estas, ajustando la fecha de terminación con respecto al tiempo de duración que se ve como plazo de ejecución.

De acuerdo a lo antes indicado, tendremos que pueden existir problemas al no tener un control inteligente del tiempo y costo de las actividades que se presentarán en el programa de obra conforme al proceso constructivo a ejecutar, ocasionando fracasos o pérdidas al no realizar este programa con base en análisis, estudios y profundizarse a conciencia en cada una de las actividades a realizar.

Con la omisión de cualquier punto podrían presentarse problemas de los mas comunes que se originan en las obras mal programadas como sería:

- a) Presupuesto mal hecho.
- b) Conocimiento parcial del proyecto.
- c) Condiciones de la obra.
- d) Mala selección a soluciones en campo.

Habiendo dado una explicación breve de lo necesario como base para iniciar el programa de la obra, entraré en detalle al desglose de actividades conforme al Procedimiento Constructivo del Nuevo Método Austriaco, indicando a continuación el orden y listado de actividades conforme a tres puntos ---

esenciales de este desarrollo:

I.- PROYECTO.

II.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CON SUS RESPECTIVOS CICLOS.

III.- TERMINACION Y ACABADOS.

Lista de actividades.-

- 1).- Estudio proyecto (fotogrametría, localización y planos).
- 2).- Estudio de la zona.
- 3).- Topografía de la zona.
- 4).- Proyecto de túneles.
- 5).- Desmonte y despilme de terreno natural.
- 6).- Llegada a la obra (instalación de bodega, almacén y oficina) ambos lados.
- 7).- Topografía y apertura caminos de acceso a túneles.
- 8).- Instalación eléctrica.
- 9).- Excavación de bancos para colocar materiales y combustible (ambos lados)
- 10).- Excavación de patios de maniobras frente a los cuatro portales.
- 11).- Estudio mecánica de suelos y localización bancos de material para concreto lanzado.
- 12).- Almacenaje de materiales para concreto lanzado.
- 13).- Habilitado de acero para obras complementarias (20%) ambos lados).
- 14).- Construcción tanque alimentador de agua a túneles (lado norte y sur con cap. de 15,000 lts.)
- 15).- Instalación provisional de equipo concreto lanzado, barrenación y aire comprimido lado norte.
- 16).- Topografía de cotas, rasantes, ejes y anchos de portales sur y norte.
- 17).- Excavación portales sur por medios mecánicos.
- 18).- Excavación portales norte por medios mecánicos.
- 19).- Excavación de cunetas para protección y agua pluvial portales ambos lados.
- 20).- Afine de taludes en portales lado norte.
- 21).- Afine de taludes en portales lado sur.
- 22).- Instalación de agua con tubería 4" ϕ para alimentación exterior e interior de túneles, de tanques a entradas de túneles ambos lados.
- 23).- Revestimiento de cunetas lado norte y sur - Concreto $F_c = 150 \text{ Kg/cm}^2 - E = 3 \text{ cms.}$
- 24).- Dosificación de agregados para proceso de emportalamiento ambos lados.
- 25).- Colocación concreto lanzado en taludes de portales norte $-E = 5 \text{ cms.}$
- 26).- Perforación perimetral con prof. de 4 mts. para anclas de 1" ϕ en portales nte.

- 27).- Colocación y reten malla electrosoldada #8 en taludes de portales norte.
- 28).- Colocación cartuchos de resina epóxica e hincado de anclas perimetrales portales norte.
- 29).- Prueba de extracción de anclas en todo el procedimiento de los dos túneles (100%) sólo serán extraídas 2 por cada 100 colocadas.
- 30).- Colocación 2a. capa de concreto lanzado en taludes de portales norte -
-E= 10 cms.
- 31).- Excavación para cimentación de marcos metálicos en los cuatro portales.
- 32).- Instalación provisional de equipo concreto lanzado, barrenación y aire comprimido lado sur.
- 33).- Colocación concreto lanzado en taludes de portales sur E= 5 cms.
- 34).- Perforación perimetral con profundidad de 4 mts. para anclas de 1" ϕ en portales sur.
- 35).- Colocación cartuchos de resina epóxica e hincado de anclas perimetrales en portales sur.
- 36).- Colocación y retén malla electrosoldada #8 en taludes de portales sur
- 37).- Colocación 2a. capa concreto lanzado en taludes de portales sur
- 38).- Cimbrado y colado de cimentación para marcos metálicos en los cuatro portales.
- 39).- Montaje de marcos metálicos 3 por cada portal separación de 1 mts. -- cada uno.
- 40).- Colocación armado de acero sobre marcos metálicos para emportalamiento de los cuatro portales.
- 41).- Cimbrado y colado sobre marcos metálicos para revestimiento de emportalamiento.

Partiendo del punto siguiente, sólo me referiré a los trabajos que se realizaron en los portales del lado sur, así como sus procedimientos constructivos de las actividades cíclicas referentes a los túneles 1 y 2 .

Conforme a los lineamientos del procedimiento tenemos los cuatro frentes emportalados y listos para el inicio constructivo, que de acuerdo a lo indicado se procedió a la construcción de ambos túneles en un solo sentido, de sur a norte ataque a dos frentes para la terminación de estos en el tiempo que fueron solicitados.

Podríamos haber atacado a cuatro frentes y terminar en menos tiempo, -- pero solo contabamos con equipo para dos frentes y en la mayoría de los casos, no se contaba con el suficiente equipo en bodegas, lo cual en el momento

de falla o descompostura se sustituyen, por lo que sólo se trabajó a dos frentes, aunque se ocasionaron retrasos y pérdidas de tiempo.

En el frente sur, los trabajos se iniciarían de la siguiente forma:

- 42).- Instalación general de equipos y servicios.
- 43).- Habilitado de acero.
- 44).- Instalación de equipo concreto lanzado.
- 45).- Instalación equipo de barrenación.
- 46).- Instalación tubería 5" Ø para alimentación de agua parte inferior túneles @ 1.50 mts.
- 47).- Instalación tubería aire comprimido para alimentación túneles @ 1.50 mts.
- 48).- Instalación de corriente eléctrica y alumbrado, @ 1.50 mts.
- 49).- Instalación ventiladores y tubo extractor de aire @ 300 mts.
- 50).- Topografía con equipo rayo laser y escantillón para checar sección y dimensión, como inicio y @ 1.50 mts.
- 51).- Dosificador de agregados en todo el proceso.
- 42)-53).- Excavación manual de bóveda superior sólo perimetralmente con ancho de 2.40 mts. y profundidad de 1.50 mts. con proceso cíclico.
- 54)-55).- Excavación por medios mecánicos de paredes verticales perimetralmente con proceso cíclico de @ 1.50 mts. todo el proyecto constructivo.
- 56)-57).- Lanzado de concreto Para protección 1a. capa de $e = 5$ cms. durante todo el proceso cíclico constructivo @ 1.50 mts.
- 58)-59).- Perforación para colocación de anclas perimetrales interior a túnel durante todo el proceso cíclico constructivo.
- 60)-61).- Hincado de anclas perimetrales durante todo el proceso cíclico constructivo.
- 62)-63).- Colocación primera malla electrosoldada a perímetro interior de túnel durante todo el proceso cíclico constructivo.
- 64)-65).- Lanzado de concreto 2ª capa de $e = 10$ cms. durante todo el proceso cíclico constructivo @ 1.50 mts.
- 66)-67).- Excavación de núcleo restante @ 1.50 mts. del proceso cíclico constructivo.
- 68)-69).- Excavación de rezaga para rampa acceso a bóveda y restante carga a camión de volteo, durante todo el proceso cíclico constructivo @ 1.50 mts.
- 70)-71).- Colocación 2ª. malla electrosoldada a perímetro interior de túnel durante todo el proceso cíclico constructivo.
- 72)-73).- Colocación arco armado @ 1.50 mts. durante los 10 primeros y 10 últimos ciclos constructivos del procedimiento cíclico constructivo @ 1.50 mts.

Conforme a lo antes indicado, muestro las actividades del proceso cíclico de construcción en ambos túneles desde su inicio hasta la terminación. Dado que el túnel 2 con $L=100$ mts. y túnel 1 $L=80$ mts, tienen respectivamente 67 y 54 procesos cíclicos con avance de 1.50 mts. c/ciclo, variando sus primeros y últimos diez ciclos referentes a la colocación de arcos armados, en tanto el resto del proceso es igual en ambos túneles.

Debido a que un túnel es mas grande que el otro, sus tiempos varían respectivamente, obligando con esto a dividir en dos actividades, correspondiendo una a cada túnel como se indicó.

Respecto al proceso cíclico constructivo tendremos que el túnel 1 cuenta con 54 ciclos y el túnel 2 con 67 ciclos. Partiendo de esta base veremos que las actividades cíclicas están desglosadas de la siguiente forma:

TUNEL. 1:

Ciclo 1 al 10.- Inicio de 15 mts. frente sur.

Ciclo 45 a 54.- Terminación de 15 mts. frente norte.

TUNEL 2:

Ciclo 1 al 10.- Inicio de 15 mts. frente Sur.

Ciclo 58 a 67.- Terminación de 15 mts. frente norte.

Estos ciclos repetitivos son idénticos con 15 mts. de profundidad c/10-ciclos. Dejando incluidos en este avance la colocación de arcos armados @ 1.5 mts. conforme al método utilizado para los túneles 1 y 2.

TUNEL 1:

Ciclo 11 al 44.- Proceso constructivo con 50 mts. de profundidad.

TUNEL 2:

Ciclo 11 al 57.- Proceso constructivo con 70 mts. de profundidad.

Veremos aquí que los ciclos son idénticos durante el proceso constructivo de ambos túneles pero ya sin la actividad de la colocación de arcos armados.

Haciendo la siguiente indicación, se tomó como medida de seguridad la colocación de arcos armados @ 1.50 mts. en los primeros 15 mts. de entrada y salida de ambos túneles. El armado de estos arcos perimetrales que quedaron ahogados en la 2ª. y 3ª. capa de concreto lanzado, contaron con varilla de $1/2"$ ϕ y dimensión de 20 x 20 con E @ 25 cms.. Esto hace la presencia en los diez primeros y últimos ciclos constructivos de c/túnel la colocación de arcos armados.

En el proceso constructivo, como medida de seguridad será opcional la colocación de arcos armados en caso de toparse con zonas conflictivas. Estos arcos en caso de utilizarse, llevarán las mismas especificaciones de los an-

tes mencionados.

Como el ciclo constructivo es repetitivo e idéntico en los dos túneles, a excepción de la variante en sus tiempos debido a la diferencia de longitudes como ya se indicó antes. Para las siguientes actividades de terminación, será una sola para ambos túneles como se muestra enseguida:

- 76).- Excavación y apertura de caja para mejoramiento de subrasante.
- 77).- Relleno y compactación de material para subrasante.
- 78).- Excavación y tendido ducto para dren y alumbrado.
- 79).- Habilitado de acero,
- 80).- Colocación acero refuerzo para cubeta.
- 81).- Colocación acero refuerzo para guarniciones.
- 82).- Cimbrado guarniciones.
- 83).- Colado guarniciones.
- 84).- Colado cubeta.
- 85).- Material de relleno banquetas.
- 86).- Compactado material de banquetas.
- 87).- Colocación malla electrosoldada en banquetas.
- 88).- Colado banquetas.
- 89).- Riego liga para asfaltado.
- 90).- Tendido y compactación de asfalto.
- 91).- Iluminación definitiva de túneles.
- 92).- Retiro de equipo, servicios generales y materiales a bodega-almacén.
- 93).- Acabado portales.
- 94).- Acabado accesos a túneles.
- 95).- Iluminación de accesos.
- 96).- Jardinería.
- 97).- Limpieza general de obra.
- 98).- Entrega de obra.

Quedando así el listado de actividades correspondientes a la construcción de dos túneles carreteros ubicados bajo la carretera México-Toluca Km. 16+100.

V.2.- EVALUACION DE TIEMPO POR ACTIVIDAD.

Establecido el listado de actividades en el inciso anterior se este capítulo, iniciaremos la planeación y programación de la obra.

Es indispensable conocer a fondo el proceso constructivo, pues de esto dependió la obtención de la dependencia o correlación de actividades. Asimismo, es necesario conocer los tiempos que durará cada actividad para llegar a una fecha de terminación, dada la fecha de inicio.

A continuación mostraremos, conforme a datos obtenidos en campo, el rendimiento en horas y días del procedimiento constructivo en su etapa de actividades cíclicas de la siguiente manera:

ACTIVIDAD	DURACION:	
	HORAS	DIAS.
52)-53).- Excavación manual de bóveda, perimetralmente con ancho de 2.4 mts. y profundidad de 1.5 m.---	4.56	0.19
54)-55).- Excavación mecánica de paredes verticales - perimetralmente con ancho de 2.4 m. y profundidad de 1.5 mts. -----	2.4	0.10
56)-57).- Lanzado de concreto 1a. capa. -----	0.8	0.03
58)-59).- Perforación para colocación de anclas.-----	2.5	0.11
60)-61).- Hincado de anclas con resina epóxica.-----	2.0	0.09
62)-63).- Colocación 1ª. malla electrosoldada. -----	2.4	0.10
64)-65).- Lanzado de concreto 2a. capa. -----	1.0	0.04
66)-67).- Excavación núcleo restante. -----	2.5	0.10
68)-69).- Extracción de rezaga. -----	1.2	0.05
70)-71).- Colocación 2ª. malla electrosoldada.-----	2.4	0.10
72)-73).- Colocación arco armado. -----	1.7	0.07
74)-75).- Lanzado de concreto 3ª. capa.-----	1.2	0.05

Tendremos en cuenta que hay varias actividades que se realizan en el mismo tiempo, produciendo con esto la reducción de tiempo en su proceso de terminación. De acuerdo con la duración de cada actividad, en la tabla "TT" se muestran los tiempos por ciclos y duración total correspondientes al ciclo repetitivo de actividades en el proceso como ya fué indicado.

En el proceso cíclico repetitivo, se trabajaron 24 horas efectivas a 3- turnos de 8 horas cada uno, dando así 24 horas corridas. Es por esto que la duración por ciclo de las actividades arriba mencionadas estan obtenidas conforme a horas por actividad, que a porcentaje de 24 Hrs-día nos dará el por

centaje de día en que se realizó cada una de las actividades, que al multiplicarlas por el número de ciclos totales por actividad, arrojará como resultado el total de días que llevará en realizarse cada actividad. Mostrare a continuación la tabla VII.

ACTIVIDAD	Duración por c/ciclo		# Ciclos totales		* Ciclos tot.		Duración total por Actividad		
	Horas	Días	Túnel 1	Túnel 2	Túnel 1	Túnel 2	# Ciclos totales	Días	
52-53	4.56	0.19	54	67	54	67	10.26	12.73	
54-55	2.40	0.10	54	67	54	67	5.40	6.70	
56-57	0.80	0.03	54	67	54	67	1.62	2.01	
58-59	2.50	0.11	54	67	54	67	5.94	7.37	
60-61	2.00	0.09	54	67	54	67	4.86	6.03	
62-63	2.40	0.10	54	67	54	67	5.40	6.70	
64-65	1.00	0.04	54	67	54	67	2.16	2.69	
66-67	2.50	0.10	54	67	54	67	5.40	6.70	
68-69	1.20	0.05	54	67	54	67	2.70	3.35	
70-71	2.40	0.10	54	67	54	67	5.40	6.70	
72-73	1.70	0.07	20	20	20	20	1.40	1.40	
74-75	1.20	0.05	54	67	54	67	2.70	3.35	
							Σ	54.24 (días)	67.72 (días)

* 1.- Promedio 9 min. por perforación.

* 2.- Promedio 6 min. por hincado.

TABLA - VII

Conforme a lo establecido y a los resultados antes mencionados, se procedió a la obtención de los siguientes datos para dar forma a la tabla VIII mostrada mas adelante:

- Ip - Tiempo de iniciación próximo.
- Ir - Tiempo de iniciación remoto.
- Ip - Tiempo de terminación próximo.
- Ir - Tiempo de terminación remoto.
- d - Duración de la actividad.
- Ht - Holgura total (desplazamiento actividad sin cambio de duración).
- Hl - Holgura libre (desplazamiento actividad sin cambiar Ip de actividades que siguen en cadena).
- * - Ruta crítica (que tiene cero en Ht y Hl).

La tabla VIII, formada con las actividades de duración reales tomadas en campo de cada una de las actividades y las operaciones a realizar como lo indica la tabla, dieron como resultado, la obtención de la red de actividades con su respectiva ruta crítica y su diagrama de barras que se muestran en las figuras 66 y 67, referentes a este mismo capítulo en los incisos V-3 y V-4 respectivamente.

TABLA VIII

ACTIVIDAD	DURACION (dias)	Ip	Ir = Tr - d	Tp = Ip - d	Tr	Ht = Tr - tp	Hl = Tp - Ip - d
0 - 1	25	0	0	25	25	0	0
1 - 4	15	25	32	47	47	7	0
1 - 3	15	25	25	40	40	0	0
1 - 2	15	25	32	47	47	7	0
2 - 5	10	40	101.73	113.73	111.73	61.73	0
2 - 6	6	40	108.73	115.73	115.73	69.73	0
2 - 11	15	40	47	62	62	7	0
3 - 4	7	40	40	47	47	0	0
3 - 7	5	40	56	61	61	15	0
4 - 14	24	47	47	71	71	0	0
4 - 15	5	47	47	52	52	0	0
5 - 6	4	50	111.73	115.73	115.73	61.73	0
6 - 8	8	54	115.73	123.73	123.73	61.73	0
7 - 9	6	45	65	71	71	20	0
7 - 10	8	45	61	69	69	16	0
8 - 42	0	62	123.73	123.73	123.73	61.73	0
9 - 12	5	51	71	76	76	20	0
9 - 13	8	51	35	93	93	34	0
10-15	4	53	69	73	73	16	0
11- 12	12	55	64	76	76	9	0
12- 24	1	59	76	77	77	7	0
12- 31	8	59	154.23	152.53	152.53	75.53	0
13 - 30	0	59	64	84	84	25	0
13 - 40	0	59	93	93	93	34	0
13 - 42	0	59	123.73	123.73	123.73	64.73	0
14 - 22	5	71	71	76	76	0	0
15 - 25	0	57	73	78	78	21	0
15 - 32	5	57	73	78	78	16	0
16 - 17	18	52	52	70	70	0	0
16 - 18	18	52	52	70	70	0	0
16 - 19	8	52	62	70	70	10	0
17 - 21	35	70	70	76	76	0	0
18 - 20	6	70	70	76	76	0	0
19 - 23	6	60	70	76	76	10	0
20 - 25	1	76	77	78	78	1	0
20 - 31	2	76	76	78	78	0	0
21 - 31	2	76	76	78	78	0	0
							0

TABLA VIII

ACTIVIDAD	DURACION (dias)	T_p	$T_r = T_r - d$	$T_p = T_p - d$	T_r	$H_t = T_r - T_p$	$H_l = T_p - T_p - d$
21 - 23	1	75	77	77	78	1	0
22 - 25	0	76	78	76	78	2	0
22 - 23	0	76	78	76	78	2	0
22 - 30	0	76	84	76	84	8	0
22 - 42	0	75	123.73	76	123.73	47.73	0
23 - 23	0	76	76	76	76	0	0
23 - 21	0	75	76	76	76	0	0
24 - 25	1	76	77	71	78	7	0
24 - 33	1	76	77	71	79	7	0
25 - 26	1	77	78	78	80	1	0
25 - 27	1	77	79	78	80	2	0
26 - 28	1	78	79	79	82	1	0
27 - 30	3	79	80	81	80	1	0
28 - 27	0	79	80	79	82	1	0
28 - 29	0	79	82	79	80	3	0
29 - 30	0	79	82	79	82	3	0
30 - 39	4	81	82	85	82	1	0
31 - 38	5	79	78	84	86	6	0
32 - 33	0	82	78	62	84	16	0
32 - 42	0	62	123.73	62	78	61.73	0
33 - 34	1	77	78	78	123.73	1	0
33 - 35	1	77	79	78	79	2	0
34 - 35	1	78	79	79	80	1	0
35 - 38	0	79	80	79	80	1	0
35 - 29	0	79	82	79	80	3	0
36 - 37	0	79	82	79	82	3	0
36 - 37	2	79	80	81	82	1	0
37 - 39	2	81	82	85	82	1	0
38 - 39	2	84	84	86	86	0	0
39 - 40	7	86	86	93	86	0	0
40 - 41	14	93	93	107	93	0	0
41 - 42	3	107	120.73	110	107	13.73	0
41 - 50	5	107	107	113	123.73	0	0
42 - 44	2	110	150.53	112	113	40.53	0
43 - 45	2	110	123.73	112	152.53	13.73	0
43 - 46	2	110	150.53	112	125.73	40.53	0
43 - 47	2	110	123.73	112	125.73	13.73	0
42 - 48	2	110	123.73	112	125.73	13.73	0

TABLA VIII

ACTIVIDAD	DURACION dias	Ip	Ir=Tr - d	Ep = Ip - d	Tr	It = Tr - Tp	del diagrama It = Ep - Ip - l
42 - 42	2	110	129.73	112	125.73	13.73	0
42 - 43	3	110	155.98	118	163.98	45.98	0
43 - 22	0	118	165.93	118	165.93	47.93	0
43 - 23	0	118	153.98	118	153.98	45.98	0
44 - 56	0	112	156.43	112	156.43	46.43	0
44 - 57	0	112	152.53	112	152.53	40.53	0
45 - 52	0	112	134.83	112	134.83	22.83	0
45 - 53	0	112	125.73	112	125.73	13.73	0
45 - 58	0	112	146.17	112	146.17	36.17	0
45 - 59	0	112	139.8	112	139.8	27.8	0
46 - 44	0	112	152.53	112	152.53	46.53	0
47 - 44	0	112	152.53	112	152.53	46.53	0
47 - 45	0	112	125.73	112	125.73	13.73	0
48 - 52	0	112	134.83	112	134.83	22.83	0
48 - 53	0	112	125.73	112	125.73	13.73	0
48 - 56	0	112	156.43	112	156.43	46.43	0
48 - 57	0	112	142.53	112	152.53	40.53	0
49 - 52	0	112	134.83	112	134.83	22.83	0
49 - 53	0	112	125.73	112	125.73	13.73	0
50 - 52	10.25	113	124.57	124.26	123.23	11.57	0
50 - 53	12.73	113	113	125.73	125.73	0	0
51 - 56	0	77	156.43	77	156.43	79.43	0
51 - 57	0	77	152.53	77	152.53	79.43	0
52 - 68	0	123.26	164.53	123.26	164.53	41.27	0
52 - 54	5.40	123.26	134.83	128.66	140.23	11.57	0
53 - 67	0	125.73	162.58	125.73	162.58	36.85	0
53 - 55	6.70	125.73	125.73	132.43	132.43	0	0
54 - 68	0	128.66	164.53	128.66	164.53	29.82	0
54 - 56	1.62	128.66	154.81	130.28	156.43	28.15	0
54 - 58	3.94	128.66	140.23	134.8	146.17	11.57	0
55 - 67	0	132.43	162.58	132.43	162.58	30.15	0
55 - 57	2.01	132.43	150.52	134.44	152.53	18.09	0
55 - 59	7.37	132.43	132.43	139.80	139.8	0	0
56 - 65	0	130.28	161.83	130.28	161.83	31.55	0
56 - 62	0	130.28	156.43	130.28	156.43	26.15	0
57 - 67	0	134.44	159.23	123.44	159.23	24.79	0
57 - 63	0	134.44	159.23	134.44	152.53	18.09	0

TABLA VIII

ACTIVIDAD	DURACION	T_p	$T_r = T_r - d$	$T_p = T_p - d$	T_r	$H_t = T_r - T_p$	Dol diagrama $H_l = T_p - T_r - d$
58 - 60	4.86	134.6	146.17	139.46	151.03	11.57	0
59 - 61	6.03	139.8	199.8	145.83	145.83	0	0
60 - 62	3.40	139.46	131.03	144.86	156.43	11.57	0
61 - 63	6.70	145.83	145.83	152.53	152.53	0	0
62 - 64	2.16	144.86	167.77	147.02	165.43	18.91	0
62 - 65	5.40	144.86	156.43	150.26	161.83	11.57	0
63 - 65	2.68	152.53	161.3	155.21	163.98	8.72	0
63 - 67	6.70	152.53	152.53	159.23	159.23	0	0
64 - 70	5.40	154.36	165.93	159.76	171.33	11.57	0
65 - 71	6.70	163.98	163.98	170.68	170.68	0	0
66 - 68	2.70	150.26	161.83	152.96	164.53	11.57	0
67 - 69	3.35	159.23	159.23	162.58	162.58	0	0
68 - 64	0	159.96	165.93	152.96	165.93	12.97	0
68 - 72	1.70	152.96	164.53	164.96	165.93	11.57	0
69 - 65	0	162.58	163.98	162.58	163.98	1.4	0
69 - 73	1.70	162.58	162.58	163.98	163.98	0	0
70 - 74	2.70	159.76	171.33	162.46	174.03	11.57	0
71 - 75	3.35	170.68	170.68	174.03	174.03	0	0
72 - 64	0	174.36	165.93	174.36	165.93	11.57	0
73 - 65	0	161.94	163.98	163.98	163.98	0	0
74 - 76	1	163.46	174.03	163.46	175.03	11.57	0
75 - 76	1	174.03	174.03	175.03	175.03	0	0
76 - 77	2	175.03	175.03	177.03	177.03	0	0
77 - 78	2	177.03	177.03	179.03	179.03	0	0
78 - 79	6	179.03	179.03	185.03	185.03	0	0
79 - 80	5	195.03	190.03	190.03	195.03	5	0
79 - 81	2	185.03	185.03	188.03	188.03	0	0
80 - 84	3	190.03	195.03	193.03	198.03	5	0
81 - 82	7	188.03	188.03	195.03	195.03	0	0
82 - 83	10	195.03	195.03	205.03	205.03	0	0
83 - 85	3	205.03	205.03	208.03	208.03	0	0
84 - 89	1	193.03	198.03	194.03	199.03	5	0
84 - 83	0	193.03	205.03	193.03	205.03	12	0
85 - 86	1	209.03	209.03	209.03	209.03	0	0
86 - 87	1	209.03	209.03	210.03	210.03	0	0

7.3 - RUTA CRITICA

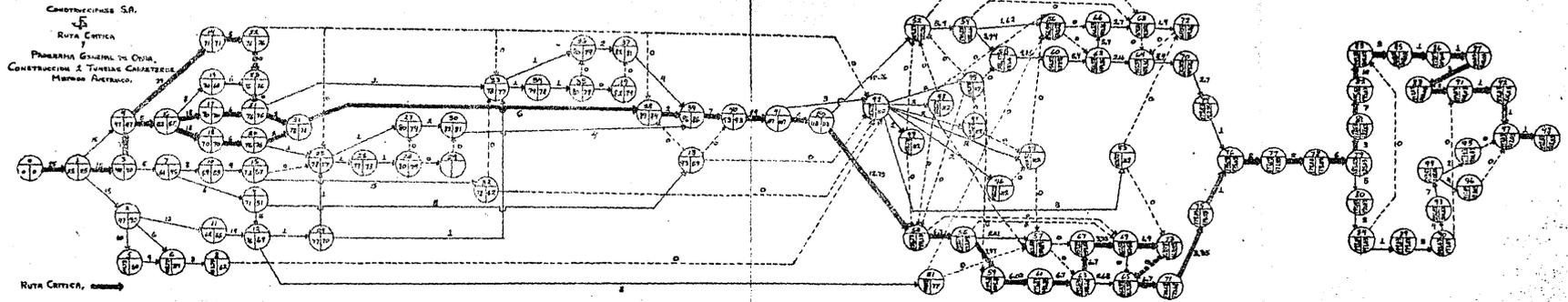
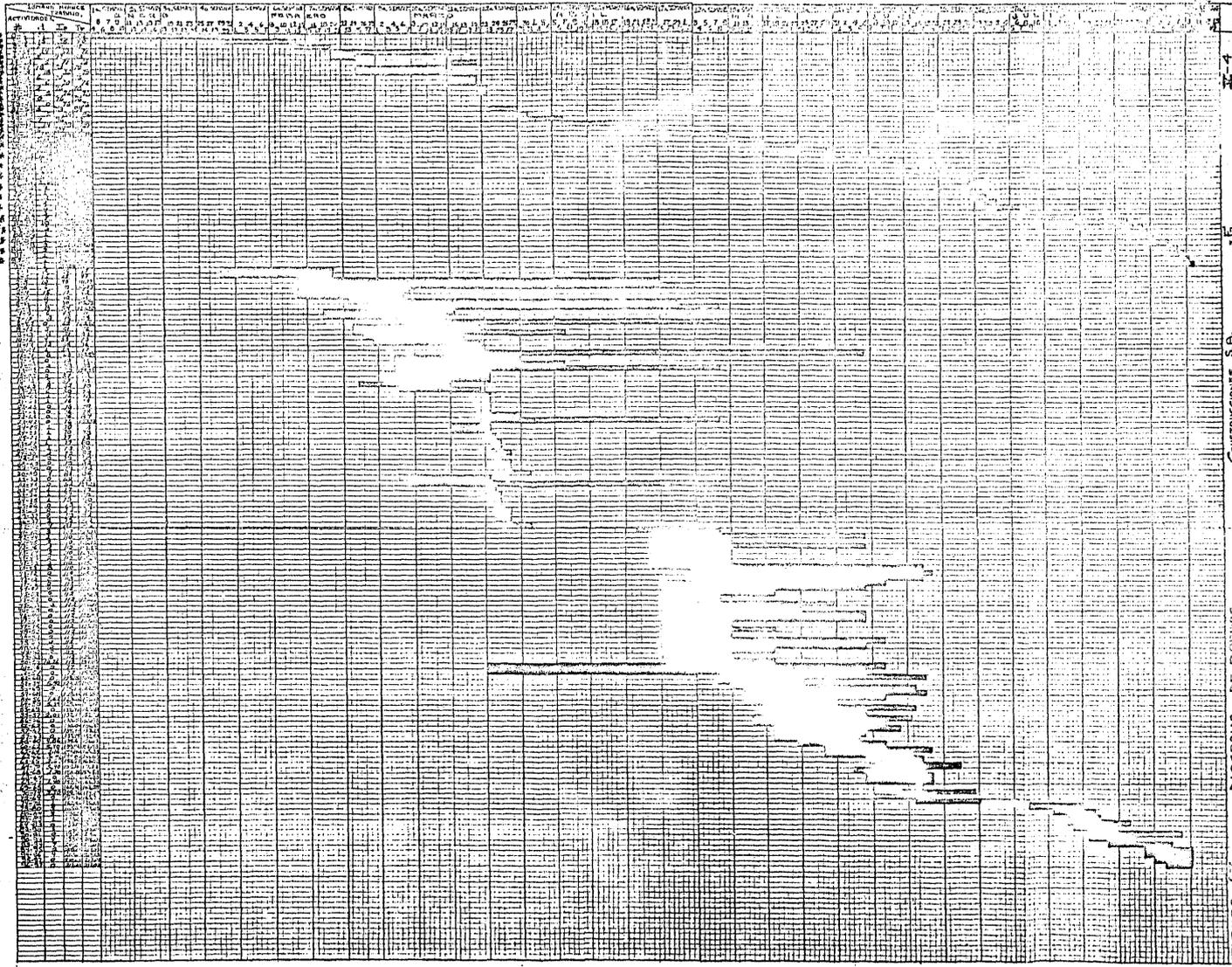


FIGURA - 66.



ACTIVIDADES
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

FIGURA-1.1. DIAGRAMA DE BARRAS

CONSTRUCCIONES S.A.

CAPITULO VI.- REQUERIMIENTO DE EQUIPO Y MATERIALES.

- VI.1.- LISTA DE EQUIPO, HERRAMIENTA, MATERIALES Y COSTOS CORRESPONDIENTES.
- VI.2.- PROGRAMA PARA OBTENCION DE EQUIPO, HERRAMIENTAS Y MATERIALES.
- VI.3.- EQUIPO RENTADO POR NO AMORTIZACION.

VI.1.- LISTA DE EQUIPO, HERRAMIENTA, MATERIALES Y COSTOS
CORRESPONDIENTES.

El problema que se enfrenta en toda construcción de obra grande, es la selección de la maquinaria mas adecuada, debiendo considerarse al dinero gastado en la maquinaria como una inversión que pueda recuperarse, con una utilidad, dado que la maquinaria deberá pagarse asimismo produciendo mas dinero del que cuesta.

Porque, si una unidad de maquinaria no produjera mas de lo que cuesta, ésta no deberá comprarse. Tomando en cuenta también un factor primordial que no puede pasarse por alto como es, la facilidad y rapidéz con que puedan conseguirse las refacciones, ya que están sujetas a fallar, independientemente del cuidado que reciban.

Una pieza que haga falta a una máquina por habersele roto, puede detener la obra semanas, en espera a que se fabrique o compre la refacción. Es por esto, que antes de comprar cierta maquinaria debe determinarse y tener lugares donde se puedan obtener las refacciones.

En la compra de equipos nuevos que estarán en buenas condiciones físicas y a medida que se van usando, muchas partes estan sujetas a desgaste, que llevando un buen mantenimiento reducirá la rapidéz del desgaste. Los costos de mantenimiento y reparación pueden clasificarse en dos, las menores realizadas conforme el equipo lo requiera, y las mayores que pueden requerir hasta la reparación total de toda la unidad.

El no llevar registros precisos de costos en operación de equipos, provoca a la larga el no poder competir inteligentemente por un proyecto si no se conocen costos de operación. Dado que la determinación del costo de posesión y operación, consiste en llevar registros precisos del costo inicial del equipo, mantenimiento, reparaciones, combustibles y lubricantes. Todo esto establecerá el costo de posesión y operación del equipo.

La descompostura del equipo en cualquier frente, detendrá el avance de obra y otros equipos cuyo costo seguirá corriendo, ocasionando con esto la repercusión en tiempo y costo de la obra.

Por todo lo antes mencionado es necesario estimar y cotizar diferentes tipos de equipo antes de realizar una compra, tomando en cuenta aparte del costo del equipo, la inflación, las variantes de costos cada dia mas altos, valor de la moneda por el equipo importado, intereses del capital, deprecia-

ciones, mantenimientos, reparaciones, lubricantes, combustibles y servicios generales. Asimilando esto, se observará que en la adquisición de equipos, herramientas y materiales seleccionados, se debe tener la certeza con base al estudio económico y comparativo realizado, que se efectuará una inversión redituable a lo largo de la obra, y que tendrá como resultado la ejecución de un buen proyecto.

Conforme a lo indicado en el Capítulo III del presente trabajo, donde se muestra la comparación de equipo y materiales de mayor importancia para ambos métodos a utilizar, a continuación es mostrado el listado completo de equipo y materiales considerados para la construcción de estos túneles mediante la aplicación del Nuevo Método Austriaco, incluyéndose los costos unitarios correspondientes a cada uno de los puntos que forman esta lista, obtenidos en base a diferentes cotizaciones realizadas en el mercado de la construcción, precios que llevan incluido su impuesto respectivo.

<u>CONCEPTO</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>P.U.</u>	<u>IMPORTE</u>
A.- Equipo Mayor:				
1.-Retroexcavadora de orugas TOCLAIN-LC 80 (4 meses)	PZAS.	2	197,00/mes	1'496,000.00
2.-Cargador frontal neumático Clase-W14 (5 meses)	PZAS.	2	165,000/mes	1'650,000.00
3.-Tractor de orugas KOMATSU D-85, equipo con angledoser y ripper (4meses)	PZAS.	2	300,000/mes	2'400,000.00
4.-Vibrocompactador Dynapac-Landem (1mes)	PZAS.	1	180,000/mes	180,000.00
5.- Vibrocompactador Dynapac-CA 25 (1mes)	PZAS.	1	160,000/mes	160,000.00
6.- Motoconformadora Caterpillar-995 (2 meses)	PZAS.	1	140,000/mes	280,000.00
7.- Finisher Black Nox-180 (1mes)	PZAS	1	150,000/mes	250,000.00
8.-Pipa Petrolizada Ford-F-600 (1 mes)	PZAS.	1	98,200/mes	98,200.00
9.- Compactadora manual (1 mes)	PZAS.	2	25,000/mes	50,000.00
10.-Pipa de agua Ford F-600 (5 meses)	PZAS.	1	98,200/mes	491,000.00
11.- Camión Volteo Ford Diese (5 meses)	PZAS.	10	135,000/mes	6'750,000.00

12.-Camión Dina Diesel con montaje de dosificador y mezclador de agregados	PZAS.	2	2'200,000.00	4'400,000.00
13.-Lanzadora de Concreto Aliva-260, Trifásica con motor eléctrico 440 V/60	PZAS.	2	2'200,000.00	4'400,000.00
14.-Accesorios Para Lanzadora:				
-Manguera de lanzado con 20 mts. Long. y ϕ 2"	PZAS.	3	57,750.00	173,250.00
-Manguera para agua ϕ 1/2"	MTS.	40	940.00	37,600.00
-Boquilla para lanzado demi-húmeda ϕ 50/70 mm.	PZAS.	4	81,812.00	327,248.00
-Recubrimiento para boquilla de lanzado	PZAS.	4	16,200.00	64,800.00
-Conexiones	PZAS.	4	32,200.00	128,800.00
-Coples	PZAS.	4	32,200.00	128,800.00
-Valvulas	PZAS.	4	32,200.00	128,800.00
15.- Vibradores de inmersión.	PZAS.	2	260,000.00	520,000.00
16.-Planta soldadora eléctrica Lincoln Sae 300	PZAS.	1	290,000.00	290,000.00
17.-Motor para ventilador Capacidad 10,000 P.C.M.	PZAS.	1	75,800.00	75,800.00
18.-Perforadoras-583 F con pierna neumática FL-9 Gardner-Denver	PZAS.	10	220,000.00	2'200,000.00
19.-Rompedora neumática SIG-PLA-9 (peso 10 Kg.)	PZAS.	6	89,400.00	536,400.00
20.-Martillo rompedora de piso Atlas Copca-Tex-10	PZAS	10	125,000.00	1'250,000.00
21.-Cilindro hidráulico YH-30A de 1 5/16" tipo OWATONMA con cap. 30 Ton.	PZAS.	1	49,700.00	49,700.00
22.- Cimbra metálica para guarnición en tramos de 3 mts.-lote de 80 tramos.	LOTE	1	120,000.00	120,000.00

23.- Andamio tubular con 42 marcos - 094 UM.			
12 marcos - 155 UM			
120 marcos - 200 UM			
240 crucetas 153 UC.			
108 tornillos 70 UC.			
223 coples - 20 UCO			
108 cabezales-10 UCA.			
108 bases - 6 UB.			
13 Vigas met.-153 UV			
36 Vigas met-213 UV.	LOTE	1	39,600./mes 158,400.00
24.-Equipo Rayo Lasser PHEO-100			
	PZAS.	1	2'000,000.00 2'000,000.00
25.-Equipo de Seguridad con:			
100 cascos.			
100 botas de hule.:			
100 guantes.			
50 mascarillas.			
8 extinguidores.			
100 Señales de seguridad.			
100 impermeables-lote.	LOTE	1	27,475.00 27,475.00
26.-Equipo de comunicación portátil con 3 radios			
	PZAS.	1	100,000.00 100,000.00
27.-Equipo para aire - comprimido:			
-Compresor Gardner Denver 900 P.C.M. (4meses)			
	PZAS.	2	120,000./mes 960,000.00
-Tanque tipo Manipull - para aire cin capacidad 125 libras.			
	PZAS.	1	125,840.00 125,840.00
-Repartidores de aire - con 3 salidas ϕ 3/4"			
		3	8,000.00 24,000.00
-Válvulas y accesorios para tanques de aire con ϕ 3/4"			
	PZAS.	28	6,000.00 168,000.00
-Tubería de acero para aire ϕ 4" x 20' - 0			
	TRAMOS	9	5,500.00 49,500.00
-Cople rápido para conexiones de aire con ϕ 4"			
	PZAS.	40	4,000.00 160,000.00
-Manguera para aire alta presión en tramos de 15 mts. con ϕ 3/4"			
	TRAMOS	10	8,250.00 82,500.00
28.- Equipo para instalación de agua:			
-Tanque para almacenar agua con capacidad de - 1,500 litros			
	PZAS.	1	110,000.00 110,000.00
-Repartidores de agua- con 3 salidas ϕ 3/4"			
	PZAS.	3	8,000.00 24,000.00
-Válvulas y accesorios para tanque de agua con ϕ 3/4".			
	PZAS.	18	5,000.00 90,000.00

-Tubería de acero para agua ϕ 2"-20'-0 roscado	TRAMO	15	2,786.00	41,790.00
Copla rápido para conexiones de agua con ϕ 2"	PZAS.	30	750.00	22,500.00
-Manguera ϕ 3/4" para agua con conexiones.	MTS.	40	900.00	36,000.00
29.-Equipo para ventilación:				
-Ventiladores axiales con 10,000 P.C.M.	PZAS.	1	174,580.00	174,580.00
-Arrancadores de voltaje	PZAS.	2	13,200.00	26,400.00
-Soporte para retén de arrancadores.	PZAS.	4	750.00	3,000.00
-Tubería flexible acera-da con ϕ 24"	MTS.	130	5,148.00	669,240.00
-Soporte con cinta de acero ϕ 1/2" para tubería flexible.	PZAS.	50	2,500.00	125,000.00
30.-Equipo de instalación eléctrica:				
-Sub-estación con transformador para 225 KVA. (5 meses)	PZAS.	1	31,500/mes	157,500.00
-Cajas de conexión eléctrica tipo JOY MILLER	PZAS	30	6,900.00	207,000.00
-Lámpara chica QB-1500 con 200 WATS.	PZAS.	50	1,880.00	94,000.00
-Aisladores de porcelana	PZAS.	150	550.00	82,500.00
-Soporte para aislador	PZAS.	50	220.00	11,000.00
-Clavijas trifásicas	PZAS.	10	127.00	1,270.00
-Contactos de intemperie trifásico	MTS.	10	142.00	1,240.00
-Cable de uso rudo # 8 trifásico	MTS.	100	19,100.00-1'	910,000.00
-Cable para alumbrado TWR #2 AWG	MTS.	1,800	300.00	540,000.00
-Cable para alumbrado TWR #8 AWG.	MTS.	1,300	398.00	517,400.00
-Cable uso rudo trifásico para energía 000	MTS.	200	9,100.00-1'	820,000.00
-Lámparas de 400W a 220 Volts. Becolite	PZAS.	22	11,500.00	253,000.00
-Luminarias de vapor de sodio de 400 W.	PZAS.	22	2,500.00	55,000.00
-Interruptor de seguridad con caja de 3x600x240	PZAS.	2	5,550.00	11,100.00
31.-Barrenas de acero integral hexagonales con rosca de soga ϕ 7/8" y boca de ϕ 1 1/2" en tramos de:				
0.80 MTS.	PZAS.	4	5,687.00	22,748.00

1.60 mts.	PZAS.	4	6,193.00	24,772.00
2.40 mts.	PZAS.	4	7,238.00	28,952.00
3.20 mts.	PZAS.	4	8,256.00	33,024.00
4.00 mts.	PZAS.	4	10,615.00	42,460.00
32.- Pulsetas de - ruptura con punta de cucnilla reforjable para rompedora PLA- 2	PZAS.	10	1,617.00	16,170.00
33.-Pulsetas de - ruptura con punta reforjable para - martillo rompedor.	PZAS.	20	1,617.00	32,340.00
34.-Barras zanco - de 1.60 mts. c/Ø - 1 1/2"	PZAS.	8	17,680.00	141,440.00
35.-Cople p/unión- de barras zanco.	PZAS.	4	12,720.00	50,880.00
36.-Lubricantes de línea entre compre- sor y rompedora.	PZAS.	10	7,000.00	70,000.00
37.-Pulsetas tipo- broquero para rom- pedora de 1 1/4"x24" de largo.	PZAS.	8	1,320.00	10,560.00
38.- Beoca con in- jerto de diamante- con Ø 1 1/2"	PZAS.	4	35,000.00	140,000.00
39.-Brocas c/1 in- jerto de carburo - tungsteno Ø 1 1/2"	PZAS.	12	7,106.00	85,272.00
40.-Empaques de hule	PZAS.	200	16	3,200.00
41.-Tubería de ace- ro p/aire c/Ø 2"x20- 0	TRAMOS	19	1,965.00	17,685.00
42.-Manguera alta - presión p/aire con Ø 3/4"x15'-0	TRAMOS	12	9,460.00	113,520.00
43.-Cople rápido de unión para aire con Ø 2"	PZAS.	40	300.00	12,000.00
44.-Conexiones hem- bra y macho para mangueras de aire - con Ø 3/4"	PZAS.	36	312.00	11,232.00
45.-Fleje de acero para abrazadera con A= 3/4"	MTS.	30	3,300.00	99,000.00
46.-Grapa acerada de presión p/fleje (100 p/caja)	CAJAS	8	4,389.00	35,112.00

47.-Escantillón de acero - inoxidable para localización de puntos.	PZAS. 1	50,000.00	50,000.00
48.-Anclas formadas por ta- quetes de plomo ϕ 1/4", es- pigo con cuerda de acero $\frac{1}{2}$ inoxidable, rótula universal de acero galvanizado.	PZAS. 50	1,980.00	99,000.00
49.-Tramos de alambre de - acero inoxidable con punta de perno en los extremos, arillo para enrollado.	TRAMOS 4	3,200.00	12,800.00
50.-Instrumento medidor con sistema de sujeción a las anclas, anillo uniforme y - sistema de medición a base de un micrómetro de 20 mm. de carrera, con resolución de 0.01 de mm., tipo Y-1A, fabricado en acero cold - Rolled con pintura epóxica	PZAS. 1	67,500.00	67,500.00
51.-Marco de aluminio para fijación de testigos.	PZAS. 1	3,000.00	3,000.00
52.-Bomba hidráulica con - manómetro modelo Y-21 y - presión máxima de 10,000 Lbs./Pulg ² .	PZAS. 1	35,924.00	33,924.00
E = SUB - TOTAL - A			40'732,404.00

B.-EQUIPO MENOR.
(HERRAMIENTAS).

53.-Equipo de maniobras:			
-Poleas	PZAS. 4	4,000.00	16,000.00
-Estrobo de acero ϕ 1 1/2" x 6"-0	TRAMO 4	3,500.00	14,000.00
-Grilletes de acero	PZAS. 10	800.00	8,000.00
-Nudos para cable de acero	PZAS. 20	600.00	12,000.00
-Cable manila ϕ 3/4"	MTS. 300	240.00	72,000.00
-Cable acerado 1/2"	MTS. 20	650.00	13,000.00
-Cadena de acero 1/2"	MTS. 20	1,400.00	28,000.00
-Eslabones falsos	PZAS. 6	400.00	2,400.00
-Ganchos para cadena 1/2"	PZAS. 6	900.00	5,400.00
54.-Herramienta para mecáni- cos.	LOTE 1	50,000.00	50,000.00
55.-Herramienta peones y albañilería.	LOTE 1	30,000.00	30,000.00
56.-Herramienta para car- pintería	LOTE 1	15,000.00	15,000.00

57.-Herramienta para electricistas.	LOTE	1	10,000.00	10,000.00
58.-Herramienta para fierros	LOTE	1	10,000.00	10,000.00
59.-Equipo de oxiacetileno con accesorios.	PZAS.	2	80,000.00	160,000.00
60.- Trifors	PZAS.	4	40,000.00	160,000.00
61.-Flejadoras para abrazaderas.	PZAS.	1	10,000.00	10,000.00
62.-Pinzas de torque para tuercas ϕ 1 1/4"	PZAS.	4	20,000.00	80,000.00

E = SUB - TOTAL - B = 695,800.00

C.- MATERIALES:

63.-Varilla corrugada ϕ 3/8" con $F_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$	TON.	1.5	19,100.00	28,650.00
64.-Varilla corrugada ϕ 1/2" con $F_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$	TON.	9.5	19,100.00	181,450.00
65.-Varilla corrugada ϕ 3/4" con $F_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$	TON.	17.0	19,100.00	324,700.00
66.-Varilla corrugada ϕ 1" con $F_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$	TON.	25.5	19,100.00	487,050.00
67.-Alambrón ϕ 1/4" con $F_y = 2,000 \text{ Kg/cm}^2$	TON.	2.0	17,500.00	35,000.00
68.-Anclas con varilla ϕ 1/2" de $F_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ y $L=0.20$ mts. para retén de malla -- electrosoldada.	TON.	3.5	19,100.00	66,850.00
69.-Fabricación de marcos en acero A-36, en cuatro secciones con placas de unión entre sección 160 mm. x 260 mm. $\phi = 9$ mm. y patines de 13x146 mm. con peso por mt. lineal 31.3 incluidos tornillos de conexiones.	PZAS.	12	1'552,794.00	18'633,528.00
70.- Anclas de acero para sujeción de marcos a guarnición de cimentación laterales con: L= 500 mm. $\phi = 3/4$ " Cuerda estándar.	PZAS.	144	935.00	134,640.00
Anclas por marco = 12.				
71.-Tornillería de sujeción de marcos por sección con ϕ 3/4"x2" (incluye tuercas y rondanas)	PZAS.	216	21.00	4,536.00
Tornillos por marco -18				

72.-Tensores y separadores para mantener marcos sujetos uno del otro, conservando para lelismo con:

ϕ tensor = $3/4$ "

Long. = 1050 mm.

con cuerda y tuerca en extremos.

Tubo separador cédula 40.

ϕ = $1\ 1/2$ "

Long. = 990 mm.

Tensor y separador por marco = 15

PZAS.	180	1,925.00	346,500.00
-------	-----	----------	------------

73.-Viga de madera ligera con 6 "x 4 "x 5 "

TRAMOS	8	677.00	5,416.00
--------	---	--------	----------

74.-Malla electrosoldada #8 con ϕ = 6 mm. y ancho de 1.75 mts.

MTS.	4,500	360.00	1'620,000.00
------	-------	--------	--------------

75.-Alambre recocido #18

KGS.	1,400	30.00	42,000.00
------	-------	-------	-----------

76.-Alambre negro #9

KGS.	800	39.00	31,200.00
------	-----	-------	-----------

77.-Clavos: 6"

KGS.	10	32.00	320.00
------	----	-------	--------

4"

KGS.	10	32.00	320.00
------	----	-------	--------

2"

KGS.	10	32.00	320.00
------	----	-------	--------

78.-Tornillos roscados de 6" con:

-Tuercas de $1/2$ " ϕ

PZAS.	50	55.00	2,750.00
-------	----	-------	----------

-Tuercas de $3/4$ " ϕ

PZAS.	50	70.00	3,500.00
-------	----	-------	----------

-Tuercas de $1\ 1/2$ " ϕ

PZAS.	50	150.00	7,500.00
-------	----	--------	----------

-Tuercas de $2\ 1/2$ " ϕ

PZAS.	50	300.00	15,000.00
-------	----	--------	-----------

79.-Madera para protección:

-Tablones - 12 "x 2 "x 8 '-0

PZAS.	236	578.00	136,408.00
-------	-----	--------	------------

-Polines - 2 "x 2 "x 8 '-0

PZAS.	55	380.00	20,900.00
-------	----	--------	-----------

-Polines - 2 "x 1 "x 8 '-0

PZAS.	70	248.00	17,360.00
-------	----	--------	-----------

-Polines - 4 "x 4 "x 8 '-0

PZAS.	40	420.00	16,800.00
-------	----	--------	-----------

80.-Flacas de acero -E= $1/2$ "

con 30.5cms.x30.5cms. por

lado y perforación al cen-

tro de 1 " ϕ para anclar -

carilla corrugada de 1 " ϕ

PZAS.	2,590	820.00	2'123,800.00
-------	-------	--------	--------------

81.-Tuerca estándar con ϕ

exterior de $1\ 1/4$ " para an-

cla con ϕ 1"

PZAS.	2,590	120.00	310,800.00
-------	-------	--------	------------

82.-Fabricación de anclas

con 1 " ϕ long. = 4.15 mts.

esmerilado, roscado de 15 cms.

con cuerda estándar y bisel

a 30° .

PZAS.	90	110.00	9,900.00
-------	----	--------	----------

83.-Fabricación de anclas -

con 1 " ϕ , long. = 2.65 mts., -

esmerilado, roscado de 15cms.

c/cuerda estándar y bisel -

a 30°

PZAS.	2,500	110.00	275,000.00
-------	-------	--------	------------

84.-Pintura roja de aceite - Sherwin Williams.	CUBETAS	2	12,100.00	24,200.00
85.-Grasa amarilla	KG	20	64.00	1,280.00
86.-Cartuchos de resina - epóxicos para pernos de - anclaje, marca "FALOC"-T" de Dupont, tamaño 1 1/4"x12" tiempo de fraguado 5 a 10 min. (100 cartuchos por caja)	CAJAS	96	6,757.00	608,130.00
87.-Cal para señalamiento	TON.	0.2	4,000.00	800.00
88.-Concreto premezclado - f'c= 250 Kg/cm ² R.N.	M ³	789	4,375.00	3'451,875.00
89.-Cemento gris R.N.	TON.	933	6,000.00	5'598,000.00
90.-Arena Azul.	M ³	849	400.00	339,600.00
91.-Confitillo, tamaño 25mm.	M ³	998	500.00	499,000.00
92.-Acelerante para concreto lanzado marca Sika. tipo fra- guacil-N ó Sigunit-N normal en sacos de 25 Kgs.	TON.	21	70,400.00	1'478,400.00
93.-Combustible Diesel	LTS. 250,000		2.50	550,000.00
94.-Aceite para motor e hi- dráulico.	LTS. 70,000		26.00	1'820,000.00
95.-Asfalto, espesor=0.075mt.	TON.	173	823.00	142,379.00
96.-Base negra, espesor=0.05 mts.	TON.	115	823.00	94,645.00
97.-Riego de impregnación FR-3 a 1.5 lts. por M ²	LTS.	2,471	4.25	10,501.75
98.-Riego de liga FR-0 a 1 Lt.xM ² FM-0	LTS.	1,647	4.25	<u>6,999.75</u>
E - SUB-TOTAL -C-				39'508,009.00

SUB-TOTAL -A = 40'732,404.00

SUB-TOTAL -B = 695,800.00

SUB-TOTAL -C = 39'508,009.00

GRAN-TOTAL = 80'936,213.00

Conforme a lo especificado, se hace la aclaración de que estos costos fueron obtenidos en el año de 1982, topándose con los problemas de inflación, devaluación y variantes de costos en equipo nacional e importado, en herramientas y materiales.

VI.2.- PROGRAMA PARA OBTENCION DE EQUIPO,
HERRAMIENTAS Y MATERIALES.

RECURSOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
1. Salarios								
2. Materiales								
3. Gastos de viaje								
4. Gastos de transporte								
5. Gastos de alojamiento								
6. Gastos de alimentación								
7. Gastos de vestido								
8. Gastos de higiene								
9. Gastos de recreación								
10. Gastos de educación								
11. Gastos de cultura								
12. Gastos de deporte								
13. Gastos de turismo								
14. Gastos de salud								
15. Gastos de medicina								
16. Gastos de farmacia								
17. Gastos de veterinaria								
18. Gastos de transporte de animales								
19. Gastos de alimentación de animales								
20. Gastos de medicina de animales								
21. Gastos de transporte de personas								
22. Gastos de alojamiento de personas								
23. Gastos de alimentación de personas								
24. Gastos de vestido de personas								
25. Gastos de higiene de personas								
26. Gastos de recreación de personas								
27. Gastos de educación de personas								
28. Gastos de cultura de personas								
29. Gastos de deporte de personas								
30. Gastos de turismo de personas								
31. Gastos de salud de personas								
32. Gastos de medicina de personas								
33. Gastos de farmacia de personas								
34. Gastos de veterinaria de personas								
35. Gastos de transporte de personas y animales								
36. Gastos de alimentación de personas y animales								
37. Gastos de medicina de personas y animales								
38. Gastos de transporte de personas y animales								
39. Gastos de alojamiento de personas y animales								
40. Gastos de alimentación de personas y animales								
41. Gastos de medicina de personas y animales								
42. Gastos de transporte de personas y animales								
43. Gastos de alojamiento de personas y animales								
44. Gastos de alimentación de personas y animales								
45. Gastos de medicina de personas y animales								
46. Gastos de transporte de personas y animales								
47. Gastos de alojamiento de personas y animales								
48. Gastos de alimentación de personas y animales								
49. Gastos de medicina de personas y animales								
50. Gastos de transporte de personas y animales								
51. Gastos de alojamiento de personas y animales								
52. Gastos de alimentación de personas y animales								
53. Gastos de medicina de personas y animales								
54. Gastos de transporte de personas y animales								
55. Gastos de alojamiento de personas y animales								
56. Gastos de alimentación de personas y animales								
57. Gastos de medicina de personas y animales								
58. Gastos de transporte de personas y animales								
59. Gastos de alojamiento de personas y animales								
60. Gastos de alimentación de personas y animales								
61. Gastos de medicina de personas y animales								
62. Gastos de transporte de personas y animales								
63. Gastos de alojamiento de personas y animales								
64. Gastos de alimentación de personas y animales								
65. Gastos de medicina de personas y animales								
66. Gastos de transporte de personas y animales								
67. Gastos de alojamiento de personas y animales								
68. Gastos de alimentación de personas y animales								
69. Gastos de medicina de personas y animales								
70. Gastos de transporte de personas y animales								
71. Gastos de alojamiento de personas y animales								
72. Gastos de alimentación de personas y animales								
73. Gastos de medicina de personas y animales								
74. Gastos de transporte de personas y animales								
75. Gastos de alojamiento de personas y animales								
76. Gastos de alimentación de personas y animales								
77. Gastos de medicina de personas y animales								
78. Gastos de transporte de personas y animales								
79. Gastos de alojamiento de personas y animales								
80. Gastos de alimentación de personas y animales								
81. Gastos de medicina de personas y animales								
82. Gastos de transporte de personas y animales								
83. Gastos de alojamiento de personas y animales								
84. Gastos de alimentación de personas y animales								
85. Gastos de medicina de personas y animales								
86. Gastos de transporte de personas y animales								
87. Gastos de alojamiento de personas y animales								
88. Gastos de alimentación de personas y animales								
89. Gastos de medicina de personas y animales								
90. Gastos de transporte de personas y animales								
91. Gastos de alojamiento de personas y animales								
92. Gastos de alimentación de personas y animales								
93. Gastos de medicina de personas y animales								
94. Gastos de transporte de personas y animales								
95. Gastos de alojamiento de personas y animales								
96. Gastos de alimentación de personas y animales								
97. Gastos de medicina de personas y animales								
98. Gastos de transporte de personas y animales								
99. Gastos de alojamiento de personas y animales								
100. Gastos de alimentación de personas y animales								

VI-2

CONTRACCIONES S.A.

PROGRAMA DE RECURSOS

FIGURA-6B

VI.3.- EQUIPO RENTADO POR NO AMORTIZACION.

Para la elaboración de una obra, son indispensables diferentes máquinas para efectuar trabajos diversos, lo cual trae como consecuencia un tipo de maquinaria para cada trabajo especial. Por lo tanto, el no poder obtener o ser propietario de todos los tipos y tamaños de maquinaria a emplear, siendo necesario determinar la clase y tamaño de maquinaria mas adecuada para los fines de este proyecto, pero no justificará necesariamente la compra del equipo.

Posiblemente en el proyecto que consideramos no sea lo suficientemente grande para justificar la compra, ya que no podría recuperarse el costo antes de la terminación de la construcción, lo que implica necesariamente la renta del equipo.

Cuando una máquina se pague asimismo en el proceso del trabajo y se tenga la certidumbre que será un buen negocio comprarla, será realizada la inversión.

Otro de los aspectos en la renta de un equipo aparte de su costo elevado y no recuperar su inversión es la clasificación del equipo en estándar mas económico y especial muy costoso. Esta diferencia aparte de costosa, es la cantidad en que se fabrica comunmente y su disponibilidad.

En el equipo estándar se tiene la obtención rápida y empleo económico - en mas de una obra, la facilidad económica y rápida en la obtención de refacciones.

Los equipos especiales se fabrican para una sola obra o tipo de operación en particular, por lo cual, son equipos muy costosos que no serán adecuados o económicos en otra obra. Sin embargo, este tipo de maquinaria está llegando a ser cada día mas común en la construcción.

De acuerdo a la lista de equipos mostrada en el inciso anterior y señalados con asterisco, se muestran los equipos que serán rentados por no amortizarse, debido al uso limitado en relación al costo de estos, ya que será mas barato alquilar el equipo que comprarlo. Tomando en cuenta los altos costos a que fueron elevados estos tipos de maquinaria.

CAPITULO VII.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL METODO AUSTRIACO.

VII.1.- INTRODUCCION.

VII.2.- SELECCION DEL METODO DE EXCAVACION.

VII.3.- SECCION DEFINITIVA DE LOS TUNELES.

VII.4.- EXCAVACION DE PORTALES.

VII.5.- EXCAVACION DE LOS TUNELES.

VII.6.- EMPORTALAMIENTO.

VII.7.- PROCEDIMIENTO DE ANCLAJE.

VII.8.- PROCESO DE CONCRETO LANZADO.

VII.9.- CONCLUSIONES.

VII.1.- INTRODUCCION.

En este tema, se expone el proceso aplicado a la obra a que nos referimos.

Como variante de los túneles realizados mediante cimbras y revestimiento de concreto normal se ha recurrido al revestimiento de concreto lanzado en protección y encofrados.

La excavación y revestimiento de la bóveda a toda sección, se pudo regular en dos fases:

- 1).- La excavación en tramos de longitud corta (en sentido longitudinal), - respecto a las características del terreno ya estudiadas; inmediatamente después del arranque se colocó una primera capa de concreto lanzado con el fin de evitar el desmoronamiento del terreno al contacto con el aire. El espesor de esta capa son 5 cms. Para atribuirle ya una función importante al reaccionar el terreno con dilataciones alrededor del contorno de la excavación.
- 2).- La excavación y Lanzado de Concreto en tramos alternados y apuntalando para evitar caídos. Esto se realizó hasta terminar un tramo corto longitudinal.

En esencia, el Método comprende las siguientes fases:

- A.- Aplicación de un sostenimiento provisional, inmediatamente después de la excavación, consistente en Concreto Lanzado, no demasiado rígido y complementado con anclajes.
- B.- Observación del comportamiento del túnel, midiendo convergencias y deformaciones, tensiones en los anclajes, etc.
- C.- En determinados casos el uso de revestimiento definitivo, del que casi siempre se prescinde, ya que es otro de los aspectos de este método, no usar revestimiento definitivo.

Los problemas principales surgen cuando la velocidad de cierre de la cavidad es muy rápida y no da tiempo a que el concreto lanzado adquiriera suficiente resistencia. En estos casos se colocará malla electrosoldada adicionándole acelerante para lograr una mejor adherencia o funcionalidad y resistencia rápida.

De acuerdo con los principios teóricos y prácticos del Método, se tuvieron los elementos de sostenimiento y construcción de la siguiente forma:

I.- SOSTENIMIENTO.

- a).- Se colocaron marcos de acero sección completa a razón de 3 por cada portal con su respectivo armado y colado, formando con esto la protección y emportalamiento de cada túnel.
- b).- En zonas portales, perimetralmente se colocaron anclas longitudinales de acero de 25 mm. de diámetro y 4 mts. de longitud, sellado con resinas epóxicas y placas de acero como apoyo de las anclas, complementándose esto con una capa de 10 cms. de concreto lanzado.
- c).- Los trabajos de sostenimiento interior, fueron con espesores de concreto lanzado colocados en tres capas de 5, 10, y 15 cms. respectivamente. La primera capa de 5 cms. colocada inmediatamente después de la excavación como protección; la segunda capa de 10 cms. ya funcionando como revestimiento, se colocó después del anclaje y la tercera capa de 15 cms., como revestimiento definitivo.
- d).- Malla electrosoldada.- Fueron colocadas dos capas intermedias entre la 1a. y 2a.; 2a. y 3a. capas de concreto lanzado.
- e).- Anclas de acero perimetrales de 25 mm. y 2.5 mts. de longitud y densidad del ancla $c/4m^2$ en la sección inferior. El sellado, se realizó continuo con resinas epóxicas y placas de apoyo en la cabeza de anclas. Este proceso fué realizado después de la colocación de la 1a. capa de concreto lanzado.
- f).- Como medida de protección debido al terreno, se hizo la colocación de arcos armados @ 1.50 mts. con varilla de ϕ 3/4", colocados en los primeros 10 mts. de cada portal.

II.- SECUENCIA CONSTRUCTIVA.

Se realizó la apertura de los 4 portales y antes de iniciar la construcción, se protegieron los taludes de los portales con anclas longitudinales de 4 mts. de longitud y una capa de 5 cms. de concreto lanzado.

- La construcción del túnel se inició con la protección y emportalamiento de los 4 portales. Esto con excavación, cimbrado y colado de cimentación para marcos, inmediatamente la erección, armado, cimbrado y colado de emportalamiento en cada portal.
- Se prosiguió con la excavación de la media sección superior @ 1.50 mts. y unos 3 ó 1.5 mts. atrás, se completó la destroza o extracción del núcleo, tomando en cuenta que hubo variantes en su extrac-

ción del núcleo, tomando en cuenta que hubo variantes en la extracción rezaga y colocación de arcos armados.

El proceso seguido fué la excavación por subfases de la zona de -- corona y paredes verticales con retroexcavadora y martillos. La longitud del tramo fué de 1.5 mts., en momentos aumentados o reducidos conforme los resultados obtenidos.

Después de la excavación se realizó inmediatamente la colocación de una capa de 5 cms. de espesor, así, la colocación de la 1a. capa de malla electrosoldada fijada a esta 1a. capa de concreto lanzado con anclas cortas.

Continuando la colocación de anclas en tresbolillo, aplicando la placa de cabeza contra la malla e inmediatamente la proyección de la 2a. capa de concreto lanzado de 10 cms. de espesor, prosiguiendo la excavación siguiente de la corona y paredes laterales y así sucesivamente se repitió el ciclo.

Para la sección inferior, se procedió en forma semejante, por anchos alternados, rampa de acceso al frente y la longitud de avance menor fué de 1.50 mts. y la mayor de 3 mts.

La segunda capa de malla y tercera capa de concreto lanzado de 15 cms. de espesor fueron colocados con desfases de 2 ó 3 ciclos de avance para no estorbar en el frente del trabajo.

De esta manera queda especificada la forma en que fué realizado el procedimiento en campo, detallando mas adelante los puntos principales de ataque y proceso constructivo.

Como nota aclaratoria, es necesario destacar que esta obra no fué realizada en su totalidad quedando en la etapa de iniciación y excavación de túneles; ya que fueron abiertos accesos de ambos lados, apertura de los 4 portales y semiterminado el emportalamiento del lado sur.

VII.2.- SELECCION DEL METODO DE EXCAVACION.

Entrando en detalle, tenemos que de acuerdo a las evaluaciones hechas en campo, se excavaría en su totalidad sobre materiales LAHARICOS BLANCOS, constituidos por fragmentos andesíticos contenidos dentro de una matriz areno-limosa ligeramente cementada. Lo anterior conformado por los sondeos realizados de acuerdo a los estudios, los materiales son altamente friccionantes de cohesión baja y realizada la excavación muy arriba del nivel freático.

Es por esto la necesidad de estudiar varios métodos de excavación para adoptar uno adecuado a las especificaciones de mecánica de suelos indicadas y procedimiento constructivo a efectuarse.

La geología y conocimiento del terreno por excavar es fundamental así como sus fases de trabajo, tipo y forma de la sección de excavación como lo ha demostrado la práctica, ya que todos los aspectos que intervienen en la realización pueden ser tomados en cuenta por completo en el proyecto, ocasionando un cuidado constante durante el proceso de los trabajos a fin de adaptar los cambios producidos en las fases de excavación y construcción. Estos problemas ocasionados generalmente por características y condiciones del terreno.

A partir del informe geotécnico y de los acondicionamientos geométricos del túnel, se seleccionó la sección y tipo de excavación más adecuada.

Por la forma de la sección, los túneles pueden ser circulares, en herradura y combinación de arcos, distintos centros circulares. Asimismo la ejecución puede realizarse por tramos y sección central conforme a métodos tradicionales, indicados éstos en la fig. 69.

Los sistemas de construcción subterránea se clasifican en dos grupos: la sección completa y la sección que se excava y reviste de fases.

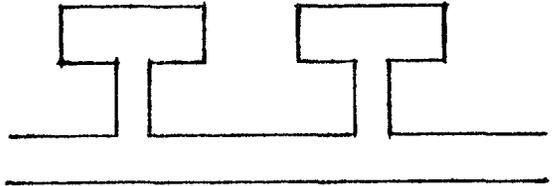
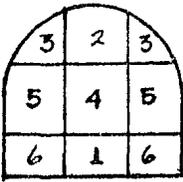
El nuevo método Austríaco no indica un método de excavación particular, sino que debe ser seleccionado acorde, a las necesidades del túnel a realizar. Este método solo exige que la excavación se inicie perimetralmente.

Esta última fué utilizada para túneles en terrenos de calidad media y mala. La ventaja de excavar en secciones pequeñas con fases cortas permite que el terreno se auto soporte, dando tiempo a efectuar el revestimiento parcial y ofrecer seguridad en la obra. Otro de sus aspectos es-

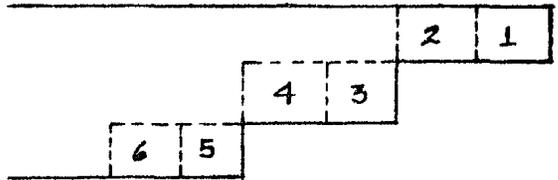
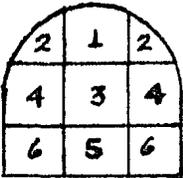
durante la excavación en donde se dá tiempo para ajustar procedimientos constructivos.

Existe una gran cantidad de procedimientos de construcción por fases, - ya clásicos, como se indicó en el capítulo I, que dada su versatilidad admiten variantes y combinaciones entre ellas para adaptarse a las circunstancias particulares de cada túnel dentro de los mas conocidos tenemos los siguientes: (fig. 69).

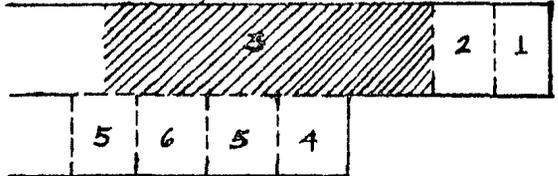
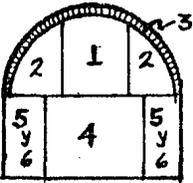
1).- METODO INGLES.



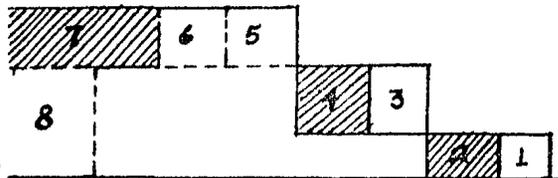
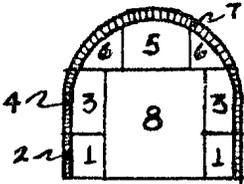
2).- METODO AUSTRIACO.



3).- METODO BELGA.



4).- METODO ALEMAN.



5).- METODO ITALIANO.

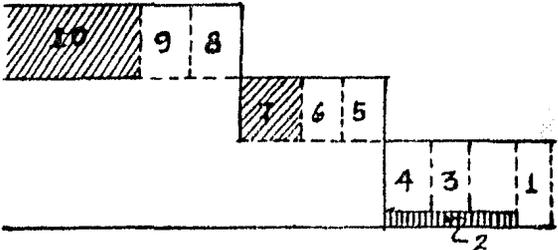
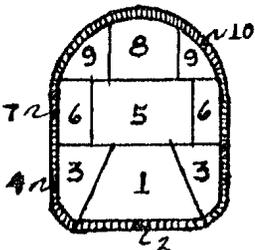


FIGURA - 69

El Nuevo método Austríaco, ha permitido una mayor difusión de las excavaciones a secciones completas. La idea principal consiste en que -- la propia roca perimetral se autoporte al máximo posible hasta colocar el revestimiento inicial y final, siendo éste lo más ligero posible para que sea compatible con el empuje reducido que activa sobre éste.

Para lograr el autoporte es necesario evitar su aflojamiento e -- intemperización, debiendo colocarse el soporte provisional rápidamente, -- muy próximo al frente de excavación y presionando a la roca para evitar la intemperización del terreno, lo que suele iniciarse con la presencia -- de fisuras y caídos pequeños.

El concreto lanzado constituye un sistema de sostenimiento recomen-- dable por su alta resistencia inicial, por la interacción que tiene con -- la roca, constituye un sello de su superficie y el colocarlo con espesores variables y reducidos provocando flexibilidad que permite adaptarse a ca-- da sección de terreno, reforzando las zonas débiles y en general optimi-- zando el soporte y logrando una mejora de la seguridad y de la economía.

La técnica que exige el método debido al control durante la constru-- ción es muy grande, dado que las dificultades teóricas de diseño se so-- lucionan con una importante respuesta empírica, pues la medida de deforma-- ciones y a veces de tensiones, permite conocer si se alcanza o no el equi-- librio, la magnitud y distribución de fuerzas alrededor de la cavidad.

En general, el método recurre a la excavación a secciones completas para formar el anillo resistente completo.

Como la dificultad práctica de especificar un esquema que se ajuste -- al comportamiento real del túnel; es necesario contar con las caracterís-- ticas geomecánicas del terreno, realización del revestimiento y técnicas de sostenimiento de la excavación. Es muy oportuno en proyecto, el cálculo estático de las secciones.

Por lo tanto la determinación de las características del revestimien-- to del túnel debe basarse en una evaluación de la presión de confinamiento, es decir, de la presión que el terreno ejercerá sobre el revestimiento pa-- ra un cierto nivel de convergencia (cierre de la cavidad).

Con un cálculo sencillo se permite estimar dicha presión de confina-- miento máxima (para convergencia nula) en función de las características geotécnicas del terreno y de la cobertura:

$$P_{mx} = (1 - \text{Sen } \phi) (V/1-V) (G) (h) + C (\text{COT } \phi) - c(\text{COT } \phi)$$

Donde:

- ϕ = Angulo de Fricción Interna.
- C = Cohesión.
- V = Módulo de poisson.
- G = Peso Volumétrico Total.
- H = Cobertura.

Para una cobertura máxima en la parte central de 40 mts., $25 < \phi < 37$ y $1 \text{ ton/M}^2 < G < 5 \text{ Ton/M}^2$ (características deducidas del análisis de estabilidad de los taludes naturales excavados en este terreno), se llega a una presión de confinamiento del orden de 10 ton/M^2 .

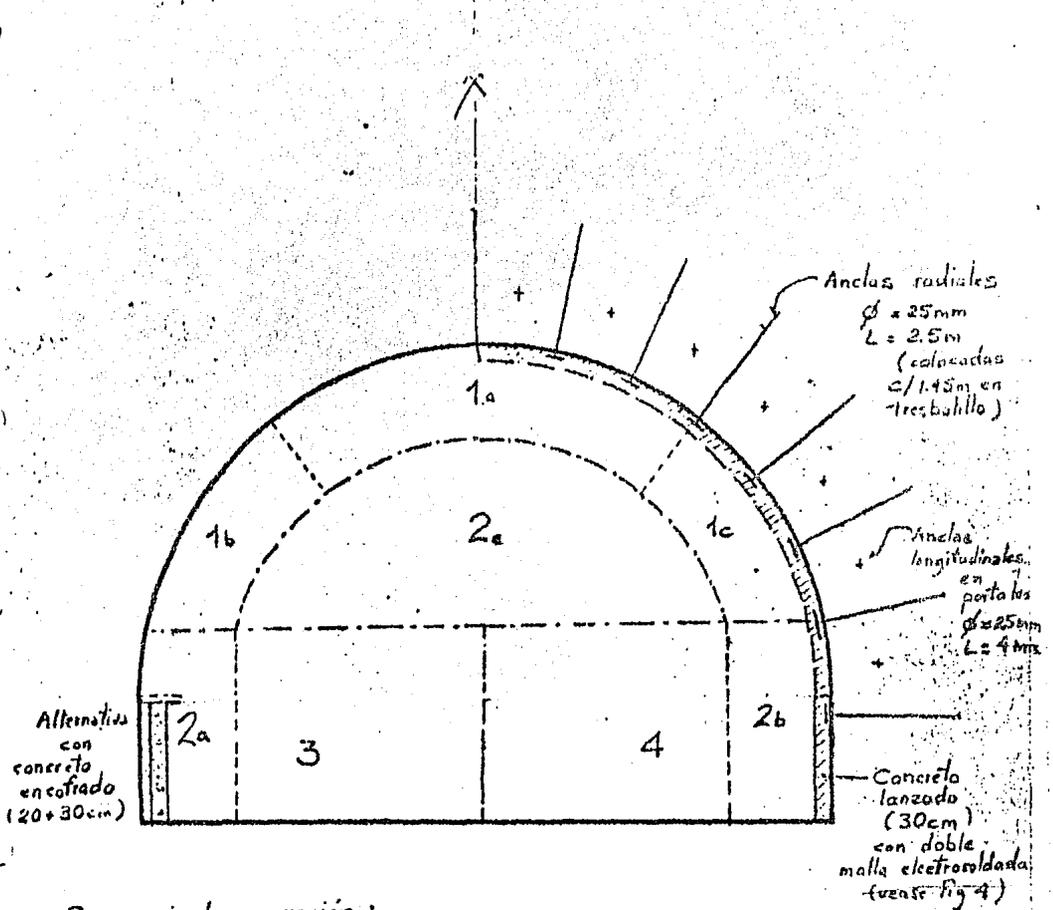
De acuerdo a lo referido y el haber realizado un estudio en forma de varios métodos de excavación así como el estudio de mecánica de suelos realizado se llegó a la aplicación del siguiente método combinado de excavación, el cual llevó el siguiente procedimiento (fig. 70 y 71); donde la excavación se realizó atacando primeramente 1^a, enseguida 1b y 1c, continuando con 2a y 2b. Como se muestra en las figuras mencionadas.

El siguiente proceso fué alternado con 1.50 mts. de profundidad entre ciclo y ciclo, realizando la extracción del núcleo formado por 2c, - 3 y 4 respectivamente y a su vez dejando rampa de acceso al frente de trabajo.

El equipo utilizado para la excavación fué el siguiente:

SECCION	EQUIPO
1a	- Martillos rompedores y perforadoras.
1b	- Martillos rompedores y retroexcavadora.
1c	- Martillos rompedores y retroexcavadora.
2a	- Retroexcavadora.
2b	- Retroexcavadora y tractor.
3 y 4	- Tractor.

Quedando así, como fué seleccionado el método de excavación.



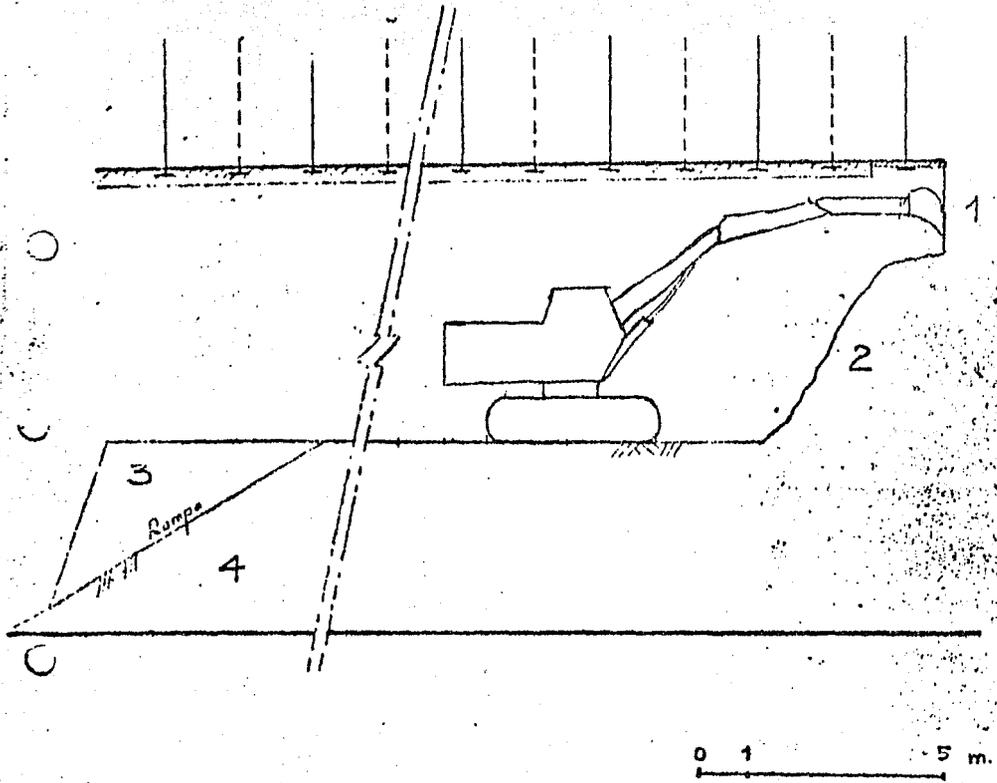
Secuencia de excavación :

- | | | |
|--|---|--|
| | 1 | (eventualmente con subfases) |
| | 2 | (" " ") |
| | 3 | } (alternados con rampa de acceso al frente) |
| | 4 | |

0 1 5 m

FIGURA - 70

Secuencia de construcción y disposición de anclas



Secuencia de construcción y disposición de anclas.

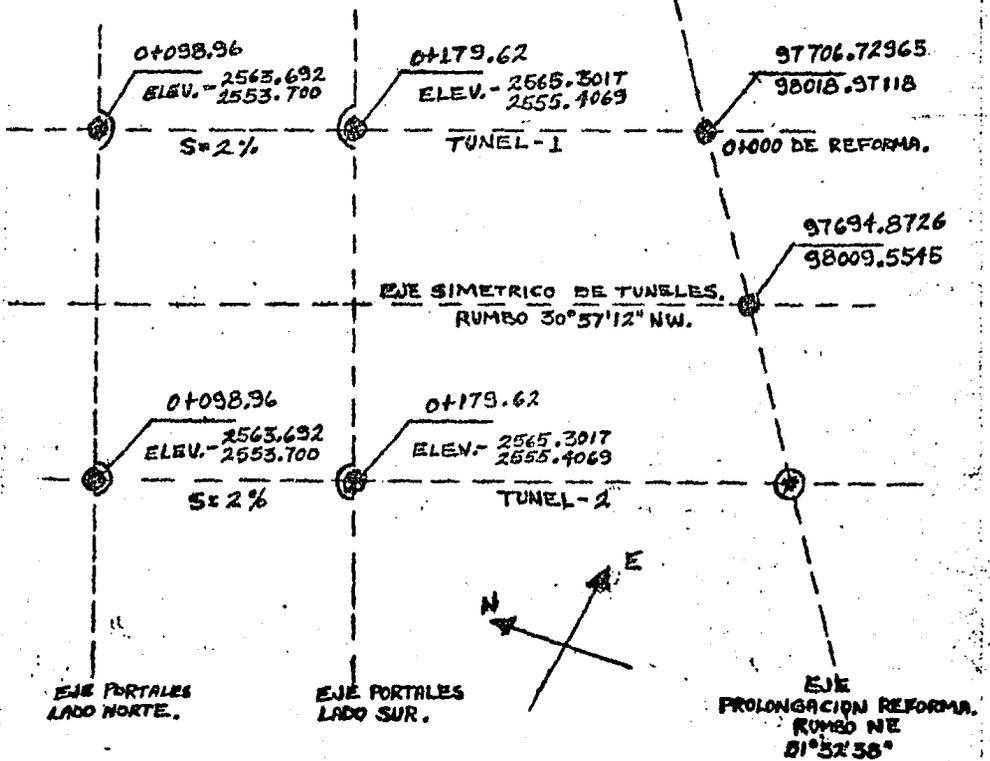
VII.3.- SECCION DEFINITIVA DE LOS TUNELES.

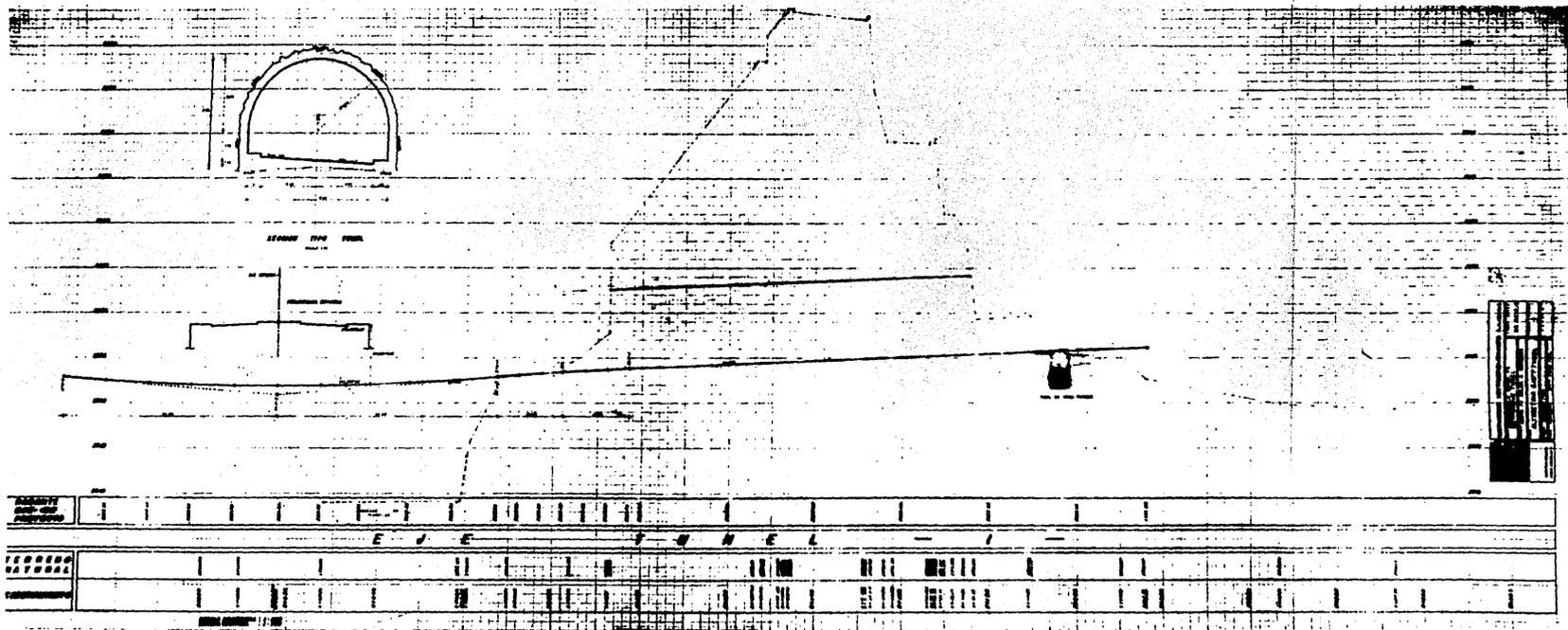
Para la seccion definitiva de túneles fué necesario establecer con exactitud los puntos de referencia, asi mismo la definicion total de proyecto en los aspectos de rasante, cotas, pendiente, elevaciones, emportalamiento y seccion de túneles. (Fig. 72 y 73).

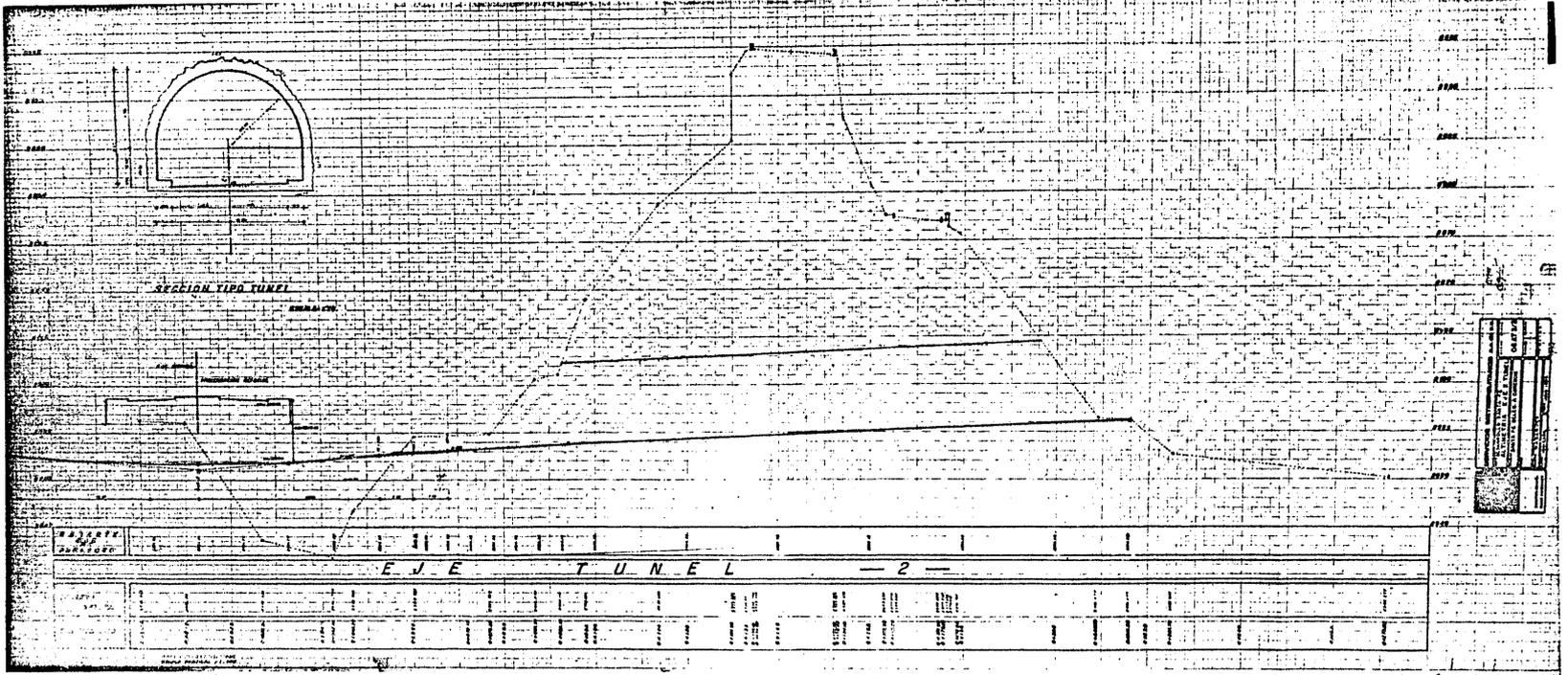
En base a lo expuesto se procedió a los trabajos topográficos para localizar eje de túneles tomando como referencia el punto 0+000 ubicado sobre la vialidad de Prolongación Reforma, a su vez las cotas ubicadas en portales y carretera México-Toluca, quedando con esto la seccion túnel que fué localizada y marcada en el talud de portales.

Contando con estos datos, la seccion de túnel quedó como se muestra en la figura-74, que indica las medidas por seccion de excavación en portales, terminado en portales, excavación interior de túnel, terminado interior de túnel y revestimiento definitivo (que no fué utilizado).

A continuacion se muestran los datos topográficos utilizados para su obtencion y definicion (como quedó ubicado en el capítulo II).

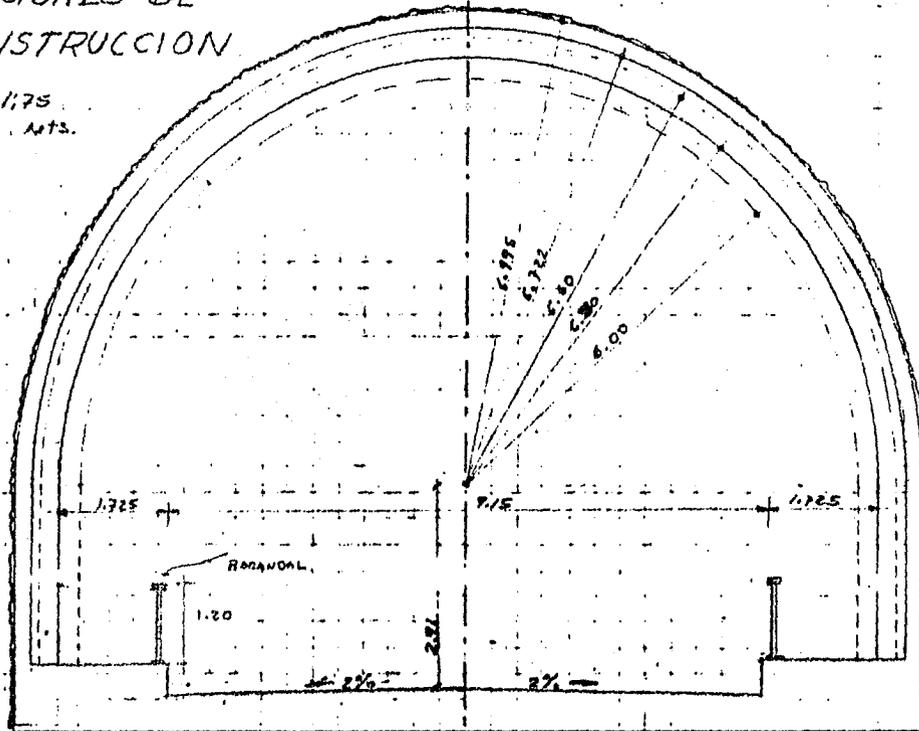






SECCIONES DE CONSTRUCCION

ES. 1/75
ACOT. MTS.



6.995

2.50

1.00 0.50

- 13.00 SECCION TERMINADA EN CASO DE UTILIZOR
- 13.00 REVESTIMIENTO DEFINITIVO
- 12.60 SECCION TERMINADA DENTRO DEL TUNEL
- 12.20 SECCION DE EXCAVACION DENTRO DEL TUNEL
- 12.945 SECCION TERMINADA EN PORTAL
- 13.991 SECCION DE EXCAVACION EN PORTAL

FIGURA - 74

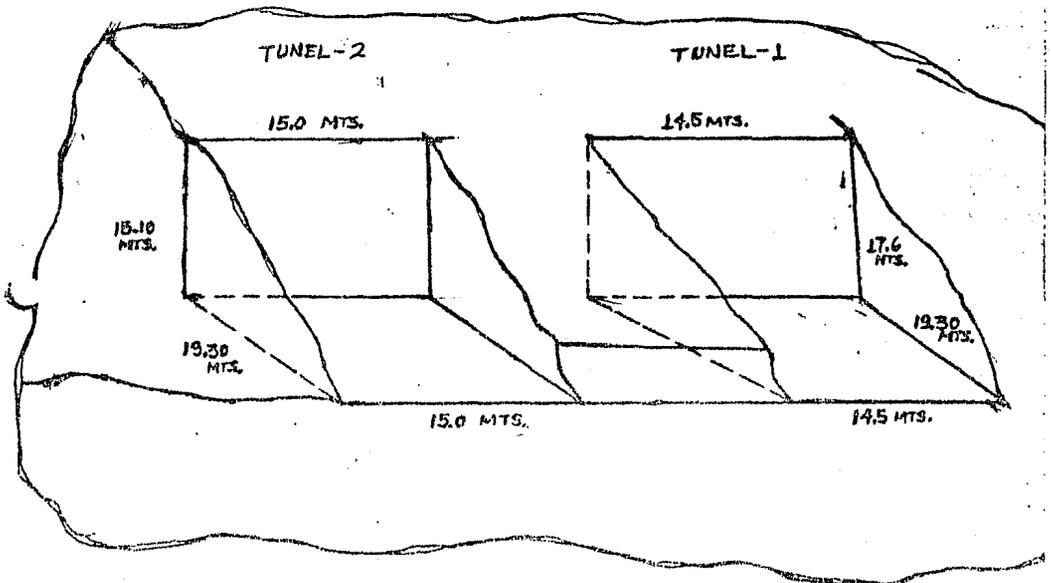
180

VII.4.- EXCAVACION DE PORTALES.

La apertura de portales se inició por dar acceso a túneles lado sur, ya que se tenía un barranco aproximadamente de 45 mts. de profundidad y 30 mts. de ancho, al cual tuvo que rellenarse dando forma así al patio de maniobras e inmediatamente se procedió al desmonte y despaldo de taludes en ambos lados para marcar ancho y altura de portales.

Una vez marcados los portales se inició la excavación de cunetas para baja de aguas pluviales y protección contra material rodable en taludes. Si simultáneamente se inició la excavación de portales con retroexcavadoras en ambos lados, ya que la separación entre ejes de túneles es de 30 mts. y debido a la irregularidad del terreno las secciones y volúmenes de excavación fueron los siguientes:

LADO NORTE :



$$\text{volumen de excavación - 2} = \frac{19.1 \times 15.1}{2} (15) = \underline{2,186 \text{ M}^3}$$

$$\text{Volumen de excavación - 1} = \frac{19.1 \times 17.6}{2} (14.5) = \underline{2,453 \text{ M}^3}$$

En la excavación de zanjas para protección y bajada de aguas pluviales, se obtuvieron los siguientes volúmenes:

$$\text{Lado norte} = 140 \times 0.75 \times 1.50 = \underline{157.5 \text{ M}^3} \text{ Volumen de excavación.}$$

$$\text{Lado Sur} - 32.70 \times 0.70 \times 0.40 = 9.15 \text{ M}^3$$

$$129.80 \times 0.75 \times 1.25 = \underline{121.70 \text{ M}^3}$$

$$130.85 \text{ M}^3 \text{ Volumen de excavación.}$$

El revestimiento de cunetas con concreto fabricado en obra de F'c = 250 Kg/Cm² y e = 0.03 cms., siendo las siguientes cantidades:

$$(1.25 \times 0.03 \times 129.8) \times 2 = 10 \text{ M}^3$$

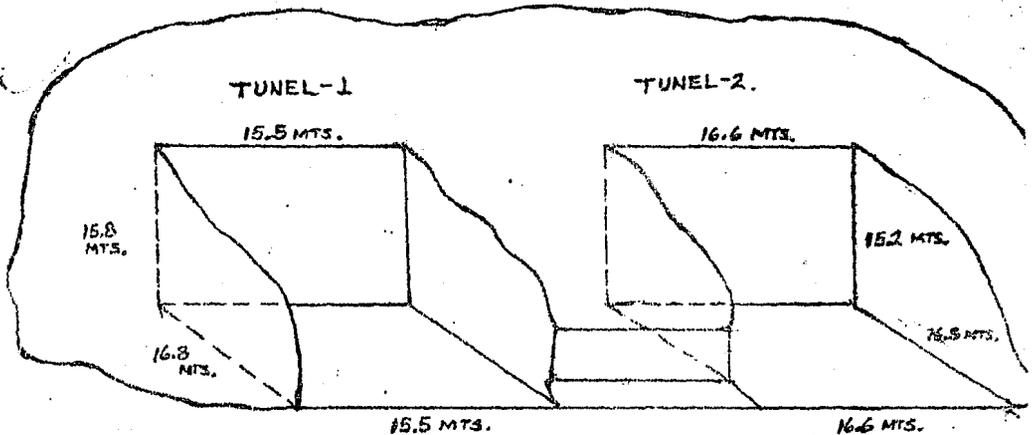
$$(1.50 \times 0.03 \times 140) \times 2 = 12 \text{ M}^3$$

$$(0.75 \times 0.03 \times 129.8) = 3 \text{ M}^3$$

$$(0.75 \times 0.03 \times 140) = 3 \text{ M}^3$$

$$\text{VOLUMEN DE CONCRETO} = \underline{\underline{28 \text{ M}^3}}$$

LADO SUR:



$$\text{Volúmen de excavación 1} = \frac{15.8 \times 16.8}{2} (15.5) = \underline{2,052 \text{ M}^3}$$

$$\text{Volúmen de excavación 2} = \frac{15.2 \times 16.8}{2} (16.6) = \underline{2,120 \text{ M}^3}$$

A continuación, se muestran en las figuras 75, 76, 77, 78, 79 y 80 respectivamente, los procesos de excavación de acceso y zanjas para bajadas de agua.

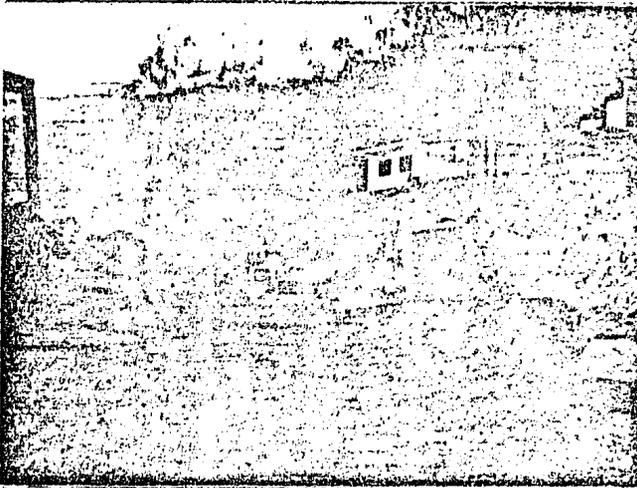


FIG. - 75- Apertura de camino para acceso a túnelas lado sur por medio de tractor y cargador.

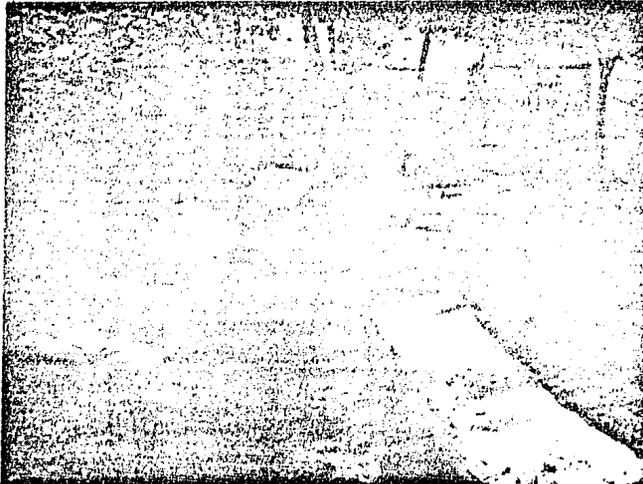


FIG. - 76- Excavación y revestimiento de cunetas para bajada de aguas pluvial, arriba de portales.



FIG.-77-Portal lado sur en proceso de excavación por medio de retroexcavadora.



FIG.-78-Proceso de banqueo y afine, en taludes de portales sur, manual y mecánicamente. Se aprecia el tipo de material que fue encontrado.

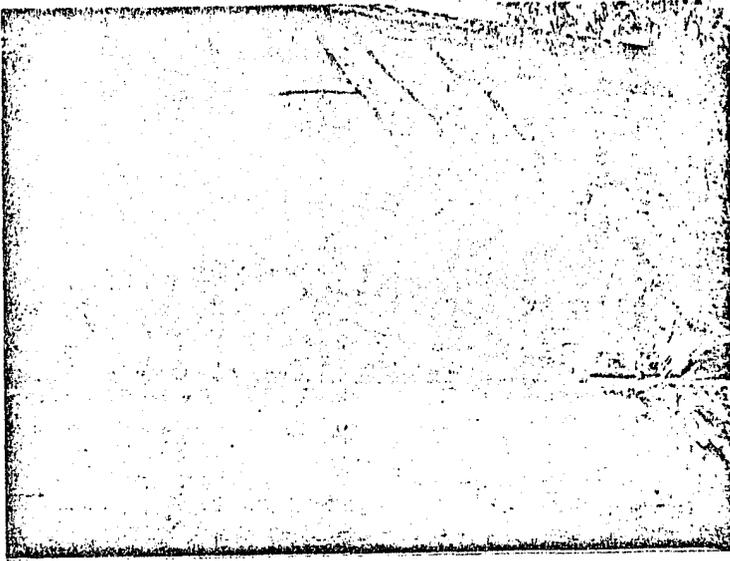


FIG.- 79 - Afine de talud portal sur-este.



FIG.- 80 - Terminación de acceso a túneles, portales e inicio de coyotera para reconocimiento del terreno. Esto en portales lado Sur.

VII. 5.- EXCAVACION DE LOS TUNELES.

La excavación de túneles en su inicio tenía una dimensión mayor debido al emportalamiento de protección y el resto de la excavación fué -- realizada con la dimensión especificada de proyecto como fué mostrado anteriormente.

Para el inicio fué necesario tener el trazo definitivo y dimensiones (figura.-81), así como tener instalados los servicios de agua, luz, aire comprimido, equipo de barrenación, concreto lanzado, perforadoras, retro-excavadoras y cargadores.

También fué importante haber adquirido el material necesario para -- los primeros metros de trabajo, dado que, el resto iría incorporándose a la bodega conforme al programa de recursos indicado.

Como la excavación se realizó en tramos longitudinales de 1.50 mts.- cada uno con anchos de 2.40 mts. en bóveda y paredes verticales, dejando la extracción del núcleo sobrante como último proceso de cada fase.

En un principio se tenía pensado dejar el núcleo y cada 20 ó 30 mts. realizar la extracción de éste, pero no era funcional debido al poco espacio que quedaría, no permitiendo o estorbando la realización de las actividades siguientes a la excavación, pues no sería posible mover el equipo al frente de trabajo. Es por esto que fué llevada la excavación en fases de 1.50 mts. longitudinales.

Para los trabajos de excavación se laboró 24 horas diarias divididas en 3 turnos de 8 horas cada uno, dando un promedio diario de 5 mts. de avance aproximadamente. Mostrándose en la figura.-82, un perfil de avance llevado en campo para un mejor control del mismo con cantidades de excavación y chequeo de la pendiente solicitada.

La excavación de un túnel piloto y coyotera como sondeo para ver el tipo y estabilidad del terreno fué el inicio de la excavación como es --- mostrado en las figuras.- 83,84 y 85 respectivamente.

Después de haberse realizado el túnel piloto y tener establecido el comportamiento del terreno se procedió al ataque del frente conforme a -- la sección del proyecto mostrado anteriormente. Durante el proceso de -- excavación no existieron problemas de sostenimiento debido al buen comportamiento del terreno, con la excepción de algunas rocas de mediano tamaño

las cuales provocaron una Superficie poco homogénea con pequeñas variantes en la sección e incrementando el volúmen de concreto lanzado.

Llegando así al procedimiento de la excavación sin problemas, con la instalación de servicios, materiales y equipos, obteniéndose como resultado la buena aplicación de la sección proyectada, llevándose así la realización de la excavación con nivelación de piso y subrasante dando paso así al habilitado y colado de la cubeta.

Otro de los puntos primordiales durante el proceso fué el chequeo de la sección por topografía mediante el equipo de rayo laser y escantillón de medición a sección completa conforme las figuras.- 86, 87 y 88, a continuación mostradas.

Continuando con la excavación veremos la utilización del equipo e instalación necesaria para la excavación de estos túneles.

Como primer puntos tenemos la aplicación de las rompedoras de martillo ó perforadoras neumáticas de mano, que se usaron para atacar la sección 1ª y partes de la sección ib y ic.

Para el ataque de la sección se usaron las perforadoras de peso medio de 36 kilos con pulsetas de tipo punta y filo de corte reforjable, el afinado de toda la clave fué hecho con perforadoras de peso ligero de 9 kilos con pulsetas de corte reforjable.

Las perforadoras de roca neumática que fueron utilizadas tienen el movimiento de un cilindro interior el cual trabaja como un pistón a presión de aire y aceite produciendo un golpeteo de 500 a 2,700 golpes por minuto.

Estas perforadoras de mano se les llama pistolas ó martillos, que operan con aire comprimido y aceite, ya que el aceite entra a la perforadora en forma de rocío y el aire comprimido lo transporta al pistón manteniéndolo lubricado, esto solamente cuando haya presión en la tubería, siendo necesario tener lubricadores de aceite por perforadora para que tengan un mejor rendimiento.

Existen varios tipos de perforadoras, distinguiéndose estas por su peso que varían de 4 a 68 kilos aproximadamente. Las más ligeras hasta de 13 kilos, operándose a mano, las mediana hasta 36 kilos, generalmente se sostienen con la mano, pero pueden estar montadas con mecanismo de alimentación manual ó mecánico.

Para la alimentación de estas perforadoras se contó con 2 compresores de 900 P.C.M. y un tanque almacenador de aire con capacidad de 125 lbs. --

tipo manipull equipado con repartidores, conexiones, manómetros y bridas.

El proceso fué llevado a cabo instalando un tanque almacenador con una entrada y una salida, conectado en la entrada con los 2 compresores que al absorber el aire atmosférico lo comprimen y lo envían por tubería al tanque de almacenamiento, de donde sale por tubos y mangueras a las perforadoras.

Se tuvo el cuidado de contar con los accesorios necesarios por propia seguridad, siendo éstos, válvulas de seguridad del tipo de resorte, que abrían cuando la presión del aire excedía a la más elevada de operación y una capacidad de descarga mayor al compresor. Mecanismo manual de expulsión, manómetro indicador de la presión en el depósito con carátula graduada a 200 libras, válvula ó brida de expulsión para agua, aceite ó sedimentos.

Para dar alimentación a las perforadoras se colocó tubería metálica en tramos de 1.50 mts. con ϕ de 2", tees de ϕ 2", coples de ϕ 2" y repartidores con salidas de ϕ 3/4". La tubería en tramos de 1.50 mts. debido a que fueron aumentándose los tramos acorde al avance de la excavación, los repartidores con 4 salidas de 3/4" para conexión de las mangueras con uñas de conexión y sus respectivos empaques.

Lográndose así dar la alimentación necesaria a las perforadoras, el tipo de perforadoras y pulsetas utilizados son los mostrados en las figuras 89 y 90.

Otras de las instalaciones realizadas fueron la corriente eléctrica, alumbrado provisional e instalación de tuberías para agua en tramos de 1.50 mts. con ϕ 2".

El equipo mayor se formó de una retroexcavadora con cucharón de 3/4 y d³ atacando conjuntamente con un tractor la excavación del núcleo, terminada la excavación del núcleo se daba paso a la extracción de la extracción de la rezaga con un cargador frontal.

De esta manera fué utilizado el equipo e instalaciones necesarias para la excavación de los dos túneles.

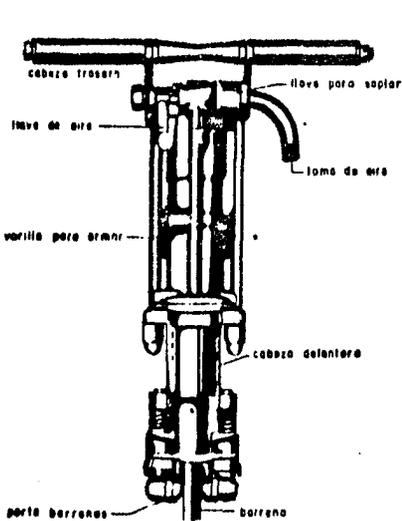
En la ventilación y extracción de aire fué de primordial importancia dar aire limpio en el frente de trabajo a los perforistas y extrayendo el aire viciado que fué producido por los trabajos realizados, operación de equipo y camiones de combustión Diesel.

Para esto, fueron colocados ventiladores axiales con capacidad de 10.000 P.C.M. con caja de seguridad para su encendido, arrancadores de voltaje y conexión trifásica brindada de la sub-estación con transforma--

dor para 225 KVA. Instalada como servicio de emergencia en caso de faltar la energía eléctrica. La colocación del tubo de ϕ 24" tipo flexible fué - realizada en tramos de 3 mts. conforme el avance de la excavación lo fuese solicitando.

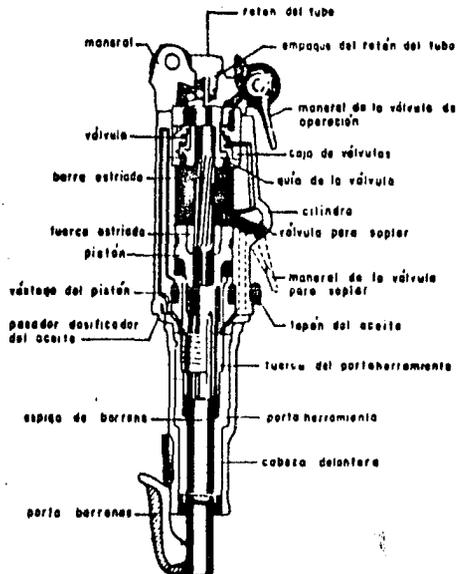
Como la sección del túnel lo permitía, se estudiaron varias máquinas para la extracción de la rezaga, analizándose cada una como se indica en el capítulo I, debido al tamaño tan corto de los túneles se optó por un - cargador frontal de neumáticos, realizándose la carga a camiones de volteo livianos de combustión Diesel.

Se vió que era la forma más indicada de extraer la rezaga, ya que -- debido al costo tan elevado de los equipos no fué posible la compra de un equipo alemán con capacidad de 3.8 m^3 de carga frontal y descarga frontal, con neumáticos, control de operaciones laterales, 1.03 mts. menos alto y debido al costo que no sería amortizado en el tiempo de su utilización de la obra, fué que se optó por la utilización del PAYLODER.

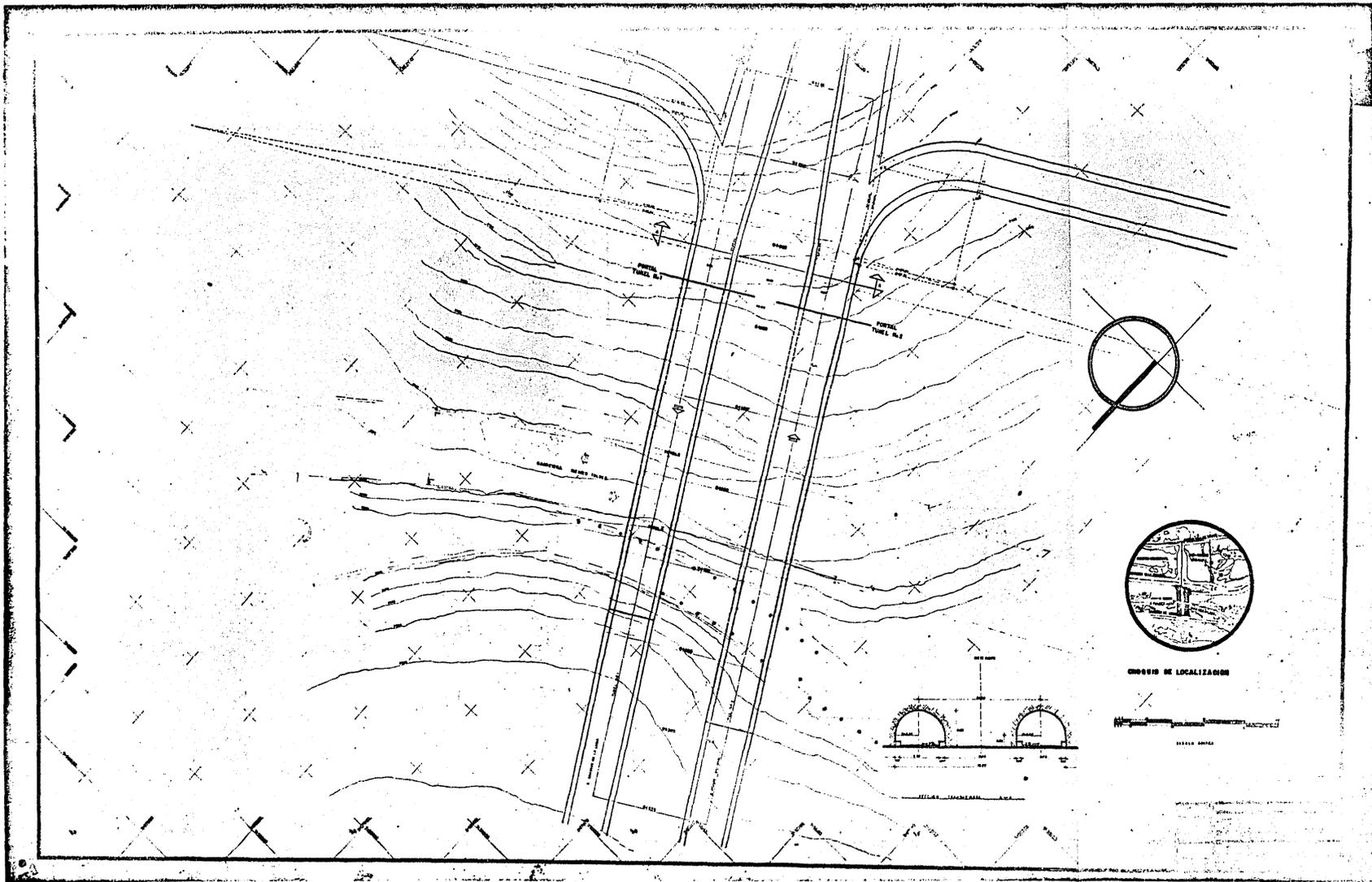


PERFORADORA NEUMÁTICA DE MANO

FIG.-89.



SECCION TRANSVERSAL DE UNA PERFORADORA



PORTAL TUNEL N.1

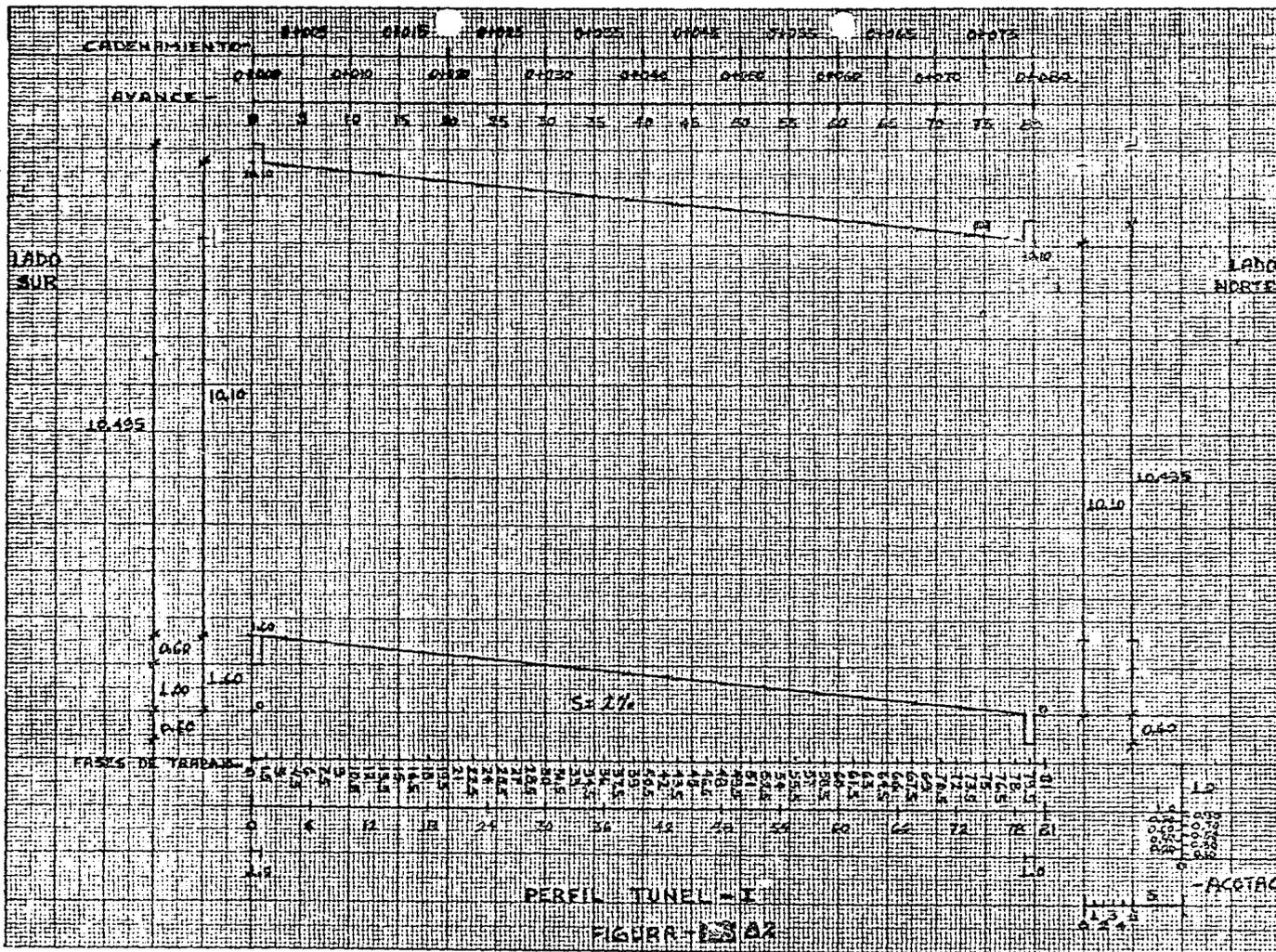
PORTAL TUNEL N.2

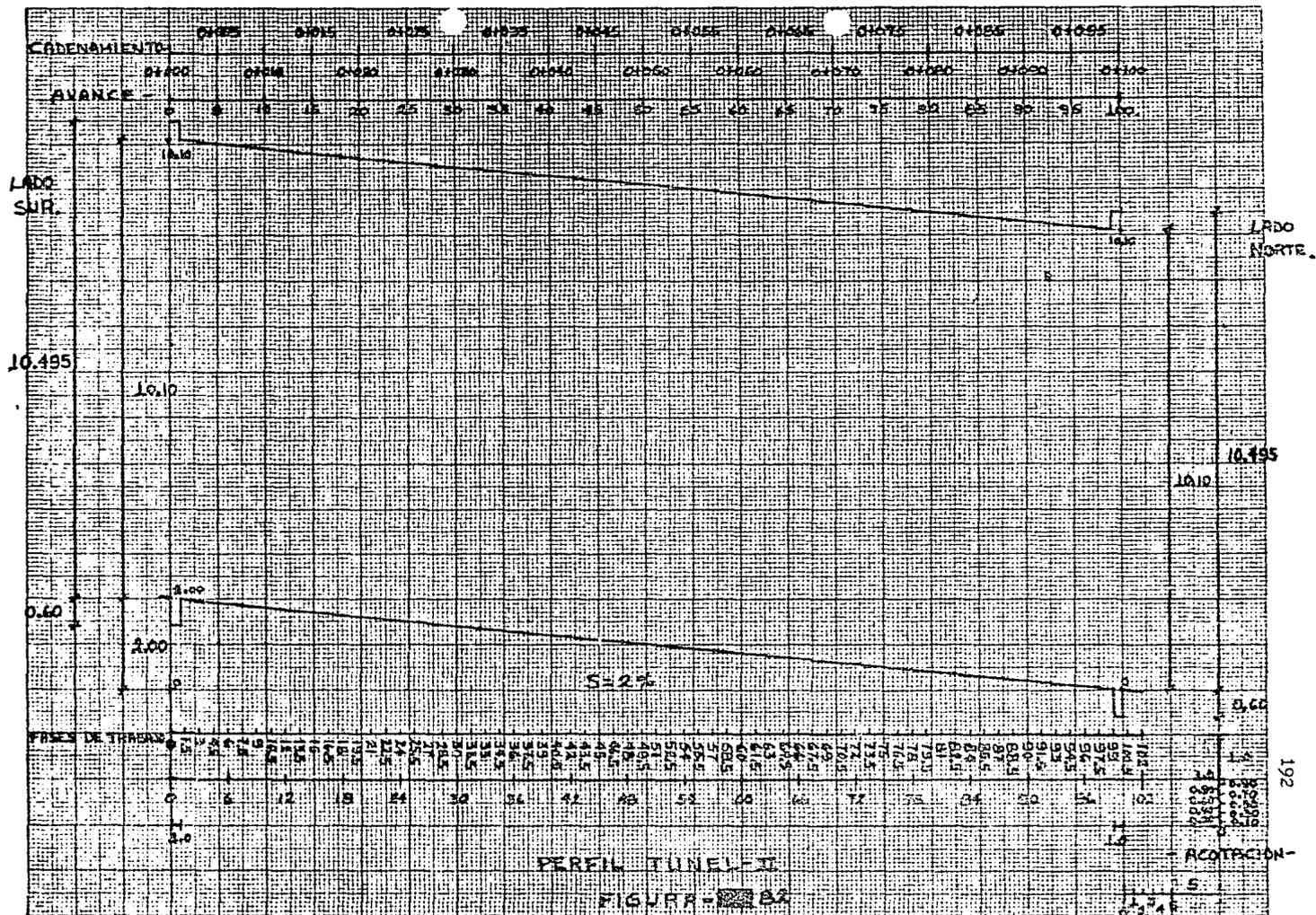


CRUZO DE LOCALIZACION



ESCALA METROS





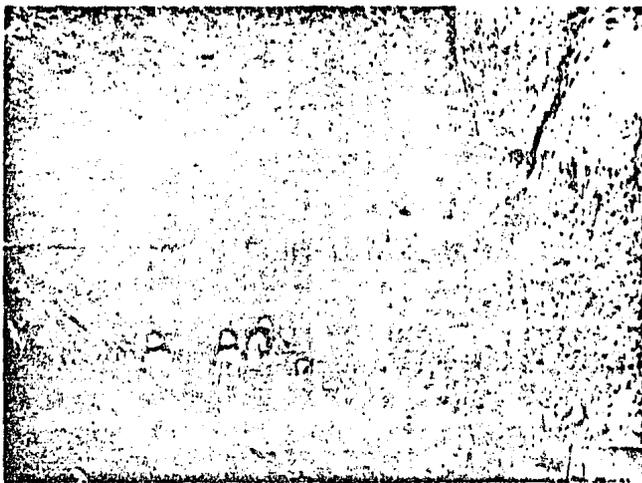


FIG.- 83 - Inicio de excavación con coyotera de reconocimiento, portales Sur.



FIG.-84 - Ataque de coyotera con 4.5 mts. de profundidad por medio de rompedoras. Se vé el tipo de material arenoso existente.

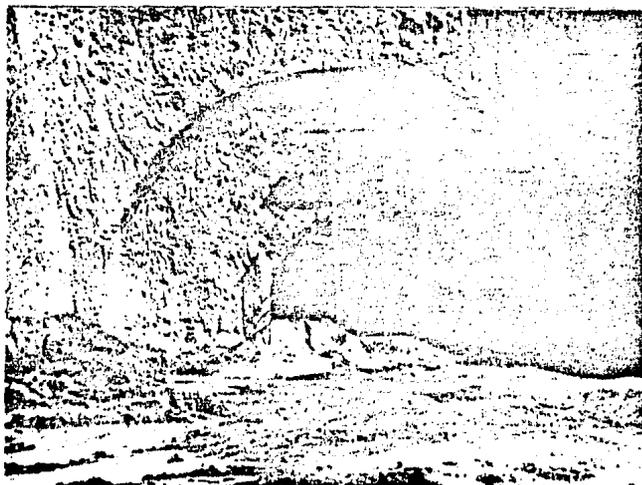
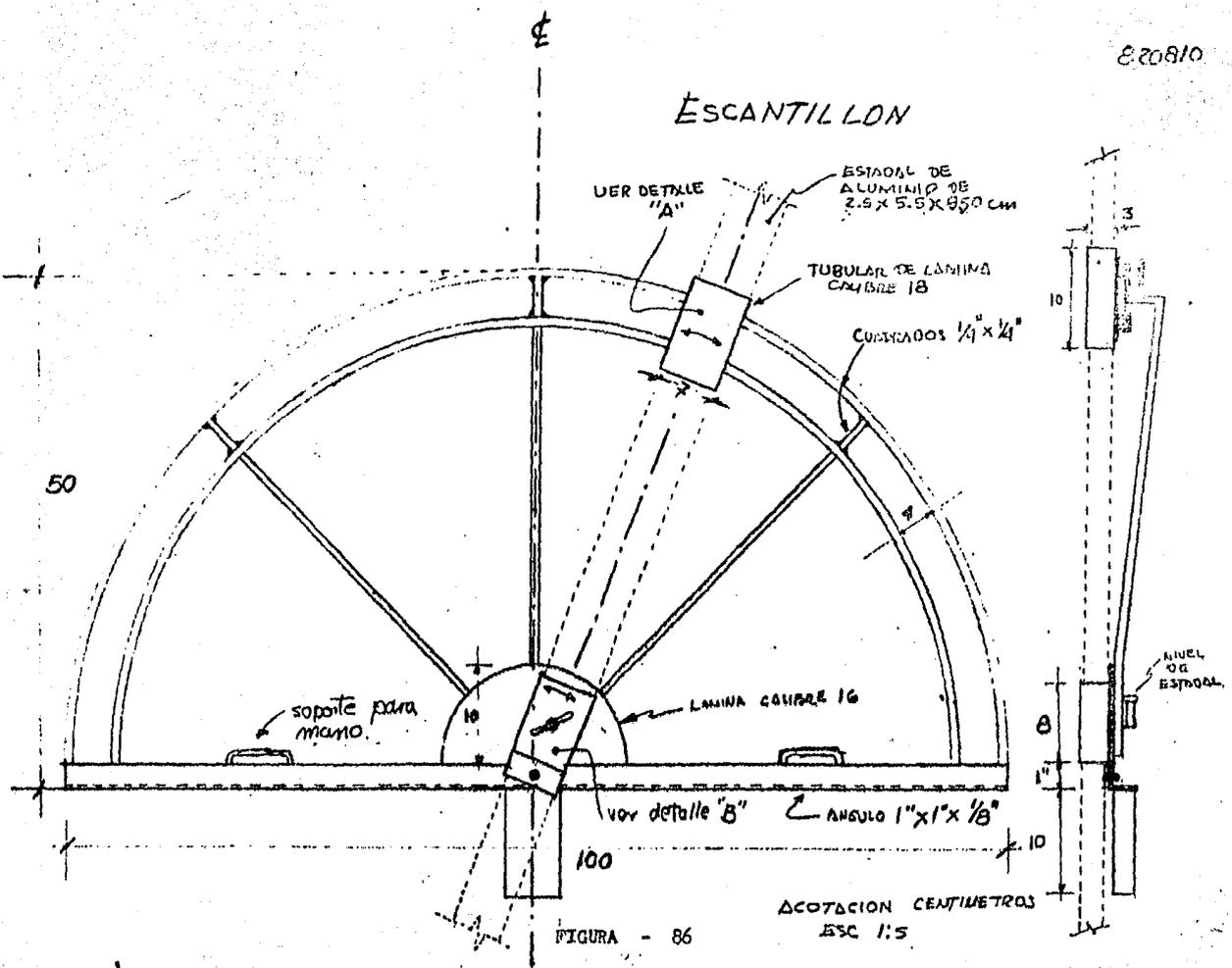


FIG.-85 - Excavación y marca sobre talud de portales lado sur de arco y paredes verticales.

820810

ESCANTILLON



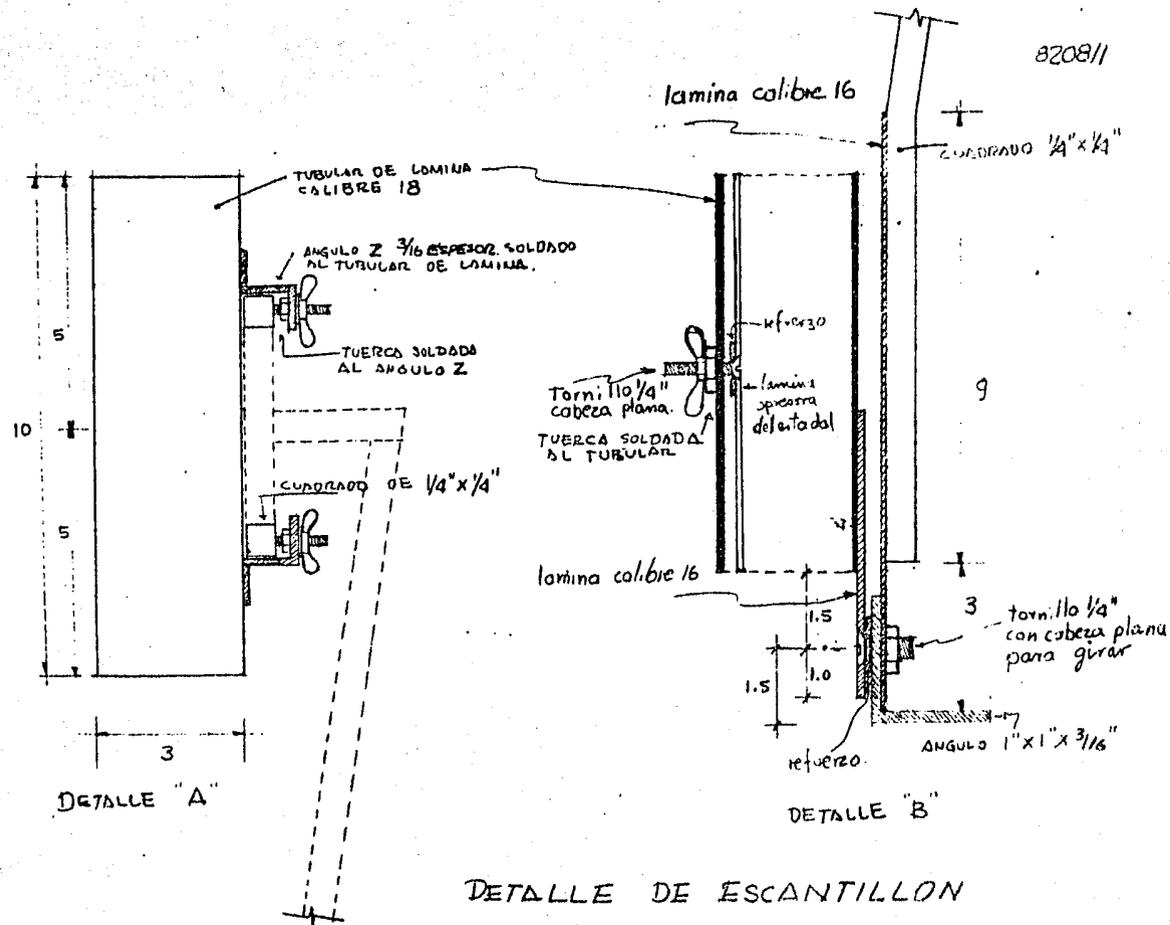


FIGURA - 87

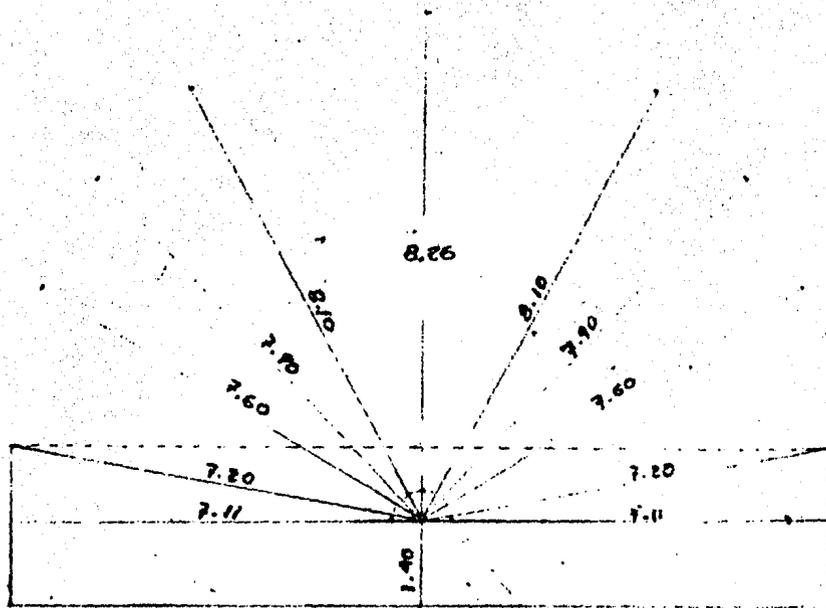
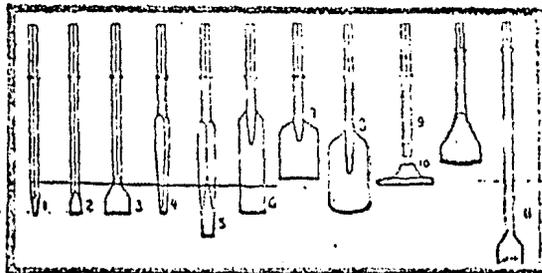


FIGURA - 88

REF	Aplicaciones de Uso Común		
	Material	Trabajos	Características
1	De construcción	Demolición	Herramienta de ruptura
2	Rocas sueltas	Barrenos en paredes	Punta reforzable
	Hormigón no arma-	Aprovechando el poco	
	Similares (de)	poco	
3	Asfalto delgado	Donde se requiera borde	Filo reforzable
	Similares	de ruptura limpia y rec-	
		ta en una dirección	
4	Hormigón armado	Demolición pesada	Herramienta con mejores
	Rocas sueltas	Cuando el material des-	efectos de ruptura que
5	Terrenos helados	gaste en exceso la herra-	el pico reforzable
		mienta o amenace doblar-	Resistente al pandeo
		se.	
6	Suelos duros y	Excavación plana sin	Filo reforzable
	helados sin mez-	efecto rompedor en espa-	
	cla de roca	acios limitados.	
7	Asfalto	Corte de asfalto grueso	Hoja plana sin efecto
		dando bordes rectos con	de ruptura
		poca elevación	Filo reforzable
8	Blando sin mez-	Excavaciones diversas	Sin efecto rompedor
	cla de piedras.		No reforzable
9	Arcillas	Pequeños rellenos	Compactadora
10			
11	Gravá	Atacado de balasto	



LAS:

FIG. 90

VII.6.- EMPOR TALAM IENTO .

El emportalamiento de protección fué realizado contando con la excavación de los primeros 1.50 mts. de excavación. Como ya se ha venido repitiendo en capítulos anteriores, fué necesario tener los datos topográficos para realizar la excavación, cimentación y erección de marcos metálicos en cada boca de entradas a túneles, como emportalamiento de protección y sostenimiento de entradas.

En primer lugar, se realizó la excavación para desplante de cimentaciones para apoyo de marcos metálicos, conforme alas especificaciones de proyecto se marcó un escalón por marco con 0.56, 0.58 y 0.60 mts. de profundidad. La excavación con 0.50 mts. de ancho, 3.50 mts. de largo y --- 1.15, 1.17 y 1.19 mts. de profundidad, toma a partir del nivel de rasante - con pediente del 2 % para piso de túneles.

Los escalones por marco fueron necesarios para llevar la rasante de proyecto como se muestra en las figuras.- 91, 92 y 93, donde se detallan la localización y conexión de marcos a la cimentación. En estas figuras indicadas se muestran elevaciones, dimensiones, anclas, placas, sección de marco, armado de cimentación, volúmen de concreto y excavación.

Los volúmenes de excavación y concreto son los siguientes:

a).- Volúmen de excavación para cimentación de marcos en los cuatro portales

$$(6.00 \times 0.50 \times 1.20) \times 8 = \underline{28.8 \text{ M}^3} \text{ de excavación.}$$

b).- Volúmen de concreto para cimentación de marcos en los cuatro portales. F'c = 250 kg/cm²

$$(3.75 \times 0.50 \times 0.56) \times 8 = 8.4 \text{ M}^3$$

$$(1.00 \times 0.50 \times 0.56) \times 8 = 2.3 \text{ M}^3$$

$$(1.25 \times 0.50 \times 0.60) \times 8 = \underline{3.0 \text{ M}^3}$$

$$13.7 \text{ M}^3 \text{ de Concreto.}$$

Las cantidades de acero utilizado fueron las siguientes:

c).- Estribos - $\frac{6.00}{0.30} = 20 \times 8 = 160 @ 30 \text{ cms.}$

$$(0.56 \times 2) + (0.46 \times 2) = 2.04 \times 20 = 40.8 \times 8 = \underline{326.4 \text{ mts.}}$$

Var ϕ 1/2"

d).- Armado longitudinal.- $(6.0 \times 4) = 24 \times 8 = 192 \text{ mts. Var. } \phi 1/2''$
 Total de Varilla $\phi 1/2''$ para cimentación = $518.4 \text{ mts.} \times 0.996 \text{ kg/m}$
 = $516.3 \div 1000.$
 = 0.52 ton.

Las especificaciones de placas, anclas, conexiones y tornillería - están especificadas en las figuras 92 y 93.

Terminada la cimentación se procedió al chequeo de cadenamientos, -- elevaciones y distancias (fig.- 94). Continuando la erección de marcos a base de poleas, empotrando los tramos verticales a la cimentación e inmediatamente se unieron los tramos verticales a los tramos de media sección, todo esto en sus respectivos tensores, placas y tornillería, conforme a las especificaciones de la figura.- 95.

Realizada la erección de marcos en los cuatro portales, se revisaron sus juntas de liga, tensores y tornillos por algún problema que se haya pasado u olvidado , quedando acorde ala figura.-96 que muestra en detalle el emportalamiento realizado.

A continuación se inició el habilitado y armado de acero sobre los-- los marcos metálicos, ya colocado el acero de refuerzo en ambos sentidos se cimbró para efectuar el colado, dejando así terminado el emportala--- miento de los cuatro portales.

Las cantidades de materiales utilizadas fueron las siguientes:

1).- Acero de refuerzo.- Se colocaron varillas $\phi 1/2'' @ 25 \text{ cms.}$ en ambos sentidos.

$$L = 2.22 \text{ mts.} \quad p = \frac{2 \pi D}{2} = \frac{2(3.1416)(6.86)}{2} = \frac{43.102752}{2} = 21.55 \text{ mts.}$$

$$h = 3.5 \text{ mts.}$$

$$r \text{ Ext.} = 7.00 \text{ mts.} \quad A = \frac{(r^2 \text{ Ext.} - r^2 \text{ Int.})}{2} = \frac{3.1416(7)^2 - (6.72^2)}{2} = \frac{3.1416(3.8416)}{2} =$$

$$r = 6.86$$

$$b = 0.30 \quad \frac{12.06877}{2} = 6.03439 \text{ M}^2$$

$$A = b \times h = 0.30 \times 3.5 = 1.05 \text{ M}^2$$

$$\text{ACERO LONGITUDINAL} = 21.55 + 7.0 = 28.55 \div 0.25 = 114 \text{ Var } \phi 1/2''$$

$$= 114 \times 2.22 = 253 \text{ mts.} \times 0.996 \text{ Kg/m} = 252 \text{ Kg.}$$

$$= 252 \div 1000 = 0.252 \text{ Ton.} \times 4 \text{ frentes.}$$

$$= \underline{\underline{1 \text{ TON}}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ACERO PERIMETRAL} &= 2.22 \div 0.25 = 9 \text{ Var. } \phi 1/2" \times 28.55 = 257 \text{ mts.} \\
 &= 257 \times 0.996 \text{ Kg/m} = 256 \text{ Kgs. } \div 1,000 = 0.256 \text{ ton.} \\
 &= 0.256 \text{ Ton.} \times 4 \text{ frentes} = \underline{1 \text{ Ton.}}
 \end{aligned}$$

$$\text{TOTAL ACERO DE REFUERZO } \phi 1/2" = \underline{2 \text{ Ton.}}$$

2.- CIMBRA DE MADERA.-

$$\begin{aligned}
 (28.55 \times 2.22) &= 127 \text{ M}^2 \\
 28.55 \times 0.30 &= \underline{9 \text{ M}^2} \\
 \text{T O T A L} & \quad \frac{136 \times 4}{=} = \underline{544 \text{ M}^2}
 \end{aligned}$$

3.- CONCRETO HIDRAULICO.-

$$F'e = 250 \text{ Kg/cm}^2 \text{ y } c = 0.29 \text{ cms.}$$

Los marcos quedan ahogados en el concreto.

$$A = 6.03439 \text{ M}^2 \times 2.22 = 13.4 \text{ m}^3 \times 4 = 53.6 \text{ M}^3$$

$$A = 1.05 \text{ M}^2 \times 2.22 = 2.3 \text{ M}^3 \times 4 = 9.2 \text{ M}^3$$

$$\text{T O T A L} \text{ -----} = \underline{62.8 \text{ M}^3}$$

En base al proceso como fué realizado, se muestra en detalle el emportalamiento (Fig. 97). A su vez se indica por la figura 98, la sección definitiva de portales ya terminados. Dando paso así al inicio de túneles por fases - en sus aspectos excavación y construcción.

Se hace la indicación que durante el colado de cimentación para marcos - se realizó la colocación de anclas longitudinales de 4 mts. de longitud con - $\phi 1"$ en todo el perimetro del túnel a 1 metro de distancia arriba de marcos e inmediatamente fué colocada una capa de 5 cms. de espesor en los taludes del portal como medida de protección.

DETALLE DE LOCALIZACION
DE MARCOS

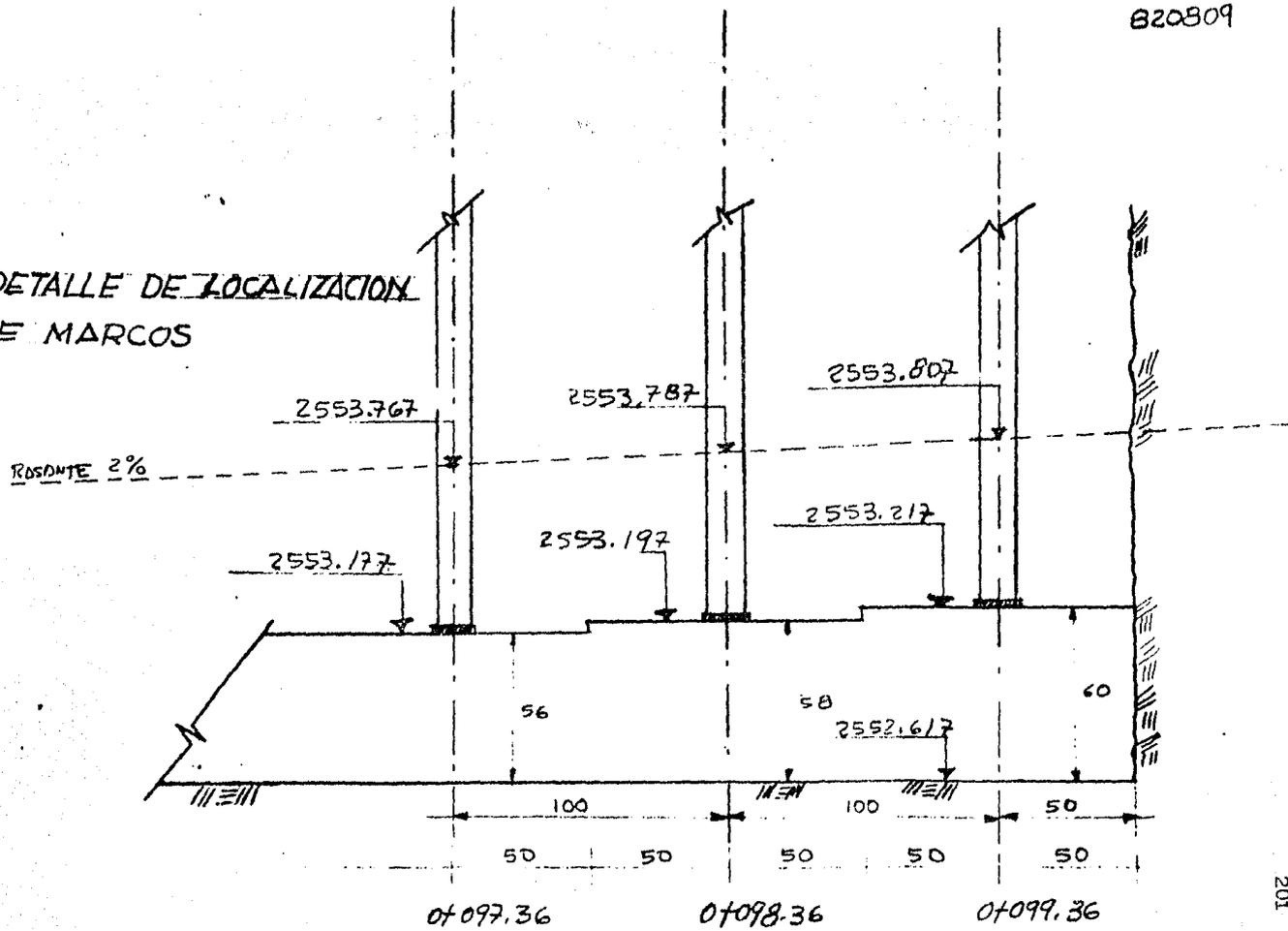


FIGURA - 01

820810

DETALLE DE CONEXION DE MARCOS

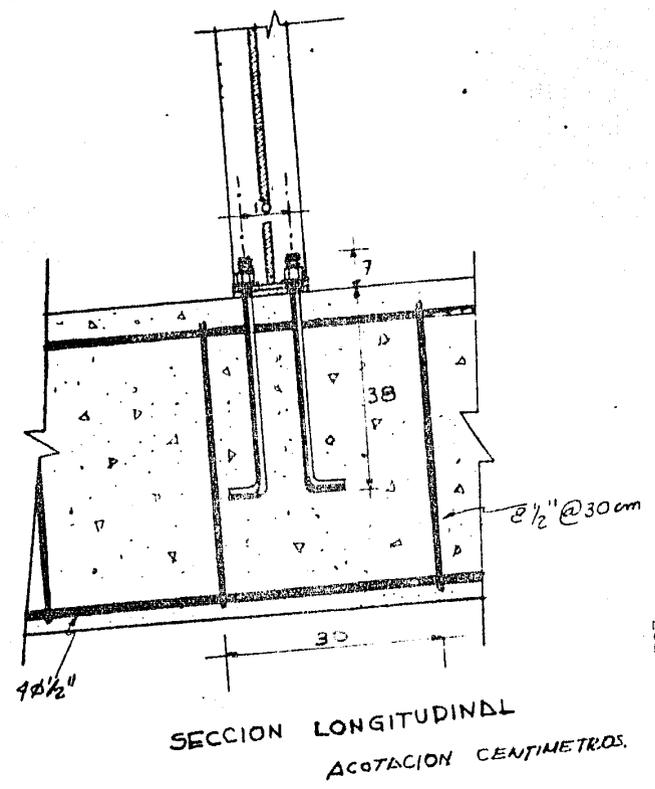
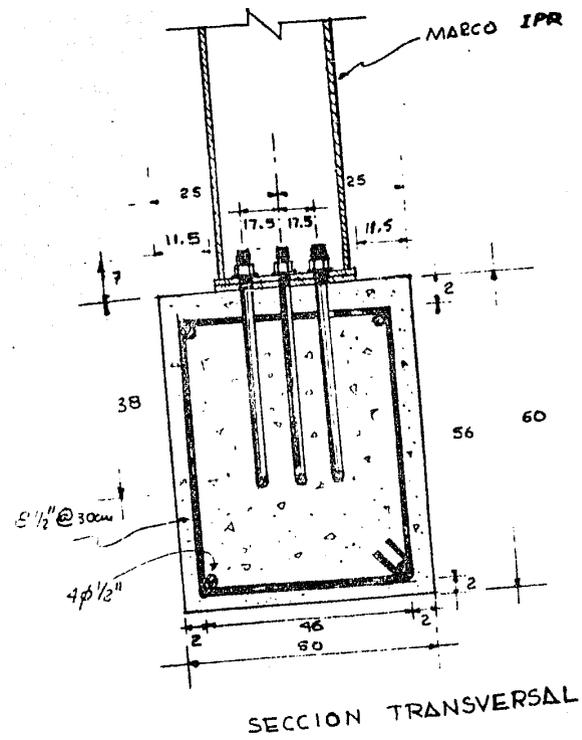


FIGURA - 92

202

EJE
 TRAMO
 UBICACION
 FOLIO
 PERIODO

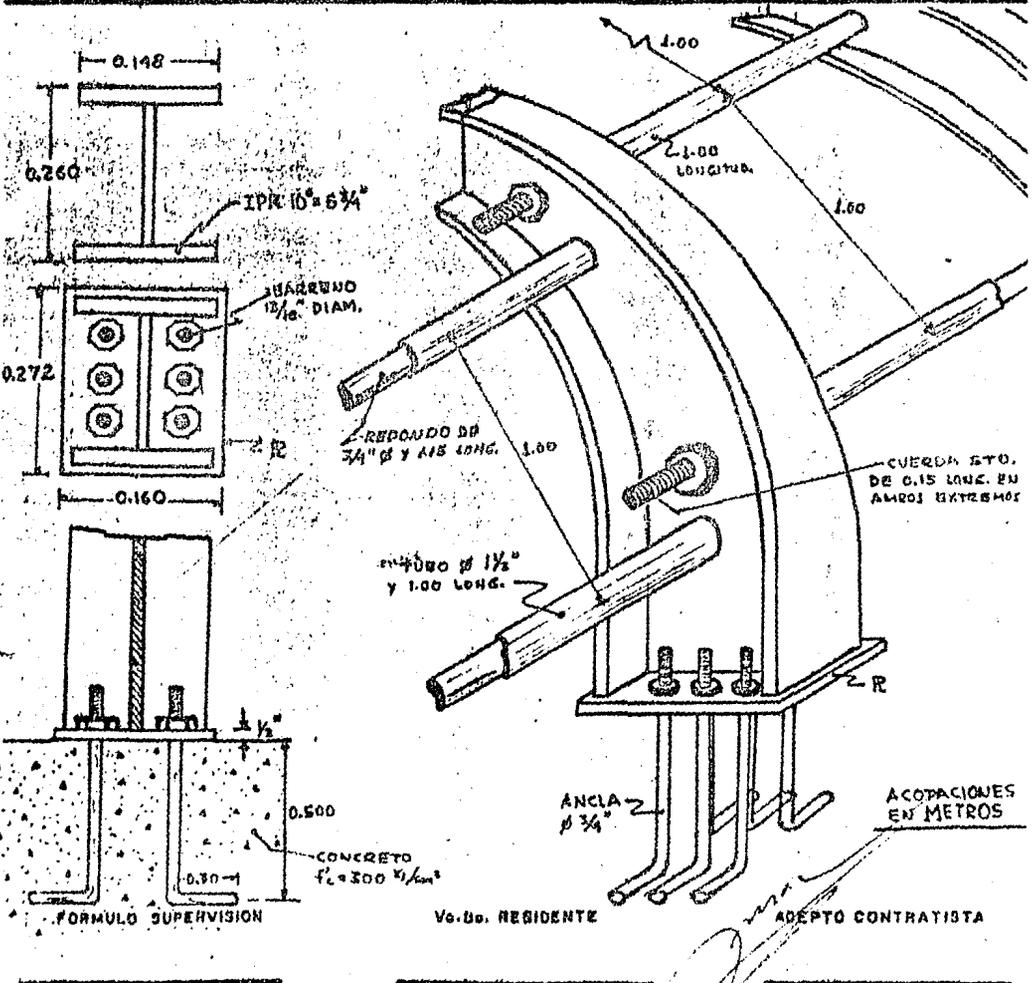


FIGURA - 93

820804

COLOCACION DE MARCAS EN
PORTAL SUR DE TUNEL ORIENTE

2545

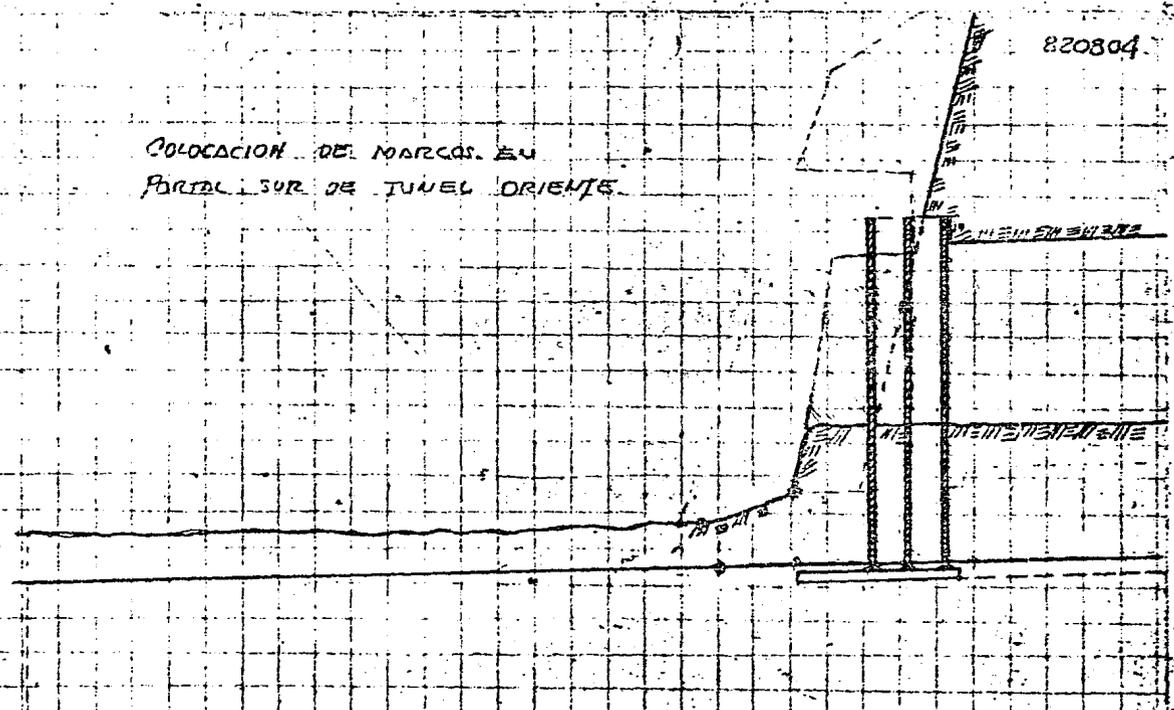
2560

2555

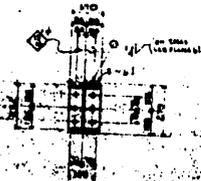
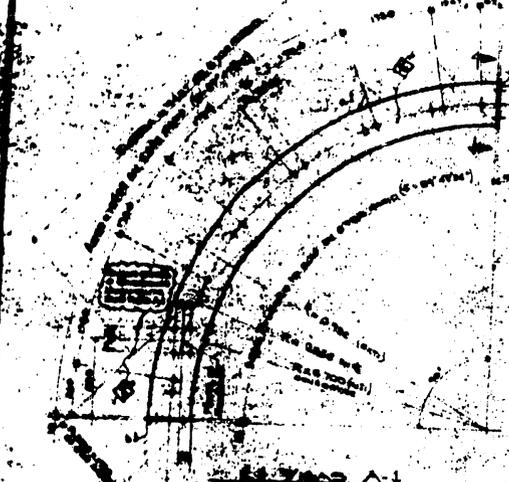
2550

ESTACION	T.M.	ALTIMETRIA
0+000		
0+010		2545.40
0+020		2546.11
0+030		2546.82
0+040		2547.53
0+050		2548.24
0+060		2548.95
0+070		2549.66
0+080		2550.37
0+090		2551.08
0+100		2551.79
0+110		2552.50
0+120		2553.21
0+130		2553.92
0+140		2554.63
0+150		2555.34
0+160		2556.05
0+170		2556.76
0+180		2557.47
0+190		2558.18
0+200		2558.89

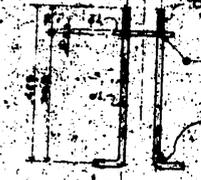
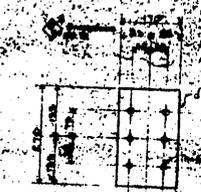
FIGURA 94



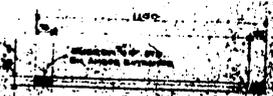
LOCALIZACION DE
ELEMENTOS DE
CASA DE BARRIO



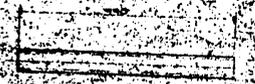
DE PASSE-1
(CASA DE BARRIO)



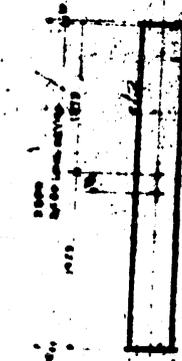
DE PASSE-1
(CASA DE BARRIO)



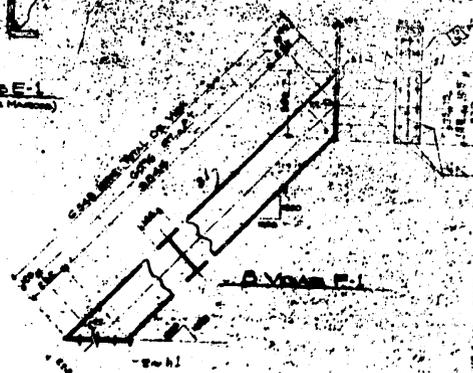
120 TIPOS C-1



120 TIPOS D-1
(CASA DE BARRIO)



DE PASSE-1
(CASA DE BARRIO)



DE PASSE-1
(CASA DE BARRIO)

Item	Description	Quantity	Unit
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50

206
820809

DETALLE DE
EMPORTALAMIENTO.

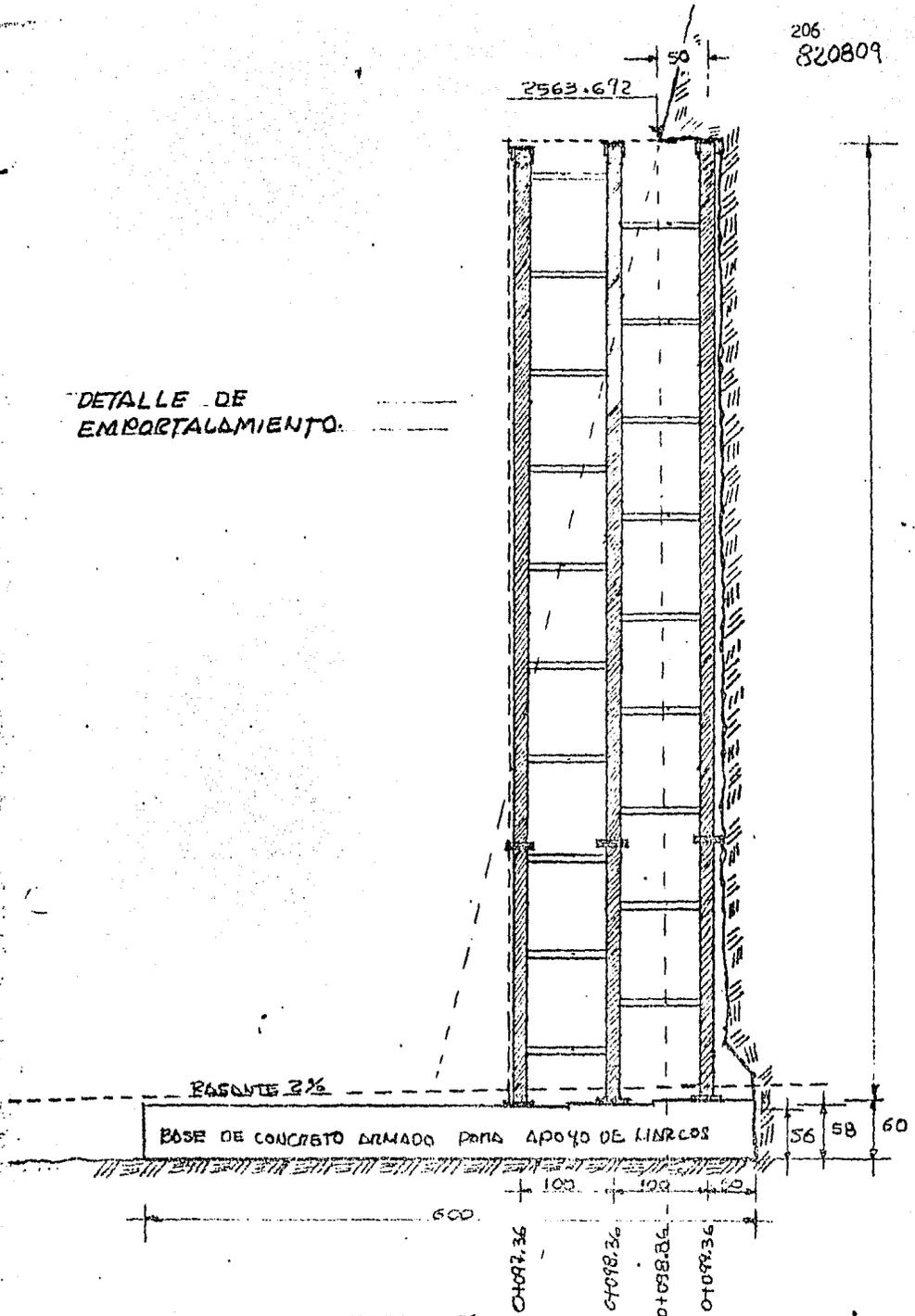
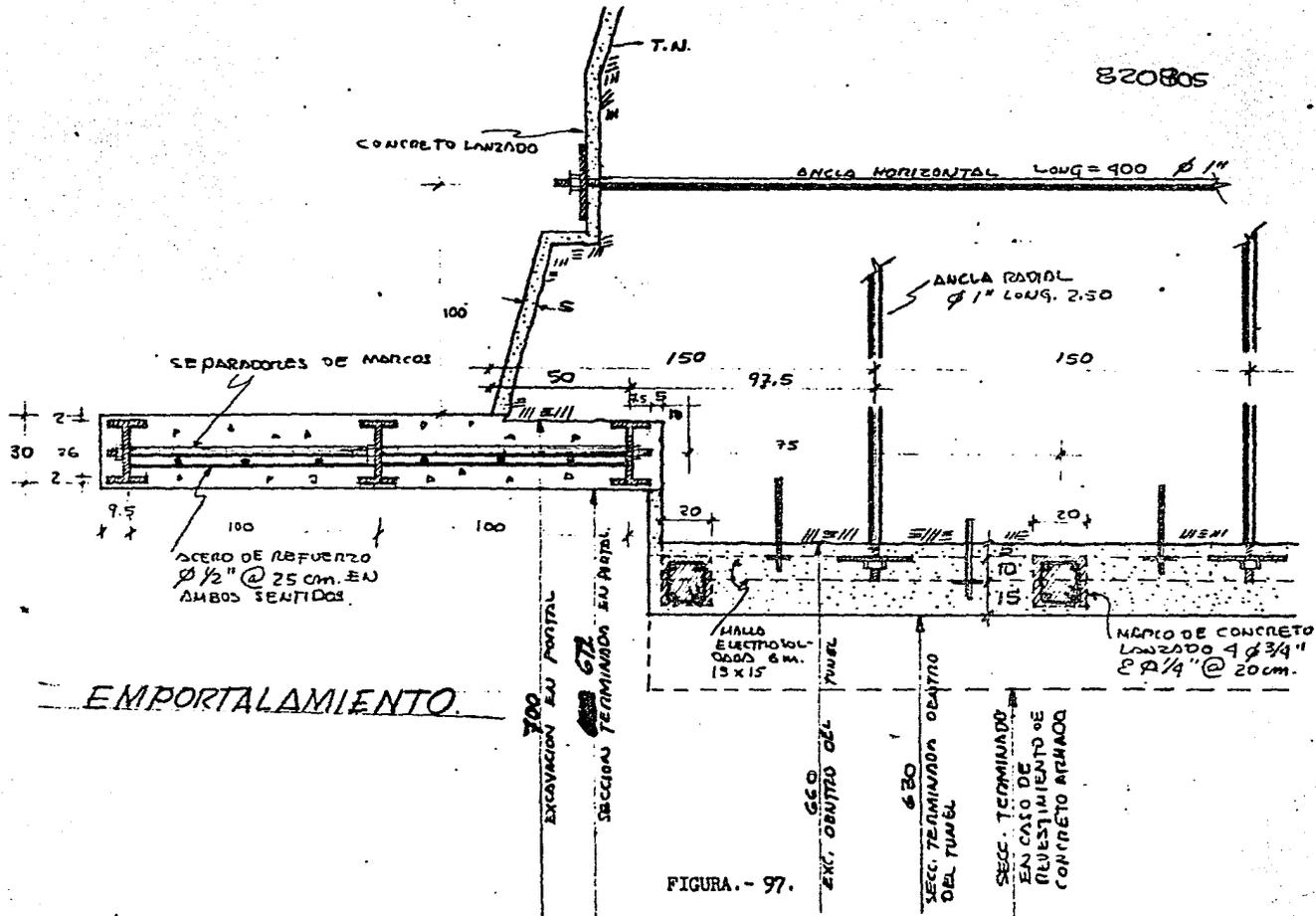


FIGURA - 96



820805

EMPORTALAMIENTO.

FIGURA.- 97.

CONCRETO HIDRAULICO $f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$

CONCRETO LANZADO $f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$

EMPORTALAMIENTO CON MARCO IPR.

ESC. 1:75
A.37. CH.

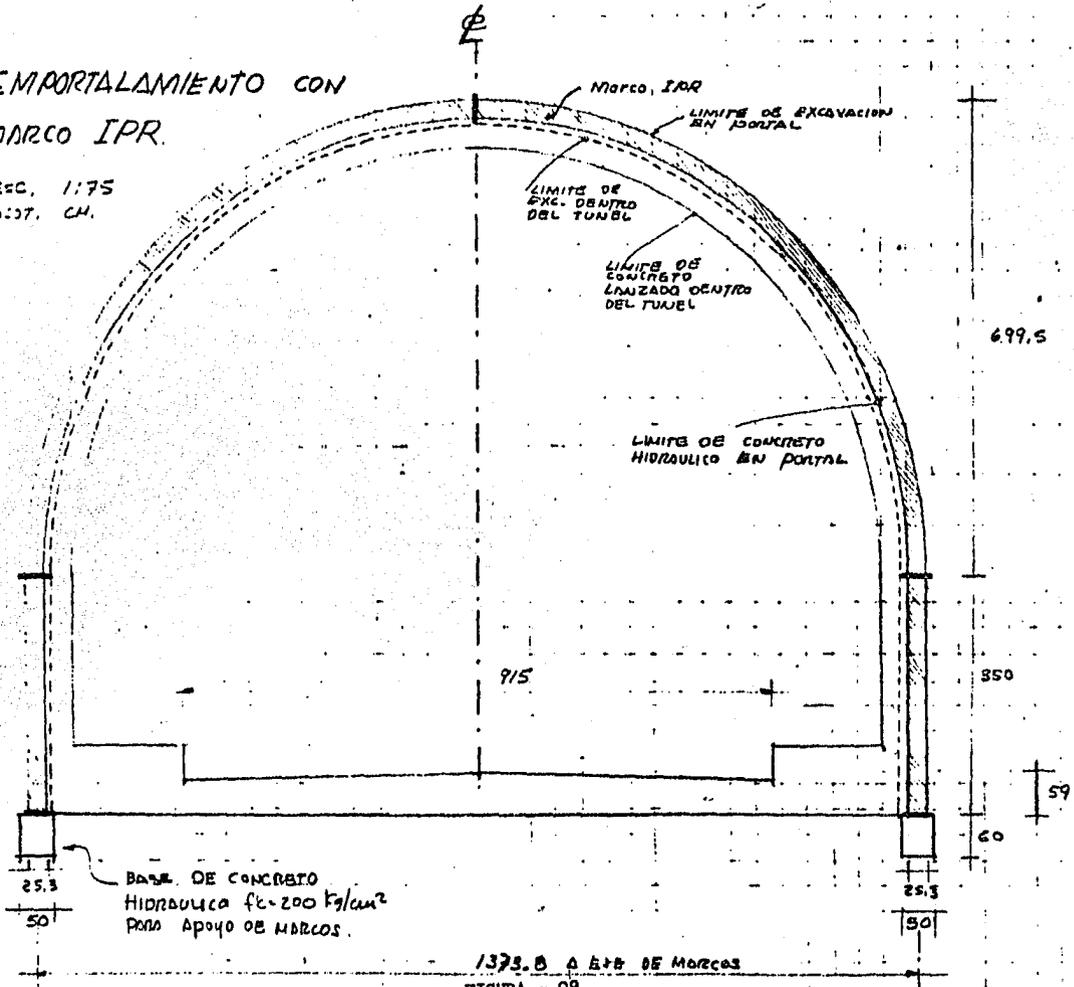


FIGURA.- 98.

VII.7.- PROCEDIMIENTO DE ANCLAJE.

El anclaje constituye uno de los elementos fundamentales que intervienen en las técnicas modernas de sostenimiento, particularmente del Nuevo Método Austríaco de Construcción de Túneles. De una manera general, en un anclaje se distinguen tres partes fundamentales, así de su comportamiento esquemático de anclaje, como se muestra en la figura 99.

De la forma general se distinguen tres tipos de anclaje:

1).- El anclaje de sostenimiento puntual que tiene por objeto asegurar el anclaje por un dispositivo mecánico: perno a la grieta y cuña, anteriormente y actualmente perno de anclaje de expansión, que constituye una versión moderna de la técnica precedente. La ventaja mayor del anclaje puntual es su colocación, que es rápida, así como de eficacia inmediata. Esta eficacia no se mantiene mas que durante el tiempo que la roca no sufra ningún movimiento. Este tipo de anclaje puede además colocarse en caso de filtraciones de agua a través del barreno.

2).- Anclaje de sostenimiento repartido que consiste en amarrar la roca por medio de barras metálicas fijadas en toda su longitud, dentro del barreno de anclaje. El producto de sujetamiento es generalmente la resina. Este tipo de anclaje conviene en particular en las rocas sanas de baja porosidad, de tal forma que permitan una calibración perfecta del barreno al ancla. El juego entre el ancla debe estar comprendido entre 2 y 4 mm., teniendo en cuenta que el volumen de resina se introduce en cartuchos dentro del barreno.

3).- Anclaje con barras nervaduras hincadas en el terreno. En ciertos casos particulares, el anclaje descrito anteriormente no se puede realizar debido a la imposibilidad de perforar un barreno estable. Un anclaje útil puede colocarse hincando barras nervaduras en el terreno; dichas barras tendrían una resistencia a la extracción más débil que la de las barras confinadas.

Conforme a lo visto, tendremos que algunos anclajes adaptan formas y detalles muy variados en cuanto a la manera de constituir la zona de anclaje, mostrándose algunos tipos de anclajes en la figura -100.

El procedimiento de anclaje, dependió de tener realizada la perforación, dado que el diámetro de los barrenos de anclaje dependió de las anclas, ya que fueron utilizadas anclas de fricción de 1" ϕ de varilla corrugada, efectuándose perforaciones de 1 1/2" ϕ para recibir el anclaje.

Para estas anclas de sostenimiento repartido, el diámetro de los barre

nos de anclaje fué el de la barra de anclaje, aumentando a 8 mm. para el confinamiento de la resina.

La longitud del barrenado de perforación (medido a partir del terreno y del revestimiento provisional) fué el de la varilla menos la longitud de la rosca, para este anclaje con confinamiento de resina, la longitud óptima de perforación fué rigurosamente respetada, tal es el caso que nos ocupa en donde el ancla tiene 2.50 mts. de longitud y 15 cms. de rosca.

Dentro de lo posible, fué conveniente orientar a los barrenos perpendicularmente al sistema principal de fracturas a fin de disminuir al máximo las discontinuidades. El ángulo del ancla con la pared fué superior a 60° . Se recomienda que la boca del barrenado, sea situada todo lo posible en una zona de roca intacta sin fisuras. Respetando el área tributaria por ancla lo mas que sea posible.

Al término de la perforación, se limpió el barrenado con aire comprimido para asegurar una buena adherencia de la resina a la pared del barrenado de anclaje.

Antes de realizar los barrenos, se colocó una capa de 5 cms. de espesor de concreto lanzado para proteger al terreno y evitar caídos de material rocoso.

Para la colocación de anclaje se tuvieron 2.5 mts. de longitud las que generalmente son utilizadas, las barras, de ser posible que sean doblemente nervadas para el anclaje de sostenimiento, a fin de aumentar la adherencia de la barra en el interior del barrenado de confinamiento.

Las anclas de sostenimiento (con confinamiento de resina), tuvieron la extremidad cortada en bisel para asegurar, en particular el caso de las resinas, la rotura de los cartuchos en el momento de la introducción del ancla en el barrenado cargado, de tal forma que la resina tuviera buen contacto con la barra del ancla y la roca.

El ángulo óptimo del bisel decrece con la longitud del ancla, de acuerdo a lo siguiente:

LONGITUD DEL ANCLA	ANGULO DE BISEL.
2 mts.	45°
3 mts.	$30^{\circ} - 35^{\circ}$
4 mts.	20°

La cabeza del ancla fué roscada con una longitud de 15 cms. y provista de una tuerca de 6 chaflanes enroscados en 25 mm.

Por razones económicas, fueron utilizadas varillas para concreto cortadas y biseladas en el lugar, mandándose fabricar las roscas y las tuercas -- que retuvieron la placa.

La tuerca del ancla se apoyó sobre una placa de acero de 1/2" de espesor y de 30 x 30 cms. de lado.

El centro de la placa tenía un orificio de 1" ϕ , estas placas fueron -- fijadas contra la pared después del endurecimiento de la resina (10 min. -- aproximadamente).

Cuando la colocación de las placas de apoyo se hace sobre una capa de concreto lanzado no armado, es aconsejable proceder a fijar la placa sobre -- el concreto fresco, con el objeto de obtener un mejor apoyo de la placa y un retaque de la parte cóncava de dicha placa.

La fijación hecha con resina tipo polyester, aseguró una fijación a muy alta resistencia. En tanto que la polymerización se obtuvo por la mezcla dentro del barreno de anclaje de los dos componentes introducidos bajo la forma de cartuchos plásticos.

Los cartuchos de resina pueden presentarse de las dos siguientes formas:

--- Una envoltura exterior que contiene la mezcla, el acelerador y el estabilizador.

--- Una envoltura interior que contiene el catalizador impregnado en arena.

Los utilizados tienen eventualmente una protección exterior (malla de plástico), provista de un collarín que retiene las cargas dentro del agujero en pendientes fuertes (verticales), orientados hacia arriba.

Las resinas presentan problemas de almacenamiento antes de su empleo; en efecto, sus características pueden decrecer rápidamente con el tiempo.

Fué recomendable utilizar cargas de resinas frescas o cuando menos tener el cuidado de sacarlas del almacén únicamente en el momento de su colocación y regresar el sobrante inmediatamente. El estado de conservación de los productos almacenados debe ser objeto de un control constante, con el objeto de evitar endurecimientos prematuros indeseables antes de la colocación.

El manejo de los diversos productos contenidos dentro de las cargas -- fué un tanto mejor, teniendo que el espacio anular entre el cartucho y la pared del barreno era mas pequeño.

Observándose con esto que las economías sobre el volúmen de resina empleado pudo efectuarse haciendo una buena calibración del barreno de anclaje (longitud, diámetro).

Con lo cual se facilitó la introducción del ancla dentro del barreno - cargado, la longitud total de la carga no sobrepasó el 90% de la longitud - del barreno, todo esto con el objeto de tener una buena repartición de la re sina en toda la longitud del ancla.

Para la fijación de la longitud y la calidad de resina introducida en el barreno, fué necesario determinarla en función de la longitud del ancla, diámetros del barreno y de la barra por fijar.

La colocación de las anclas con resina fué una operación delicada, -- realizándose como se muestra en la figura -101, llevada a cabo de la forma - siguiente:

- Después de haber limpiado el barreno, se introdujo una ancla del mismo - diámetro hasta el fondo del barreno, Para garantizar la rectitud del mis - mo y ver que se encontrará sin obstrucciones.
- Introducir las cargas, asegurándose de colocarlas hasta el fondo del ba - rreno. La posición de las cargas de resina dentro del barreno de anclaje, debe controlarse.
- Limpiar el ancla con un cepillo de fierro con el objeto de quitar lo oxi - dado que se opone a una buena adherencia de la resina, eventualmente, - desengrasar las anclas.
- Introducir el ancla (sin la tuerca) por medio de un dispositivo especial (fabricado en obra), que asegure la unión entre la perforadora y la barra roscada. Se hace notar que el inconveniente de disponer de varios dispo - sitivos para instalar las anclas en la obra, ya que hay ocasiones en que no pueden ser desatornillados del ancla colocada hasta que la resina se - haya endurecido.
- Iniciar al mismo tiempo el empuje y la rotación (más de 100 R.P.M.) has - ta la introducción del ancla.
- Regular el empuje para poder hincar la barra al fondo en menos de 1 min.
- Vigilar de mantener durante el tiempo de colocación la perforadora en el eje del barreno.

En el caso de presencia de agua, la fijación con resina se convierte - en un problema delicado, por lo cual hay que realizarlo con mucho cuidado.

Enseguida se muestra la figura -102, que indica los componentes del an - claje, como son la barra de anclaje, barrena y sección transversal del cartu - cho de resina.

Al realizar el anclaje se tomaron precauciones de no incurrir en los - siguientes errores:

1).- Perforación de barrenos para anclaje.

--- Ejecución mal orientada.

--- Perforación dispereja en profundidades y diámetros irregulares.

2).- Colocación de anclaje repartido ó de fricción.

--- Colocación del ancla muy rápido provocando una mala mezcla de la resina.

--- Introducción parcial del ancla.

--- Utilización de resina muy vieja con mucha anticipación.

--- Colocación de un número insuficiente de cartuchos de resina.

--- Empleos de productos de mala calidad.

3).- Colocación de placas de apoyo.

--- Mal colocadas sin dar apoyo contra la pared.

Para que el ancla estuviera correctamente colocada, bastó con que ésta saliera 10 cms. del barreno y sea visible un excedente de resina en el orificio de la barrena.

Finalmente, el control de anclaje fué basado, en la prueba de anclas, - ya que sólo se realizó el ensaye de extracción y tracción en un 10% del total de anclas colocadas.

En forma breve veremos el equipo y materiales utilizados en el procedimiento de anclaje ya mencionado en este trabajo.

Como primer punto tenemos el equipo utilizado en la perforación de barrenos que estuvo compuesto por perforadoras con sistema de rotopercusión modelo S 83F de 3", de adimiento de pierna de alimentación modelo FL - 7 de 2 5/8" de diámetro en el pistón y funcionamiento a base de aire comprimido.

El aire comprimido fué utilizado del tanque almacenador de aire que alimentó a la parte interior de los túneles de acuerdo a especificaciones, - fué utilizada manguera reforzada de ϕ 3/4" para conexión de tubería a perforadoras.

En las figuras 103, 104, 105 y 106, se muestran las características y especificaciones del equipo utilizado.

Para el funcionamiento de las perforadoras y la realización de los barrenos fué necesario utilizar los siguientes accesorios de perforación:

--- Barrenas de acero integral hexagonales con rosca de soga ϕ 7/8" y boca con ϕ 1 1/2" en tramos seccionados de 0.80, 1.60, 2.40, 3.20 y 4.00 mts.

--- Barras zanco de 1.60 mts. con ϕ 1 1/2" y cople de soga.

--- Broquero para hincado de anclas con ϕ 1".

--- Brocas de 1 1/2" ϕ con injerto de diamante y carburo tungsteno.

- Lubricadores de línea.
- Manguera ϕ 3/4".
- Conexiones.

Como último punto correspondiente al equipo, se indica el utilizado en la prueba de anclas:

- Cilindro hidráulico hueco marca OWATONNA con capacidad para 30 toneladas, modelo YH-30A, carrera de pistón de 3" y peso de 11 kilos.
- Bomba hidráulica marca OWATONNA de accionamiento manual, modelo Y 21-1, presión máxima de funcionamiento igual a 10,000 lbs/pulg², carrera del pistón de 3/4" y peso de 8.5 kilos.
- Manómetro marca OWATONNA, modelo Y-1a, calibrado en 0-10,000 P.S.I y en toneladas para cilindros de 17.5, 30 y 50 toneladas.

Entre otro de los puntos, tenemos los materiales utilizados que son -- indicados enseguida:

- Anclas de varilla con ϕ 1" de 2.5 y 4.0 mts. de largo con cuerda de 15-cms. por lado y corte en bisel a 30° en la punta.
- Placas de acero con espesor de 1/2" y 30 cms. por lado, orificio al centro de 1" ϕ .
- Resina epóxica en cartuchos de 30 cms. de largo con ϕ 1 1/4" tipo --- FASLOC-T.

Finalmente, se hacen algunos comentarios respecto a las especificaciones por parte de Dupont para el uso y clasificación de las resinas FASLOC-T.

Los diferentes rangos de tiempo en el fraguado de las resinas, son mostrados de acuerdo a la tabla IX, donde se podrá encontrar con gran facilidad el número y tipo de cartuchos de resina que sean requeridos o solicitados.

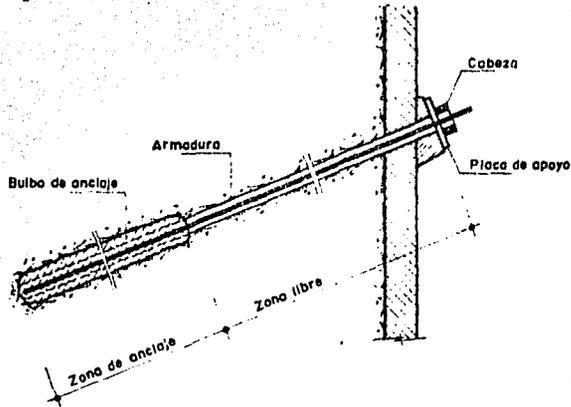


Figura 99 Partes fundamentales de un anclaje.

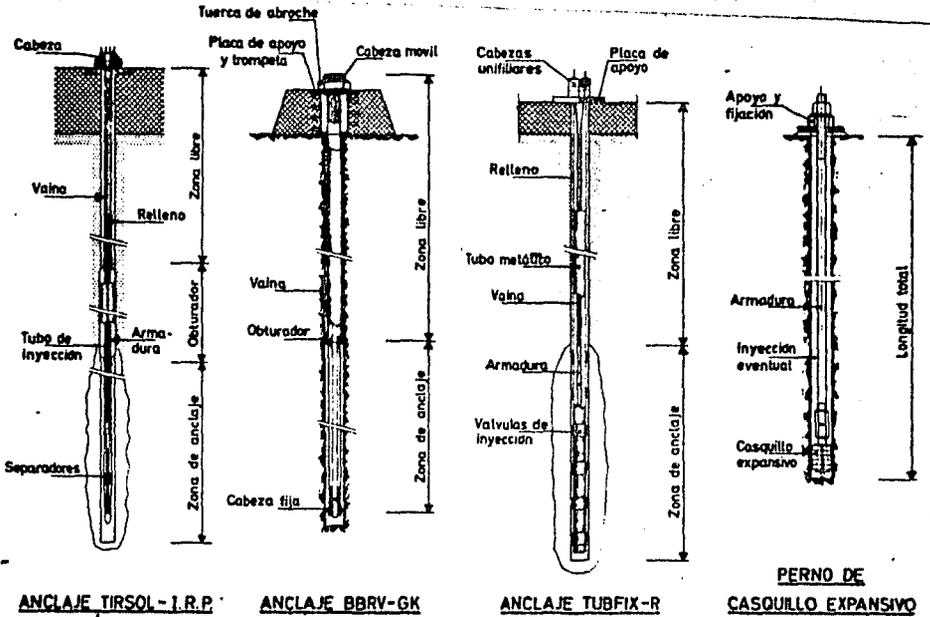


Figura 100 Algunos tipos de anclajes.

VII. 8.- PROCESO DE CONCRETO LANZADO.

El concreto lanzado posee normalmente un asentamiento igual a cero, con lo que puede soportarse sin deformaciones, ya que la fuerza de ésta proyección y el impacto, hace que el material se compacte y quede adherido.

El concreto lanzado ha venido a revolucionar las técnicas de excavación y soporte de obras subterráneas. Su aplicación en todo tipo de obras de Ingeniería Civil y Minería se extiende cada día mas. A continuación se explican sus características, que son la base de sus magníficos resultados.

La Allentown Cement Company patentó en 1909, el mortero lanzado, al que llamó "GUNITÉ", y una máquina lanzadora, "CEMENT GUN". Se empleó por primera vez, en una obra subterránea, se estima que fué en 1914, en la Mina Experimental de Brucetow, de la oficina de Minas de Pittsburgh, posteriormente se ha aplicado como protección de superficies de roca, contra el deterioro por intemperismo y, en ocasiones, como medida de soporte temporal.

Sin embargo los espesores convencionales de concreto lanzado pueden resistir sólo temporalmente cargas potenciales. El incremento de espesor más allá de los 20 ó 30 cms. (8 ó 10"), puede destruir la flexibilidad requerida para ajustarse al flujo de la roca. Las rocas muy quebradas y frágiles, los aglomerados, los conglomerados sueltos y los materiales plásticos blandos, pueden formar grandes o extensas zonas de tensión antes de que el concreto lanzado se aplique. En estos casos, el anclaje sistemático ha demostrado incrementar la cohesión y preservar la integridad de estos materiales contra la relajación ó desintegración y el deterioro. En esto se basa el Nuevo Método Austríaco de túneles, una de las técnicas aplicadas en los más grandes proyectos de los últimos tiempos.

Existen tres procedimientos para aplicar el concreto lanzado y son:

- 1).- Sistema de mezcla seca.
- 2).- Sistema de mezcla húmeda.
- 3).- Sistema de mezcla semi-húmeda.

Las velocidades aproximadas en la proyección de concreto lanzado varía de 90 a 120 mts. por segundo.

La calidad de los materiales utilizados y sus granulometrias, influyen en la calidad del concreto lanzado.

El primer paso fué la localización de un banco ó mina para la obtención de los materiales requeridos en la construcción de la obra, que de acuerdo a especificaciones cumpla con los requisitos el material, al localizarla

se busco que estuviera ubicada lo más cerca posible a la obra para su inmediata adquisición. Fué localizada una mina que cumplía con las especificaciones de los agregados y era la más cercana en la periferia, encontrándose a unos 23 Kms. de la obra como indica en la figura 107, que muestra el croquis de la localización.

Los agregados empleados en los concretos lanzados se obtuvieron por la selección y clasificación de materiales procedentes de esta mina.

Fudieron emplearse agregados que no cumplieran con la granulometría indicada siempre y cuando en los ensayos preliminares se obtuvieran buenos resultados. La rena para las capas, podía ser más fina que la granulometría indicada.

Estos agregados estan compuestos de partículas limpias, duras, resistentes y de una calidad uniforme. Su forma era redondeada y contenía --- menos del 15 % de partículas planas y delgadas, definiendo como una partícula alargada aquella que tiene su máxima dimensión cuatro veces mayor que la mínima.

El empleo de áridos finos o gruesos, o una mezcla de ambos, se hizo de acuerdo con el espesor aplicado de concreto lanzado.

Como norma general, en ningún caso fueron empleados agregados con --- tamaños superiores a 25 m.m. (1").

El agregado fino para el concreto lanzado fué el material granular, del cual pasó por el tamiz # 4 un mínimo del 95% en peso. Siendo arenas de granulometría uniforme, naturales, y angulosas.

Su curva granulométrica estuvo comprendida dentro de los límites que se señalan a continuación:

TAMIZ	CERNIDO ACUMULADO
3/8"	100
# 4	95 - 100
# 8	80 - 100
# 16	50 - 85
# 30	25 - 60
# 50	10 - 30
# 100	2 - 10
# 200	0 - 5

Donde cumplió las siguientes limitaciones granulométricas:
 Tamaño III : 25 a 4.7 m.m.

<u>TAMIZ</u>	<u>CERNIDO ACUMULADO</u>
1"	100
3/4"	90 - 100
3/8"	20 - 55
# 4	0 - 10
# 8	0 - 5

Los componentes de la mezcla, sobre todo los agregados, que fué necesario que estuvieran completamente secos ya que, los agregados ligeros necesitan una humedad relativa. Sin embargo deben estar situados donde pueda el agua drenar libremente y no se empapen con el agua del suelo.

Los agregados deben ser mantenidos en condiciones óptimas, protegiéndolos con lonas que permitan que el aire circule sobre él y evitando que la lluvia los empape. Mostrándose a continuación en las figuras 108, 109 y 110, los resultados obtenidos de la granulometría realizada a los materiales de la mina la SACSA antes mencionada.

Las bases para el diseño de mezclas utilizadas para el concreto lanzado, dependieron del tipo de terreno encontrado, resistencia del concreto solicitado, procedimiento a utilizar y las especificaciones de los agregados. Por todo esto, es que aún no se tienen determinadas en forma una relación específica ni muy clara de las diferentes proporciones utilizadas, ya que para cada caso en particular se han aplicado diferentes proporciones y parecen ser puramente empíricas en la actualidad.

Es necesario recopilar todos los datos de que se disponga acerca de cada una de las obras donde se ha utilizado para así formar una memoria y poder proporcionarse información mas amplia al respecto.

Lo que si se puede asegurar, es que de las proporciones recomendadas entre 1:4 y 1:3 se puede obtener un promedio con el cual se trabaje, dando esto una resistencia aproximada de 350 Kg/cm² a los 14 ó 28 días de su aplicación. Por lo que tenemos, que de la mina SACSA, localizada en el camino Naucalpan-Huixquilucan Km. 17.5, desviación derecha 800 metros, se obtuvo la grava-arena (que es producida con la mezcla de los agregados grava y arena), con sus respectivos estudios se encontró que de acuerdo a las curvas granulométricas mostradas anteriormente se consideraron aceptables para el concreto lanzado. Contando con grava de un diámetro máximo de

25 mm. (1"), 40% grava y 60% arena.

La proporción recomendada, fué la siguiente:

F'c	Cemento R.N.	Agregados	Aditivo Fraguasil "N" 6 Sigunit.
300 Kg/cm ²	1.0	3.14 en Vol.	11 Kg/m ³

El cálculo de proporcionamiento para Fc' de 300 Kg/cm² a 14 días con revenimiento 10 - 12 cms.

Las propiedades de los materiales utilizados en el concreto lanzado fueron las siguientes:

<u>PROPIEDADES</u>	<u>GRAVA</u>	<u>ARENA</u>	<u>CEMENTO</u>
a) Peso volumétrico suelto Kg/m ³	1,310	1,470	1,515
b) Peso volumétrico compacto Kg/m ³	1,485	1,550	
c) % Absorción	5.83	5.63	
d) Densidad	2.12	2.05	3.12
e) Arena	40		
f) Grava		60	
g) Módulo finura		3.2	
h) Relación G/A (peso) = 1.04			

Obteniéndose con esto la siguiente proporción:

$$A/C \text{ (PESO)} = 0.46$$

<u>MATERIALES</u>	<u>PESO SACO</u> (Kg.)	<u>RELACION EN</u> <u>PESO</u>	<u>VOL/SACO</u> (lts.)	<u>RELACION EN</u> <u>VOLUMEN</u>	<u>VOL. ABSOL</u> por saco	<u>PESO TOTAL</u> (Kg/m ³)
CEMENTO	50	1.0	33	1.0	16.0	446.30
ARENA	69.92	1.39	53	1.60	34.11	652.07
GRAVA	73.31	1.46	51	1.54	34.11	683.68
AGUA	23.00	0.46	23	0.69	23	214.50
<u>S U M A =</u>			<u>107.22 - 2,016.55</u>			

Con la proporción obtenida y las cantidades mencionadas con anterioridad, se inició el lanzado de concreto, aunque fueron hechos algunos ajustes sobre la marcha debido a las circunstancias que se presentaron, tales -

como el debido control sobre la dosificación y aplicación del concreto lanzado, que trae como consecuencia el aumento ó disminución de agregados y cemento, ésto por los efectos del rebote en una buena o mala aplicación, - así como los espesores de las capas de concreto lanzado llevando sus respectivas dimensiones del terreno poco uniforme, pero siempre respetando - las especificaciones marcadas.

Otro de los aspectos fundamentales en la dosificación, fué el proporcionamiento de la mezcla y lanzado de concreto, ya que fueron utilizados - para obtener un fraguado y resistencia del concreto en un plazo muy corto.

Los aditivos para el concreto lanzado fueron productos en polvo que en determinada proporción mejoraron las cualidades del concreto lanzado, - evitan el rebote, el fraguado y contribuyen a obtener una buena adherencia.

En este caso fué necesario un fraguado rápido y altas resistencias - iniciales por lo que se empleó sigunit que es un aditivo acelerador de -- fraguado e impermeabilizante.

La dosificación varía entre el 2 y 7 % del peso del cemento, obtenién dose los siguientes tiempos de fraguado, considerando un cemento portland-normal.

<u>CANTIDAD DE ADITIVO</u>	<u>PRINCIPIO DE FRAGUADO</u>	<u>FINAL DE FRAGUADO</u>
3 - 4 %	1 - 1.5 min.	2.5 - 4 min.
5 - 7 %	0.5 - 1 min.	1 - 2 min.

De los aditivos existentes en el mercado son recomendables por sus - buenos resultados el Fraguacil - N, Sigunit - N y el Ailipon R - 6 que son de los mas usados. El Fraguacil - N y Sigunit - N, ambos productos elabora dos por Sika Mexicana.

El utilizado fué del tipo Sigunit - N, es un polvo que se mezcló al cemento y arena en proporción de 11 Kg/m³. Sus componentes ofrecieron las - ventajas del fraguado rápido, una adherencia firme y una permeabilidad -- perfecta.

La proporción recomendada va de 500 gramos a 3 Kgs. de sigunit por - saco de cemento de acuerdo con las proporciones deseadas.

Empleando la clase de cemento portland y sigunit en las proporciones indicadas, se obtuvieron los siguientes tiempos de fraguado para el concre to lanzado:

<u>CANTIDAD SIGUNIT</u>	<u>FRAGUADO INICIAL</u>	<u>FRAGUADO FINAL</u>
3 Kg. por saco de 50 Kgs.	0.75 - 1.5 min.	5 - 8 min.
1.5 Kgs. por saco	3 min.	20 min.
0.5 Kg. por saco.	1.5 hs.	4 Hs.

La aplicación en las mezclas proporcionó la colocación de concreto. Después de endurecida la primera capa de 5 cms. se colocó la primera capa de malla electrosoldada para una mejor resistencia, después de colocada la primera capa de malla, fué colocada la segunda capa de concreto lanzado de 10 cms., - después fué colocada la segunda capa de malla y al final se colocó la tercera capa de concreto lanzado de 15 cms. como revestimiento definitivo. Esto fué - respetando los siguientes aditivos de concreto lanzado:

<u>MEZCLA</u>	<u>TIEMPO FRAGUADO</u> (segundos)	<u>RESISTENCIA A LA COMPRESION.</u>		
		Kg/cm ²		
		4 hs.	8 hs.	24 hs.
C - S	150	25	99	150
C - R	3,780	23	121	158
C - P	165	20	152	184
C - E	1,442	13	60	-
T - S	107	14	57	111
T - R	9,040	13	102	154
T - P	80	25	73	145
T - E	1,700	4	12	-

CLAVE DE LAS MEZCLAS.

- C = Cemento Cruz Acúl tipo II.
- T = Cemento Tolteca tipo I.
- S = Aditivo Sigunit; 3% en peso de cemento.
- R = Aditivo Radipur; 3% en peso de cemento.
- P = Aditivo Poz-Lig; 3% en peso de cemento.
- E = Aditivo estabilizador sustituyendo 25% de contenido de agua.

Relación Agua Cemento en todos los casos A/C = 0.35

Se acostumbró agrupar los agregados en tres fracciones para ser mezclados; de 19 a 9.5 mm. ($3/4"$ a $3/8"$), de 9.5 mm. ($3/8"$) a menor de la malla # 4 y arena. La humedad de los agregados ya dosificados antes de mezclarse con el cemento, debe estar comprendida entre 3 y 6%. La dosificación de agregados y cemento se hizo por peso en un carro dosificador.

El tipo de mezclado fué de dos minutos.

La dosificación se efectuó por peso, ahora bien, se hubiera hecho por volúmen si el equipo se emplea ocasionalmente. Los agregados ligeros se dosifican a menudo mejor por volúmen, ya que su densidad depende mucho del grado de humedad.

La velocidad con que los agregados chocaron contra el terreno fué alta, que produjeron un gran porcentaje de rebote, este rebote fué mayormente de arena con una pequeña cantidad de cemento, viendo así que una dosificación de 1:4 (cemento arena) provocó un 10% de rebote con un valor analizado de 1:10, lo que hizo que la mezcla "in situ" fuera aproximadamente de 1:3.7 ó sea, mucho mas rica en cemento que la mezcla original.

La dosificación más usual es la de 400 Kgs. de cemento por metro cúbico de agregado empleado, para el caso de los concretos y 350 Kgs. de cemento por metro cúbico de agregado empleado, para concreto lanzado.

La calidad de los cementos empleados en la mezcla fué del tipo 350 y 450 portland y se pueden utilizar también cementos aluminosos cuando se trate de recubrimientos refractarios, cuidando en gran manera el calor de fraguado, asimismo se pueden utilizar cementos puzolánicos.

La transportación de los ingredientes o de la mezcla seca hasta la máquina lanzadora, se hizo por medio de un camión dosificador como el mostrado en la figura - 111, el cual estaba equipado con un silo, figura -112, dividido en dos tolvas de 5 y 2 m³ respectivamente de agregados y cemento.

El carro dosificador de mezclas, debe mezclar la arena y el cemento de manera que los granos de agregados queden completamente cubiertos de cemento, su producción fué la suficiente para mantener un suministro constante a la máquina lanzadora. La mezcla pasó por el tamiz que va colocado en la tolva de recepción de la lanzadora, a fin de prevenir la entrada de agregados mas gruesos al interior del rotor.

El concreto lanzado deberá armarse siempre que tenga que resistir esfuerzos estructurales. Esta armadura deberá tener la forma de malla de acero electrosoldada, cuyo peso y tipo dependerá de las circunstancias especiales de cada caso particular.

En la mayoría de los casos deberá armarse el concreto lanzado cuando sobrepase espesores de 3 cms., como el caso que nos ocupa.

Las mallas normalmente usadas son:

50 x 50 mm.

100 x 100 mm.

150 x 150 mm.

200 x 200 mm.

El diámetro del alambre como mínimo será de 3 mm. llegando hasta los 10 m.m.

En cuanto a su forma, podrá ser suministrada en rollos, como se muestra en la figura 113.

Es importante que estas armaduras se coloquen en debida forma, ya que en caso de no hacerlo se tiende a provocar un rebote excesivo, por lo tanto, debería evitarse el colocar:

- a) Barras torcidas.
- b) Barras deformadas.
- c) Malla de metal desplegado.
- d) Doblado de tela metálica de gallinero.

Antes del primer montaje se proyectó una primera capa sobre la superficie, lo cual facilitó el montaje, aseguró la adhesión normal y redujo el rebote. Como aquí se requirieron dos redes, se lanzó completamente sobre la primera red, y a continuación se montó la segunda y se procedió a su lanzamiento, fué aplicado como se muestra en las figuras 114 y 115.

La malla de acero se utilizó como refuerzo del concreto convencional que sin refuerzo de acero soporta poca tensión que es del orden del 20 % de la resistencia a la compresión y puede fluir y flexionarse como una membrana estructural para adaptarse a los movimientos de la roca; en la técnica austríaca se utilizó la colocación de malla combinada de anclas y concreto lanzado.

La forma correcta o incorrecta de fijar las armaduras se muestra en la figura 116. En caso de que dos o mas capas de armadura vayan a ser colocadas, la capa externa no debe ser asegurada directamente con la capa interna, sino que debe ser escalonada de manera que permita a la cara interna el ser proyectada sin interferencia. Se admite la colocación que se muestra en la figura 116, (f), aunque es mejor el sistema de doble capa que se muestra en la figura 116 (g). La armadura interna está en la primera capa después de lo cual se fija la segunda malla y se aplica la segunda -

capa de concreto lanzado.

Cuando sea posible, las armaduras no deben ser empalmadas o colocadas juntas como se muestra en la figura 116 (b), sino que deben ser separadas como en la figura 116 (c) y (h), donde se mantienen las longitudes de traslape normales. Cuando se utilizan agregados finos de concreto lanzado, la armadura debe separarse al menos 10 m.m. del soporte. Esta distancia se debe aumentar a 50 m.m. cuando se utilicen agregados gruesos (ver figura 116 (d) y (e)).

Como norma conviene prever que la separación entre armadura y soporte sea como mínimo:

$$S = 1.5 \phi \text{ Máximo de agregado.}$$

La función mas importante de la instalación de concreto lanzado fué la de suministrar los materiales, el aire y el agua a la boquilla de proyección en las debidas proporciones y con una presión del aire de trabajo adecuado. Como parte importante de esta instalación fué la máquina de lanzado, la mas importante en cuanto a la maquinaria e emplear como pieza -- clave.

Debido a la importancia de cada uno de los equipos que forman una instalación de lanzado, se hablará de las funciones de cada uno.

La totalidad de la instalación dependió del suministro adecuado del aire comprimido. El compresor no sólo suministró un volumen suficiente de aire a la presión adecuada, sino también garantizó que la presión no fluctuó. El aire suministrado a la lanzadora estuvo seco y exento de aceites. La mayor parte de las lanzadoras están equipadas con secadores, el paso de aire húmedo provocaría la condensación del vapor de agua dentro de la lanzadora, hidratando y obstruyendo poco a poco los diversos tubos al formarse costras de cemento.

Para la instalación normal, se instaló un tanque almacenador de aire comprimido alimentado por dos compresores para satisfacer las demandas -- por parte del equipo de barrenación y dos lanzadoras, trabajando simultáneamente requirieron de una determinada cantidad y con este tanque se abasteció a ambos trabajos. Es decir, una sola lanzadora requiere una capacidad mínima de 7 mts.³/min. en trabajos horizontales. Para un lanzado estructural (muros, paredes, etc.), se requerirá una capacidad mínima de 10 mts.³/min., y para trabajos de gran distancia o gran altura (mayor de 80-mts.) requerirá de 17 mts.³/min. Siempre es mejor disponer de un margen de capacidad adicional.

La presión de funcionamiento normal (presión efectiva de la salida de la boquilla), se midió mediante un manómetro cerca de la salida, por lo general oscila entre 3 y 4 Kg/cm², mientras que la presión de suministro a la lanzadora varía entre 6 y 7 Kg/cm², Indudablemente la presión de funcionamiento dependió de la longitud de la manguera y también de la boquilla sobre la lanzadora. Como norma deberá incrementarse en 0.02 Kg/cm², por metro de manguera en longitud y en 0.04 Kg/cm² por cada metro de altura sobre la lanzadora. La altura máxima encima de la lanzadora a la que se puede suministrar la mezcla con gran seguridad es de 100 mts.

El agua se suministra a una válvula acoplada a la boquilla a través de una manguera ligera y flexible para alta presión, conectándose esta manguera directamente al pu. to de suministro a una presión no inferior a 3 Kg/cm²

Todas las mangueras fueron de alta presión y resistentes a la abrasión, en tramos de 20 mts. La alimentación en la boquilla fué con una manguera de 15 mts. cuidandose la unión de las mangueras mediante acoplamientos especiales, manteniendo uniforme el diametro ya que pueden provocar un control defectuoso en el lanzado. Los diámetros de las mangueras son:

- Para concreto lanzado = 50 mm. de ϕ interior.
- Para aire comprimido, lanzadora = 35 mm. de ϕ interior.
- Para agua = 19 mm. de ϕ interior.

La lanzadora se seleccionó de acuerdo con el tipo de mezcla seca o húmeda y la producción de concreto que se requiere lanzar.

Así, de los diferentes modelos, sólo veremos 4 sistemas tipo, que son variaciones mejoradas de las existentes:

- 1.- Tipo de doble cámara de presión.
- 2.- Tipo de alimentación directa o por gravedad.
- 3.- Tipo rotor.
- 4.- Tipo de doble cámara con tornillo adaptado.

La máquina tipo rotor fué seleccionada y utilizada en la obra que nos ocupa, observaremos que ésta máquina se aparta de los diseños convencionales y ofrece una serie de ventajas, aunque tiende a un mayor costo, debido al mayor número de su superficie de desgaste.

Consta con una serie de cámaras cilíndricas dispuestas entre 2 placas perfectamente planas y paralelas. Girando el rotor se cargan las cámaras con el material que cae desde la tolva, cerrándose al pasar a la zona cargada y descargándose al entrar bajo la presión de aire que expulsa el material por la boca de la salida, donde una corriente de aire adicional envía la mezcla por la manguera hasta la boquilla. Se limpia la cámara pasando por una salida de vaciado y vuelve a la zona de carga para repetir el ciclo.

Esta máquina es muy resistente y mas fácil de transportar, con produccio

nes mayores, recomendando su empleo con todo tipo de materiales e incluso - para producir lanzados de alta velocidad.

La mayor ventaja de esta máquina radica en que requirió un mínimo de - atención durante su funcionamiento, pudiéndose ajustar a una alimentación de terminada y continua, dejándola funcionar sin prestarle mucha atención. Por - este motivo, fué realizada su adquisición y utilización (figura 117).

Por último, tenemos que la función de la boquilla, es la de convertir - mediante la adición de agua a la mezcla seca en concreto húmedo, que circule a una velocidad suficiente como para poder ser dirigido a un punto especfi - co, a una determinada distancia, donde chocará con una superficie quedando - adherido a ella.

Se verá con mas detalle la colocación del concreto lanzado en obra di - rectamente en el Capítulo X de este trabajo.

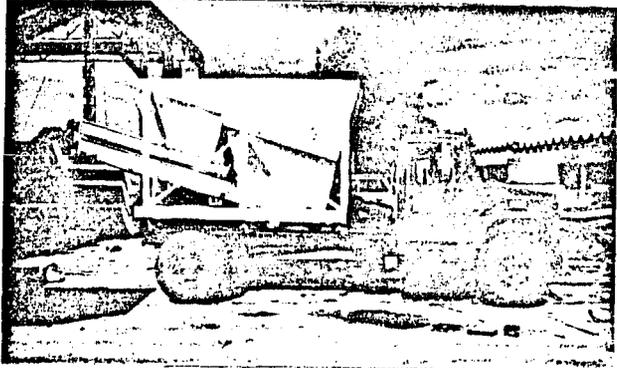


FIG.- 111- Carro dosificador de agregados utilizado en esta obra.

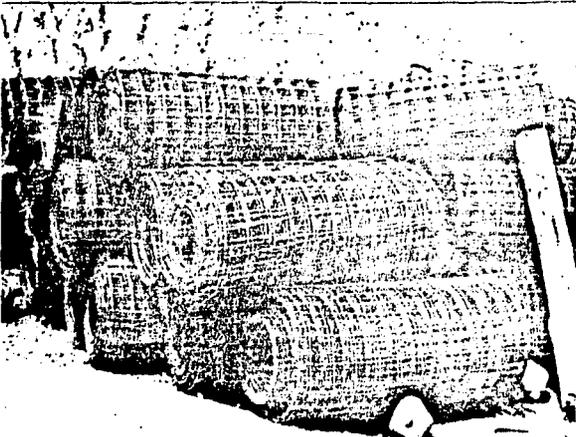


FIG.-113- Malla electro-soldada utilizada para mejor adhe - rancia y resistencia del concreto lanzado.

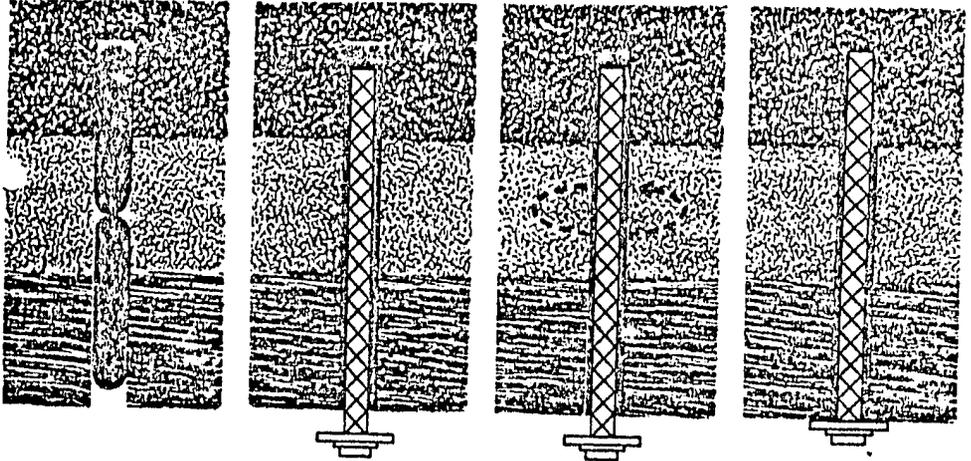


FIGURA.- 101.- Procedimiento de hincado en el anclaje de pernos NO-TENSADOS.

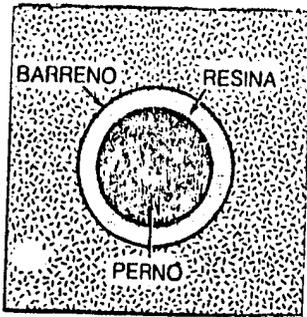
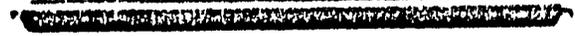
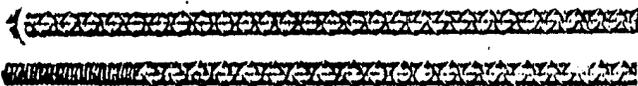


FIGURA.-102- Corte de la sección de anclaje y sus respectivos componentes (Ancla, Resina, Barrena).

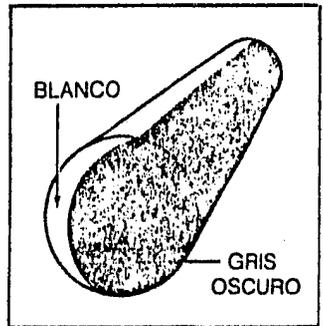
... formado por un cartucho de resina especial y un perno de acero



g) CARTUCHO



h) PERNOS



i) SECCION TRANSVERSAL

MODELO
S 53 F
2 9/16" DIAMETRO
65.07 MM.

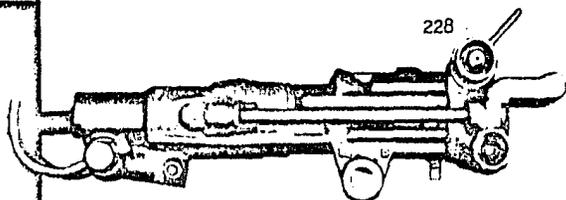
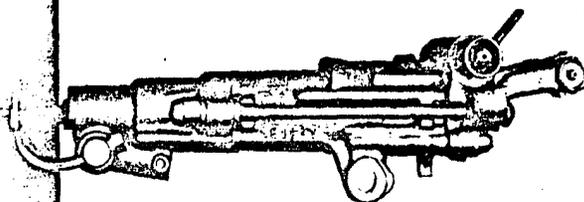


FIGURA.- 103.

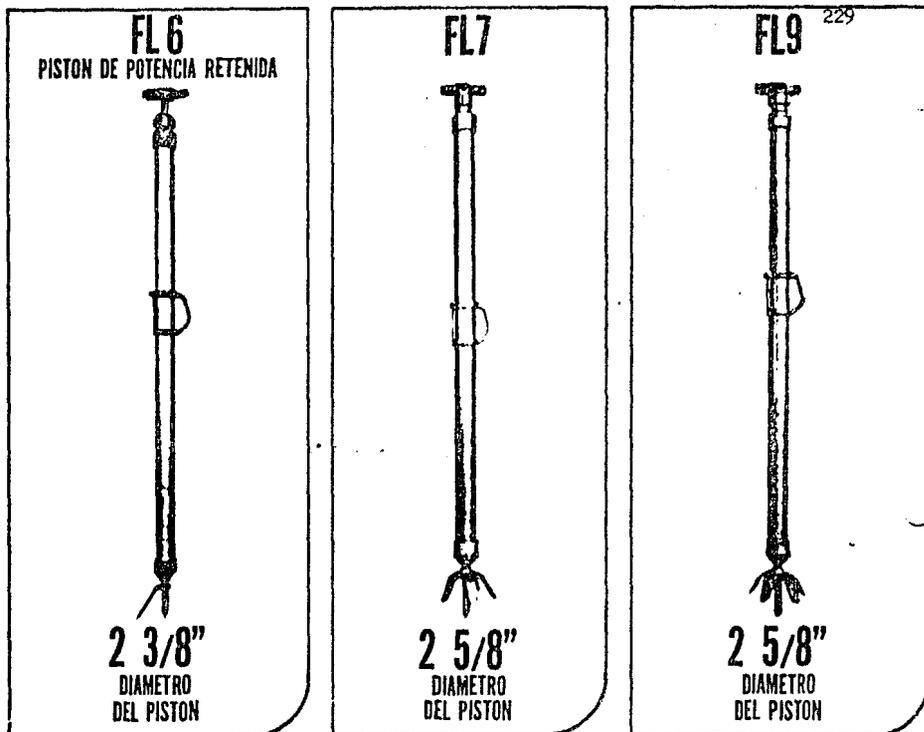
MODELO
S 83 F
3" DIAMETRO
76.2 MM.



ESPECIFICACIONES DE LAS PERFORADORAS				
MODELO	S 53 F		S 83 F	
	SISTEMA METRICO	SISTEMA INGLES	SISTEMA METRICO	SISTEMA INGLES
DIAMETRO DEL PISTON	65 mm.	2 9/16"	76 mm.	3"
LONGITUD TOTAL (Incluyendo freno y manija "D")	618 mm.	24 3/4"	688 mm.	27 1/4"
PESO TOTAL	29.2 Kg.	57 3/4" Lbs.	30.8 Kg.	68 Lbs.
TAMAÑO DE LA MANGUERA DE AIRE	19 mm.	3/4"	19 mm.	3/4"
TAMAÑO DE LA MANGUERA DE AGUA	13 mm.	1/2"	13 mm.	1/2"
MEDIDA DEL BROQUERO	22 mm. Exag.	7/8" Hex.	22 mm. Exag.	7/8" Hex.
PESO DE EMBARQUE	29 Kg.	64 Lbs.	34 Kg.	75 Lbs.
DIMENSIONES DE EMBARQUE	228 X 279 X 737 mm.	9" X 11" X 29"	228 X 279 X 737 mm.	9" 11" X 29"

Especificaciones sujetas a cambio sin previo aviso.

FIGURA.- 105.



El cabezal que controla la retracción es característica principal de la pierna FL7, para perforadoras S83F, proporcionando una contracción instantánea de la pierna de alimentación al oprimir el botón y que permite un sacado rápido de la barrena del agujero. Un regulador de presión integrado al mecanismo de control de la pierna,

eliminan las continuas fugas de aire a la atmosfera y proporciona un extenso rango de ajustes para condiciones de operación y presiones de aire poco comunes.

Los cilindros de aluminio son usados en todas las piernas de alimentación. Todas éstas provistas de manijas ajustables.

FIGURA.- 104.

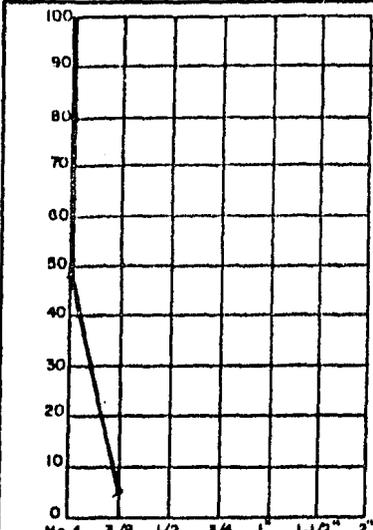
ESPECIFICACIONES										
MODELO	DIAMETRO DEL PISTON	TIPO	LONGITUD DE CARRERA DISPONIBLE		LONGITUD TOTAL				PESO NETO	
			S.M.	S.I.	REPLEGADA		EXTENDIDA		S.M.	S.I.
					S.M.	S.I.	S.M.	S.I.		
FL6 CONST. No. 2	60 mm. 2 3/8"	<ul style="list-style-type: none"> Cilindro de aluminio. Acoplamiento de cambio rápido. 	1219 mm.	48"	1664 mm.	65 1/2"	2883 mm.	113 1/2"	14.1 kg.	31 lbs.
FL7 CONST. No. 1	67 mm. 2 5/8"	<ul style="list-style-type: none"> Cilindro de aluminio. Acoplamiento de cambio rápido. Retráctil 	1371 mm.	54"	1829 mm.	72"	3200 mm.	126"	18.4 kg.	40 3/4 lbs.
FL9 CONST. No. 3	67 mm. 2 5/8"	<ul style="list-style-type: none"> Cilindro de aluminio. Acoplamiento de cambio rápido. 	1219 mm.	48"	1676 mm.	66"	2836 mm.	114"	14.5 kg.	32 lbs.

FIGURA.- 106.

Fecha 82.07.17 Obra TUNEL VISTA HERMOSA.
 Solicitante CONSTRUCCIONES, S.A.
 Presupuesto No. _____ Expediente No. _____ Orden de Trabajo No. _____

ENSAJE DE AGREGADOS PARA CONCRETO

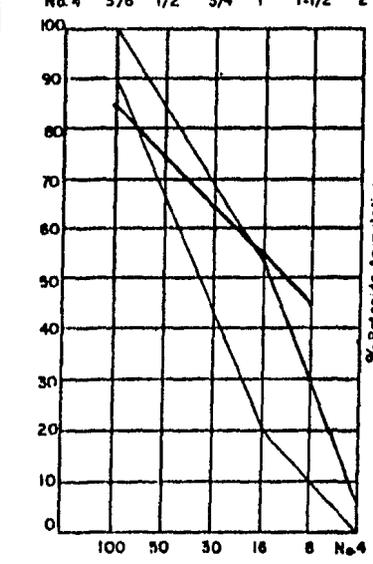
GRAVA ARENA M-1



GRAVA MINA SAC SA.
 Peso Vol Suelto 1280 Kg/m³ % Abs 4.15
 Peso Vol Comp. 1360 Kg/m³ Densidad 2.13

Malla	Peso Kg	% Retenido	% Ret Acumulad.
4"			
3"			
2"			
1-1/2"			
1"			
3/4"			
1/2"			
3/8"	76.3	5.9	5.9
No. 4	555.8	42.7	48.6
Charola	667.9	51.4	100.0
TOTAL	1300.0	100.0	

Porcentaje de Arena 77.0 % Módulo de Finura _____



ARENA MINA SAC SA.
 Peso seco suelta 1490 Kg/m³ Analisis Colorimétrica
 Peso seco Comp. 1610 Kg/m³ Color No. 0.0
 % Abs. 4.23 Densidad 2.05

Malla	Peso Kg	% Retenido	% Ret Acumulado
No. 4			
No. 8	290	43.4	43.4
No. 16	85	12.8	56.7
No. 30	43	6.4	62.5
No. 60	74	11.10	73.6
No. 100	45	6.8	80.4
No.			
Charola	131.0	19.6	100.0
TOTAL	668.0	100.0	

Porcentaje de Grava 33 % Módulo de Finura 3.14

Observaciones: EL MATERIAL EN LA MINA ES PRODUCIDO
 YA MEZCLADO: 77% GRAVA
 33% ARENA.

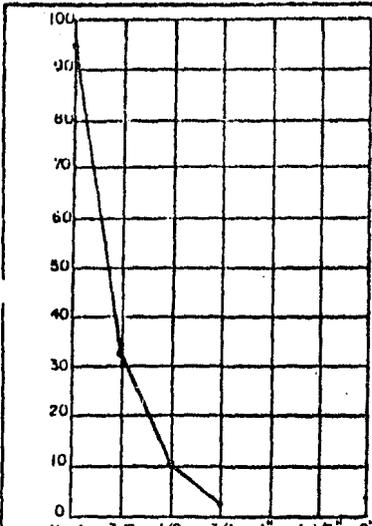
Vo. Bo.

FIGURA .- 108

Fecha 02.07.17 Obra TUNEL VISTA HERMOSA
 Solicitante CONSTRUCCION, S.A.
 Presupuesto No. _____ Expediente No. AC-03 Orden de Trabajo No. 82/9

GRAVA - ARENA M-2

ENSAYE DE AGREGADOS PARA CONCRETO

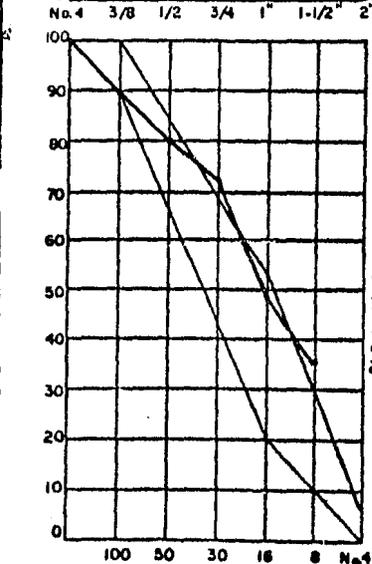


GRAVA MINA SAC SA.

Peso Vol. Suelto 1380 Kg/m³ % Abs. 4.17
 Peso Vol. Comp. 1455 Kg/m³ Densidad 2.17

Malla	Peso Kg	% Retenido	% Ret. Acumulad.
4"			
3"			
2"			
1-1/2"			
1"			
3/4	38.3	2.3	2.3
1/2	113.6	6.9	9.2
3/8"	397.3	23.5	32.7
No. 4	1052.3	64.0	96.7
Charola	55.3	3.3	100.0
TOTAL	1646.8	100.0	

Porcentaje de Arena 52 % Módulo de Flujo _____



ARENA MINA SAC SA.

Peso seco suelto 1520 Kg/m³ Análisis Colorimétrico
 Peso seco Comp. 1678 Kg/m³ Color No. 0.0
 % Abs. 4.12 Densidad 2.01

Malla	Peso Kg	% Retenido	% Ret. Acumulad.
No. 4			
No. 8	171.0	34.4	34.4
No. 16	68.0	13.6	48.0
No. 30	129.0	26.0	74.0
No. 50	27.0	5.4	79.4
No. 100	51.0	10.3	89.7
No.			
Charola	51.0	10.3	100.0
TOTAL	497.0	100.0	

Porcentaje de Grava 48 % Módulo de Flujo 3.24

Observaciones: EL MATERIAL EN LA MINA ES PRODUCTO
 YA MEZCLADO GRAVA 52%
 ARENA 48%

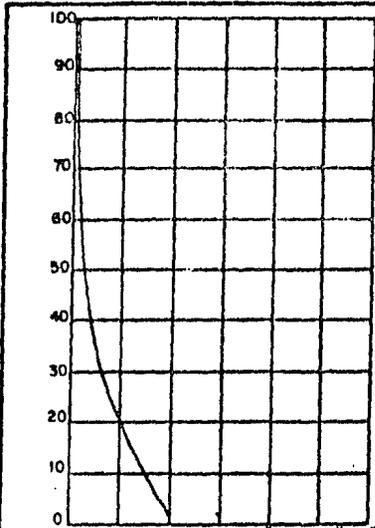
[Handwritten signature]

Ve. Gs.

SE CONSIDERA ACEPTABLE PARA EL CONCRETO LANZADO.

Fecha 82 07 17 Obra TUNEL VISTA HERMOSA.
 Solicitante CONSTRUCCIONES, S.A.
 Presupuesto No. _____ Expediente No. AC-03 Orden de Trabajo No. 82/9
 GRAVA - ARENA M-3

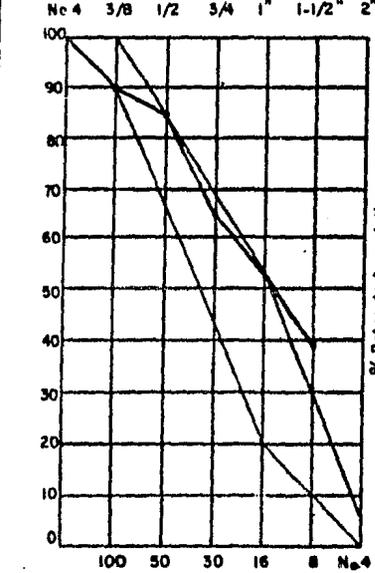
ENSAYE DE AGREGADOS PARA CONCRETO



GRAVA MINA SAC SA.
 Peso Vol. Suelto 1310 Kg/m³ % Abs. 5.38
 Peso Vol. Comp. 1485 Kg/m³ Densidad 2.12

Malla	Peso Kg	% Retenido	% Ret. Acumulad.
4"			
5"			
2"			
1-1/2"			
1"			
3/4			
1/2	38.40	2.1	2.1
3/8	360.80	19.9	22.0
No. 4	1395.70	77.1	99.0
Charola	15.00	.9	100.00
TOTAL	1810.	100.0	

Porcentaje de Arena _____ % Módulo de Finura _____



ARENA MINA SAC SA.
 Peso seco suelta 1470 Kg/m³ Analisis Colorimétrico
 Peso seco Comp. 1550 Kg/m³ Color No. 0.0
 % Abs. 5.63 Densidad 2.05

Malla	Peso Kg	% Retenido	% Ret. Acumulado
No. 4			
No. 8	197.0	39.4	39.4
No. 16	76.10	14.2	53.6
No. 30	50.15	10.1	63.7
No. 50	97.00	19.4	83.1
No. 100	29.30	5.9	89.0
No.			
Charola	55.45	11.0	100.0
TOTAL	500.0	100.0	

Porcentaje de Grava 40 % Módulo de Finura 3.27

Observaciones: **EL MATERIAL EN LA MINA ES PRODUCIDO YA HEZCLADO DE GRAVA Y ARENA.**

[Handwritten signature]

V. B.

SE CONSIDERA ACEPTABLE PARA EL CONCRETO LANZADO.

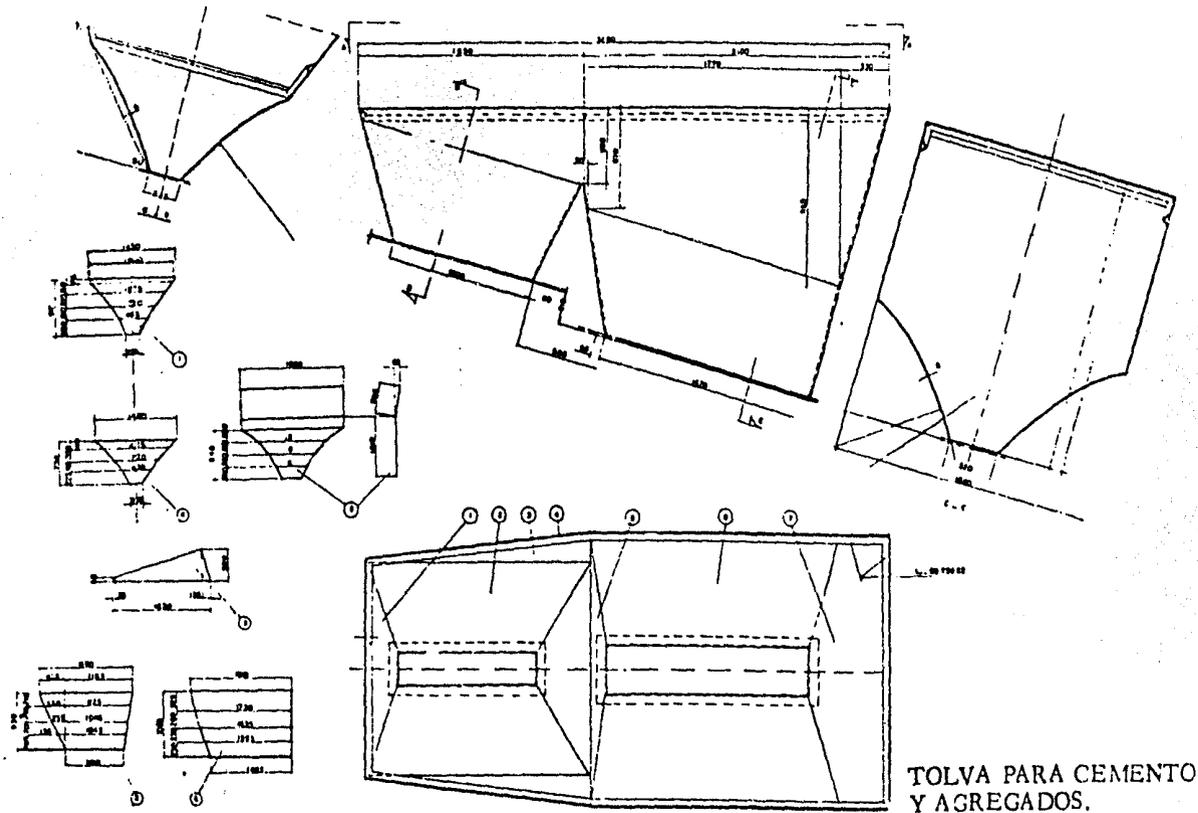


FIGURA .- 112.

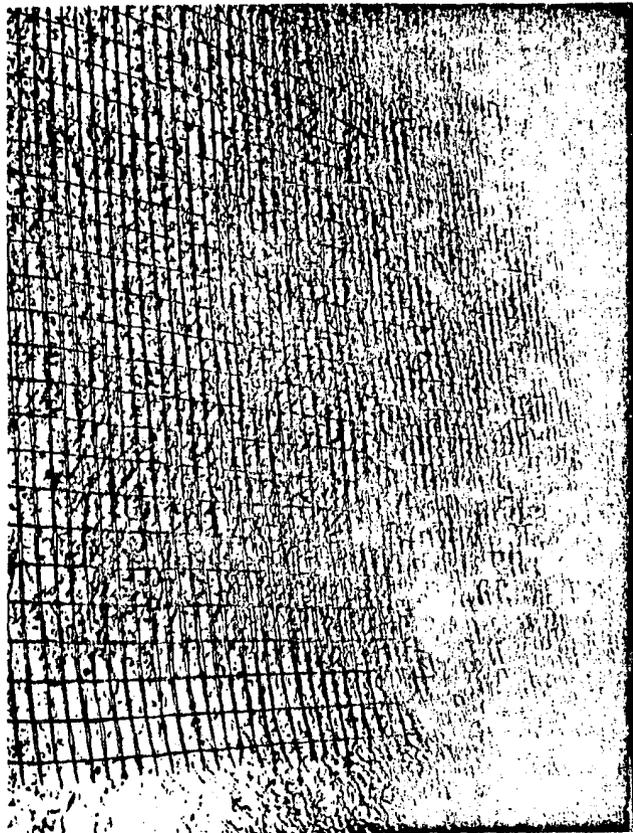


FIGURA -114

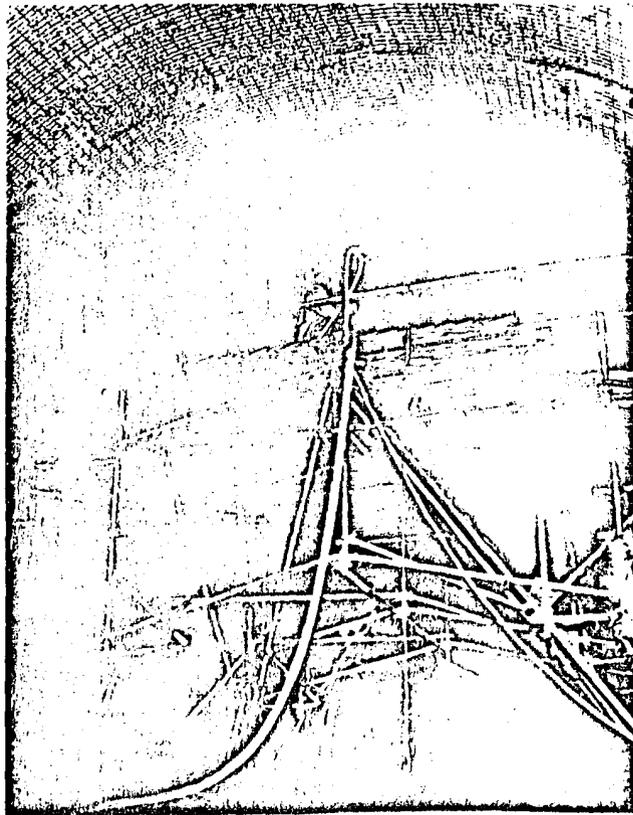


FIGURA - 115.

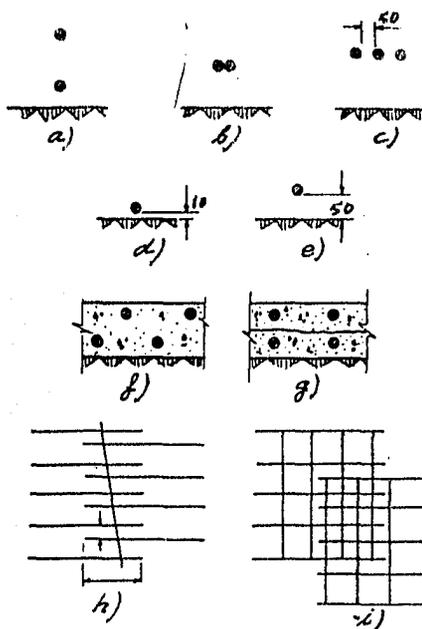


FIG.- 116 - Forma correcta e incorrecta de la fijación de malla electro__ soldada.

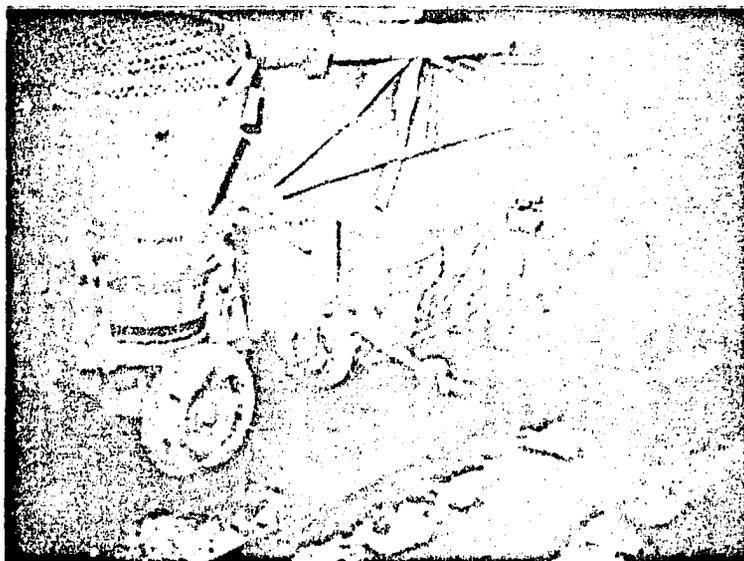


FIG.-117- Maquina lanzadora de concreto utilizada en la obra, marca ALIVA 260.

VII.9.- C O N C L U S I O N E S .

La descripción del Nuevo Método Austriaco de construcción aplicado en los TUNELES CARRETEROS DE VISTA HERMOSA, estuvo basado en la utilización -- del concreto lanzado con un espesor mínimo de 30 cms., que fué aplicado en 3 capas con espesores de 5, 10 y 15 cms. respectivamente, tomándose como re vestimiento definitivo, la última capa, colocado desde la apertura de la -- excavación en sección total. Este concreto lanzado fué reforzado con malla electrosoldada en dos capas para bloquear el macizo evitando la menor des- compresión y deformación que se hubiera producido.

El revestimiento se hizo solidario al terreno por anclajes que incre- mentaron la presión de confinamiento estabilizador creado por el efecto -- de roca-concreto.

En conclusión, tenemos que este método es muy eficiente en tres de - sus aspectos principales como son: la facilidad de aplicación y moldeabi-- lidad en su construcción, el ahorro y por último su funcionalidad trabajan do como estructura.

La aplicación del concreto lanzado ha probado su efectividad en la -- prevención del aflojamiento de la roca en una gran variedad de condiciones geológicas. Su uso es particularmente útil en rocas blandas. Ha sustituido a los métodos convencionales de ataque en galerías múltiples, al permitir, con igual seguridad, el avance a sección completa o a media sección y ban- queo. En varios casos es viable y mas efectivo que el tablestacado, llevado adelante del frente, en excavaciones subterráneas, donde este sistema hubie ra sido indispensable de no contarse con el concreto lanzado. Es de gran im portancia tener en cuenta tres puntos fundamentales en la aplicación del -- concreto lanzado, que conjuntamente con el Nuevo Método Austriaco de Cons- trucción, nos demuestra que:

- 1.- Respecto a la rapidéz y continuidad de aplicación del concreto lanzado, forma un anillo cerrado de soporte estructural recibiendo las cargas del te rreno; esto en comparación a los demás métodos de construcción, le da una - eficacia y ventaja en el aspecto constructivo.
- 2.- La funcionalidad como estructura, contando con anclajes radiales, ma- lla y concreto lanzado, como soporte provisional y definitivo. Muestra esto otra ventaja sobre los métodos convencionales que utilizan grandes revesti- mientos, cimbras, armados y marcos metálicos.
- 3.- Como último punto, los métodos tradicionales con respecto a los puntos-

1 y 2, son mucho mas costosos que el Método Austriaco que demuestra ser mas económico a los demás.

A manera de recordatorio, se hace la indicación que la obra no fué terminada, por lo que varios de los datos fueron tomados de proyecto y planeación de la misma obra.

CAPITULO.VIII.- METODO DE EXCAVACION.

VIII.1.- PROCEDIMIENTO DE EXCAVACION UTILIZADO EN LOS TUNELAS.

VIII.1.- PROCEDIMIENTO DE EXCAVACION UTILIZADO EN LOS TUNELES.

De acuerdo a lo mencionado en el capítulo anterior, trataremos a lo largo de este tema el procedimiento llevado a cabo en la excavación para construcción de los túneles.

Como ya se indicó, en la figura 70, se procedió a la excavación por medio de equipo manual como las rompedoras de martillo y el uso de las retroexcavadoras.

La obtención de este método fue resultado del estudio de los métodos Inglés, Belga, Alemán, Italiano y Austriaco, ya mencionados en puntos anteriores.

Otro de los puntos para seleccionar el método y plan de ataque fueron los estudios de Mecánica de Suelos realizados, conocimiento de las características del material por excavar, estudios topográficos de reconocimiento, obtención de secciones transversales y verticales del terreno, características homogéneas, mantos de agua y agrietamientos. De los resultados obtenidos de los estudios antes mencionados dependió de la forma de la sección, tipo de recubrimiento, métodos y equipo a emplear, así como instalaciones necesarias. La excavación de ambos túneles se inició con un túnel de reconocimiento para llevar la velocidad de avance en este tipo de terreno y clasificación de suelo.

Ya habiéndose realizado el estudio de reconocimiento y teniendo todos los datos necesarios, se llegó como resultado a la aplicación del método de excavación, que fue seleccionado como ya se indicó antes, tomando como base la excavación perimetral y por último la extracción del núcleo desfasado un ciclo.

Por lo tanto, se inició la excavación por secciones atacando la 1ª. e inmediatamente 1b, 1c, 2a y 2b. Terminada la excavación, perimetralmente fue aplicada la 1ª. capa con espesor de 5 cms. de concreto lanzado que simultáneamente a este trabajo fue extraído el núcleo 2c, 3 y 4, iniciándose también la excavación perimetral del siguiente ciclo de 1.5 mts.. Llevándose así la excavación desfasada un ciclo entre perímetro y núcleo como se muestra en la figura 118.

El procedimiento cíclico fue el siguiente:

- 1).- El inicio de excavación fue en la sección 1a, con profundidad de 1.50 mts. y ancho de 2.40 mts., realizándose esta con equipo neumático formado por rompedoras de martillo.

- 2).- Se prosiguió de forma continua con la excavación de las secciones 1b, - 1c, 2a y 2b, llevándo también 1.50 mts. de largo por 2.40 mts. de ancho, fué utilizado en este proceso el equipo formado por rompedoras de martillo y retroexcavadoras, terminada la excavación perimetral, inmediatamente fué colocada la 1ª. capa de concreto lanzado con espesor de 5 cms. - como revestimiento de protección.
- 3).- Una vez realizado el lanzado de concreto se prosiguió de manera simultánea a la excavación del núcleo formado por las secciones 2c, 3 y 4 y la continuación de la excavación perimetral que se inició nuevamente con la sección 1a. del ciclo siguiente. La excavación del núcleo fué ejecutada con retroexcavadora y tractor, realizándose la extracción de la rezaga con la respectiva terminación de la excavación del núcleo en cada ciclo de avance.
- 4).- Continuando con la repetición del punto 2, se realizó así sucesivamente el proceso repetitivo de excavación con ciclos de 1.50 mts. de avance - cada uno y el respectivo revestimiento de protección con la extracción de la rezaga, permitiéndose así la realización de los trabajos siguientes sin estorbar ni parar la obra.

Realizada la excavación, en su contorno desapareció la reacción radial y quedaron únicamente solicitaciones tangenciales, con valores que alcanzaron el doble del inicial y pudieron producir caídos del terreno.

En consecuencia, el terreno se plastificó formando una nueva reacción radial que fué aumentando al alejarse del perfil de excavación hacia el interior.

A cierta distancia de la excavación, en el límite de ese anillo plastificado, se formó por lo tanto, un anillo protector fuertemente comprimido, - con comportamiento del terreno en forma elástico y en condiciones de soportar la carga del terreno circundante.

Fuó necesario limitar al máximo las grietas y caídos locales del terreno en torno a la excavación que produjo cargas directas y concentradas muy - irregulares sobre el revestimiento.

Se estuvo checando la sección de excavación después de colocada la 1ª.- capa de concreto lanzado con escantillón y clavos de convergencia.

La instrumentación para realizar las medidas constituye, en la aplicación correcta y segura de éste método un elemento de importancia, que debe ser considerado, para todos los efectos, como parte integrante de las fases de - construcción. Los resultados permitieron juzgar en forma objetiva el adecuado y ya definido sostenimiento del terreno, verificándose con esto la hipótesis de proyecto y llegando así al proyecto optimizado que produjo ahorros - sustanciales.

Las mediciones fueron realizadas en forma sencilla, pero con gran exactitud y de forma sistemática.

Se efectuaron únicamente medidas de convergencia con el equipo correspondiente (cintas de convergencia de tensión constante), conforme a la figura 119. Se instrumentó una sección cada 20 mts. En estas pruebas se realizaron lecturas diarias durante la primera semana, espaciándolas posteriormente y gradualmente hasta una lectura cada 15 días.

A continuación se muestran los volúmenes de excavación por túnel, que fueron obtenidos en campo directamente.

Para túnel 1 y 2 tenemos:

Longitud -- 80 y 100 mts.

Diámetro excavación -- 13.2 mts.

Diámetro terminado con revestimiento -- 12.60 mts.

Radio excavación -- 6.60 mts.

Altura sección vertical -- 3.5 mts.

Sección Arco:

$$\text{Volúmen}_{\text{I}} = \left(\frac{\pi r^2}{2} \right) L = \left(\frac{3.1416 (6.60)^2}{2} \right) 80 = (68.42) 80 = \underline{5,473.9 \text{ M}^3}$$

$$\text{Volúmen}_{\text{II}} = \left(\frac{\pi r^2}{2} \right) L = \left(\frac{3.1416 (6.60)^2}{2} \right) 100 = (68.42) 100 = \underline{6,842.4 \text{ M}^3}$$

SECCION DE PAREDES VERTICALES:

$$\text{Volúmen}_{\text{I}} = (bh) L = ((13.5) (3.5)) 80 = (46.20) 80 = \underline{3,696 \text{ M}^3}$$

$$\text{Volúmen}_{\text{II}} = (bh) L = ((13.5) (3.5)) 100 = (46.20) 100 = \underline{4,620 \text{ M}^3}$$

SECCION COMPLETA:

$$\text{Volúmen Total}_{\text{I}} = 5,473.9 + 3,696 = \underline{9,169.9 \text{ M}^3}$$

$$\text{Volúmen Total}_{\text{II}} = 6,842.4 + 4,620 = \underline{11,462.4 \text{ M}^3}$$

$$\text{VOLUMEN TOTAL POR AMBOS TUNELES} = \underline{20,632.3 \text{ M}^3}$$

Conforme al método de excavación, tendremos que los volúmenes de excavación por ciclo de 1.50 mts. de avance longitudinal en sección perimetral (1a, 1b, 1c, 2a y 2b) con ancho de 2.40 mts. y sección núcleo (2c, 3 y 4) - también de avance longitudinal de 1.50 mts. fueron las siguientes:

Sección perimetral:

$$\text{Volúmen} = \left(\frac{\pi (r_1^2 - r_2^2)}{2} \right) L = \left(\frac{3.1416 ((6.60)^2 - (4.2)^2)}{2} \right) 1.5 = (40.715) 1.5 = \underline{61.07 \text{ M}^3}$$

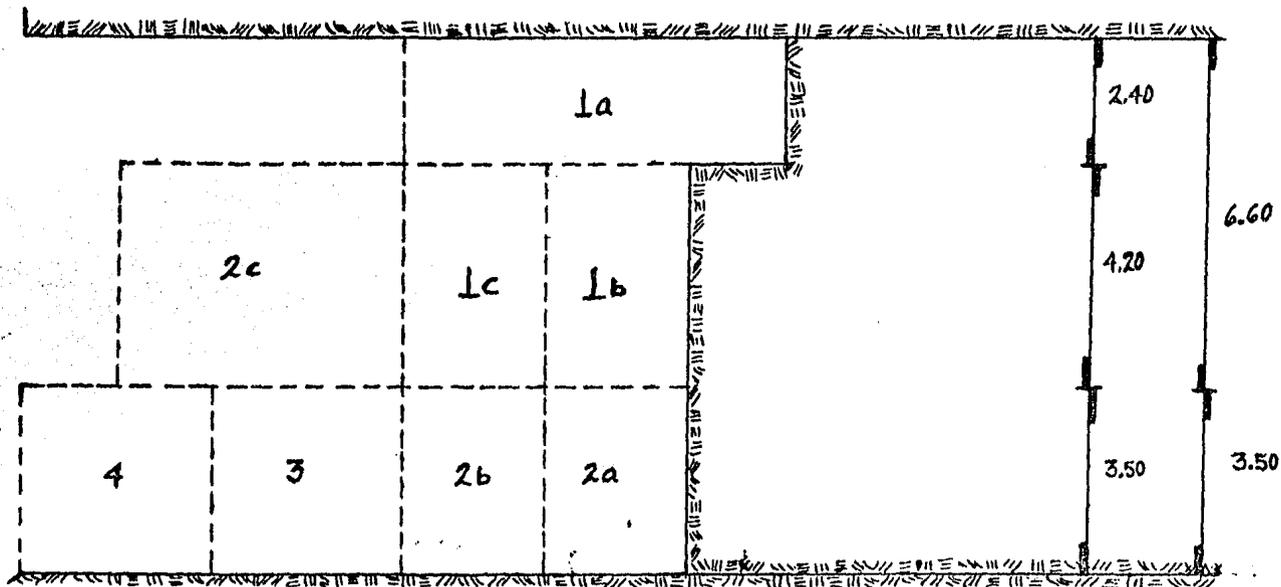
$$\text{Volúmen} = (bh) L = ((4.8) (3.5)) 1.5 = (16.8) 1.5 = \underline{25.20 \text{ M}^3}$$

Sección Huecos

$$\text{Volúmen} = \left(\frac{\pi r^2}{2} \right) L = \left(\frac{3.1416 \cdot (4.2)^2}{2} \right) 1.5 = (27.709) 1.5 = \underline{\underline{41.56 \text{ M}^3}}$$

$$\text{Volúmen} = (bh) L = (8.4 \cdot 3.5) 1.5 = (29.4) 1.5 = \underline{\underline{44.10 \text{ M}^3}}$$

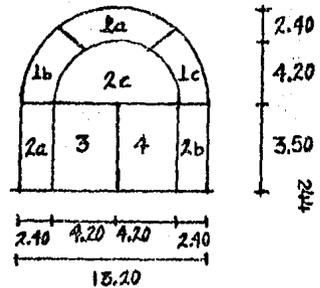
$$\text{Volúmen total por ciclo de 1.50 mts.} = 61.07 + 25.20 + 41.56 + 44.10 = \underline{\underline{171.93 \text{ M}^3}}$$



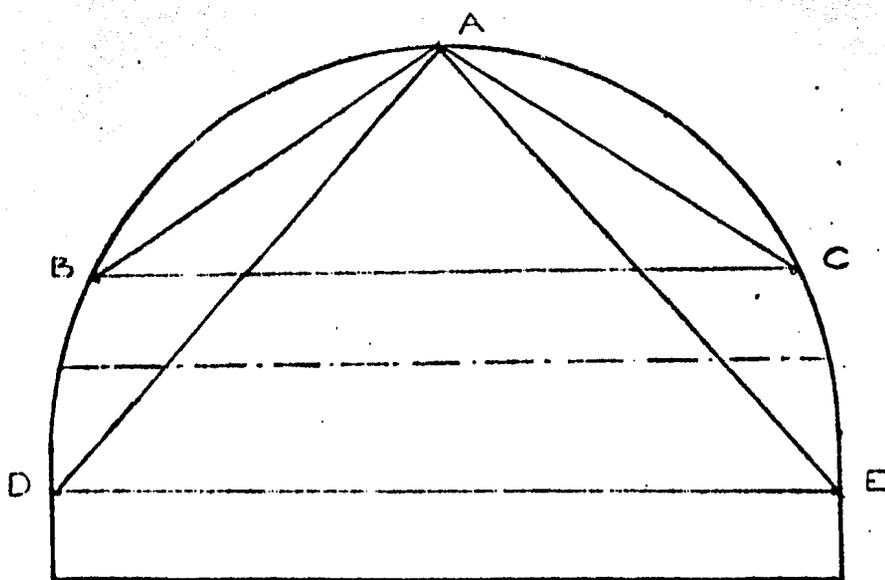
- SECCION DE EXCAVACION -

ESCALA VERTICAL-1:10
 ESCALA HORIZONTAL-1:20

FIGURA-118.



A, B, C, D, E :... Clavos de convergencia



LECTURAS :

1ª etapa : Medir AB, AC, BC*

2ª etapa : Medir BC, AD, AE, DE*

* : Cuerdas más importantes

Esquema de instrumentación

CAPITULO . IX.- ANCLAJE .

IX.1.- PROCEDIMIENTO DE ANCLAJE UTILIZADO EN LOS TUNELES.

IX.1. - PROCEDIMIENTO DE ANCLAJE UTILIZADO EN LOS TUNELES.

El procedimiento de anclaje actúa como un soporte activo, distribuyendo una coacción radial que moviliza compresiones tangenciales sobre un anillo de terreno de espesor bien definido en torno de la excavación. Colaborando con éste, el revestimiento de concreto lanzado al formar un sistema que obliga al terreno a su propia sustentación y estabilización del perfil, evitando el desprendimiento de rocas, limitando la descompresión en la cavidad, y forma una bóveda autosoportante sobre el túnel en terrenos fracturados. Es inadecuado su empleo en terrenos plásticos que sufren grandes deformaciones en torno al túnel.

Los anclajes deben tener una longitud suficiente para transmitir esfuerzos a roca sana. Las longitudes usuales son de 2 a 6 mts.

De estudios detallados, observamos de la tabla X, que de acuerdo al tipo de excavación se establecen longitudes de anclaje, dado que los anclajes deben orientarse de forma aproximadamente normal a la estratificación para que el efecto sea máximo. La separación entre anclajes debe o suele ser de 0.80 a 1.50 mts. en roca muy fracturada y de 1.50 a 3 mts. en roca poco fracturada.

En el mercado existen numerosos tipos de anclajes como son:

- De expansión rocas sanas o poco fracturadas.
- Inyectados.
- Rellenos con resinas.

En general las anclas son de ϕ 25 a 40 mm., la puesta en carga se realiza con gatos huecos.

Como se indicó antes, existen diversos tipos de anclaje, sin embargo se consideraron de mayor eficiencia y empleo los anclajes con cartuchos de resina, graduando el tiempo de su endurecimiento. El cartucho se situó en la perforación realizada hincando el ancla e inmediatamente se produce el endurecimiento, provocando que en segundos sea total su fijación al terreno.

Este método se realizó en obra de la siguiente manera:

- Se excavó la Bóveda y paredes verticales en secciones como ya se indicó.
- Se revistió de concreto lanzado para protección.
- Se realizó la perforación a 2.50 mts. de profundidad con $1\ 1/2''$ ϕ y espaciamiento de 1.50 entre ancla, esto perimetralmente a tresbolillo en fases de 1.50 mts. de avance.

- A continuación se colocaron las resinas de 0.30 cms. de largo ϕ 1 1/4" y período de endurecimiento de 5 a 10 minutos. (cartucho de resina por ancla de 2.50 mts. = 6 cartuchos).
- Se hizo el hincado sobre los cartuchos de resina ya colocados, continuando con la puesta de placas y tuercas en el tramo roscado de la ancla produciéndose así el efecto de expansión-endurecimiento entre resina, ancla y terreno.
- La prueba y extracción de anclas se realizó en un 10% del total de anclas colocadas.

La realización simultánea entre la perforación de los barrenos con la colocación de cartuchos de resina epóxica y el inmediato hincado de anclas, con sus respectivas placas y tuercas de sujeción, fue un procedimiento simultáneo entre estas actividades.

a).- Anclaje perimetral de portales.-

Se realizó con la limpieza y afine de taludes, prosiguiendo a la localización del eje de túneles con su respectiva marca en portales a 1 mt. arriba de los marcos metálicos, dado que esta actividad se realizó simultáneamente al proceso de emportalamiento, ya localizados y marcados estos puntos se dejan 0.50 cms. a cada lado del centro como base para marcar @ 1.50 mts. de ambos lados el lugar donde se realizaron los anclajes perimetrales en los portales.

Ubicados todos estos puntos se inició la barrenación con perforadoras neumáticas de rotopercusión, barras de acero integral seccionado y brocas de 1 1/2" ϕ , obteniéndose de especificaciones y campo, barrenos de 4 mts. de longitud con 1 1/2" ϕ dado que las anclas miden 4.15 mts. de longitud con 1" ϕ , 0.15 cms. de rosca con cuerda estándar y corte de la punta en bisel a 30°. A la par de las perforaciones se va realizando la colocación de resinas e hincado de anclas.

La colocación de resinas se realiza introduciendo los cartuchos por medio de un tramo de tubo P.V.C. de 1 1/2" ϕ con 3.5 mts. de longitud, cubierto de un lado con un pequeño orificio de 3/4" ϕ donde pasaba un tramo de madera redondeada de 2.0 mts. de largo con 5/8" ϕ para retener los cartuchos que eran colocados por la parte descubierta. Una vez introducidos y sostenidos se retiraba el tubo de P.V.C., dejando el tramo de madera hasta que era colocada el ancla ya insertada en el broquero de la perforadora y colocada reteniendo los cartuchos se retiraba el tramo de madera. Los cartuchos de resina epóxica son de color blanco y negro cubiertos de una funda plástica con 1 1/4" ϕ y --

0.30 cms. de largo, debiendo colocarse un 70% de la longitud del barreno con cartuchos conforme especificaciones dadas por Dupont. por lo tanto para el barreno y anclas de 4.0 mts. de longitud fueron colocados -- los cartuchos (9 por ancla), que ocuparon 2.7 mts. de longitud.

Una vez colocada el ancla se hincaba rompiendo los cartuchos de resina hasta llegar al fondo e inmediatamente (1 ó 2 minutos) se colocaba la placa de acero y su tuerca dando rosca con llave de torque al tope - para evitar fugas de la resina, la placa de acero de espesor de $1/2$ " - con 30.5 cms. x 30.5 cms. por lado y perforación al centro de 1 " ϕ .

El procedimiento realizado para el anclaje en portales fué el --- mismo para cada una de las anclas en los cuatro portales. Como es mostrado en detalle su colocación de acuerdo a la figura. - 120.

b).- Anclaje perimetral de túneles.-

El anclaje interior fué llevado a cabo longitudinalmente @ 1.50 m. partiendo del cadenamamiento 0+000 con respecto a la longitud de tuneles y perimetralmente en toda la sección del arco fueron colocadas a @ --- 1.50mts. tomando como base el eje de túneles, en la sección de paredes verticales con 3.50 mts. de altura fueron colocadas las anclas a 1.75 m. Solo en la sección del arco las anclas se colocaron a tresbolillo.

El procedimiento de anclaje fué el mismo que en los portales, desde la barrenación con el mismo tipo de equipo y brocas. Variando de - 4.0 a 2.50 mts. la profundidad, la colocación de resinas fue la misma, con las mismas dimensiones e hincado de anclas, con sus respectivas placas y tuercas.

Hubo dos diferencias con respecto a lo anterior, en donde la primera diferencia que existió fué debido al número de anclas por túnel, producido esto, porque el túnel 1 tenía 80 mts. de longitud y el túnel -- 2 con 100 mts.. Como segunda y última diferencia fueron las medidas de anclas, que para la zona interior de túneles midieron 2.65 mts. de largo, 1 " ϕ , con 0.15 cms. de rosca con cuerda estándar y corte de la -- punta en bisel a 30° .

El proceso de colocación de cartuchos de resina epóxica fué idénticamente el mismo que el realizado en portales a excepción de las especificaciones de Dupont y la longitud del barreno. Debido a esto Dupont indica que en un 70 % de la longitud deben colocarse cartuchos, por lo tanto para el barreno y ancla de 2.5 mts. de longitud fueron colocados

6 cartuchos que ocuparon 1.8 mts. de longitud.

El procedimiento realizado para el anclaje interior de túneles fue el mismo para todas las anclas en los dos túneles. Este proceso se muestra en detalle con las figuras 121, 122 y 123.

c).- El control o prueba de anclas se realizó mediante la instalación de un marco de aluminio para sostenimiento de gato hueco que será colocado en la rosca del ancla, a su vez van instalados dos dinamómetros en el marco y conectados al gato como dispositivo de medición de desplazamiento. Es también aditamento del gato una bomba hidráulica equipada con manómetro que va conectada al gato para realizar su funcionamiento. Este proceso es mostrado en la figura.- 124.

Sólo se hicieron pruebas de extracción en un 10 % del total de -- anclas colocadas.

d).- Los equipos y materiales utilizados son los siguientes:

- Anclas de 4 mts. en portales.

$$P = \frac{2\pi r}{2} = \frac{2(3.1416(8.0))}{2} = 25.13 - 1.00 = 24.13 + 7.00 = 31.13$$

$$\frac{31.13}{1.50} = 20 \text{ anclas por portal.}$$

Como son 4 portales, x 20 = 80 anclas de 4 mts. con 1 " \emptyset

- Anclas de 2.5 mts. en túneles.

$$P = \frac{2\pi r}{2} = \frac{2(3.1416(6.6))}{2} = 20.74$$

$$\frac{20.74}{1.50} = 13 \text{ anclas en sección de arco por fase de 1.50 mts.}$$

2 anclas en sección paredes verticales por fase de 1.50 m.
15 Anclas por fase de 1.50 mts.

$$\frac{80}{1.50} = 53 \text{ fases.}$$

$$\frac{100}{1.50} = 66 \text{ Fases} = 119 \text{ fases de 1.50 M.}$$

$$\therefore 119 \times 15 = \underline{1,785 \text{ anclas de 2.5 mts. con 1 " } \emptyset}$$

-- Cartuchos de resinas en portales y túneles.

9 cartuchos por anclas de 4 mts.

6 cartuchos por anclas de 2.5 mts.

$$9 \times 80 = 720 \text{ cartuchos.}$$

$$6 \times 1,785 = \underline{10,710 \text{ cartuchos.}}$$

$$11,430$$

11,430 cartuchos de resina epóxica de 0.30 cms. con 1 1/4" ϕ .

-- Placas y tuercas = $80 + 1,785 = \underline{1,865 \text{ Pzas. de c/u}}$

-- Anclas a que se realizaron pruebas:

$1,865 \times 0.10 = \underline{186 \text{ anclas.}}$

-- Equipo.

6 Perforadoras de rotopercusión.

4 Brocas ϕ 1 1/2"

2 Broqueros ϕ 1"

2 Juegos de acero integral seleccionado.

2 Tramos de tubo P.V.C. para colocación de resinas.

1 Gato hueco para prueba de anclas.

2 Dinamómetros.

1 Manómetro.

1 Bomba hidráulica.

En la figura.- 125, se muestra el esquema con detalle de la colocación de anclas de fricción con resina, igual al utilizado a lo largo del -- proceso constructivo.

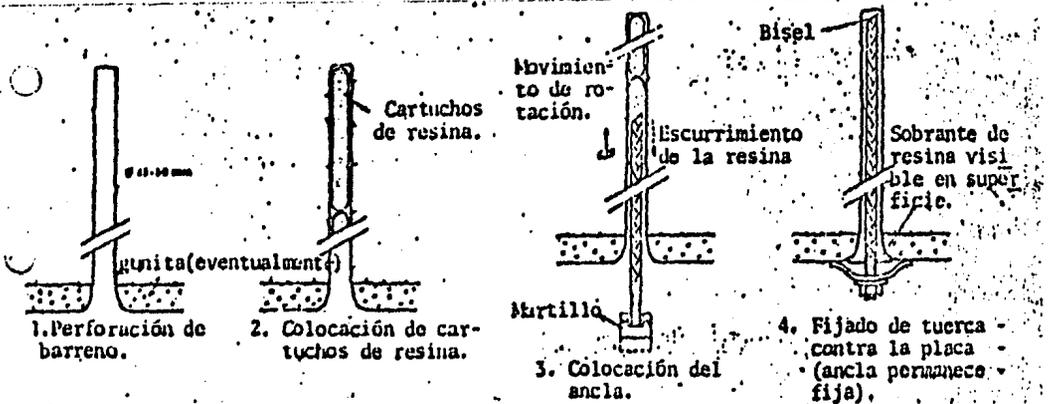


FIGURA.- 125. Esquema de colocación de ancla de fricción con resina.

Clave de roca	Excavación	Sostenimiento primario		
		Bulonado (1) (longitudes para túneles de 10 m de luz)	Guirado	Cerchas
I	A sección completa. Avances de 3 m.	Innecesario, salvo algún bulón ocasional.		
II	Plena sección. Avances de 1-1,5 m.	Bulonado local en bóveda, con longitudes de 2-3 m y separación de 2-2,5 m, eventualmente con mallazo.	5 cm en bóveda para impermeabilización.	No
III	Galería en clave y bataches. Avances de 1,5 a 3 m en la galería.	Bulonado sistemático de 3-4 m, con separaciones de 1,5 a 2 m en bóveda y hastiales. Mallazo en bóveda.	5 a 10 cm en la bóveda y 3 cm en hastiales.	No
IV	Galería en clave y bataches. Avances de 1 a 1,5 m en la galería.	Bulonado sistemático de 4-5 m, con separaciones de 1-1,5 m en bóveda y hastiales, con mallazo.	10-15 cm en bóveda y 10 cm en hastiales. Aplicación según avanza la excavación.	Entibación ligera ocasional, con separaciones de 1,5 m.
V	Galerías múltiples. Avances de 0,5-1 m en la galería de clave.	Bulonado sistemático de 5-6 m, con separaciones de 1-1,5 m en bóveda y hastiales, con mallazo. Bulonado de la solera.	15-20 cm en bóveda, 15 cm en hastiales y 5 cm en el frente. Aplicación inmediata después de cada voladura.	Cerchas fuertes separadas 0,75 m, con blindaje de chapas, y cerradas en solera.

* Aplicable a túneles con 5 a 12 m de luz; tensiones verticales inferiores a 300 kp/cm² construcción tradicional.

** Ver tabla 17.4.

(1) Bulones de Ø 20 mm, inyectados con resina.

TABLA- X

TUNEL-1

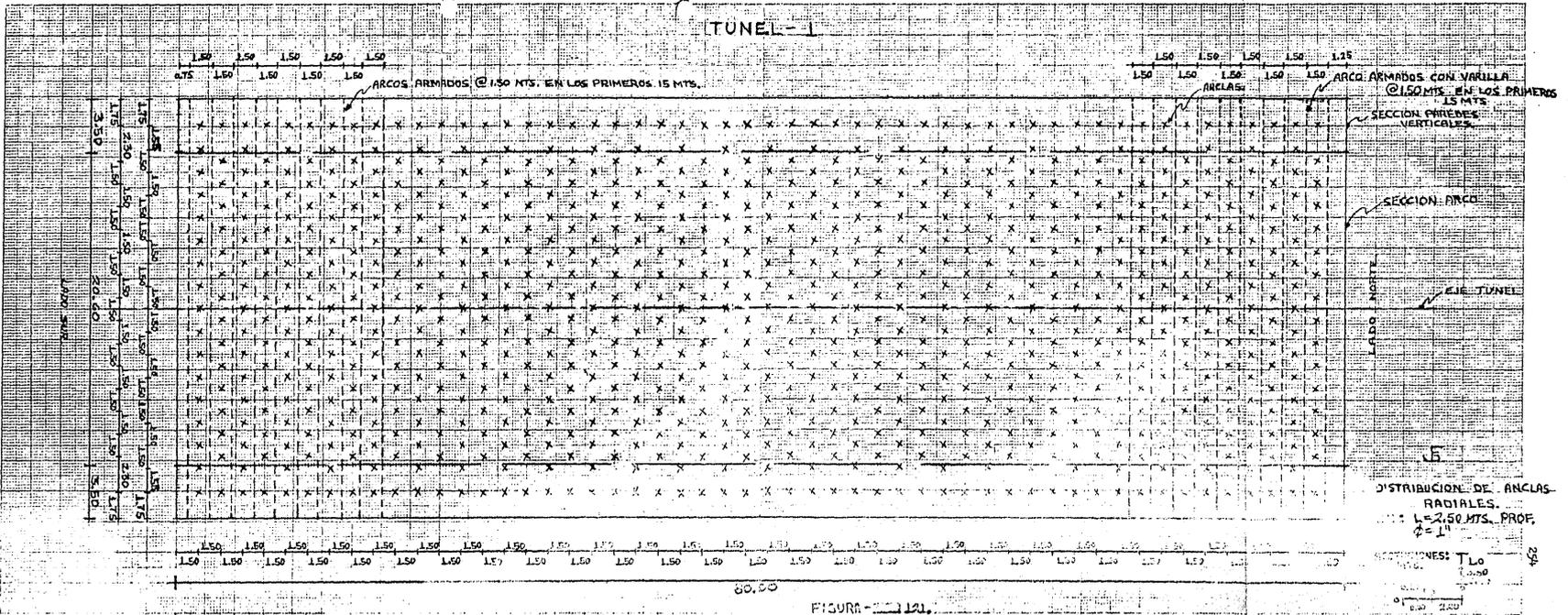
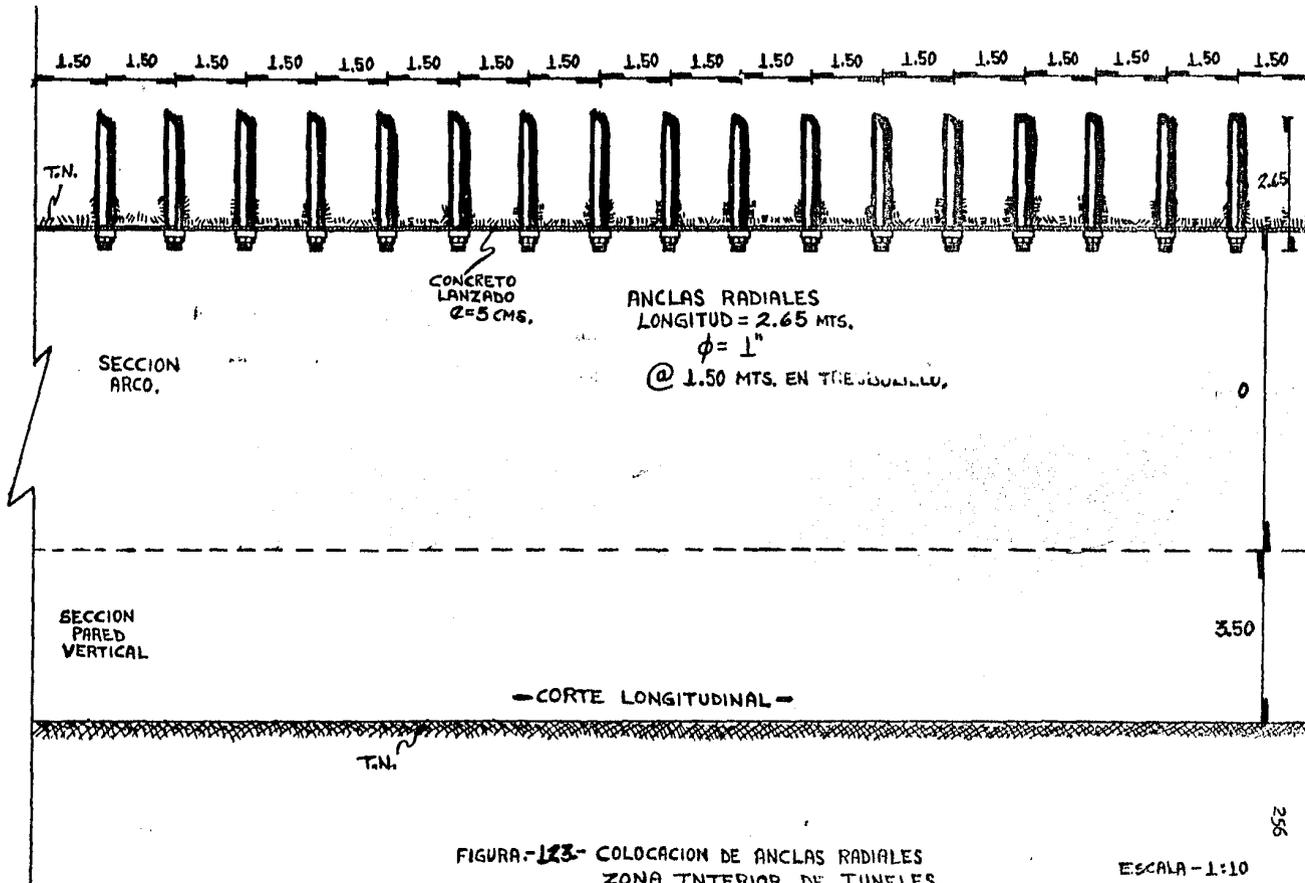


FIGURA 121.



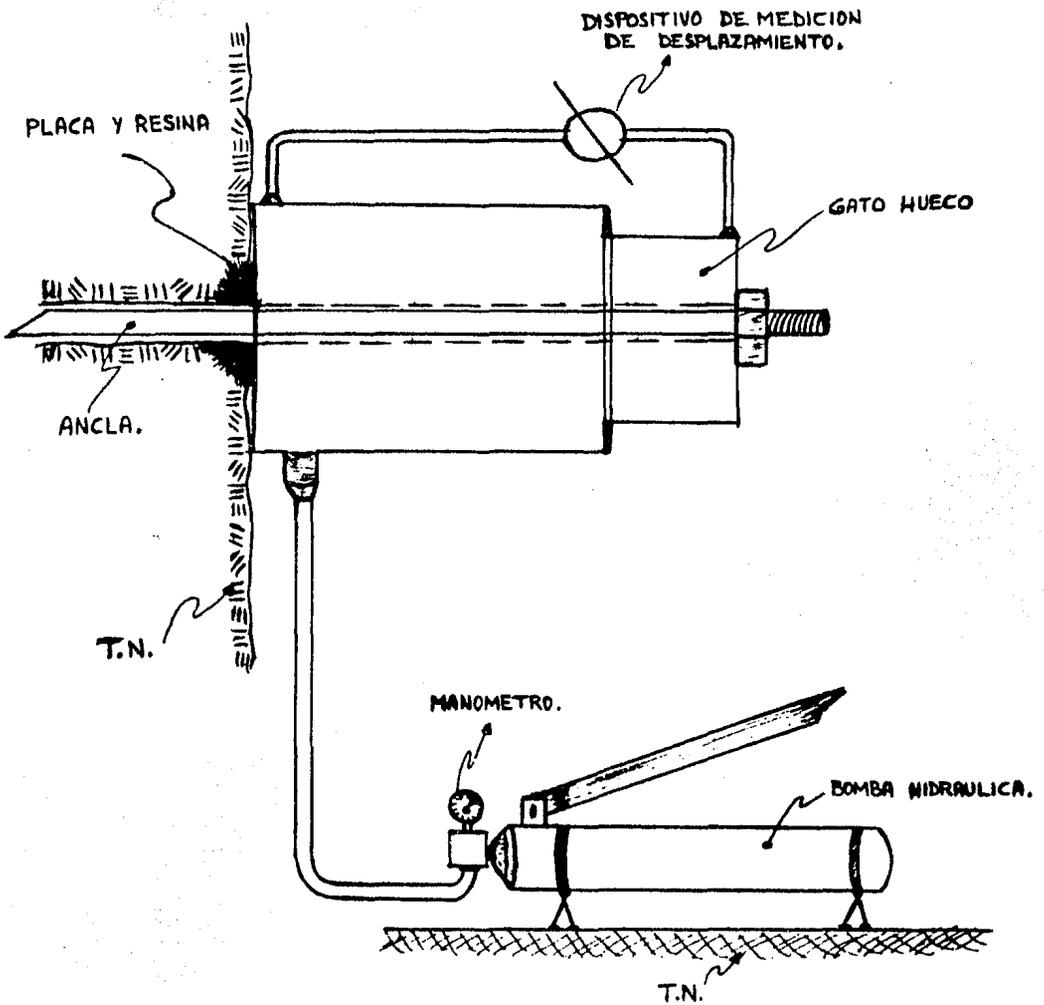


FIGURA-124.- DISPOSITIVO PARA ENSAYE DE TRACCION EN ANCLAS DE FRICCION.

CAPITULO. X. _ CONCRETO LANZADO.

X.1.- PROCEDIMIENTO DE APLICACION DEL CONCRETO LANZADO EN LOS TUNELES.

X.1.- PROCEDIMIENTO DE APLICACION DEL CONCRETO LANZADO EN LOS PUNTELES.

Inseguida veremos el concreto lanzado aplicado al proceso constructivo, así de una breve introducción y datos técnicos.

Encontramos que las primeras aplicaciones de concreto lanzado para evitar la alteración y disgregación rápida de las rocas, data de 1902 en Alemania y 1907 en Estados Unidos, posteriormente se utilizó como revestimiento estructural, tomando en cuenta que, entre 1950 y 1956 se llegó a la aplicación de este procedimiento como revestimiento definitivo y que actualmente cuenta con gran demanda en su aplicación.

El tamaño máximo del agregado no debe sobrepasar a los 25 mm., el contenido de cemento es alto, 18 a 22 %, la relación agua-cemento varía entre 0.3 y 0.4. El contenido de arena, oscila del 50 al 70 % según las mezclas, correspondiendo el resto a la gravilla.

Existen dos métodos tradicionales de puesta en obra:

- 1).- Por vía húmeda, impulsando con bomba la mezcla completa.
- 2).- Por vía seca, siendo este método el utilizado en esta obra, donde los agregados junto con el cemento son llevados hasta el punto de aplicación, aquí se adiciona el agua mediante una boquilla mezcladora especial. -- Contando este método con las ventajas de menor consumo de cemento y mejor adaptación a las incidencias de la obra.

La tendencia en el proyecto era de aumentar las resistencias --- exigidas para obtener una economía en los espesores, dado que el límite práctico de los espesores se mantenía en los 40 cms.

Las dosificaciones de cemento normalmente usadas en la elaboración del concreto son de 250 a 300 Kg/m³ para revestimientos definitivos, en tanto que se emplean dosificaciones mucho más elevadas que van del --- orden de 400 a 600 kg/m³ para el concreto lanzado como revestimiento -- definitivo.

La buena colocación dependió en gran parte de su correcta aplicación, ya que se requirieron altas resistencias iniciales, buena adherencia a la roca, flexibilidad para adaptarse al contorno excavado e impermeabilidad para sellar las afluencias del agua.

En general, las resistencias se consiguieron con acelerantes en -- proporciones del 4 al 20 % del peso del cemento, encontrándose que las mezclas bien dosificadas consiguieron resistencia a las 2 horas de 14 a 20 kg/cm², a las 12 horas de 50 Kg/cm² y a los 28 días de 280 a 500 -- Kg/cm².

Una de las características esenciales del concreto lanzado es alcanzar en poco tiempo valores suficientemente elevados de las características mecánicas. Es por esto que a las 24 horas se obtuvieron resistencias a la rotura del orden de 120 a 140 Kg/cm².

El revestimiento de la 1ª. fase de concreto lanzado poco después de la excavación formó una capa elástica continua y unida al terreno formando una reacción radial igual a la presión de estabilización necesaria para el equilibrio plástico del perímetro de la excavación.

Como el terreno tiene un tiempo característico entre la apertura de la excavación y la iniciación del debilitamiento del contorno, fué necesario que el concreto lanzado como revestimiento de 1ª. fase se colocara inmediatamente terminada la excavación de cada ciclo de 1.50 mts. evitando así el intemperismo de terreno y proporcionando el sostenimiento del terreno con la 1ª. fase de concreto lanzado.

La ejecución fué cuidadosa y regular como ya se ha dicho, obteniéndose con esto que las cargas fueran insignificantes y el concreto lanzado conjuntamente con el terreno aseguró el mantenimiento de las condiciones de carga sobre la estructura.

No existen métodos rigurosos para el cálculo de los revestimientos de concreto lanzado, debiendo recurrirse a reglas empíricas o comprobaciones muy simplificadas. Que en general para el Nuevo Método Austríaco el espesor no debe ser inferior a 5 cms. pudiendo llegar a unos 15 cms. en zonas muy fisuradas o en la clave de túneles.

Una vez que fueron determinados los valores de los espesores de revestimiento en sus fases correspondientes de concreto lanzado, fué oportuno proceder a la comprobación en la sección de 2ª. y 3ª. fase de concreto lanzado. Esta comprobación tiene la ventaja de evitar toda clase de dudas que pudieran surgir en relación con el tiempo de duración del concreto lanzado, esto tomando una presión radial aproximada que soportara la estructura.

Con esta comprobación, el concreto lanzado quedó considerado como el mejor medio para realizar la obra, de modificar de una manera favorable las condiciones al contorno de la excavación.

De acuerdo a lo antes mencionado, las especificaciones de aplicación del método Austríaco y medidas efectuadas en varios túneles mediante celdas de presión radiales, se obtuvo, que con un espesor de 30 cms. de concreto lanzado dividido en 3 capas con malla electrosoldada inter-

media y anclas, se obtiene una presión de confinamiento en muy poco tiempo. Antes de obtenerse esta presión, se producirán convergencias moderadas, probablemente de algunos centímetros, que tenderán por otra parte a reducir la demanda de sostenimiento por parte del terreno.

El procedimiento realizado, fué la inmediata colocación de la 1ª. - capa con espesor de 5 cms., acabada la excavación de cada ciclo de 1.50m. de profundidad. La 2a. capa de espesor de 10 cms. fué colocada después - de haberse realizado el hincado de anclas y colocación de la 1ª. capa de malla, esta 2ª. capa de concreto lanzado se llevó desfasada cada 2 ciclos de 1.50 metros de avance. La 3ª. capa con espesor de 15 cms. fué colocada después de haberse realizado la colocación de la 2ª. capa de malla, - esta 3a. capa de concreto lanzado se llevó desfasadamente cada 4 ciclos de 1.50 mts. de avance. Todo este proceso es marcado en detalle con la - figura - 126.

Para la obtención de agregados se recurrió a la mina SACSA, ubicada a 4 Kms. de la obra, el cemento en almacén tipo R.N., surtido en varios-pedidos y el acelerante solicitado a Sika de tipo fraguacil o Sigunit en polvo.

Contando con materiales e iniciada la excavación se realizó el lanzado con la máquina eléctrica tipo Aliva 260, accesorios, equipo de aire comprimido y agua para alimentación, ya que esta máquina funciona según el principio de transporte del material en seco. La mezcla seca (arena--gravilla-cemento-acelerante), es llevada por el rotor de la tolva a la - salida. El chorro de aire de la manguera, arrastra el material hasta la pistola de proyección, en donde se adiciona el agua.

Para realizar el dosificado de la mezcla en seco se utilizó un carro dosificador de agregados como fué mostrado anteriormente.

La relación de proporcionamiento para la mezcla de concreto lanzado fué la siguiente; tomando en cuenta el volumen por lanzar se muestran -- cantidades de cemento, arena, grava, acelerante y agua:

Volumen por lanzar = 1,912 M³

F'c - Concreto lanzado = 300 Kg/cm² en 14 días.

Revenimiento 10 - 12 cms.

Cemento R.N. = 1.0

Agregados 3.14 en volumen.

Acelerante 11 Kg/M³.

Conforme a proporciones:

$$1). - \text{Cemento} = \frac{\text{PESO TOTAL POR METRO CUBICO}}{\text{Tipo RN} \quad \text{PESO VOLUMETRICO CUELTO}} = \frac{466.30}{1515} = 0.3077227$$

$$\text{VOLUMEN} = \frac{0.3077227 \times 1000}{33} = 9.3269$$

$$9.3269 \times 1,912 = 17.833 \text{ Bultos.}$$

$$\frac{\text{Bultos}}{\text{Bultos} \times \text{ton.}} = \frac{17,833}{20} = \underline{\underline{892.0 \text{ Ton.}}}$$

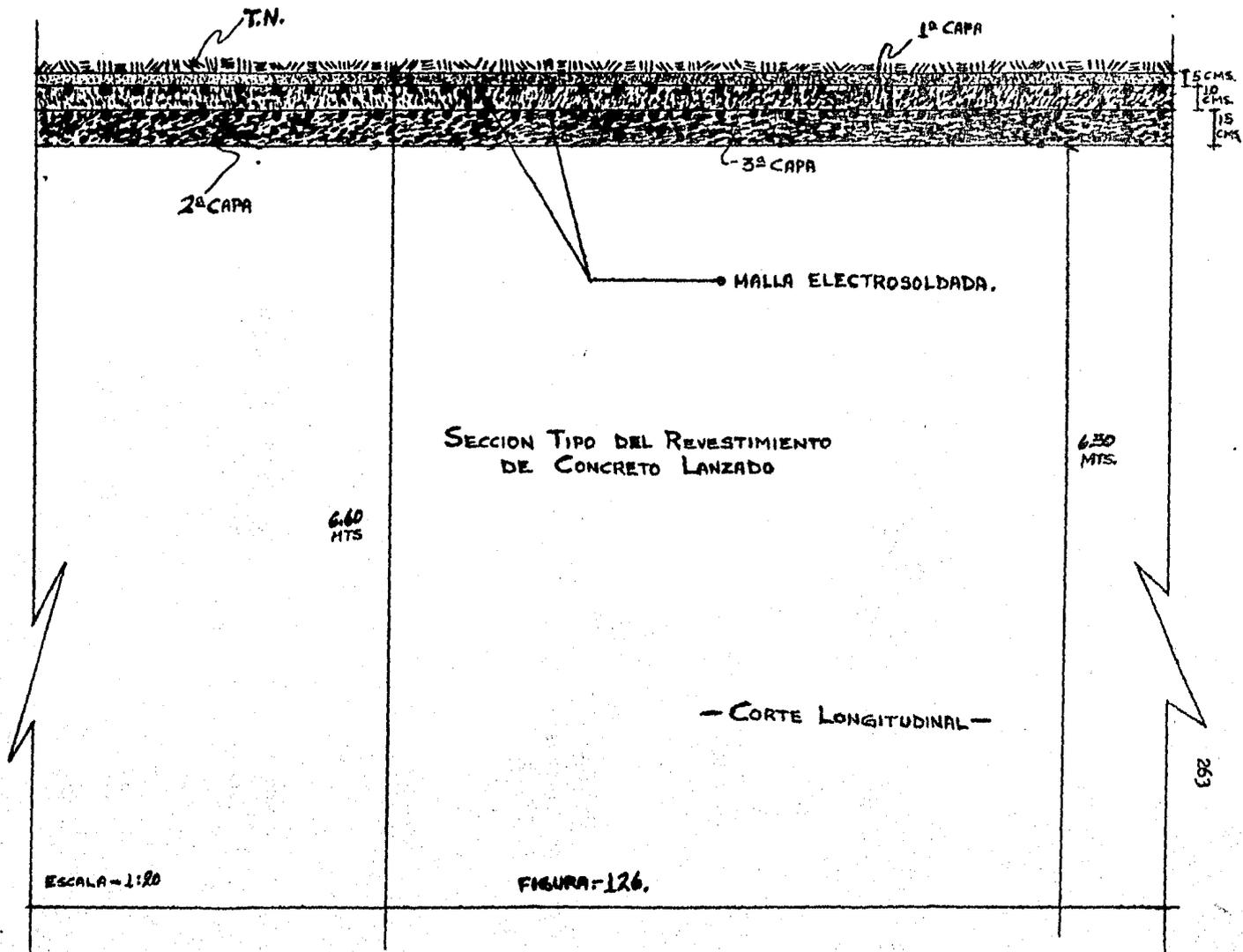
$$2). - \text{Arena} = \frac{625.07}{1,470} = 0.443585 \times 1,912 = \underline{\underline{849 \text{ M}^3}}$$

$$3). - \text{Grava} = \frac{623.68}{1310} = 0.5218931 \times 1,912 = \underline{\underline{998 \text{ M}^3}}$$

$$4). - \text{Acelerante} = 11 \text{ Kg./M}^3 \times 1,912 = 21,032 \text{ Kg.} \div 1,000 = 21,032 \text{ Tons.}$$

$$\frac{\text{Kilos acelerante}}{\text{Kilos por bulto}} = \frac{21,032}{25} = \underline{\underline{841,28 \text{ Bultos.}}}$$

$$5). - \text{Agua} = 1 \text{ M}^3 = 214 \text{ Lts/M}^3 \times 1,912 = 409,168 \div 1,000 = \underline{\underline{410 \text{ M}^3}}$$



CAPITULO XI.- GRAFICAS Y TABLAS DE AVANCE.

XI.1.- EXCAVACION.

XI.2.- ANCLAJE.

XI.3.- CONCRETO LANZADO.

XI.- GRAFICAS Y TABLAS DE AVANCE.

A continuación, se mostrarán las gráficas y tablas de avance que corresponden al proceso constructivo de túneles, solamente en excavación, concreto lanzado y anclaje. No tomando en cuenta los trabajos realizados en acceso, portales, emportalamiento, cubeta, carpeta y acabados.

Es por esto que en las gráficas XI, XII, y XIII; tablas XIV, XV y XVI, se muestran los avances correspondientes a las actividades principales del proceso constructivo del Método Austríaco como se indica a continuación:

XI.1.- GRAFICA	XI.	---	AVANCE DE EXCAVACION.
TABLA	XIV		
XI.2.- GRAFICA	XII	---	AVANCE DE ANCLAJE.
TABLA	XV		
XI.3.- GRAFICA	XIII	---	AVANCE DE CONCRETO LANZADO.
TABLA	XVI		

Debido a que la obra no se efectuó, no fué posible obtener datos para la realización de las tablas y gráficas. Es por esto que sólo se mencionan.

T A B L A X I V

TABLA DE AVANCE - TUNEL _____

DEL ____ AL ____ 1982

EXCAVACION

E CONSTRUCCIONES, S.A.

OBRA- TUNELES VISTA HERMOSA.

D I A	F U R N O	AVANCE H.L. x DIA	AVANCE M.L. x TURNO.	EXCAVACION M ³ x DIA	EXCAVACION M ³ x TURNO	ACUMULADO M.L. x DIA	ACUMULADO ML. x TURNO	ACUMULADO EXCAVACION M ³ x DIA	ACUMULADO EXCAVACION M ³ x TURNO	FALTANTE EXCAVACION M ³
Σ =										

T A B L A XV

TABLA DE AVANCE - TUNEL _____

DEL ____ AL ____ 1982

ANCLAJE.

E CONSTRUCCIONES, S.A.

OBRA - TUNELES VISTA HERMOSA.

D I A	AVANCE M.L.	ANCLAS DE 2.5 MTS.-PZAS. COLOCADAS.	ACUMULADO PZAS. ANCLAS 2.5MTS.	RESINAS COLOCADAS CARTUCHOS	PIEZAS COLOCADAS PLACAS Y TUER- CAS.	FALTANTES ANCLAS.	OBSERVACIONES
$\Sigma =$							

CAPITULO XII. - COSTOS DE FUMILES.

XII.1. - COSTOS DE EQUIPOS, HERRAMIENTAS, MATERIALES Y MANO DE OBRA.

XII.2. - COSTO TOTAL.

XII.1.- COSTOS DE EQUIPOS, HERRAMIENTAS, MATERIALES Y MANO DE OBRA

Aquí mostraremos, en resumen los costos obtenidos en el capítulo VI de este trabajo, a excepción, de los relacionados a la mano de obra, que a continuación se obtendrán y serán proporcionados en este tema con los demás costos.

Para la obtención de los costos de mano de obra, fué necesario hacer una evaluación de tiempos por duración de actividad y utilización de equipos. Dado que, con la premura de tiempo existente en la realización de la obra hubo la necesidad de trabajar hasta domingos. En lo que fué el proceso cíclico constructivo de túneles fué necesario el trabajo de 24 horas corridas en 3 turnos de 7 horas cada uno, ocasionándose con esto el incremento de personal y costos. Es por esto, que para obtener el siguiente listado se clasificó en turno 1 para todo el proceso de la obra y para el turno 2 y 3 lo relacionado al proceso cíclico constructivo de trabajos corridos con duración de 7 horas cada uno.

CATEGORIA.	CANTIDAD DE PERSONAL	TURNO FOR LABORAR	DIAS LABORA- BLES.	SALARIO FOR DIA.	COSTO.
Sobrestante Exc.	2	1	134	900.00	241,200.00
Cabo excavación	2	1	134	790.00	211,720.00
Sobrestante excavación.	2	2	134	900.00	241,200.00
Cabo excavación	2	2	134	790.00	211,720.00
Sobrestante-excavación.	2	3	134	900.00	241,200.00
Cabo excav.	2	3	134	790.00	211,720.00
Operador retroexcavadora.	2	1	134	950.00	254,600.00
Ayudante retro excavadora	2	1	134	336.00	90,048.00
Operador Retro excavadora	2	2	134	950.00	254,600.00
Ayudante retro excavadora.	2	2	134	336.00	90,048.00
Operador retro excavadora.	2	3	134	950.00	254,600.00
Ayudante retro excavadora.	2	3	134	336.00	90,048.00
Operador cargador.	2	1	158	900.00	284,400.00
Ayudante carg.	2	1	158	336.00	106,176.00
Operador carg.	2	3	158	900.00	284,400.00
Ayudante carg.	2	3	158	336.00	106,176.00
Operador tractor	2	1	113	900.00	203,400.00

Ayudante trac.	2	1	113	336.00	75,936.00
Operador vibro-compactador.	1	1	14	514.00	7,196.00
Ayudante vibro-compactador	1	1	14	336.00	4,704.00
Operador tandem	1	1	19	600.00	11,400.00
Ayudante tandem	1	1	19	336.00	6,384.00
Operador motoconformadora	1	1	50	900.00	45,000.00
Ayudante Motoc.	1	1	50	336.00	16,800.00
Operador Finisher	1	1	19	1,100.00	20,900.00
Ayudante Finish.	2	1	19	336.00	12,768.00
Chofer pipa retroexcavadora.	1	1	18	514.00	9,252.00
Ayudante pipa retroexcavadora.	1	1	18	336.00	6,048.00
Operador compactadora manual.	2	1	12	336.00	8,064.00
Chofer pipa agua	1	1	136	514.00	69,904.00
Ayudante pipa agua	1	1	136	336.00	45,696.00
Chofer pipa agua	3	3	136	514.00	69,904.00
Ayud. pipa agua	1	3	136	336.00	45,696.00
Chofer camión volteo.	10	1	172	560.00	963,200.00
Chofer camión volteo.	10	3	172	560.00	963,200.00
Chofer camión dosificador.	2	1	136	514.00	139,808.00
Ayud. camión dosificador.	2	1	136	336.00	91,392.00
Chofer camión dosificador.	2	2	136	514.00	139,808.00
Ayud. camión dosificador.	2	2	136	336.00	91,392.00
Chofer camión dosificador.	2	3	136	514.00	139,808.00
Ayud. camión dosificador.	2	3	136	336.00	91,392.00
Cabo de lanzado	2	1	136	677.00	184,144.00
Cabo de lanzado	2	2	136	677.00	184,144.00
Cabo de lanzado	2	3	136	677.00	184,144.00
Lanzador.	2	1	136	450.00	122,400.00
Lanzador	2	2	136	450.00	122,400.00
Lanzador.	2	3	136	450.00	122,400.00
Operador lanzadora.	2	1	136	450.00	122,400.00
Operador lanz.	2	2	136	450.00	122,400.00
Operador lanz.	2	3	136	450.00	122,400.00
Ayud. Lanz.	2	1	136	336.00	91,392.00
Ayud. Lanz.	2	2	136	336.00	91,392.00
Ayud. Lanz.	2	2	136	336.00	91,392.00
Operadores vibradores	2	1	54	336.00	36,288.00

Operador p/soldado- ra	1	1	142	677.00	96,134.00
Ayudante p/sold.	1	1	142	336.00	47,712.00
Operador p/sold.	1	3	142	677.00	96,134.00
Ayud. p/soldadora	1	3	142	336.00	47,712.00
Operador ventila- dor	1	1	82	514.00	42,148.00
Ayudante ventil.	1	1	82	336.00	27,552.00
Operador ventil.	1	3	82	514.00	42,148.00
Ayudante ventil.	1	3	82	336.00	27,552.00
Cabo perforación.	2	1	74	677.00	100,196.00
Cabo perforación.	2	2	74	677.00	100,196.00
Cabo perforación.	2	3	74	677.00	100,196.00
Perforistas.	10	1	74	450.00	333,000.00
Perforistas.	10	2	74	450.00	333,000.00
Perforistas.	10	3	74	450.00	333,000.00
Ayud. perforista	10	1	74	336.00	248,640.00
Ayud. Perforistas	10	2	74	336.00	248,640.00
Ayud. Perforistas	10	3	74	336.00	248,640.00
Operador rompedo- ras.	6	1	74	450.00	199,800.00
Operador romp.	6	2	74	450.00	199,800.00
Operador romp.	6	3	74	450.00	199,800.00
Operador martillos	10	1	74	450.00	333,000.00
Operador mart.	10	2	74	450.00	333,000.00
Operador martillos	10	3	74	450.00	333,000.00
Operador cilindro- Hid.	1	1	21	570.00	11,970.00
Ayudante cilindro- Hid.	2	1	21	336.00	14,112.00
Cabo andamios.	1	1	132	677.00	89,364.00
Ayudante andamios	6	1	132	336.00	266,112.00
Cabo andamios	1	3	132	677.00	89,364.00
Ayudante andamios	6	3	132	336.00	266,112.00
Topografo.	1	1	212	677.00	143,524.00
Topografo.	1	3	212	677.00	143,524.00
Auxiliar topógrafo	1	1	212	570.00	120,840.00
Aux. topógrafo.	1	3	212	570.00	120,840.00
Cadeneros	2	1	212	400.00	169,600.00
Cadeneros.	2	3	212	400.00	169,600.00
Peones.	2	1	212	280.00	118,720.00
Peones.	2	3	212	280.00	118,720.00
Op. compresores.	2	1	74	336.00	49,728.00
Ayud. compresores.	2	1	74	336.00	49,728.00
Op. compresores.	2	2	74	336.00	49,728.00
Ayud. compresores.	2	2	74	336.00	49,728.00
Op. compresores.	2	3	74	336.00	49,728.00
Ayud. compresores	2	3	74	336.00	49,728.00
Cabo albañil.	2	1	74	677.00	100,196.00
Albañiles.	6	1	74	570.00	253,080.00
Peones.	8	1	74	280.00	165,760.00
Cabo albañil.	2	3	74	677.00	100,196.00
Albañiles.	6	3	74	570.00	253,080.00

Peones	6	3	74	280.00	165,760.00
Cabo maniobras	2	1	97	677.00	131,338.00
Maniobristas.	8	1	97	336.00	260,736.00
Mecánico Hidr.	1	1	198	1000.00	198,000.00
Mecánico.	1	1	198	900.00	178,200.00
Mecánico Hidr.	1	2	198	1000.00	198,000.00
Mecánico.	1	2	198	900.00	178,200.00
Mecánico Hidr.	1	3	198	1000.00	198,000.00
Mecánico.	1	3	198	900.00	178,200.00
Ayudante mec.hidr.	2	1	198	677.00	268,092.00
Ayud. mecánico.	2	1	198	677.00	268,092.00
Ayud. mecánico - hid.	2	2	198	677.00	268,092.00
Ayud. mecánico	2	2	198	677.00	268,092.00
Ayud. mecánico- hid.	2	3	198	677.00	268,092.00
Ayud. mecánico.	2	3	198	677.00	268,092.00
Cabo albañil.	2	1	190	677.00	257,260.00
Cabo albañil.	2	2	190	677.00	257,260.00
Cabo albañil.	2	2	190	677.00	257,260.00
Peones.	8	1	190	280.00	425,600.00
Peones.	8	2	190	280.00	425,600.00
Peones.	8	3	190	280.00	425,600.00
Carpinteros.	4	1	144	677.00	389,952.00
Ayudantes.	10	1	144	336.00	483,840.00
Electricistas.	1	1	181	700.00	126,700.00
Electricista.	2	2	181	700.00	253,400.00
Electricista.	2	3	181	700.00	253,400.00
Ayud. Elec.	2	1	181	677.00	245,074.00
Ayud. Elec.	4	2	181	677.00	490,148.00
Ayud. Elec.	4	3	181	677.00	490,148.00
Cabo herrero.	2	1	133	850.00	226,100.00
Herreros.	10	1	133	677.00	900,410.00
Cortadores.	2	1	133	570.00	151,620.00
Velador.	2	2	74	336.00	49,728.00
Velador.	2	3	218	336.00	146,496.00
Bodeguero.	1	1	218	336.00	73,248.00
Bodeguero.	1	2	74	336.00	24,864.00
Bodeguero.	1	3	74	336.00	24,864.00
Ayud. bodeguero	1	1	218	336.00	73,248.00
Ayud. bodeguero	1	2	74	336.00	24,864.00
Ayud. Bodeguero	1	3	74	336.00	24,864.00
Sobrestante cola dos.	1	1	60	900.00	54,000.00
Cabo colados.	2	1	60	677.00	81,240.00
Peones.	8	1	60	280.00	134,400.00
Checador.	1	1	218	480.00	104,640.00
Checador.	1	2	74	480.00	35,520.00
Checador.	1	3	74	480.00	35,520.00

TOTAL -

25'376,100.00

Por lo tanto, tendremos los siguientes costos:

1).- EQUIPO MAYOR. -----	40'732,404.00
2).- HERRAMIENTAS O EQUIPO MENOR -----	695,800.00
3).- MATERIALES. -----	39'508,009.00
4).- EL OBTENIDO POR MANO DE OBRA. -----	25'376,100.00

T O T A L = 106'312,313.00

XII.2.- C O S T O P O R A L.

A continuación muestro los costos con su respectivo porcentaje de incremento por trabajos de administración, imprevistos y por aumentos no considerados en los costos. Obteniéndose con esto el costo total por la construcción de dos túneles carreteros por el Nuevo Método Austríaco.

_ COSTO POR EQUIPO	-----	40'732,404.00
_ COSTO POR HERRAMIENTA.	-----	695,800.00
_ COSTO POR MATERIALES.	-----	39'508,009.00
_ COSTO POR MANO DE OBRA.	-----	<u>25'376,100.00</u>
	SUB-TOTAL.	106'312,313.00
_ 15 % ADMINISTRACION.	-----	<u>15'946,846.95</u>
	SUB-TOTAL.	122'259,159.95
_ 10 % IMPREVISTOS.	-----	<u>12'225,915.99</u>
	SUB-TOTAL.	134'485,075.94
_ 25 % INCREMENTOS NO CONSIDERADOS	-----	<u>33'621,268.99</u>
	T O T A L=	<u><u>168'106,344.93</u></u>

(CIENTO SESENTA Y OCHO MILLONES, CIENTO SEIS MIL TRECIENTOS CUARENTA Y CUATRO PESOS 93/100 M. N.)

CAPITULO XIII.- C O M E N T A R I O S.

XIII. - C O M E N T A R I O S.

El Nuevo Método Austríaco, basado sobre la utilización del concreto lanzado para retener el terreno a partir de su apertura subterránea, tanto en los conjuntos rocosos como en los terrenos difíciles. Este progreso científico y técnico ha sido posible gracias a un mejor conocimiento del comportamiento mecánico del medio en razón esencialmente de las observaciones y medidas efectuadas en campo.

Las posibilidades de cálculo, considerablemente acrecentadas por los progresos recientes de la informática, han contribuido igualmente a explicar -- ciertos fenómenos, pero hay que subrayar que no es nada más que a partir de los cálculos teóricos cuando las características óptimas de la excavación --- (naturalez y dimensionamiento del sostenimiento), pueden ser determinadas.

Es necesario resaltar que los empujes del terreno sobre el revestimiento dependen muy poco de la resistencia del material, sino esencialmente de la manera en que son realizadas las excavaciones y el sostenimiento (historia de la obra).

Toda perturbación, incluso ulterior a la realización de la cavidad, puede jugar un papel importante sobre las presiones, así como el reemplazo del sostenimiento provisional por el revestimiento definitivo, el método convencional puede llevar consigo unos desordenes importantes en el macizo y movilizar unas cargas suplementarias que actúan sobre el revestimiento. Por el método Austríaco, todo riesgo de éste género queda descartado; en efecto, el revestimiento de concreto lanzado reforzado y anclado al terreno es definitivo desde la apertura de la cavidad. Esta manera de proceder permite sobre todo, como lo muestran las medidas de las deformaciones, el eliminar los efectos de la descompresión. Después del arranque, los movimientos se atenúan rápidamente; los primeros esfuerzos consecutivos a la descompresión son, en efecto, soportados desde su aparición, si bien que toda degradación del macizo se encuentra ausente.

El campo de aplicación del Nuevo Método Austríaco de construcción de túneles es muy amplio. Su gran flexibilidad de utilización permite su puesta en obra tanto en macizos muy compactos como en rocas alteradas o en terrenos difíciles (entre otros suelos). Se puede incluso afirmar que el método es aplicable en todas partes, bajo la reserva expresa de que se pueda realizar sobre todo el perfil del túnel una cavidad de por lo menos una decena de metros-cúbicos estables durante un tiempo suficientemente largo para permitir la colo

cación y el fraguado de concreto lanzado. Este imperativo fija por tanto los límites de aplicación del método, así como no puede ser realizado, por ejemplo, en los suelos sin cohesión como terrenos con boleos sueltos o demasiado plásticos.

En razón de la gran extensión de su campo de aplicación, el método austriaco es por tanto particularmente apto para los terrenos muy heterogéneos. En tales medios, el principio de sostenimiento permanece así mismo, y solamente varían la importancia de la malla y la densidad de los anclajes.

El Nuevo Método Austriaco es por tanto muy racional por tres razones principales: el proceso de sostenimiento es óptimo mecánicamente hablando, el sistema no es engorroso entre otras cosas por los elementos de sostenimiento provisional y de los encofrados deslizantes y, en fin, sobre el plano económico, éste método puede ser puesto en obra a un precio de costo inferior al que interviene cuando se aplican las técnicas tradicionales. El mayor problema a remontar en los países donde este método no es corrientemente adoptado, es el de convencer al Ingeniero de obra de las ventajas del método e igualmente el de hacer admitir a las empresas el formar equipos para estas nuevas técnicas, como era el caso de Alemania Federal hace una decena de años.

En conclusión, tenemos que la aplicación ya en obra de éste método mostró lo siguiente:

- Que el terreno se prestó en principio a la realización de los túneles por el Nuevo Método Austriaco.
- La absoluta e imprescindible aplicación del anclaje, demostrando su eficiencia en condiciones normales.
- El buen resultado obtenido con la aplicación del concreto lanzado como soporte provisional y definitivo.
- Aún, de la poca experiencia práctica que se tiene de este método respecto a los demás métodos, se siente poca seguridad y lentitud en su proceso, aunque es lo contrario a esto ya puesto en obra directamente.
- La aplicación del nuevo método austriaco fué en buenas condiciones de seguridad para el personal y para la obra. Se tuvo un cuidado extremo en los detalles de ejecución y un personal en lo que cabe suficientemente entrenado. Dado que, para una primera obra con éste método, fué difícil integrar al equipo propio de la empresa en la fase inicial, ya que fué acoplándose y adecuándose tanto al personal como al equipo y proceso constructivo, así, del técnico experimentado sin los conocimientos básicos del Nuevo Método Austriaco.

---- Con sus pros y contras, se obtuvieron muy buenos resultados, logrando una buena aplicación de este método y permitiéndose el ahorro significativo en tiempo y costo.

El Nuevo Método Austriaco constituye un progreso en el campo de la construcción de túneles además de la ventaja de ser muy eficiente, es económico.

Se vuelve a recordar que esta obra no fué terminada quedando inconclusa y varios de los datos aquí indicados fueron tomados de proyecto, acorde a la planeación de la obra.

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

- 1.- Angel Fuentes Quiróz y Corzo.
"Soporte provisional en los túneles en roca"
Tesis Profesional - 1966
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.
- 2.- Dunham R.K.
"Some aspects of resin anchored rock bolting"
Tunnels and Tunneling,
Julio 1973. Estado Unidos.
- 3.- D. U. Deere y AL.
"Design of tunnel Liners and Support Systems"
Clearinghouse - Shotcrete - Cap. 8
Final Report - 1969 E.U.
- 4.- Ernesto Mendoza Sánchez.
"Excavación de Túneles"
Tesis Profesional.
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.
- 5.- Editores y Técnicos Asociados, S.A.
"Túneles y Obras Subterráneas"
ETA - 2a. Edición - 1977.
Barcelona España.
- 6.- Franklin J.A, Wood Field P.F.
"Comparison of a polyester resin and a mechanical rock bolt anchor".
Institut of Mining and Metallurgy.
Vol.- 80.
Julio 1971. E.U.
- 7.- H. Edeling E T W. Schulz.
"La nouvelle méthode Autrichienne de Construction de Tunnels applique -
pour la realisation du metro de Francfor (en Allemand).
XX- Colloque de Mecanique des roches de Salzburg.
Octubre 1971.
- 8.- I N C Y C - 10
"Concreto lanzado ". F.F. RYAN.
INCYC - 1971. México, D.F.
- 9.- I N C Y C - 7
"GUIA PARA EL EMPLEO DE ADITIVOS EN EL CONCRETO ACI-212
INCYC - 1981, México, D.F.

- 10.- Juárez Badillo - Rico Rodríguez.
"Mecánica de Suelos " - Tomo I
Ed. Limusa - 1976; 3a. Edición; México, D.F.
- 11.- José Antonio Jiménez Salas.
"Geotecnia y Cimientos III" Tomo II;
Rueda; 1980; Madrid, España.
- 12.- Lethuare R.
"Observations sur la capacité de roches au boulonnage et selection d'
un systeme d' ancrage";
Symposium de la Soc. Int. de Mec. de Roches.
Nancy - Francia; 1971.
- 13.-"Memoria Práctica de Construcción"
Notas personales obtenidas de proyecto y campo.
Octubre; 1982; México, D.F.
- 14.- Reuben H. Donnelley Corporation.
"Revista de Ingeniería Internacional"; Construcción;
Enero 1967; Tomo 55; E.U.
- 15.-Reuben H. Donnelley Corporation.
"Revista de Ingeniería Internacional" Construcción.
Abril 1968; Tomo 56; E.U.
- 16.- Reuben H. Donnelley Corp.
"Revista de Ingeniería Internacional"; Construcción.
Marzo 1969; Tomo 57; E.U.
- 17.- Rex M. Witton.
"Manual de Instrucciones para la Construcción de Caminos y Puentes en
Proyectos de Carreteras Federales"
SOFFER, S. de R.L.
- 18.- R. L. PEURIFOY.
"Métodos, planeamiento y equipos de Construcción"
Diana; 1976; México, D.F.
- 19.- Rabcewicz L.V.
"The New Austrian Tunneling, Method" (3 parties)
Water Power - 1964 Nov. and Dec. - Janu. 1965; Londres.
- 20.- Sección de Construcción.
"Apuntes de Ruta Crítica"
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.; 1975.
- 21.- SIKA; "MANUAL DE PRODUCTOS";
SIKA; Edo. de México; 1982.

- 22.- Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.
"Cimentaciones en zonas minadas de la Ciudad de México".
Simposio; Marzo 1976; México, D.F.
- 23.- Túnel, S.A. de C.V.
"Especificaciones, instructivos y controles elaborados bajo el título
de "Concreto Lanzado" ".
México.