

29
121

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



**PANTALLAS IMPERMEABLES EN CORTINAS
DE MATERIALES GRADUADOS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

FRANCISCO LUEVANO RIEKE

México, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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

	Págs.
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
GENERALIDADES DE LA OBRA	
1.1).- Ubicación de la obra.	3
1.2).- Historia de las inyecciones.	5
1.3).- Proceso constructivo de la cortina.	6
CAPITULO II	
ESTUDIOS PRELIMINARES	
2.1).- Estudio geológico.	11
2.2).- Resultado de geología.	15
2.3).- Propuesta para regularizar las laderas.	19
CAPITULO III	
PROGRAMAS	
3.1).- Programa de las pantallas.	21
3.2).- Programa de arcilla.	26
3.3).- Programa de barrenación.	27
3.4).- Programa de inyección.	48
CAPITULO IV	
METODOS EMPLEADOS	
4.1).- Método de inyección.	53
4.2).- Procedimiento de inyección.	58
4.3).- Maquinaria y equipo empleados en la inyección.	63
4.4).- Materiales usados en la inyección.	76
CAPITULO V	
PRUEBA LUGEON	
5.1).- Consideraciones generales.	78
5.2).- Perforación.	82
5.3).- Equipo utilizado en la prueba.	84

5.4).- Procedimiento.	86
5.5).- Pérdida de carga.	92
5.6).- Gráficas.	96

C A P I T U L O VI

ANALISIS DE COSTO

6.1).- Ejemplo de costo.	101
6.2).- Conclusiones.	123

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

En la realización de pequeñas y grandes obras de Ingeniería el suelo juega un papel muy importante debiendo éste cumplir con ciertas características; ya que será allí donde nuestra estructura estará apoyada. Si las condiciones en -- que se encuentra el suelo no garantizan la estabilidad y el buen funcionamiento de la obra deberá ser tratado empleando los métodos necesarios para lograr nuestros propósitos.

En esta tesis hablaremos del tratamiento a base de Inyecciones aplicado a las laderas de una Cortina de materiales graduados; como caso particular nos referiremos al Proyecto Hidroeléctrico Ing. Carlos Ramírez Ulloa (El Caracol) situado en el Estado de Guerrero.

Una cortina a base de materiales graduados consiste -- en una zona central o corazón que estará compuesta por material impermeable (Arcilla), una zona semipermeable (Filtro) y otra permeable (Transiciones y Roca).

Cada uno de estos materiales tendrá una función diferente, así la Arcilla tratará de que las filtraciones sean lo más escasas posible, el Filtro será la protección inmediata de la zona impermeable debiendo estar homogéneo para detener con su arena todo el posible arrastre de partículas de arcilla hacia los huecos del enrocamiento, las transiciones y roca será a su vez la protección del Filtro y Arcilla no permitiendo la erosión del núcleo por la lluvia o el agua del embalse.

Es importante hacer notar que una Cortina es una estructura que nos servirá para retención de agua y sus márgenes y lecho en contacto con el núcleo deberán evitar a lo máximo las filtraciones.

La impermeabilización de las laderas y cauce en la zona de la arcilla se hizo a base de inyecciones de lechada - logrando también este tratamiento consolidar la roca y eliminar las presiones intersticiales. Las inyecciones fueron necesarias debido a la mala constitución geológica de la zona, ya que tenía una serie de fallas y diques.

C A P I T U L O I

GENERALIDADES DE LA OBRA

1.1).- Ubicación de la obra

La Comisión Federal de Electricidad inició en el año de 1978, la construcción del Proyecto Hidroeléctrico --- "ING. CARLOS RAMIREZ ULLOA" (El Caracol) ubicado en la --- parte NW del Estado de Guerrero, en las proximidades del poblado de Apaxtla y en la parte media del Río Balsas unos 73 Km. aguas abajo del cruce con el puente Mezcala de la carrretera Nacional México Acapulco.

La cuenca de captación hasta el sitio del Proyecto --- tiene un área de 45,597 Km. cuadrados, la cual no incluye --- el área (3,240 Km. cuadrados) correspondiente a la cuenca de la Presa Valsequillo, Puebla. El escurrimiento medio a --- nual es de 6,217,000,000 metros cúbicos.

Sobre el Río Balsas se localizan proyectos en opera- --- ción así como proyectos en estudio y también en construc- --- ción. Fig. 1.1.1

Proyectos en operación:

El Infiernillo

La Villita

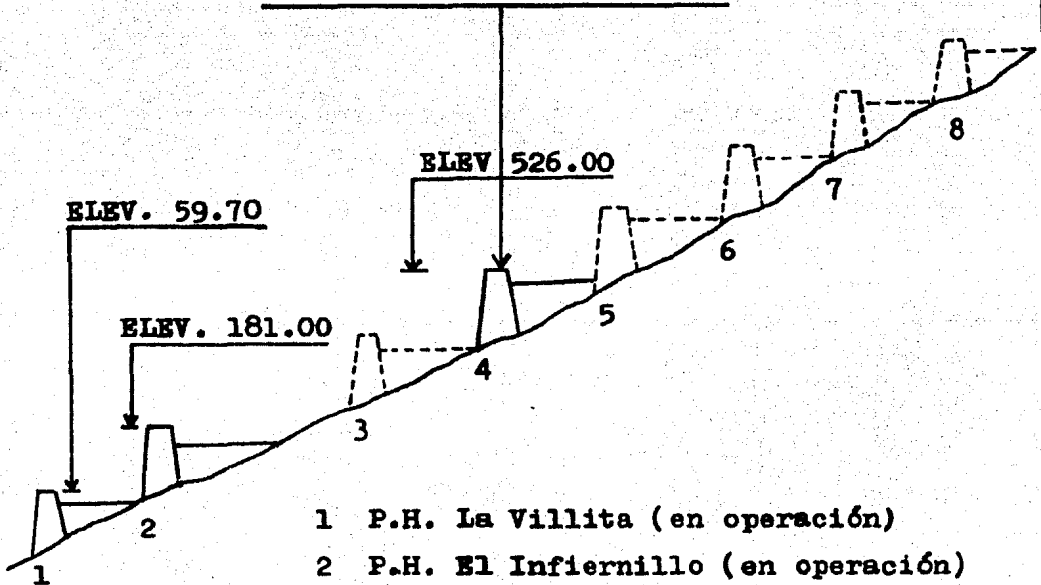
Proyectos en estudio:

Chiltepec

Oztutla

APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO DEL RIO BALSAS

PROYECTO HIDROELECTRICO ING. CARLOS RAMIREZ ULLOA



- 1 P.H. La Villita (en operación)
- 2 P.H. El Infiernillo (en operación)
- 3 P.H. Tepoa (en estudio)
- 4 P.H. El Caracol (en construcción)
- 5 P.H. S. J. Tetelcingo (en estudio)
- 6 P.H. Huixastla (en estudio)
- 7 P.H. Oztutla (en estudio)
- 8 P.H. Chiltepec (en estudio)

FIG. 1.1.1

Huixastla
S. J. Tetelcingo
Tepoa

Proyecto en construcción:
El Caracol

1.2).- Historia de las inyecciones.

La historia sobre inyección de suelos empieza desde 1802 con el Ing. Francos Berigny quien realizó el primer -- trabajo sobre inyección de suelos. La mezcla inyectada esta ba compuesta por un mortero fluido de cemento arena y puzolana estableciendo ya a partir de esta fecha los principios de fluidez, manejabilidad y resistencia.

También Berigny ensayó con mezclas de arcilla cemento, pero éstas ya no le dieron resultado debido a la no homogeneidad de los materiales.

En 1911 Francoise patentiza para suelos aluvionales un producto a base de silicato de sodio que es activado -- con sulfato de sodio. Estos dos elementos se inyectaron al suelo por lados diferentes pero llegando al interior del ma cizo se mezclaron para formar un producto gelatinoso con -- propiedades resistentes e impermeabilizantes.

El avance sobre la inyección de suelos fué teniendo progresos notables pues en 1929 el Prof. Mauricio Lugeon -- dió las primeras presiones a un macizo rocoso cosa que ante riormente era un trabajo difícil de realizar y además se -- pensaba que una roca era lo suficientemente impermeable. Las presiones máximas que se dieron en aquella época fueron de 10 a 15 Kgs/cm² mientras que hoy llegan a alcanzar - - -

100 Kgs/cm².

Diez años más tarde en 1939 el Ing. Mayer preparó una mezcla de arcilla y cemento para suelos aluvionales con una resistencia de 10 Kgs/cm², elástica, impermeabilizante y que además podía penetrar a través de los terrenos aluvionales.

Podemos afirmar que México está al tanto de los adelantos en cuanto a técnica y equipo de inyección se refiere comparado con otros países como Francia, Estados Unidos, -- Italia etc. ya que continuamente se construyen estructuras hidráulicas para la generación de Energía Eléctrica.

1.3).- Proceso constructivo de la cortina.-

La inyección tema principal de mi tesis forma parte del proceso constructivo, y destinaré esta parte del capítulo para hablar de tan importantes actividades en la construcción de una cortina de materiales graduados.

Los principales trabajos que se desarrollaron, y se llevan a cabo para la construcción de la cortina de El Caracol son los siguientes:

- a).- Desvío del Río Balsas
- b).- Limpieza del cauce
- c).- Regularización de laderas
- d).- Barrenación e inyección de laderas
- e).- Colocación de arcilla
- f).- Colocación de filtro
- g).- Colocación de transición
- h).- Colocación de rezaga
- i).- Colocación de roca

a).- Desvío del Río Balsas.-

Para cambiar el curso del Río Balsas fué necesario construir dos túneles de desvío aguas arriba de la cortina. Terminando la construcción de los túneles se levantaron dos ataguías, una aguas arriba y otra aguas abajo de la cortina.

Estas estructuras tanto túneles como ataguías -- fueron diseñadas para soportar cualquier avenida máxima.

b).- Limpieza del cauce.-

La limpieza del cauce del Río Balsas en la zona de la cortina, a permitido el levantamiento de las discontinuidades de esta area, siendo el espesor promedio de roca al terada diez m. El volumen removido se estimó en aproximadamente 80,000 m³.

Después de haber limpiado el cauce del río en la zona de la cortina, se procedió a colar losas de concreto ancladas para recibir los materiales graduados.

c).- Regularización de laderas.-

Es la limpieza de las laderas hasta encontrar la roca sana para que haya mejor adherencia entre el material impermeable y la ladera.

Las voladuras que se hagan serán usando la técnica "SMOOTH WALL" para no fracturar demasiado la roca.

En la regularización una actividad inevitable a desarrollar es el acceso a los banquetes, ya que los caminos son la puerta de entrada utilizada por la maquinaria y el personal para llevar a cabo los trabajos de perforación, voladuras y remoción de material.

d).- Barrenación e inyección.-

Una vez regularizada la ladera, se procede a inyectar esta zona con el propósito de formar una pantalla -- impermeable que frene el paso de agua al núcleo de la cortina.

La barrenación e inyección tendrán una orientación e inclinación, de tal forma que atraviesen el mayor número de estratos posibles para garantizar su impermeabilización.

e).- Colocación de arcilla.-

Después de la inyección se colocará la arcilla bajo especificaciones que mejorarán su calidad.

La arcilla es transportada por volteos livianos desde los bancos a la cortina; en los bancos se procesa dándole la humedad especificada y así tenemos dos tipos de arcilla, húmeda y normal.

La arcilla húmeda al depositarse en la cortina tendrá un porcentaje de 15, colocándose en una franja perimetral de 4.00 m. alrededor del núcleo impermeable normal, colindando con las laderas y el filtro.

La arcilla normal se colocará en la zona central de la cortina, siendo su límite la franja perimetral de la arcilla húmeda. El porcentaje de humedad de la normal es un 13 % .

Ambos materiales (normal y húmeda) deben cumplir con las siguientes normas:

- 1).- Se colocarán en capas de 30 cm. de espesor.
- 2).- La pendiente máxima de colocación será 2%.

3).- La compactación del material será del 95%, según la prueba proctor.

f).- Colocación de filtro.-

Este material viene de la planta procesadora de filtro, de donde sale con una granulometría especificada. - Se transporta a la cortina por medio de volteos livianos; - al llegar se coloca aguas abajo y aguas arriba de la arcilla. Se extiende y se homogeneiza con una motoconformadora en capas de 30 cm.

g).- Colocación de transición.-

La transición se envía de la planta trituradora a la cortina con el tamaño especificado, y se coloca aguas arriba y aguas abajo del filtro, extendiéndose con un tractor en capas de 30 cms.

h).- Colocación de rezaga.-

La rezaga es enviada de la pedrera Chachalacas en volteos pesados a la cortina, y se coloca en capas de -- 50 cms. aguas abajo y aguas arriba de la transición. La rezaga se extiende con un tractor D-8, y se compacta con un rodillo liso vibrocompactador.

i).- Colocación de roca.-

La roca también proviene de la pedrera Chachalacas y es transportada en volteos pesados a la cortina. Se coloca en capas de 1.50 m. con un tractor D-8 y un rodillo liso vibrocompactador.

La roca sirve para protección del núcleo en --- cuanto a la lluvia y el oleaje. La colocación de materiales se observa en las figuras 1.3.1 y 1.3.2 .

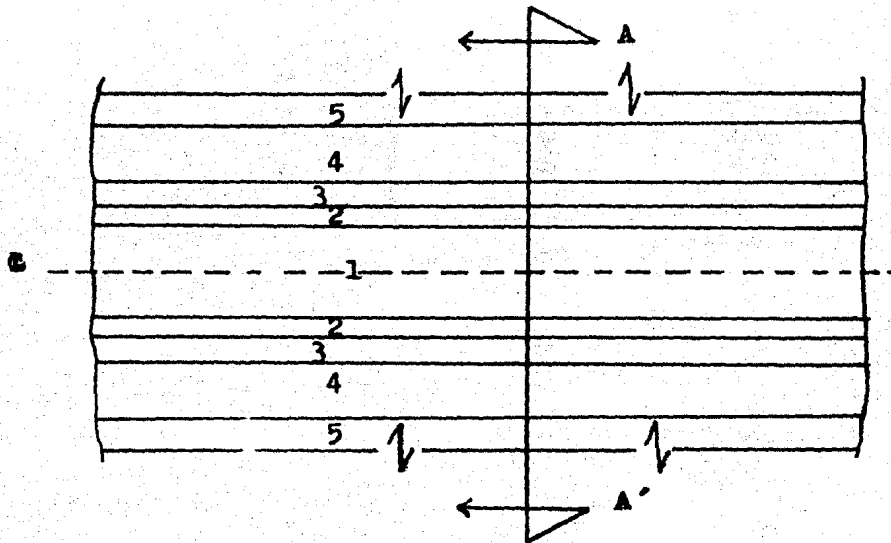


Fig. 1.3.1 Planta de la Cortina .

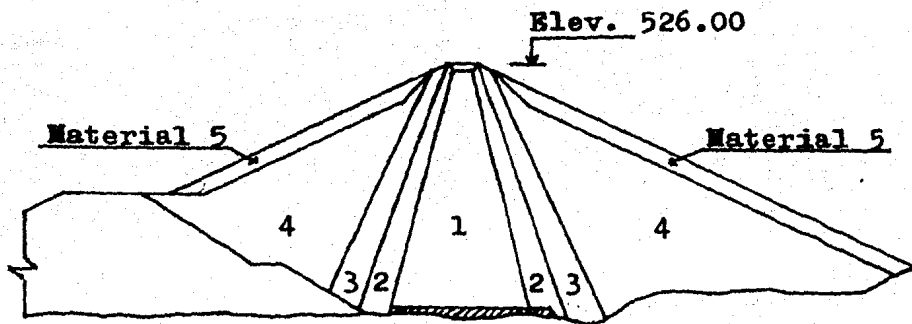


Fig. 1.3.2 Corte A-A' con los materiales 1,2,3,4 y 5 que corresponden a :
Arcilla, Filtro, Transición, Roca y Roca.

C A P I T U L O I I

ESTUDIOS PRELIMINARES

2.1).- Estudio geológico

La cortina del Proyecto Hidroeléctrico El Caracol, se desplanta en rocas que presentan estratos de areniscas y lutitas principalmente. Es importante hacer notar, que en el sitio también se localizan varios diques, que al introducirse en estas rocas sedimentarias van formando posibles zonas inestables.

Estos diques presentan intemperismo acelerado en alguna de sus partes debido a su composición química y mineralógica, creando en esta forma conductos por donde puede fluir el agua.

Antes de seguir adelante definiremos las características de las rocas donde se localiza la cortina.

Arenisca.- Es una roca sedimentaria formada por granitos de cuarzo del tamaño de la arena, unidos por un cemento silíceo, arcilloso, calizo o ferroso. También pueden estar formadas por láminas de mica y minerales de hierro.

Lutita.- Es también, una roca sedimentaria que se puede encontrar con frecuencia en todos los continentes, ya que está formada por un lodo limo arcilloso con cierta abundancia de cuarzo y mica. A simple vista, esta roca parece ser homogénea debido a las partículas tan finas que hay en su --

composición.

Continuando con el estudio geológico, tomaremos para fines geotécnicos o de construcción dos unidades de referencia, las cuales son una alternancia de lutitas y areniscas.

Las unidades litológicas de referencia son:

Unidad A (UA).- Tiene un porcentaje de 70% de areniscas y 30% de lutitas caracterizadas por su alternancia, alcanzando las areniscas hasta 8.00 m., mientras las lutitas tienen estratos delgados.

Unidad B (UB).- Se caracteriza por la alternancia de lutitas y areniscas en un 65% y 35%. Los estratos de areniscas presentan espesores de 2.00 m. y son muy esporádicos. Las lutitas están intemperizadas por encontrarse superficialmente y presentan un color ocre.

Margen Izquierda.- La margen izquierda presenta en su formación geológica una serie de fallas y diques.

El eje de la cortina se apoya sobre un bloque delimitado por la falla uno y la falla cuatro, quedando dentro de este bloque los diques uno y dos. En la atagüa aguas arriba tenemos UA, mientras que aguas abajo existe la UB.

Estas fallas y diques se pueden ver en la Fig. 2.1.1 que presenta una vista frontal de la M. I.

Margen Derecha.- La margen está apoyada en las unidades UA y UB, teniendo el mayor porcentaje hacia aguas arriba de areniscas, y de lutitas hacia aguas abajo.

En esta margen la roca se encontró más sana, comparada con la margen izquierda.

A continuación presentamos la Fig. 2.1.2, que es una vista frontal de la margen derecha.

ESQUEMA GEOLOGICO ESTRUCTURAL DE MARGEN IZQUIERDA

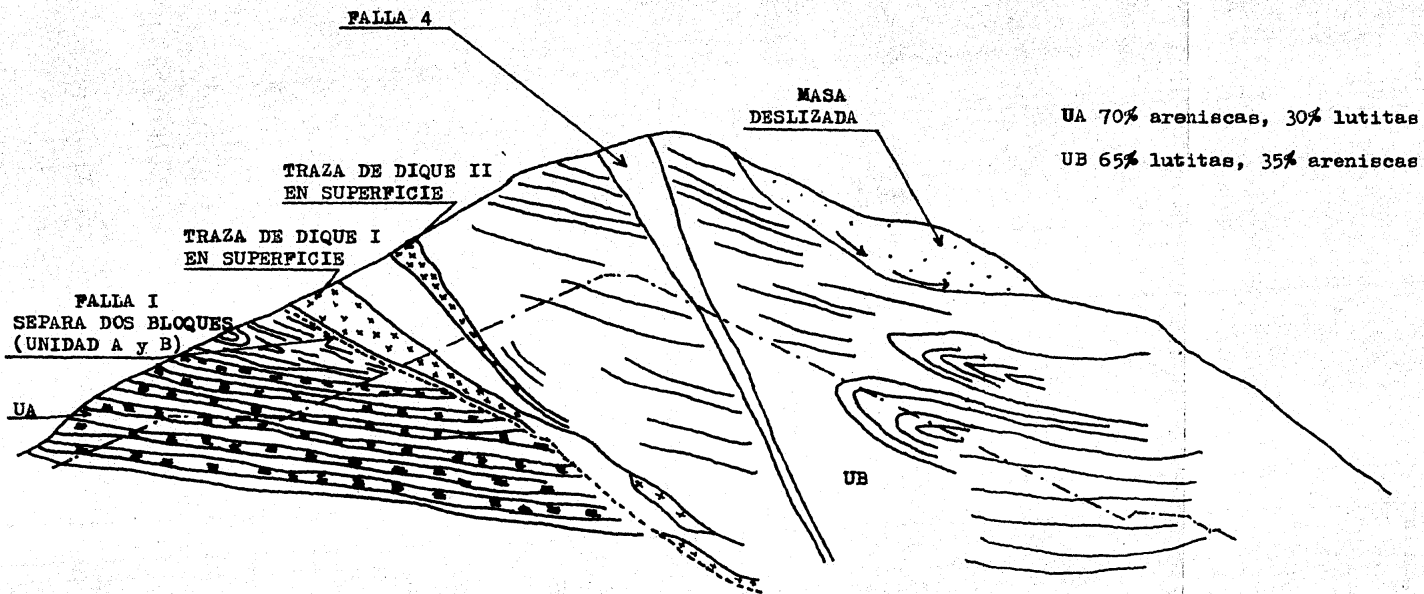


Fig. 2.1.1 -- Vista frontal de margen izquierda.

ESQUEMA GEOLOGICO ESTRUCTURAL DE MARGEN DERECHA

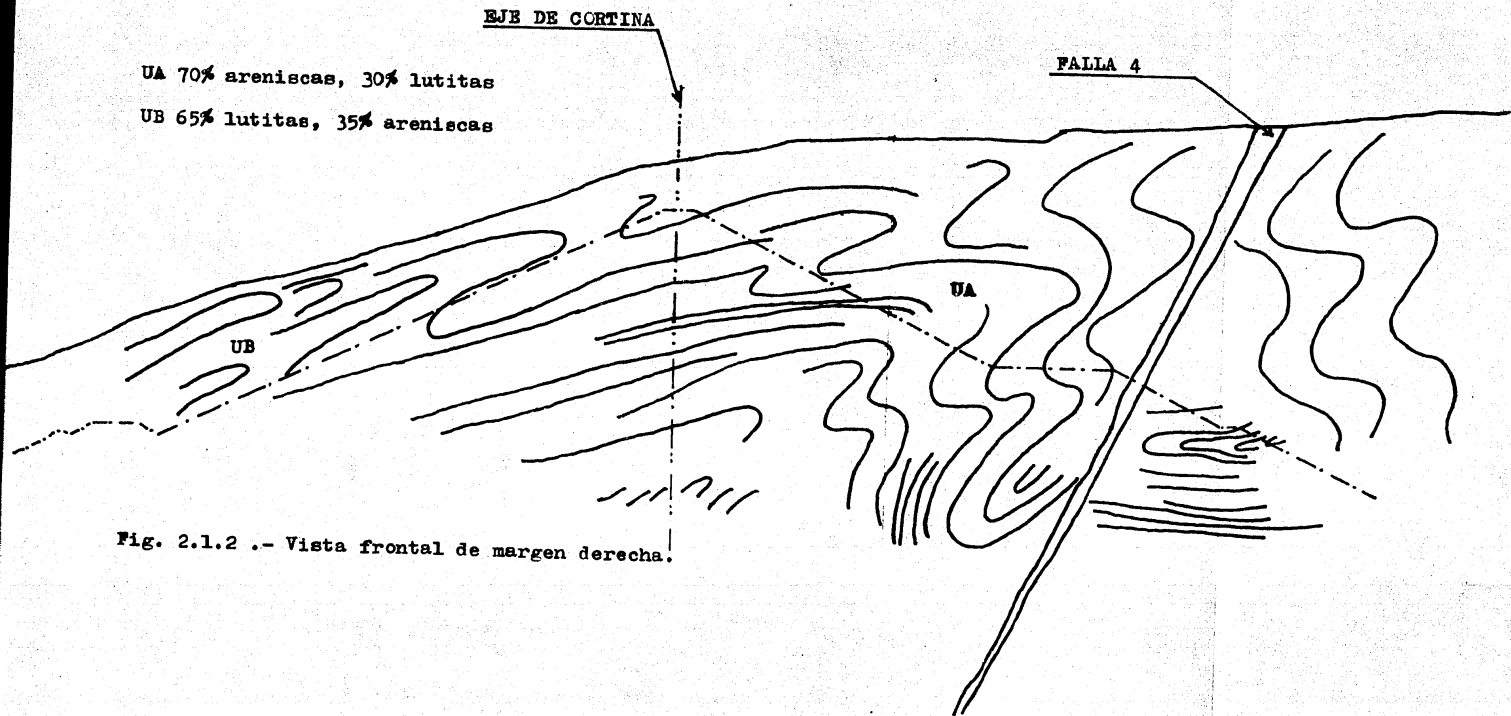


Fig. 2.1.2 .- Vista frontal de margen derecha.

2.2).- Resultado de geología.

En esta parte del capítulo tomaré en cuenta un aspecto muy importante obtenido del estudio geológico; como es la permeabilidad en las márgenes y cauce del río. La permeabilidad es el obstáculo a vencer y el tema de lo cual nos ocupa esta tesis.

Para tener más claridad sobre los datos obtenidos -- del estudio geológico, definiré lo que es una unidad Lugeon (U.L.) dado que la citaremos con bastante frecuencia en el desarrollo de este trabajo.

Unidad Lugeon.- Esta unidad se define como 1 lt/min/ /m. bajo una presión de 10 kgs/cm². Los rangos de permeabilidad de un terreno están dados por esta unidad; así podemos decir que un terreno o roca es impermeable cuando tiene de 0 a 3 U.L., poco permeable cuando anda de 3 a 11 U.L. y permeable de 11 U.L. para arriba.

Margen Izquierda.-

La permeabilidad que se presenta en esta margen es de tipo secundario no homogénea a causa de las discontinuidades y diques encontrados.

Las pruebas realizadas arrojaron datos muy importantes para la construcción de Isopermas a cada 10.00 m., de la elev. 380 a la 510. (Fig. 2.2.1)

En la zona de atagüa aguas arriba elev. 410, hay -- una roca alterada entre los 20 y 40 m. de espesor, que presenta una alta permeabilidad y va de 2 U.L. hasta 34 U.L.

A 20 m. por debajo del dique uno, la permeabilidad -- es prácticamente nula y se incrementa cerca del barrenos --- B-53 (Fig. 2.2.1), llegando a 14 U.L. en el eje de la corti

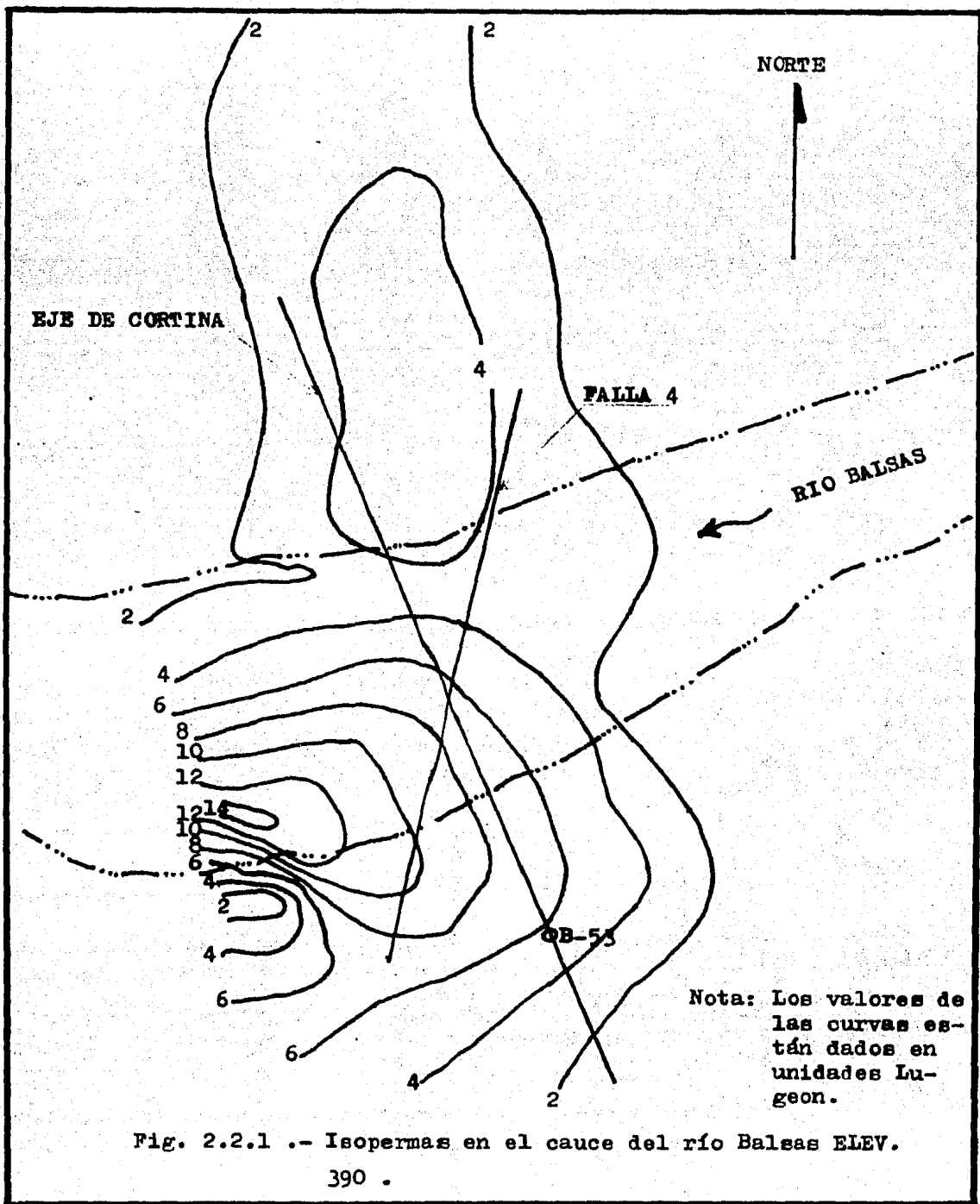


Fig. 2.2.1 .- Isopermas en el cauce del río Balsas ELEV. 390 .

na.

El dique uno en la atagüa de aguas arriba y entre las elev. 398 a 370, reportó la permeabilidad de 0.19 U.L. y 1.58 U.L. o sea prácticamente nula.

Margen Derecha.-

Tomando datos de atagüa aguas arriba, atagüa aguas abajo y eje de cortina, se observó que la permeabilidad en esta margen es menor que en la margen izquierda. En la Fig. 2.2.2, se ven las isopermas.

Entre las elevaciones 460 - 480 m. hacia la ladera norte del espolón se registró una permeabilidad de 10 U.L. En la misma zona pero en el nivel 440 se registró 6 U.L. En la ladera norte elev. 490 se encontró una permeabilidad de 8 U.L.

Aunque se han detectado permeabilidades hasta de 17.2 U.L. en la cima del dique tres a la elev. 506, la permeabilidad promedio para el espolón es de 2 U.L. Como se puede observar el terreno es poco permeable.

Cauce del río.-

De los estudios realizados en el cauce del río asumimos que la permeabilidad de tipo secundaria es persistente, y debe ser considerada en el tratamiento de la roca.

En la atagüa aguas arriba por debajo de la elev. 400 se obtuvo una permeabilidad de 10 U.L., la cual va decreciendo a medida que va bajando hasta la elev. 380 donde se tiene 4 U.L.

Entre las elevaciones 380 y 390 del eje de la cortina se obtuvieron permeabilidades hasta de 14 U.L.

La atagüa aguas abajo presenta condiciones de per-

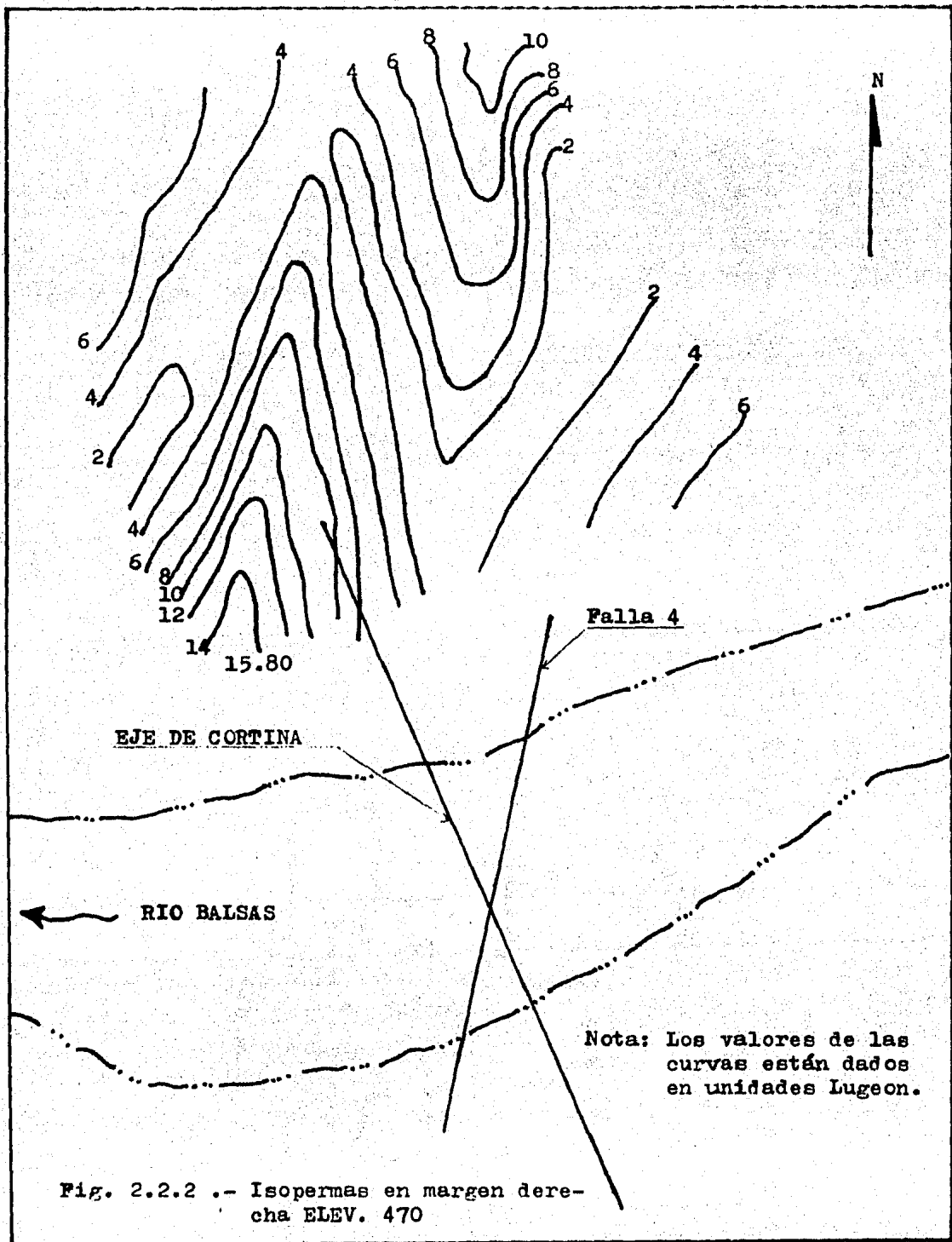


Fig. 2.2.2 .- Isopermas en margen derecha ELEV. 470

meabilidad semejante al eje de la cortina, mostrando que a partir de la elev. 380 hacia abajo la permeabilidad disminuye considerablemente.

La Fig. 2.2.1 muestra las isopermas en el cauce del río a la elev. 390, de donde se acepta la generalización de que las permeabilidades aumentan hacia aguas abajo.

Este fenómeno puede estar asociado con la falla cuatro, ya que en varios puntos el agua brota artesianamente - en las proximidades de la traza de la falla en el cauce del río.

2.3).- Propuesta para regularizar las laderas.

Las obras de regularización en margen izquierda requieren de varios precortes con los que finalmente se tendrán las siguientes pendientes: a partir del cauce del río 3.8:1 hasta la elevación 422; 1.3:1 de la elevación 420 a la 475 y 1:1 de la elev. 474 a la 526. (Fig. 2.3.1)

Este trabajo incluye la excavación de parte de los diques uno y dos, y de las unidades litológicas UA y UB con un volumen total de roca de 140,000 m³.

La parte superior del precorte en margen izquierda - (de elev. 474 a elev. 526) dejará aflorando los estratos de areniscas y lutitas buzando hacia el corte, se considera que el tratamiento de impermeabilización aumentará la buena resistencia al corte de la roca sin necesidad de anclar, a menos que las fracturas delimiten bloques inestables.

Se sugiere que la barrenación para el tratamiento de la roca sea inclinada al E-SE con 20 grados.

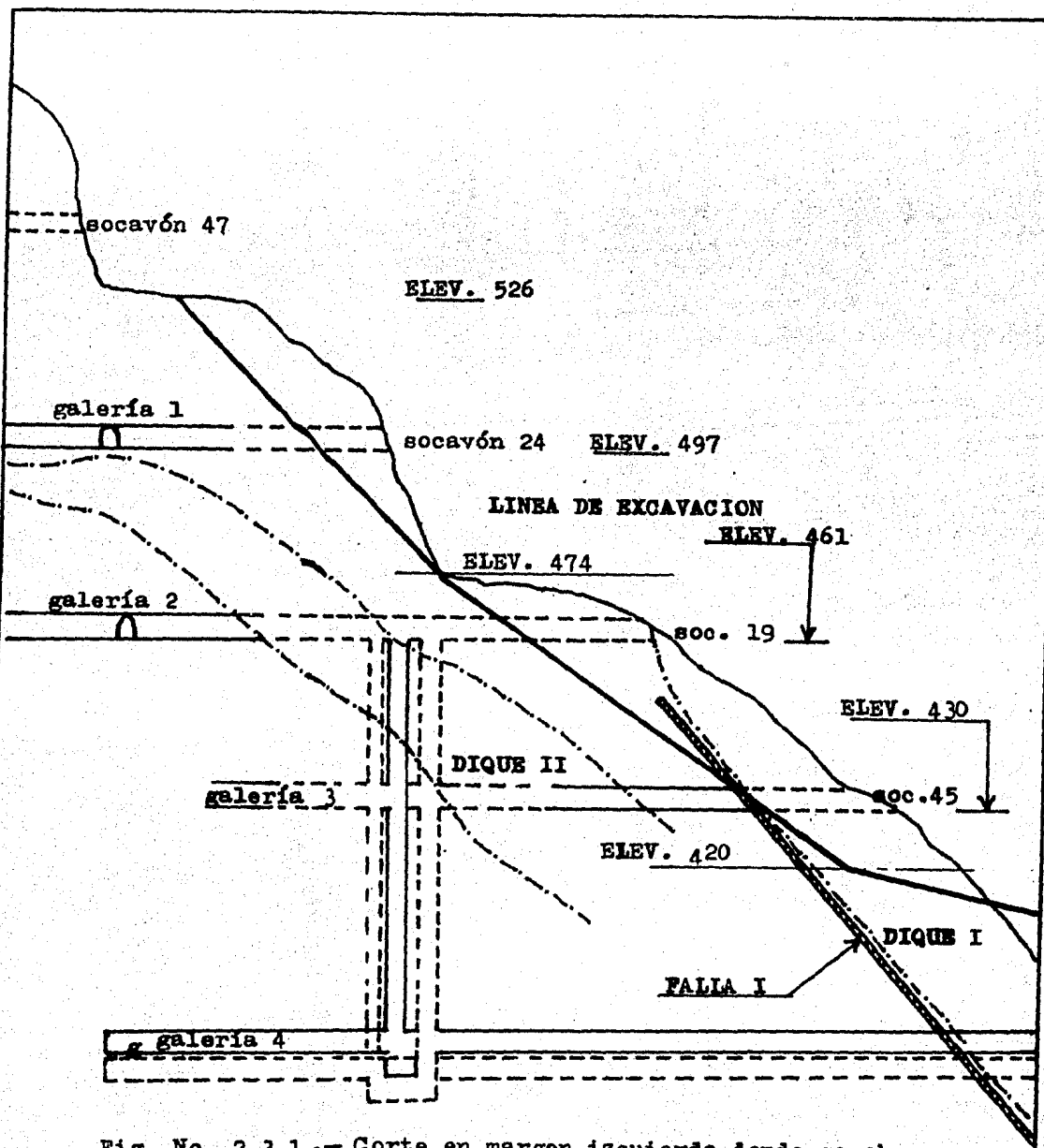


Fig. No. 2.3.1.- Corte en margen izquierda donde se observan DIQUES I y II, FALLA I, LINEA DE EXCAVACION.

PROGRAMAS

3.1).- Programa de las pantallas.

La finalidad de esta parte del capítulo, es dar una introducción a la elaboración del programa de pantallas, - haciendo notar la dependencia que existe entre las actividades realizadas en ellas y la colocación de materiales de una cortina de materiales graduados.

A continuación cito algunos conceptos que deben quedar definidos, para el desarrollo de este trabajo.

1.- Tipos de pantallas.

2.- Influencia de la colocación de materiales en el programa de pantallas.

3.- Programa de barrenación.

4.- Programa de inyección.

1.- Las pantallas de impermeabilización se dividen en pantallas de tapete y pantallas principales. Fig 3.1.1

Pantallas de tapete.- Es un conjunto de barrenos cuya finalidad es consolidar e impermeabilizar la roca. Están distribuidos por cuadrículas de 6 m. hor. X 4 m. ver., quedando dentro del área que forman las dos trazas de filtro. Los barrenos de tapete alcanzan una profundidad de -- 10.00 m. y su diámetro es de 3"; la orientación e inclinación, estará dada por la línea que intercepte el mayor nú-

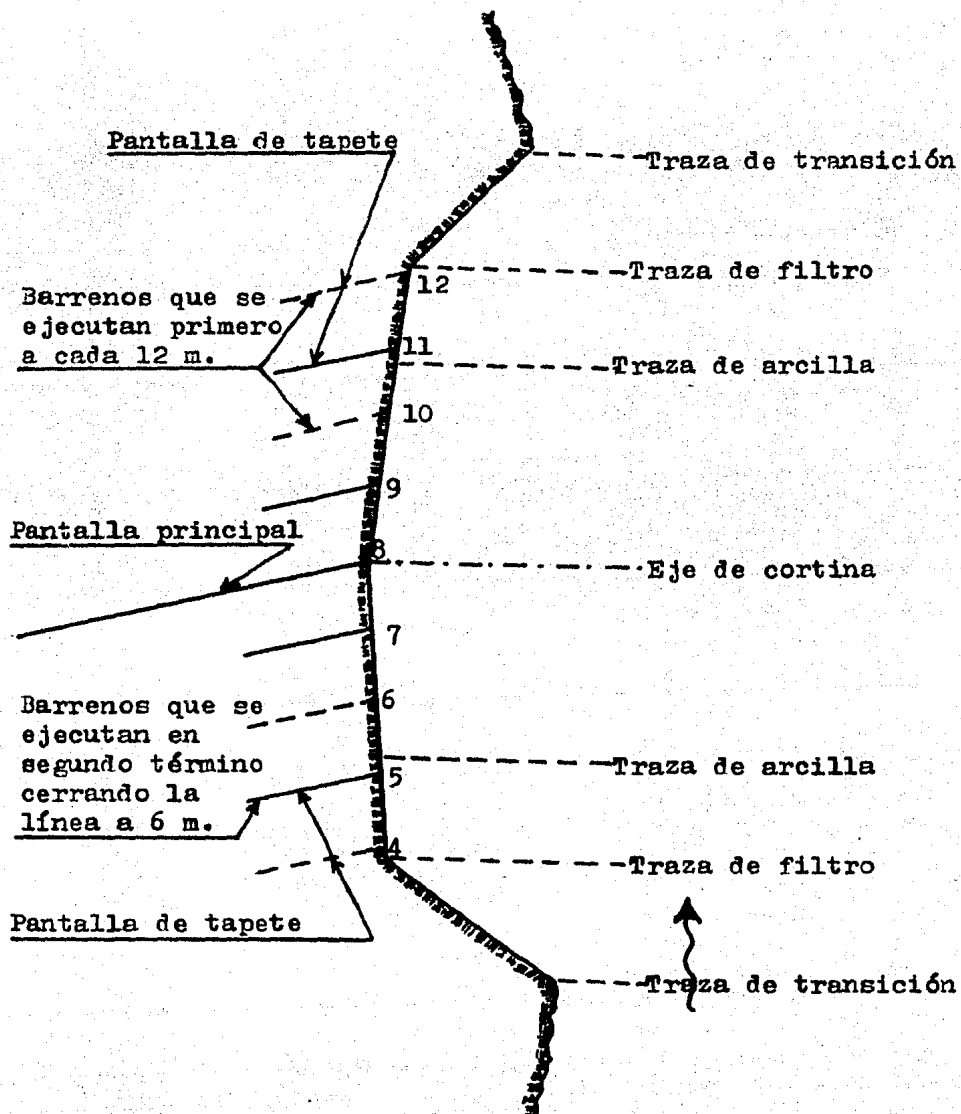


Fig. 3.1.1.- Corte hecho por un plano horizontal en la elev. 472 de la margen izquierda, donde se localizan los barrenos de la pantalla de tapete y pantalla principal.

mero de estratos posibles.

La secuencia de perforación e inyección será la siguiente:

a).- Se ejecutarán los barrenos de la primera etapa, localizados sobre la línea horizontal a cada 12.00 m., de aguas arriba hacia aguas abajo.

b).- Se perforarán e inyectarán los barrenos intermedios, que hayan quedado pendientes de la primera etapa, cerrando la línea a cada 6.00 m. de aguas arriba hacia aguas abajo.

c).- Después de tener terminada la primera etapa, se procederá a realizar la segunda etapa, ejecutándola en la misma forma que los incisos a) y b) .

Barrenos adicionales.- Se encuentran localizados en la misma línea de los barrenos de tapete, a los lados de -- aquéllos que hayan tenido altos consumos de lechada. Serán de 10.00 m. de longitud por 3" de diámetro, y tendrán la -- orientación e inclinación de tal forma que atraviesen el mayor número de estratos posibles.

Barrenos de prueba Lugeon.- Para certificar el trabajo de inyección en los barrenos de tapete y adicionales, se realizará una prueba de permeabilidad en los puntos cerca--nos a las zonas que hayan obtenido el mayor consumo de le--chada. Los barrenos de prueba Lugeon tendrán la misma longitud, diámetro, orientación e inclinación que los barrenos de tapete. Se perforarán en línea horizontal, entre las -- etapas I y II de barrenos de tapete a cada 8.00 m. de altu--ra.

Pantallas principales.- Es una hilera de barrenos -- que van siguiendo la traza del eje de cortina, y su función es interceptar los planos principales de fracturas abiertas de la masa rocosa, que el tapete no haya alcanzado. Sus longitudes varían desde los 16.00 m. hasta los 40.00 m., y tienen un diámetro de 3". Su inclinación y orientación será en base al mayor número de estratos que atraviesen.

La secuencia de perforación e inyección es la siguiente:

a).- Se perforará e inyectará el barreno de la primera etapa, cuando se hayan realizado los barrenos de tapete en esa zona.

b).- Se ejecutará la segunda etapa, siempre y cuando se haya inyectado la primera, y los barrenos de tapete estén terminados.

c).- Después de cumplir con los incisos a) y b), se trabajará sobre la etapa III.

2.- El filtro, transición y roca dependerán de la colocación de arcilla, y a su vez la arcilla dependerá del avance que se tenga en el tratamiento de las pantallas. El núcleo impermeable es el material que tiene mayor área de contacto con la pantalla inyectada, y será colocado bajo especificaciones, que en cierta forma van restringiendo su avance, para dar una mejor calidad al trabajo desarrollado. Una especificación que nos afecta en cuanto a la producción de arcilla compacta, es que se debe de colocar con una pendiente menor o igual al 2%. En el proceso constructivo, esta pendiente nos hará cambiar de margen constantemente, oca

sionando también los movimientos de maquinaria e instalaciones en el frente de inyección. Para tener mayor claridad en el punto 2, observemos la Fig. 3.1.2

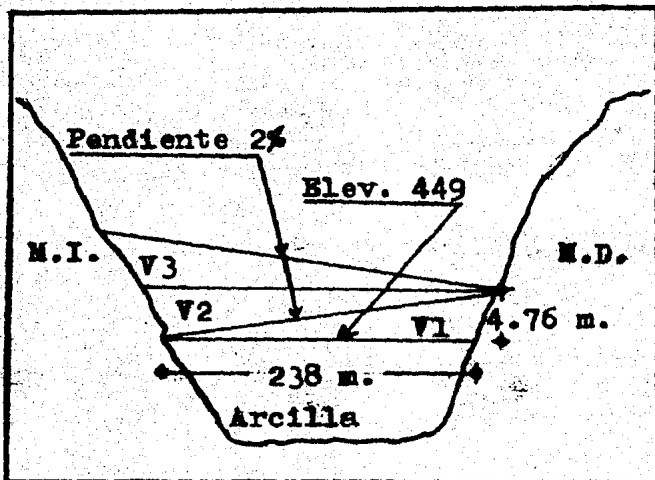


Fig. 3.1.2.- Corte longitudinal por el eje de la cortina, donde se ve la arcilla en la elev. 449 por estarse realizando la regularización de laderas. Al terminar la regularización, se iniciará la colocación del mate

rial impermeable con el volumen 1, cumpliendo con la pendiente del 2%; a continuación se procederá a colocar el volumen 2 y 3. El ciclo se hace repetitivo para los volúmenes siguientes. En la figura se observa, que es necesario tener preparada la impermeabilización de la ladera conforme avanza la arcilla, para no ocasionar pérdidas por equipo y personal parado.

Se hará un programa de arcilla teniendo como fecha de terminación de cortina, el mes de marzo de 1985. El volumen a colocar en un tiempo determinado, está registrado en el diagrama de barras que presento en el Capítulo 3.2 .

3.- Para obtener el programa de barrenación, será necesario conocer:

a).- Las actividades dentro de la barrenación.

b).- La longitud por perforar siguiendo la secuencia de la colocación de arcilla.

c).- Los rendimientos en las actividades de barrenación.

d).- La maquinaria, materiales y personal que llevarán a cabo las actividades de barrenación.

De los puntos anteriores, obtendremos los volúmenes a desarrollar en un determinado tiempo para formar con ésto el diagrama de barras, que presento en el Capítulo 3.3 .

4.- Para obtener el programa de inyección, será necesario conocer:

a).- Las actividades a realizar dentro de la inyección.

b).- La longitud por inyectar siguiendo la secuencia de la perforación.

c).- Los rendimientos en las actividades de inyección.

d).- La maquinaria, materiales y personal que llevarán a cabo las actividades de inyección.

De los puntos anteriores, calcularemos los volúmenes a desarrollar en un determinado tiempo para formar el diagrama de barras, que presento en el Capítulo 3.4 .

3.2).- Programa de arcilla.

El volumen total faltante de arcilla, de la elev. 449 a la 523 es de $560,805.32 \text{ m}^3$. Este volumen se colocará en 17 meses a partir de noviembre de 1983; lo cual implica tener los siguientes rendimientos:

meses de diciembre 2 meses X 15 días = 30 días
 meses normales 15 meses X 26 días = 390 días

Total días hábiles ... 420

$$\text{Rendimiento} = \frac{560,805.32 \text{ m}^3}{420 \text{ días}} = 1,335.25 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Rend. mes dic.} = 1,335.25 \times 15 = 20,028.75 \text{ m}^3/\text{mes.}$$

$$\text{Rend. mes nor.} = 1,335.25 \times 26 = 34,716.50 \text{ m}^3/\text{mes.}$$

La arcilla irá subiendo en forma de cuña para cumplir con la pendiente del 2%, como se observa en la Fig. 3.2.1.

A continuación hacemos un ejemplo para calcular los días que integran el diagrama de barras, basándonos en la Fig. 3.2.1 y la Tabla 3.2.1.

Ejemplo:

$$\text{Tpo.} = \frac{\text{Vol. 1}}{\text{rend.}} = \frac{25,630 \text{ m}^3}{1,335.25 \text{ m}^3/\text{día}} = 19 \text{ días.}$$

El cálculo es repetitivo para los demás volúmenes, y los valores se encuentran en la Tabla 3.2.2 .

3.3).- Programa de barrenación.

Antes de iniciar esta parte del capítulo me es necesario informar, que la cortina del Proyecto Hidroeléctrico el Caracol se encuentra actualmente en construcción, siendo la regularización de ambas márgenes las actividades que se están desarrollando. Fué conveniente suspender la colocación de arcilla en la elevación 449.00, para dar paso a la regularización y será desde este nivel hasta la 524.00 donde programaremos nuestra barrenación.

Fig. 3.2.1.- Corte longitudinal por el eje de cortina, donde se observan las cuñas con pendientes 2%.

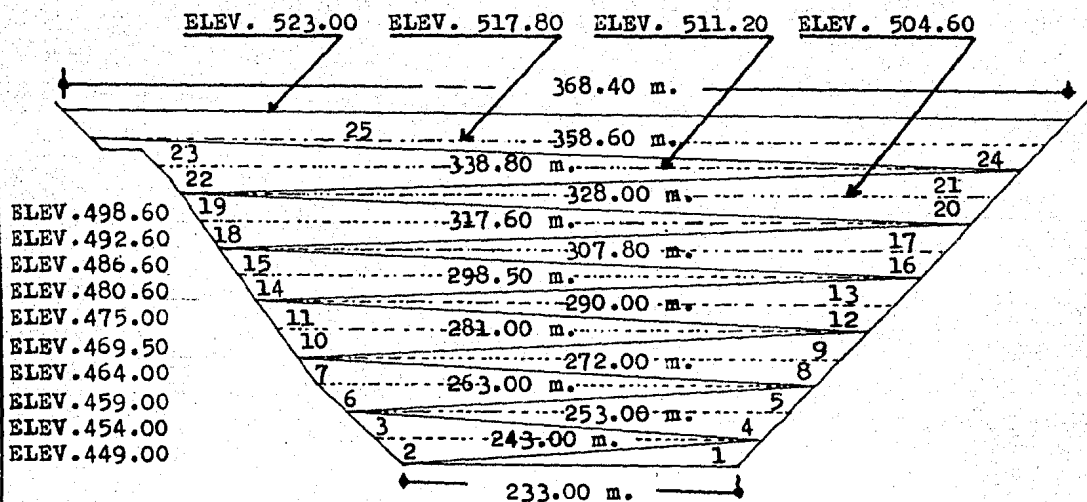


Tabla 3.2.1

No. de cuña	Vol. por cuña en m ³ .	Entre las elevaciones	Altura en m.
1	25,630.00	449.00-454.00	5.00
2	26,730.00	449.00-454.00	5.00
3	25,211.25	454.00-459.00	5.00
4	26,248.75	454.00-459.00	5.00
5	24,667.50	459.00-464.00	5.00
6	25,642.50	459.00-464.00	5.00
7	26,154.62	464.00-469.50	5.50
8	27,451.60	464.00-469.50	5.50
9	25,132.80	469.50-475.00	5.50
10	25,964.40	469.50-475.00	5.50
11	24,390.80	475.00-480.60	5.60
12	25,171.69	475.00-480.60	5.60
13	24,360.00	480.60-486.60	6.00
14	25,074.00	480.60-486.60	6.00
15	22,297.95	486.60-492.60	6.00
16	22,992.66	486.60-492.60	6.00
17	20,222.46	492.60-498.60	6.00
18	20,866.32	492.60-498.60	6.00
19	17,912.64	498.60-504.60	6.00
20	18,499.20	498.60-504.60	6.00
21	16,777.20	504.60-511.20	6.60
22	17,329.46	504.60-511.20	6.60
23	13,920.15	511.20-517.80	6.60
24	14,555.45	511.20-517.80	6.60
25	17,601.92	517.80-523.00	5.20

Tabla 1.2.2
PROGRAMA COLOCACION DE ARCILLA

Obra No. 79-2
Proyecto Hidroeléctrico El Garcoal
Frente Cortina
Fecha de Reporte Nov. 81

Coloc. de arcilla con referencia a la Fig. 3.2.1 -	Volumen	Unidad	Tpo. en días con dos turnos de 8 hrs	Nov. 83	Dic. 83	Ene. 84	Feb. 84	Mar. 84	Abr. 84	May. 84	Jun. 84	Jul. 84	Ago. 84	Sep. 84	Oct. 84	Nov. 84	Dic. 84	Ene. 85	Feb. 85	Mar. 85	Abr. 85		
Volumen 1	25,630.00	m ³	19																				
Volumen 2	26,730.00	m ³	20																				
Volumen 3	25,211.25	m ³	19																				
Volumen 4	26,248.75	m ³	19.50																				
Volumen 5	24,667.50	m ³	18.50																				
Volumen 6	25,642.50	m ³	19.25																				
Volumen 7	26,154.62	m ³	19.50																				
Volumen 8	27,451.60	m ³	20.50																				
Volumen 9	25,132.80	m ³	19																				
Volumen 10	25,964.40	m ³	19.50																				
Volumen 11	24,390.80	m ³	18.25																				
Volumen 12	25,171.69	m ³	19																				
Volumen 13	24,360.00	m ³	18.25																				
Volumen 14	25,074.00	m ³	18.75																				
Volumen 15	22,297.95	m ³	16.75																				
Volumen 16	22,992.66	m ³	17.25																				
Volumen 17	20,222.46	m ³	15																				
Volumen 18	20,866.32	m ³	15.50																				
Volumen 19	17,912.64	m ³	13.50																				
Volumen 20	18,499.20	m ³	14																				
Volumen 21	16,777.20	m ³	12.50																				
Volumen 22	17,329.46	m ³	13																				
Volumen 23	13,920.15	m ³	10.50																				
Volumen 24	14,555.45	m ³	11																				
Volumen 25	17,601.92	m ³	13.25																				

Para escoger la maquinaria, materiales y personal que llevará a cabo las actividades de barrenación, fué necesario cumplir con las especificaciones y satisfacer el programa de arcilla.

Maquinaria y Equipo

Perforadora Stenuick

Compresor portátil de 600 p.c.m.

Perforadora de piso

Materiales

Barras para perforadora Stenuick 2.00 m. X 90 mm.

Martillo ASS/80 para perforadora Stenuick

Brocas de 3" para perforadora Stenuick

Manguera de alta presión de 2" de diámetro

Tirfol de 3.5 ton.

Acero integral de barr. 7/8" de 0.80 y 1.60 m. l.

Manguera de alta presión de 3/4" de diámetro.

Lubricadores para perforadora de piso

Tubería Dalmine y sus abrazaderas

Canal liviano 10" X 6.00 m.

Conexión rápida de 3/4"

Cable manila de 3/4"

Herramientas y equipo de seguridad

Los combustibles son proporcionados por el departamento de maquinaria.

Personal

Cabo de perforación

Operador de perforadora Stenuick

Ayudante de Operador de perforadora Stenuick

Compresorista

Maniobrista

Ayudante de maniobrista

Perforista de piso

Ayudante de perforista de piso

Actividades en la barrenación.-

- a).- Perforación de barrenos de 1 $\frac{3}{4}$ " para anclas, y colocación de anclas. Fig. 3.3.1
- b).- Armado de tubería Dalmine, colocación de canales y entarimado. Fig. 3.3.1
- c).- Maniobra de colocación de perforadora y perforación de barrenos.

Rendimientos en las actividades de barrenación.-

- a).- Para barrenos con perforadora de piso.
1 perforista de piso y 1 ayudante
 $8 \text{ hr./t.} \times 3 \text{ m./hr.} \times 0.75 = 18.00 \text{ m./t.}$
- b).- Armado de tubería Dalmine.
1 maniobrista y 3 ayudantes
 $8 \text{ hr./t.} \times 3.25 \text{ m./hr.} \times 0.75 = 19.50 \text{ m./t.}$
- c).- Perforación.
En barrenos de tapete de 0-10 m.
1 perforista y 1 ayudante
 $8 \text{ hr./t.} \times 2 \text{ m./hr.} \times 0.75 = 12.00 \text{ m./t.}$
En barrenos de pantalla de 0-40 m.
1 perforista y 1 ayudante
 $8 \text{ hr./t.} \times 1.50 \text{ m./hr.} \times 0.75 = 9.00 \text{ m./t.}$

Longitud por perforar en MARGEN IZQUIERDA:

Para sacar este dato veremos la Fig. 3.3.2, que nos muestra el número de barrenos de tapete y de pantalla por ejecutar, desde la elev. 456.00 a la elev. 524.00. También

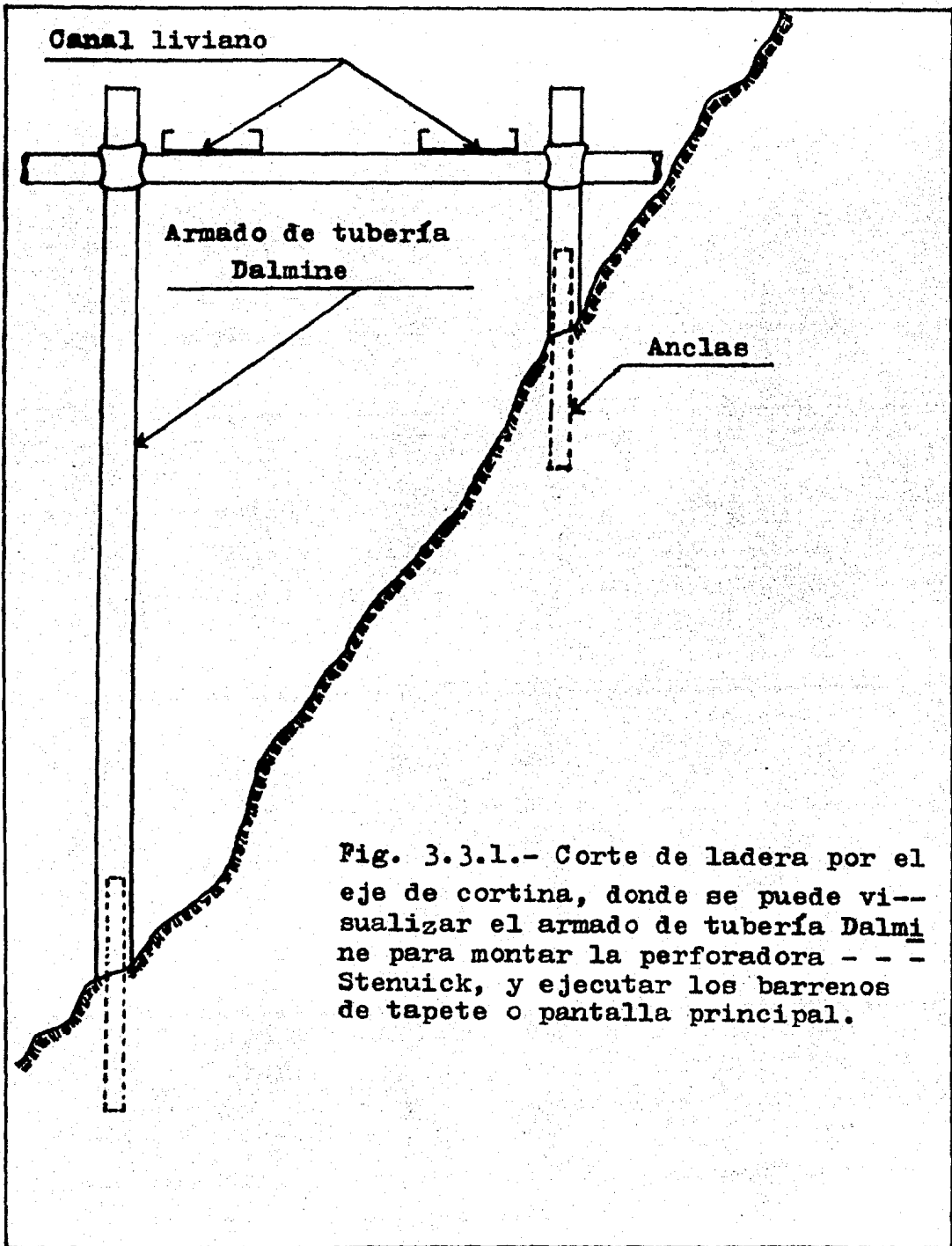


Fig. 3.3.1.- Corte de ladera por el eje de cortina, donde se puede visualizar el armado de tubería Dalmine para montar la perforadora - - - Stenuick, y ejecutar los barrenos de tapete o pantalla principal.

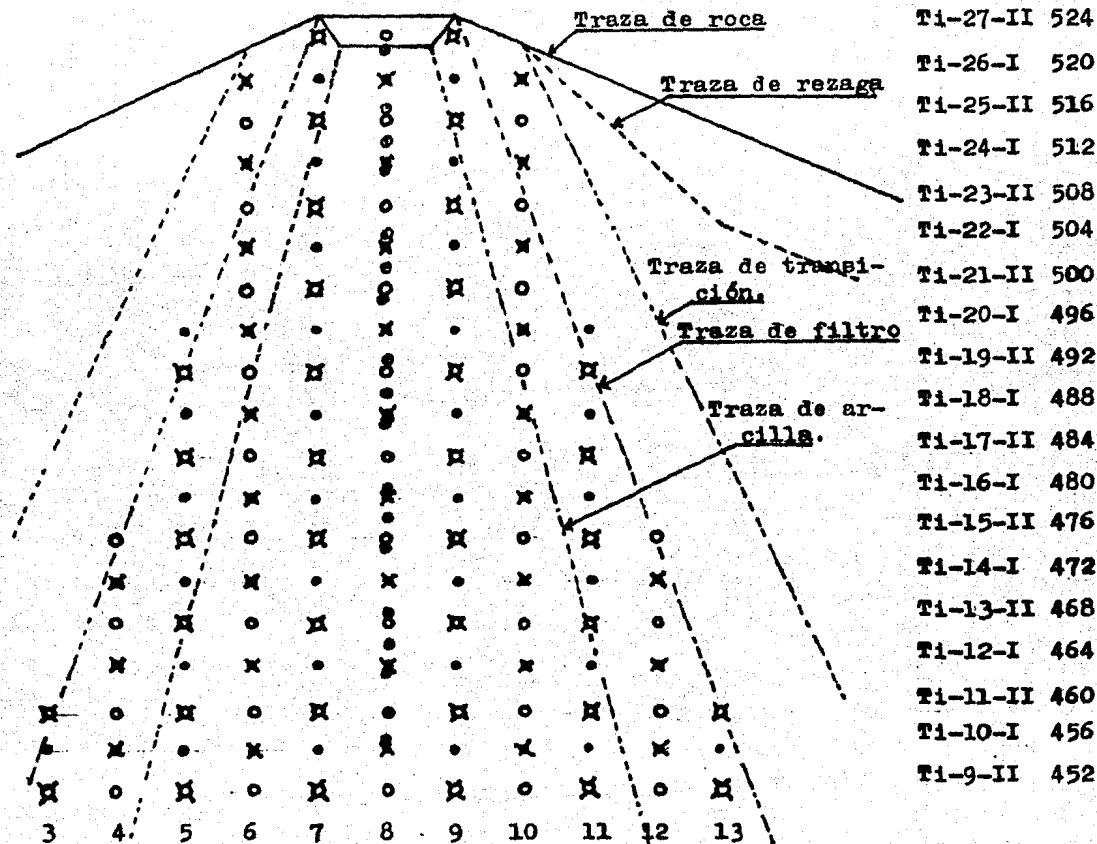


Fig. 3.3.2.- Situándonos en el centro de la cortina, observamos la vista frontal de margen izquierda, en la cual se aprecian los barrenos de tapete y pantalla principal, con sus elevaciones correspondientes. Para explicar la simbología, tomaremos una línea de barrenos por ejemplo la Ti-10-I. Su significado es trinchera izquierda, línea diez correspondiente a la elev. 456, -- primera etapa de barrenación e inyección.

- Corresponde a la primera etapa de barrenación e inyección. Se ejecutará este barreno en primer término, y se continuará con la actividad sobre la misma línea a cada 12 m.
- ✕ Corresponde a la primera etapa de barrenación e inyección. Se ejecutará este barreno hasta que se hayan inyectado los que citamos anteriormente, cerrando la línea a cada 6 m.
- ⊠ Corresponde a la segunda etapa de barrenación e inyección. Se ejecutará este barreno en primer término, y se continuará con la actividad sobre la misma línea a cada 12 m.
- Corresponde a la segunda etapa de barrenación e inyección. Se ejecutará este barreno hasta que se hayan inyectado los que citamos anteriormente cerrando la línea a cada 6 m.
- ⊙ Barrenos de pantalla principal.

tomaremos en cuenta los barrenos adicionales y los de Prueba Lugeon.

Barrenos de tapete de 0-10.00 m. (Tabla 3.3.1)

Elevación	No. de Barr.	Profundidad	Long. Total
460.00	11 pzas.	10.00 m.	110 m.
464.00	9 pzas.	10.00 m.	90 m.
468.00	9 pzas.	10.00 m.	90 m.
472.00	9 pzas.	10.00 m.	90 m.
476.00	9 pzas.	10.00 m.	90 m.
480.00	7 pzas.	10.00 m.	70 m.
484.00	7 pzas.	10.00 m.	70 m.
488.00	7 pzas.	10.00 m.	70 m.
492.00	7 pzas.	10.00 m.	70 m.
496.00	7 pzas.	10.00 m.	70 m.
500.00	5 pzas.	10.00 m.	50 m.
504.00	5 pzas.	10.00 m.	50 m.
508.00	5 pzas.	10.00 m.	50 m.
512.00	5 pzas.	10.00 m.	50 m.
516.00	5 pzas.	10.00 m.	50 m.
520.00	5 pzas.	10.00 m.	50 m.
524.00	3 pzas.	10.00 m.	30 m.

T O T A L ... 1,420 m.

Barrenos de pantalla con longitud variable.
(Tabla 3.3.2)

No. de Barr.	Elevación	Profundidad
Pic - 47	457.00	40.00 m.
Pic - 48	460.00	39.00 m.
Pic - 49	463.00	38.00 m.
Pic - 50	466.00	37.00 m.
Pic - 51	469.00	36.00 m.
Pic - 52	472.00	35.00 m.
Pic - 53	475.00	34.00 m.
Pic - 54	478.00	33.00 m.
Pic - 55	481.00	32.00 m.
Pic - 56	484.00	31.00 m.
Pic - 57	487.00	30.00 m.
Pic - 58	490.00	29.00 m.

Pic - 59	493.00	28.00 m.
Pic - 60	496.00	27.00 m.
Pic - 61	499.00	26.00 m.
Pic - 62	502.00	25.00 m.
Pic - 63	505.00	24.00 m.
Pic - 64	508.00	23.00 m.
Pic - 65	511.00	22.00 m.
Pic - 66	514.00	21.00 m.
Pic - 67	517.00	20.00 m.
Pic - 68	520.00	19.00 m.
Pic - 69	523.00	18.00 m.

T O T A L .. 667.00 m.

En cada línea de barrenación, tomaremos un 30% de barrenos adicionales. Los barrenos de prueba Lugeon serán a cada 8.00 m. como lo muestran las Tablas 3.3.3 y 3.3.4 .

Barrenos adicionales (Tabla 3.3.3)

Elevación	No. de Barr.	Profundidad	Long. Total
460.00	3 pzas.	10.00 m.	30.00 m.
464.00	3 pzas.	10.00 m.	30.00 m.
468.00	3 pzas.	10.00 m.	30.00 m.
472.00	3 pzas.	10.00 m.	30.00 m.
476.00	3 pzas.	10.00 m.	30.00 m.
480.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
484.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
488.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
492.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
496.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
500.00	1 pza.	10.00 m.	10.00 m.
504.00	1 pza.	10.00 m.	10.00 m.
508.00	1 pza.	10.00 m.	10.00 m.
512.00	1 pza.	10.00 m.	10.00 m.
516.00	1 pza.	10.00 m.	10.00 m.
520.00	1 pza.	10.00 m.	10.00 m.

T O T A L 460.00 m.

Nota: Los barrenos adicionales se harán en base a - los altos consumos.

Barrenos de Prueba Lugeon (Tabla 3.3.4)

Elevación	No. de Barr.	Profundidad	Long. Total
462.00	4 pzas.	10.00 m.	40.00 m.
470.00	4 pzas.	10.00 m.	40.00 m.
478.00	4 pzas.	10.00 m.	40.00 m.
486.00	3 pzas.	10.00 m.	30.00 m.
494.00	3 pzas.	10.00 m.	30.00 m.
502.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
510.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
518.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
522.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
T O T A L ...			260.00 m.

Longitud por perforar en MARGEN DERECHA:

El número de barrenos de tapete y de pantalla en - margen derecha, están marcados en la Fig. 3.3.3

Barrenos de tapete de 0-10.00 m. (Tabla 3.3.5)

Elevación	No. de Barr.	Profundidad	Long. Total
456.00	11 pzas.	10.00 m.	110 m.
460.00	11 pzas.	10.00 m.	110 m.
464.00	9 pzas.	10.00 m.	90 m.
468.00	9 pzas.	10.00 m.	90 m.
472.00	9 pzas.	10.00 m.	90 m.
476.00	9 pzas.	10.00 m.	90 m.
480.00	7 pzas.	10.00 m.	70 m.
484.00	7 pzas.	10.00 m.	70 m.
488.00	7 pzas.	10.00 m.	70 m.
492.00	7 pzas.	10.00 m.	70 m.
496.00	7 pzas.	10.00 m.	70 m.
500.00	5 pzas.	10.00 m.	50 m.
504.00	5 pzas.	10.00 m.	50 m.
508.00	5 pzas.	10.00 m.	50 m.
512.00	5 pzas.	10.00 m.	50 m.
516.00	5 pzas.	10.00 m.	50 m.
520.00	5 pzas.	10.00 m.	50 m.
524.00	3 pzas.	10.00 m.	30 m.
T O T A L			1,260 m.

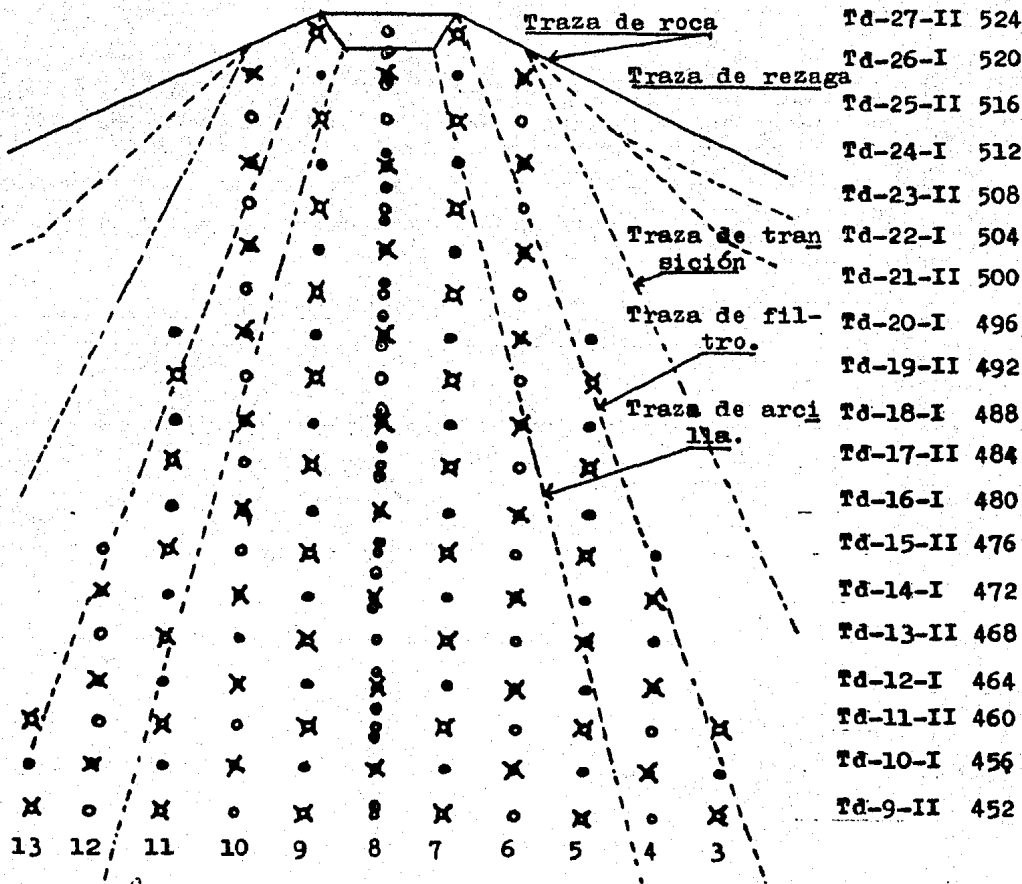


Fig. 3.3.3.- Situándonos en el centro de la cortina, observamos la vista frontal de margen derecha, en la cual se aprecian los barrenos de tapete y pantalla principal, con sus elevaciones correspondientes. Para explicar la simbología, tomaremos una línea de barrenos por ejemplo la Td-11-II. Su significado es trinchera derecha, línea once correspondiente a la elev. 460, - segunda etapa de barrenación e inyección.

• X X • • Tienen el mismo significado que el de la Fig. 3.3.2

Barrenos de pantalla con longitud variable.
(Tabla 3.3.6)

No. de Barr.	Elevación	Profundidad
Pdc - 42	453.00	39.00 m.
Pdc - 43	456.00	38.00 m.
Pdc - 44	459.00	37.00 m.
Pdc - 45	462.00	36.00 m.
Pdc - 46	465.00	35.00 m.
Pdc - 47	468.00	34.00 m.
Pdc - 48	471.00	33.00 m.
Pdc - 49	474.00	32.00 m.
Pdc - 50	477.00	31.00 m.
Pdc - 51	480.00	30.00 m.
Pdc - 52	483.00	29.00 m.
Pdc - 53	486.00	28.00 m.
Pdc - 54	489.00	27.00 m.
Pdc - 55	492.00	26.00 m.
Pdc - 56	495.00	25.00 m.
Pdc - 57	498.00	24.00 m.
Pdc - 58	501.00	23.00 m.
Pdc - 59	504.00	22.00 m.
Pdc - 60	507.00	21.00 m.
Pdc - 61	510.00	20.00 m.
Pdc - 62	513.00	19.00 m.
Pdc - 63	516.00	18.00 m.
Pdc - 64	519.00	17.00 m.
Pdc - 65	522.00	16.00 m.
T O T A L ..		660.00 m.

En cada línea de barrenación tomaremos un 25% para los adicionales, ya que los consumos en margen derecha son menores comparados con la margen izquierda. Los barrenos de Prueba Lugeon serán a cada 8.00 m. como lo muestran las -- Tablas 3.3.7 y 3.3.8.

Barrenos adicionales (Tabla 3.3.7)

Elevación	No. de Barr.	Profundidad	Long. Total
456.00	3 pzas.	10.00 m.	30.00 m.
460.00	3 pzas.	10.00 m.	30.00 m.
464.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
468.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
472.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
476.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
480.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
484.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
488.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
492.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
496.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
500.00	1 pza.	10.00 m.	10.00 m.
504.00	1 pza.	10.00 m.	10.00 m.
508.00	1 pza.	10.00 m.	10.00 m.
512.00	1 pza.	10.00 m.	10.00 m.
516.00	1 pza.	10.00 m.	10.00 m.
520.00	1 pza.	10.00 m.	10.00 m.
524.00	1 pza.	10.00 m.	10.00 m.

T O T A L . . . 310.00 m.

Barrenos de prueba Lugeon (Tabla 3.3.8)

Elevación	No. de Barr.	Profundidad	Long. Total
458.00	4 pzas.	10.00 m.	40.00 m.
466.00	4 pzas.	10.00 m.	40.00 m.
474.00	4 pzas.	10.00 m.	40.00 m.
482.00	3 pzas.	10.00 m.	30.00 m.
490.00	3 pzas.	10.00 m.	30.00 m.
498.00	3 pzas.	10.00 m.	30.00 m.
506.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
514.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
522.00	2 pzas.	10.00 m.	20.00 m.
524.00	1 pza.	10.00 m.	10.00 m.

T O T A L . . . 280.00 m.

PROGRAMA DE BARRENACION

I.- Perforar en margen derecha de la 449 a la 464
con dos máquinas Stenuick y dos turnos de 8 hrs.

Barrenos de Tapete

456 línea Td-10-I	Long.= 110 m.	rend.= 8 Hr/tX 0.75X
460 línea Td-11-II	Long.= 110 m.	2 m/hrX 2 maq. =
464 línea Td-12-I	Long.= <u>110 m.</u>	24.00 m/t.
	330 m.	

Tiempo de perf. = $330 \text{ m.} / 240 \text{ m./t} = 13.75 \text{ t.}$

Barrenos de Pantalla

Pdc-42 453	Long.= 39 m.	rend.= 8 hr/t.X 0.75X 1.5
Pdc-43 456	Long.= 38 m.	m/hrX 2 maq. = 18.00 m/t.
Pdc-44 459	Long.= 37 m.	
Pdc-45 462	Long.= <u>36 m</u>	
	150 m.	

Tiempo de perf. = $150 \text{ m.} / 18 \text{ m./t} = 8.33 \text{ t.}$

Barrenos Adicionales

456 línea Td-10-I	Long.= 30 m.
460 línea Td-11-II	Long.= 30 m.
464 línea Td-12-I	Long.= <u>20 m.</u>
	80 m.

Tiempo de perf. = $80 \text{ m.} / 24 \text{ m/t} = 3.33 \text{ t.}$

Barrenos de Prueba Lugeon

458 40.00 m.

Tiempo de perf. = $40 \text{ m.} / 24 \text{ m/t} = 1.66 \text{ t.}$

Tiempo total de perf. = $13.75 + 8.33 + 3.33 + 1.66 = 27.07 \text{ t.}$

Tiempo en días = $27.07 \text{ turnos} / 2 \text{ t/día} = 14 \text{ días.}$

III.- Perforar en margen derecha de la 465 a la 488
 con dos máquinas Stenúick y dos turnos de - -
 8 hrs.

Barrenos de tapete

472 línea Td-14-I	Long.= 90 m.	rend= 24.00 m/t.
468 línea Td-13-II	Long.= 90 m.	
480 línea Td-16-I	Long.= 70 m.	
476 línea Td-15-II	Long.= 90 m.	
488 línea Td-18-I	Long.= 70 m.	
484 línea Td-17-II	Long.= <u>70 m.</u>	
	480 m.	

Tiempo de perf.= $480 \text{ m.} / 24 \text{ m./t.} = 20 \text{ t.}$

Barrenos de pantalla

Pdc-46	465	Long.= 35 m.	rend= 18.00 m/t.
Pdc-47	468	Long.= 34 m.	
Pdc-48	471	Long.= 33 m.	Tpo. perf.= $\frac{252.00 \text{ m.}}{18 \text{ m./t.}} = 14 \text{ t.}$
Pdc-49	474	Long.= 32 m.	
Pdc-50	477	Long.= 31 m.	
Pdc-51	480	Long.= 30 m.	
Pdc-52	483	Long.= 29 m.	
Pdc-53	486	Long.= <u>28 m.</u>	
		252 m.	

Barrenos adicionales

472 línea Td-14-I	Long.= 20 m.	rend= 24.00 m/t.
468 línea Td-13-II	Long.= 20 m.	
480 línea Td-16-I	Long.= 20 m.	
476 línea Td-15-II	Long.= 20 m.	Tpo. perf.= $\frac{120 \text{ m.}}{24 \text{ m/t}} = 5 \text{ t.}$
488 línea Td-18-I	Long.= 20 m.	
484 línea Td-17-II	Long.= <u>20 m.</u>	
	120 m..	

Barrenos de prueba Lugeon

466	40.00 m.	
474	40.00 m.	Tpo. de perf.= $\frac{110 \text{ m}}{24 \text{ m/t}} = 4.58 \text{ t}$
482	<u>30.00 m.</u>	
	110.00 m.	

Tpo. total de perf.= $20.00 + 14.00 + 5.00 + 4.58 = 43.58 \text{ t.}$
 Tiempo en días= $43.58 \text{ turnos} / 2 \text{ t/día} = 22 \text{ días.}$

IV.- Perforar en margen izquierda de la 469 a la 492 con dos máquinas Stenuick y dos turnos de 8 hrs.

Barrenos de tapete

480 línea Ti-16-I	Long.= 70 m.	
476 línea Ti-15-II	Long.= 90 m.	Tpo.perf.= $\frac{440 \text{ m.}}{24 \text{ m/t}}$
488 línea Ti-18-I	Long.= 70 m.	
484 línea Ti-17-II	Long.= 70 m.	= 18.33 turnos
496 línea Ti-20-I	Long.= 70 m.	
492 línea Ti-19-II	Long.= <u>70 m.</u>	
	440 m.	

Barrenos de pantalla

Pic-51 469	Long.= 36 m.	
Pic-52 472	Long.= 35 m.	Tpo. perf.= $\frac{260 \text{ m.}}{18 \text{ m/t}}$ = 14.4 t.
Pic-53 475	Long.= 34 m.	
Pic-54 478	Long.= 33 m.	
Pic-55 481	Long.= 32 m.	
Pic-56 484	Long.= 31 m.	
Pic-57 487	Long.= 30 m.	
Pic-58 490	Long.= <u>29 m.</u>	
	260 m.	

Barrenos adicionales

480 Ti-16-I	Long.= 20 m.	
476 Ti-15-II	Long.= 30 m.	Tpo. perf.= $\frac{130 \text{ m.}}{24 \text{ m/t}}$ = 5.416 t.
488 Ti-18-I	Long.= 20 m.	
484 Ti-17-II	Long.= 20 m.	
496 Ti-20-I	Long.= 20 m.	
492 Ti-19-II	Long.= <u>20 m.</u>	
	130 m.	

Barrenos prueba Lugeon

478	40.00 m.	
486	<u>30.00 m.</u>	
	70.00 m.	Tpo. perf.= $\frac{70.00 \text{ m.}}{24 \text{ m/t}}$ = 2.91 t.

Tpo. total de perf.= 18.33+14.44+5.4166+2.9166= 41.1 t.

Tiempo en días = 41.10/2 = 21 días .

V.- Perforar en margen derecha de la 489 a la 512 con dos máquinas Stenuick y turnos de 8 hrs.

Barrenos de tapete.

496 línea Td-20-I	Long.= 70 m.	
492 línea Td-19-II	Long.= 70 m.	Tpo. perf. = $\frac{340 \text{ m.}}{24 \text{ m/t}}$ =
504 línea Td-22-I	Long.= 50 m.	
500 línea Td-21-II	Long.= 50 m.	
512 línea Td-24-I	Long.= 50 m.	= 14.166 t.
508 línea Td-23-II	Long.= <u>50 m.</u>	
	<u>340 m.</u>	

Barrenos de pantalla.

Pdc-54 489	Long.= 27 m.	
Pdc-55 492	Long.= 26 m.	Tpo. perf. = $\frac{188 \text{ m.}}{18 \text{ m/t.}}$ = 10.44 t.
Pdc-56 495	Long.= 25 m.	
Pdc-57 498	Long.= 24 m.	
Pdc-58 501	Long.= 23 m.	
Pdc-59 504	Long.= 22 m.	
Pdc-60 507	Long.= 21 m.	
Pdc-61 510	Long.= <u>20 m.</u>	
	<u>188 m.</u>	

Barrenos adicionales

496 Td-20-I	Long.= 20 m.	
492 Td-19-II	Long.= 20 m.	Tpo. perf. = $\frac{80 \text{ m.}}{24 \text{ m/t.}}$ = 3.33 t.
504 Td-22-I	Long.= 10 m.	
500 Td-21-II	Long.= 10 m.	
512 Td-24-I	Long.= 10 m.	
508 Td-23-II	Long.= <u>10 m.</u>	
	<u>80 m.</u>	

Barrenos de prueba Lugeon

490	30.00 m.	
498	30.00 m.	Tpo. perf. = $\frac{80 \text{ m.}}{24 \text{ m/t.}}$ = 3.33 t.
506	<u>20.00 m.</u>	
	<u>80.00 m.</u>	

Tpo. total de perf. = 14.166 + 10.44 + 3.33 + 3.33 = 31.27 t.

Tiempo en días = $31.27 / 2 = 16$ días

VI.- Perforar en margen izquierda de la 493 a la 524
con dos máquinas Stenuick y 2 turnos de 8 hrs.

Barrenos de tapete

504 Ti-22-I	Long.=	50 m.	
500 Ti-21-II	Long.=	50 m.	Tpo. perf.= $\frac{330 \text{ m.}}{24 \text{ m/t.}} = 3.75 \text{ t.}$
512 Ti-24-I	Long.=	50 m.	
508 Ti-23-II	Long.=	50 m.	
520 Ti-26-I	Long.=	50 m.	
516 Ti-25-II	Long.=	50 m.	
523 Ti-27-II	Long.=	<u>30 m.</u>	
		330 m.	

Barrenos de pantalla

Pic-59	493	Long.=	28 m.	
Pic-60	496	Long.=	27 m.	Tpo. perf.= $\frac{196 \text{ m.}}{18 \text{ m/t.}} = 10.88 \text{ t.}$
Pic-61	499	Long.=	26 m.	
Pic-62	502	Long.=	25 m.	
Pic-63	505	Long.=	24 m.	
Pic-64	508	Long.=	23 m.	
Pic-65	511	Long.=	22 m.	
Pic-66	514	Long.=	<u>21 m.</u>	
			196 m.	
Pic-67	517	Long.=	20 m.	
Pic-68	520	Long.=	19 m.	Tpo. perf.= $\frac{57 \text{ m.}}{24 \text{ m/t.}} = 2.375 \text{ t.}$
Pic-69	523	Long.=	<u>18 m.</u>	
			57 m.	

Barrenos adicionales

504 Ti-22-I	Long.=	10 m.	
500 Ti-21-II	Long.=	10 m.	Tpo. perf.= $\frac{60 \text{ m.}}{24 \text{ m/t.}} = 2.50 \text{ t.}$
512 Ti-24-I	Long.=	10 m.	
508 Ti-23-II	Long.=	10 m.	
520 Ti-26-I	Long.=	10 m.	
516 Ti-25-II	Long.=	<u>10 m.</u>	
			60 m.

Barrenos prueba Lugeon

494	30.00 m.	Tpo. perf.=	$\frac{110 \text{ m.}}{24 \text{ m/t.}} = 4.583 \text{ t.}$
502	20.00 m.		
510	20.00 m.		
518	20.00 m.	Tpo. total=	13.75+10.88+2.37+2.5+4.58= 34 t.
522	<u>20.00 m.</u>		
	110.00 m.	Tpo. total en días=	34/2 = 17 días.

VII.- Perforar en margen derecha de la 513 a la 524 con dos máquinas Stenuick y turnos de 8 hrs.

Barrenos de tapete

520	Td-26-I	Long.= 50 m.	
516	Td-25-II	Long.= 50 m.	Tpo. perf.= $\frac{130 \text{ m.}}{24 \text{ m/t}} = 5.41 \text{ t.}$
524	Td-27-II	Long.= <u>30 m.</u>	
		130 m.	

Barrenos de pantalla

Pdc-62	513	Long.= 19 m.	
Pdc-63	516	Long.= 18 m.	Tpo. perf.= $\frac{70 \text{ m.}}{24 \text{ m/t}} = 2.9166 \text{ t.}$
Pdc-64	519	Long.= 17 m.	
Pdc-65	522	Long.= <u>16 m.</u>	
		70 m.	

Barrenos adicionales

520	Td-26-I	Long.= 10 m.	
516	Td-25-II	Long.= 10 m.	Tpo. perf.= $\frac{30 \text{ m.}}{24 \text{ m/t}} = 1.25 \text{ t.}$
524	Td-27-II	Long.= <u>10 m.</u>	
		30 m.	

Barrenos de prueba Lugeon

514	20.00 m.		
522	20.00 m.	Tpo. perf.= $\frac{50 \text{ m.}}{24 \text{ m/t}} = 2.083 \text{ t.}$	
524	<u>10.00 m.</u>		
	50.00 m.		

Tpo. total de perf.= 5.41+2.91+1.25+2.08 = 11.66 t.

Tiempo en días = 11.66/2 = 6 días

A continuación presentamos el diagrama de barras del programa de barrenación, con los tiempos obtenidos anteriormente. (Tabla 3.3.9) .

Tabla 3.3.9
Programa de barrenación

Obra No. 79-2
Proyecto. Hidroeléctrico El Caracol
Frente. Cortina
Fecha de Reporte. Nov. 83

Actividades con referencia a las Figs. 3.3.2 y 3.3.3	Volumen	Unidad	Tiempo en días con turnos de 8 hrs.	Nov. 83	Dic. 83	Ene. 84	Feb. 84	Mar. 84	Abr. 84	May. 84
Barrenos de tapete, punta lla, adicionales y prueba Lugeon de la Elev. 453 - 464 en margen derecha.	600.00	m.l.	14	█						
Barrenos de tapete, punta lla, adicionales y prueba Lugeon de la Elev. 457 - 472 en margen izquierda.	734.00	m.l.	17		█					
Barrenos de tapete, punta lla, adicionales y prueba Lugeon de la Elev. 465 - 488 en margen derecha.	962.00	m.l.	22			█				
Barrenos de tapete, punta lla, adicionales y prueba Lugeon de la Elev. 469 - 496 en margen izquierda.	900.00	m.l.	21				█			
Barrenos de tapete, punta lla, adicionales y prueba Lugeon de la Elev. 489 - 512 en margen derecha.	688.00	m.l.	16					█		
Barrenos de tapete, punta lla, adicionales y prueba Lugeon de la Elev. 493 - 524 en margen izquierda.	753.00	m.l.	17						█	
Barrenos de tapete, punta lla, adicionales y prueba Lugeon de la Elev. 513 - 524 en margen derecha.	280.00	m.l.	6							█

3.4).- Programa de Inyección.-

El programa de inyección se basará en el programa de barrenación. Aquí también es necesario escoger el equipo, personal y materiales adecuados para llevar a cabo -- nuestro trabajo en el tiempo y costo mínimo; no descuidando la calidad.

La maquinaria y equipo para la inyección es la siguiente:

Compresor portatil de 600 p.c.m.

Bomba Peroni

Bomba Moyno

Camión F-600

Agitador de altas revoluciones

Agitador de bajas revoluciones

Camión con tanque para transportar agua (pipa) F-600

Bomba para agua

Materiales

Tubería galv. de 1" y coples de 1"

Tubería galv. de 1 1/2" y coples de 1 1/2"

Tubería galv. de 1/2" y coples de - 1/2"

Manguera de alta presión de 1 1/4"

Válvulas de compuerta de 1"

Protector de manómetros

Manómetros

Tanque para almacenar agua

Agua

Herramientas

El cemento y la bentonita son proporcionados por

C.F.B.

Personal

Cabo de inyección

Ayudantes de inyección

Actividades en la inyección.-

- a).- Armar caseta, equipo y tubería de inyección.
Esta actividad se presenta unicamente en los cambios de márgenes.
- b).- Lavado, inyectado y retaque de barrenos de tapete.
- c).- Lavado, inyectado y retaque de barrenos de pantalla.

Rendimientos en las actividades de inyección.-

- 1).- La actividad "a" de inyección tiene una duración de dos turnos de 8 hrs.
- 2).- La actividad de lavado, inyectado y retaque de barrenos de tapete, es de aproximadamente - - 4 barr. por turno. Variando según la zona de inyectado.
- 3).- La actividad de lavado, inyectado y retaque de barrenos de pantalla, según la profundidad anda en:

De 0 a 40 m. 1 1/2 turnos/barr.

Barrenos por inyectar en margen izquierda:

Los barrenos por inyectar de margen izquierda, se encuentran en la Fig. 3.3.2 , que nos muestra la cantidad de barrenos de tapete y de pantalla, desde la elevación - 456 a la 524. Es necesario también considerar los, adicionales y los de prueba Lugeon.

Barrenos de tapete de 0-10.00 m.

De la elev. 460 a la 524 tenemos una longitud total de 1,420 m. (Tabla 3.3.1) .

Barrenos de pantalla con longitud variable.

De la Tabla 3.3.2 , vemos que del Pic-47 al Pic-69 tenemos $L = 667.00$ m.

Barrenos adicionales y de prueba Lugeon.

Para los barrenos adicionales de la 460 a la 520 en la Tabla 3.3.3 se obtiene $L = 460.00$ m.

Los barrenos para prueba Lugeon según Tabla 3.3.4 , tienen una longitud de $L = 260.00$ m.

Barrenos por inyectar en margen derecha.

Los barrenos de tapete y de pantalla, que inyectaremos en la margen derecha están marcados en la Fig. 3.3.3.

Barrenos de tapete de 0 a 10.00 m.

De Tabla 3.3.5 . $L = 1,260$ m.

Barrenos de pantalla con longitud variable.

Del Pdc-42 al Pdc-65 tenemos $L = 660.00$ m.

Inyección de barr. adicionales y de prueba Lugeon.

De Tabla 3.3.7 L adicionales = 310.00 m.

De Tabla 3.3.8 L prueba Lugeon = 280.00 m.

PROGRAMA DE INYECCION

Inyectar en margen derecha de la 449 a la 464.

Barrenos de tapete

456 línea Td-10-I Long.= 110 m. rend.= 8 hrs./t X 0.75

460 línea Td-11-II Long.= 110 m. X 4 m/hr. = 24 m/t.

464 línea Td-12-I Long.= 110 m.

330 m.

Tiempo de inyección = 13.75 turnos.

Barrenos de pantalla

Pdc-42 453 Long.= 39 m.
Pdc-43 456 Long.= 38 m. Rend.= 8 hrs/tX 0.75X 3.25 m/hr.
Pdc-44 459 Long.= 37 m.
Pdc-45 462 Long.= $\frac{35 \text{ m.}}{150 \text{ m.}}$ = 19.50 m./t.

$$\text{Tiempo de inyección} = \frac{150 \text{ m.}}{19.50 \text{ m/t}} = 7.69 \text{ t.}$$

Barrenos adicionales

456 línea Td-10-I Long.= 30 m.
460 línea Td-11-II Long.= 30.00 m. Rend.= 24.00 m/t.
464 línea Td-12-I Long.= $\frac{20.00 \text{ m.}}{80.00 \text{ m.}}$

$$\text{Tiempo de inyección} = \frac{80 \text{ m.}}{24 \text{ m/t}} = 3.35 \text{ t.}$$

Barrenos de prueba Lugeon

458 Long.= 40 m. Tpo. de iny. = $\frac{40 \text{ m.}}{24 \text{ m/t}} = 1.66 \text{ t.}$

Tpo. total de iny. = 13.75 + 7.69 + 3.35 + 1.66 = 26.45 t.

Tpo. en días = 26.45/2 = 13.5 días

NOTA: Lo cual significa que el tiempo de inyección, anda aproximadamente igual o menor al de barrenación.

Para elaborar el programa de inyección, se tomará un día más en el tiempo de barrenación, por los cambios de caseta y equipo en las márgenes.

Ver Tabla 3.4.1 .

Tabla 3.4.1
Programa de Inyección

Obra No. 79-2
Proyecto. Hidroeléctrico El Caracol
Frente. Cortina
Fecha de Reporte. No. 83

Actividades con referencia a las Figs. 3.3.2 y 3.3.3	Volumen	Unidad	Tiempo en días con 2 turnos - de 8 hrs.	Nov. 83	Dic. 83	Ene. 84	Feb. 84	Mar. 84	Abr. 84	May. 84
Barrenos de tapete, pantalla, adicionales y prueba Lugeon de la Elev. 453-464 en margen derecha.	600	m.	14	█						
Barrenos de tapete, pantalla, adicionales y prueba Lugeon de la Elev. 457-472 en margen izquierda.	734	m.	18		█					
Barrenos de tapete, pantalla, adicionales y prueba Lugeon de la Elev. 465-488 en margen derecha.	962	m.	23		█	█				
Barrenos de tapete, pantalla, adicionales y prueba Lugeon de la Elev. 469-496 en margen izquierda.	900	m.	22				█			
Barrenos de tapete, pantalla, adicionales y prueba Lugeon de la Elev. 489-512 en margen derecha.	688	m.	17				█			
Barrenos de tapete, pantalla, adicionales y prueba Lugeon de la Elev. 493-524 en margen izquierda.	753	m.	18					█		
Barrenos de tapete, pantalla, adicionales y prueba Lugeon de la Elev. 513-524 en margen derecha,	280	m.	7						█	

C A P I T U L O I V

MÉTODOS EMPLEADOS

4.1).- Método de Inyección

El método de inyección consiste en hacer circular un flujo de agua o lechada, a través de las paredes de un barrenado que se ha perforado en un macizo rocoso.

Una bomba hará circular el flujo a base de presión, el cual se introducirá en las posibles grietas o cavernas existentes en la zona.

Antes de seguir adelante definiremos algunos conceptos importantes, que con frecuencia citaremos en este capítulo IV .

Tramo.- Es una longitud acotada de un barrenado en la cual se realizan los trabajos de perforación, lavado e inyección de lechada. También se conoce con el nombre de progresión, y se fija en base a las características del terreno. En el Proyecto Hidroeléctrico El Caracol se utilizan progresiones de 5.0 m.

Etapas.- Se entiende por etapa a un conjunto de barrenados en los cuales se realizan las operaciones concernientes a la inyección de mezclas de cemento, siguiendo un orden determinado por conjunto. Las etapas se pueden ejecutar

en varias fases.

Sección.- Comprende un determinado número de barrenos, en los cuales se ejecutan las operaciones de inyección de mezclas de cemento. Los barrenos se localizan sobre una superficie acotada con determinada distribución.

Presión de rechazo.- Se mide en la boca de la perforación y es la máxima presión especificada para inyección de mezclas de lechada. También se llama presión de sellado.

Presión de inyección.- Es una presión ascendente que va evolucionando durante la inyección antes de llegar a la presión de rechazo,

Progresiones de avance.- Son inyecciones que se ejecutan según el avance de la perforación en tramos de 5.0 m.

Progresiones ascendente.- Inyecciones que se ejecutan en tramos de 5.0 m. desde el fondo del barro no hacia el brocal.

Inyección en una conexión.- Inyección que se ejecuta en barrenos cortos cuya máxima profundidad es 5.0 m.

Los métodos de inyección mas usuales son los de :

- 1).- Inyección en una conexión
- 2).- Inyección por progresiones ascendentes
- 3).- Inyección por progresiones de avance

INYECCION EN UNA CONEXION.-

El método de inyección en una conexión lo utilizamos -

en barrenos cortos menores de 5.00 m., y consiste en perforar el barreno hasta la profundidad de proyecto e inyectarlo.

Es importante hacer notar que en este método, la presión de inyección varía según el tipo de terreno:

En roca sana se le suministrará una presión de - - -
1 Kg/cm²/m.

En roca alterada se tratará de darle una presión de 1 Kg/cm²/m., en el caso de que existan fugas se suspenderá la inyección y se calafatearán esas fugas. -
Una vez tapadas las fugas se reinicia la inyección, pero con una presión de rechazo menor a 1 Kg/cm²/m.

INYECCION POR PROGRESIONES ASCENDENTES.-

Este método es el que se utilizó con más frecuencia en los barrenos de tapete y de pantalla de la cortina El Caracol. Su secuencia es la siguiente:

- a).- Se perfora el barreno en toda su longitud hasta la profundidad que indica el proyecto.
- b).- Se lava el barreno.
- c).- Se coloca el obturador en la primera progresión de abajo hacia arriba. El obturador debe fijarse perfectamente a las paredes del barreno para soportar la presión de rechazo.
- d).- Teniendo preparado el barreno se inicia la inyección.
- e).- Se repite el procedimiento para las demás progresiones.

INYECCION POR PROGRESIONES DE AVANCE.-

Este método permite llevar a cabo una reinyección - en la longitud total del barreno y su proceso es el si - - guiente:

- a).- Teniendo la longitud de proyecto del barreno - se perfora la primera progresión de 5.00 m.
- b).- Se lava esta primera progresión.
- c).- Habiendo perforado y lavado la primera progre- sión se procede a inyectar.
- d).- Después de inyectar se deja fraguar la lechada el tiempo necesario.
- e).- Se reperfora lo ya inyectado y se perfora la - siguiente progresión.
- f).- Se lava lo reperforado y perforado, reanudando se el procedimiento "n" veces según progre- siones tengamos hasta llegar a la longitud de proyecto.

Los métodos anteriores se pueden combinar entre si, como sucedió en el caso particular del dique Uno en Margen Izquierda.

Este dique tenía un material muy quebradizo y el ob- turador se atoraba constantemente, dejando incluso ronda - nas de hule dentro del barreno. El problema anterior dió lugar a que se aplicaran los métodos de:

Inyección por progresiones de avance y el de progre- siones ascendentes con el siguiente procedimiento:

- 1).- Se aplicó primero el método por progresiones de avance con el desarrollo de los puntos a, b, c, d, e, f.

2).- Después del punto uno se efectúa la inyección -- por progresiones ascendentes siguiendo los puntos a, b, c, d, e .

Haciendo comparaciones entre los métodos anteriores de los trabajos desarrollados en la cortina del Proyecto -- Hidroeléctrico El Caracol , el de progresiones ascendente nos dá más rapidez en la perforación, porque se realiza una sola maniobra para la perforación del barreno. En cambio el de progresiones de avance, se tendría que esperar después de perforar la progresión, a que se inyecte y frague la lechada.

Recomendaciones para el buen desarrollo de los métodos de inyección:

Todas las perforaciones se ejecutarán sin interrupción en toda su longitud de proyecto. En el caso que haya -- pérdidas de agua o caídos, se sellará el barreno 1 m. arriba de donde se presente el caído, y se reperfilará de nuevo hasta alcanzar la longitud de proyecto.

El lavado del barreno debe de hacerse utilizando agua y aire a presión, permitiendo la salida del material -- producto de la barrenación, hasta que el agua retorne limpia.

4.2).- Procedimiento de inyección.

Los principios en que está basado el procedimiento de inyección son :

- a).- Ir aumentando la presión gradualmente para ver como se comporta el barreno.
- b).- En el caso de que el consumo de lechada sea alto, digamos de 60 lts/min, debe de mantenerse la presión a $1/3$ de la presión de rechazo.
- c).- Si el consumo de lechada es bajo, digamos de 20 lts/min, debe de aumentarse gradualmente la presión.

Normalmente, según progresa la inyección, la presión aumenta y el flujo disminuye hasta alcanzar la presión de rechazo prácticamente sin flujo.

En el proceso de inyección tomaremos muy en cuenta la fabricación y proporcionamiento de mezclas.

La fabricación de mezclas de cemento se hará en un turbomezclador de alta revoluciones, y después se pasará a un agitador de baja, donde se mantendrá antes de enviarlo a la tubería de inyección.

El agitador de bajas revoluciones debe mantener en movimiento la lechada. En el caso de que la mezcla dure mas de 2 Hrs. dentro del agitador o esté a una temperatura mayor de 38 grados centígrados, la lechada deberá ser desechada.

Se inyectarán mezclas agua-cemento-bentonita con las proporciones que se muestran en la tabla siguiente.

MEZCLA	A	B	C
AGUA, Lts.	59	53	39
CEMENTO, Kgs.	50	50	50
LODO BENTONITICO, Lts.	25	10	3
VOLUMEN TOTAL, Lts.	101	80	58

Tabla 4.2.1

Nota: En la tabla 4.2.1, un saco de cemento se está tomando en 17 Lts.

El proporcionamiento de las mezclas de inyección, será variable según los consumos que se observen.

Para el proceso de inyección las mezclas son A, B, C, con los siguientes volúmenes.

Tapete de consolidación y Pantalla principal.

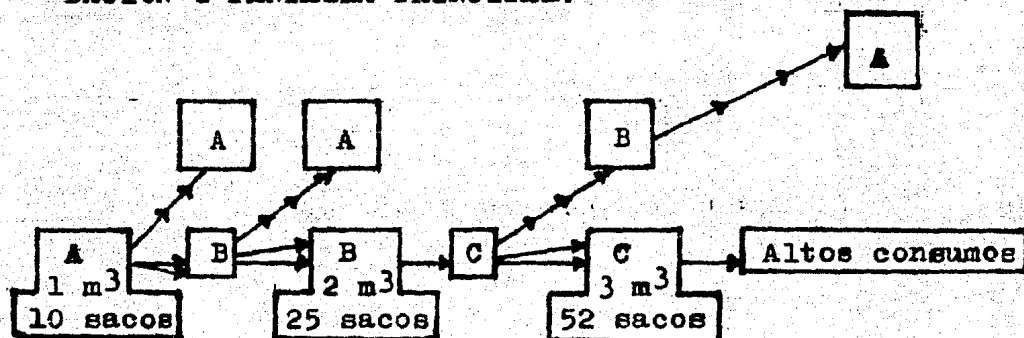
MEZCLA	A	B	C
AGUA, Lts.	590	1,325	2,028
CEMENTO, Kgs.	500	1,250	2,600
LODO BENTONITICO, Lts.	250	250	156
VOLUMEN TOTAL, Lts.	1,010	2,000	3,068

Tabla 4.2.2

Nota: En la tabla 4.2.2, un saco de cemento se está tomando en 17 Lts.

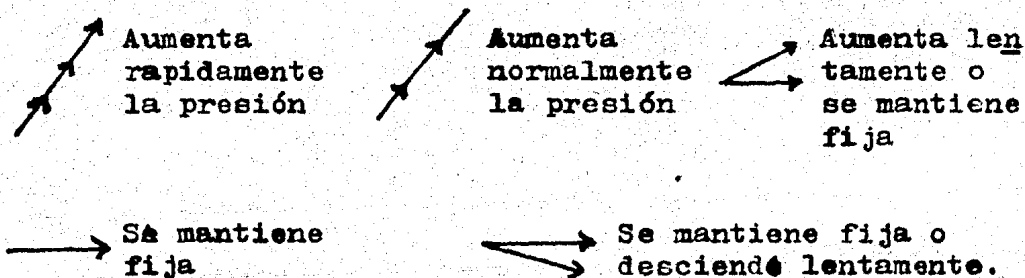
La tabla 4.2.2 sirve para llevar a cabo el proceso de inyección, y también podrá modificarse según el comportamiento del barreno.

PROCESO DE INYECCION POR TRAMO PARA TAPETE DE CONSOLIDACION Y PANTALLA PRINCIPAL.



S I M B O L O G I A

Tabla 4.2.3.



Si en el proceso de inyección se ha aplicado la última mezcla "C" de la tabla 4.2.3, y no sella el barreno se pasará a un proporcionamiento por altos consumos.

En los barrenos con alto consumo deberán usarse nor-

teros tipo I y si fuera necesario el tipo II.

El proporcionamiento de estos morteros es el siguiente:

MORTERO I (Para 10 sacos de cemento)

MEZCLA

AGUA	470 Litros
CEMENTO	500 Kilogramos
LODO BENTONITICO	165 Litros
ARENA	780 Kilogramos

MORTERO II (Para 10 sacos de cemento)

MEZCLA

AGUA	620 Litros
CEMENTO	500 Kilogramos
ARENA	1,040 Kilogramos
SILICATO DE SODIO	16.5 Litros

Si con el consumo de morteros es todavía alto, deberá suspenderse la inyección por períodos de 12 Hrs. para evitar grandes recorridos de las mezclas, de manera que las cavidades se obturen parcialmente.

El silicato de sodio será diluido en agua y se incorporará antes de agregar el cemento y la arena.

Para casos con cavidades muy grandes con agua circulando, se usarán mezclas compuestas por agua, bentonita, cemento y silicato de sodio como se indica a continuación:

AGUA	16 Lts.
CEMENTO	50 Kgs.
LODO BENTONITICO	20 Lts.
SILICATO DE SODIO A 40 GRADOS Be.	0.430 Lts.

Esta mezcla se preparará en el siguiente orden: agua, lodo bentonítico, cemento y silicato de sodio en un agitador de bajas revoluciones.

Actividades que se desarrollan dentro y después del -
procedimiento de inyección.

Sellado de un barreno.- Se considera terminada la inyección de una progresión, cuando la presión de rechazo durante 10 minutos tiene un gasto mínimo de 1 a 2 Lts/min.

Comunicación entre barrenos.- Cuando se está inyectando un barreno y este se comunica con uno o más, se obturarán los barrenos comunicados. Después de inyectado el barreno que estaba en curso, se procederá a inyectar los que se comunicaron.

Protección de la tubería de inyección.- La tubería de inyección que está expuesta a los rayos solares deberá de protegerse para que la mezcla no aumente su temperatura.

En la obra se protegió con bolsas de papel, también se puede usar arena húmeda.

Retaque de barrenos.- Después de 24 Hrs. de terminada la inyección del barreno, se procederá a retacarlo con un mortero de la siguiente proporción:

Agua	27 Lts.
Cemento	50 Kgs.
Arena	26 Kgs.

4.3).- Maquinaria y equipo empleado en la inyección.-

El equipo y maquinaria que se utilizó, y se sigue utilizando en la inyección de la cortina del Proyecto Hidroeléctrico El Caracol, es el siguiente:

- a).- Perforadora Stenuick
- b).- Perforadora sobre orugas (Tracdrill)
- c).- Bomba Peroni
- d).- Bomba Moyno
- e).- Agitadores de alta y baja revoluciones
- f).- Compresor portátil
- g).- Tanque para almacenar agua
- h).- Manómetros y protector de manómetros
- i).- Obturadores
- j).- Tubería de inyección
- k).- Instalación de aire

Este equipo tiene la capacidad y reúne las condiciones mecánicas, para la ejecución de perforación e inyección de mezclas de agua-cemento-bentonita.

Me permito enlistar en esta parte del capítulo la maquinaria de perforación, porque la barrenación está ligada al proceso de inyección.

PERFORADORA STENUICK.-

Este tipo de máquina es especial para el trabajo de perforación en laderas altas y casi verticales. La Stenuick podrá ser jalada por un tirfol hasta llegar al sitio de la perforación, donde se le colocará un andamio para desarrollar su trabajo.

La Estenuick está formada por un motor rotacional neumático y por un cuadro de acero montado sobre dos ruedas simulando un cañón. Fig. 4.3.1

Esta máquina a diferencia del Trackdrill está adaptada para trabajar con martillo de fondo. (Fig. 4.3.2) El martillo recibe el aire a través de la tubería de perforación, haciendo que éste efectúe la percusión.

El mantenimiento de estas máquinas es mínimo, pero -- también es necesario para su conservación. Deberá engrasarse antes de iniciar el turno y una limpieza total cada ocho días.

El martillo de fondo se lavará con diesel o agua en cada turno. Es importante el mantenimiento del martillo por qué sucede muchas veces que al iniciar la perforación, éste se encuentra tapado y se tendrá que extraer toda la tubería de barrenación para su limpieza.

Esta máquina está capacitada para perforar con un rendimiento normal hasta 70 m., dificultándose su operación de esta profundidad en adelante.

La perforadora Estenuick es apreciada por su versatilidad y manejabilidad en el desarrollo de su trabajo.

PERFORADORA SOBRE ORUGAS (Trackdrill).--

Esta máquina se puede desplazar por sí sola con la ayuda de aire a presión, sobre un tránsito a base de orugas.

A diferencia de la Estenuick, circula y hace manio -- bras en areas con poca pendiente, restringiendo así su campo de acción a solamente 4 ó 5 m. sobre el nivel de terreno

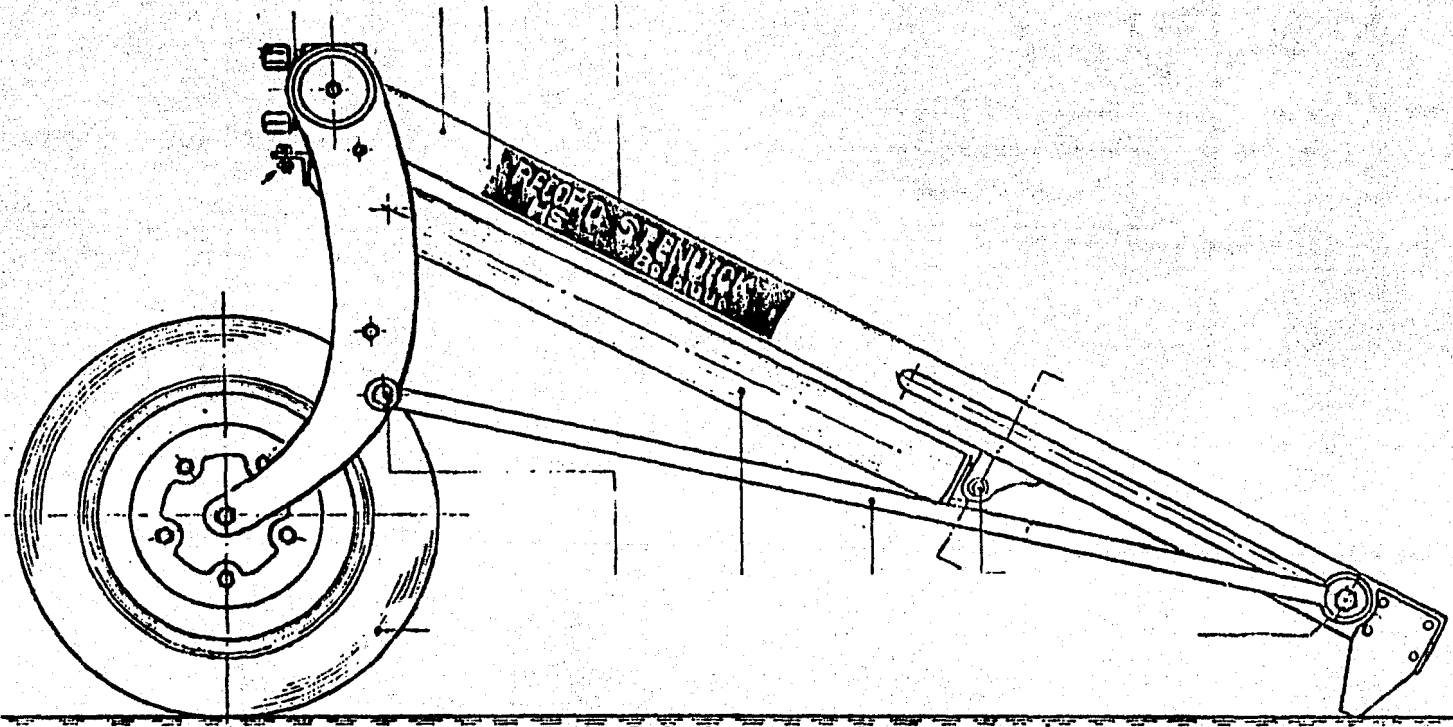


Fig. 4.3.1 PERFORADORA STENUICK

B . B . A . S



SPARE PARTS LISTS

LISTE DES PIÈCES DE RECHANGE

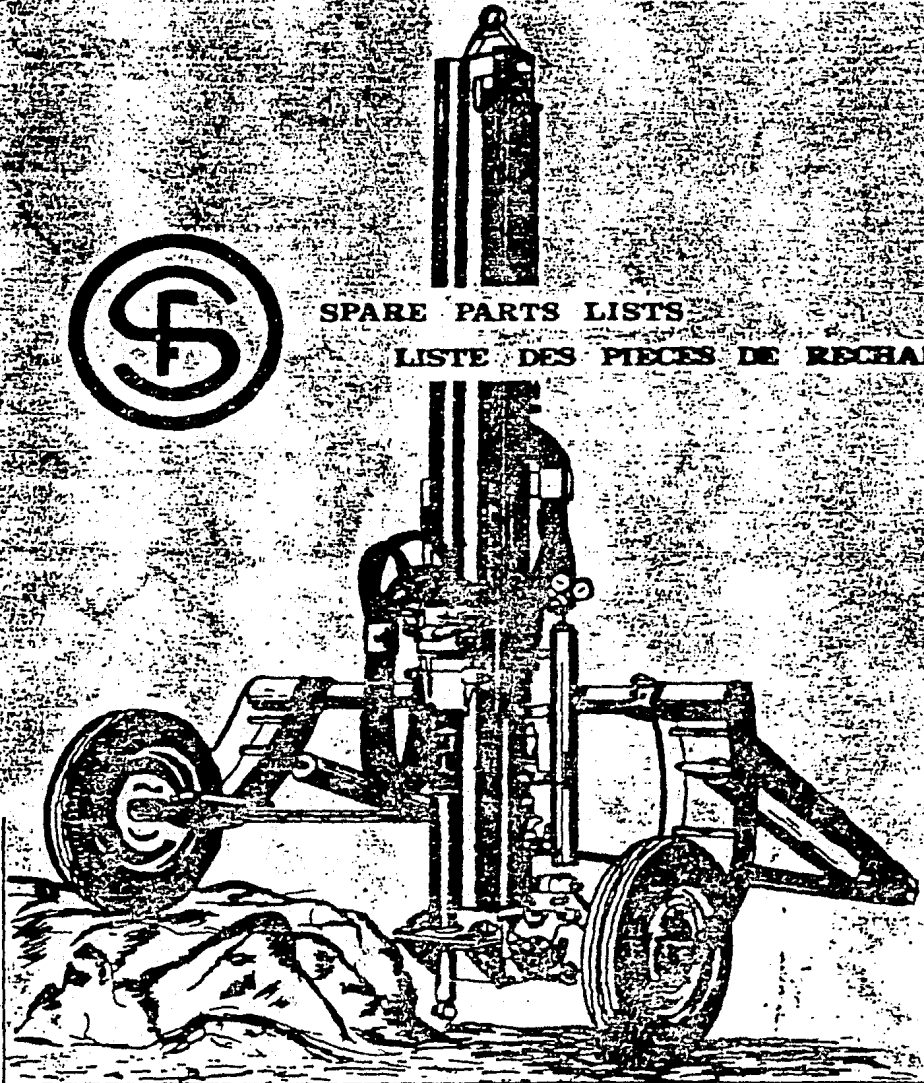
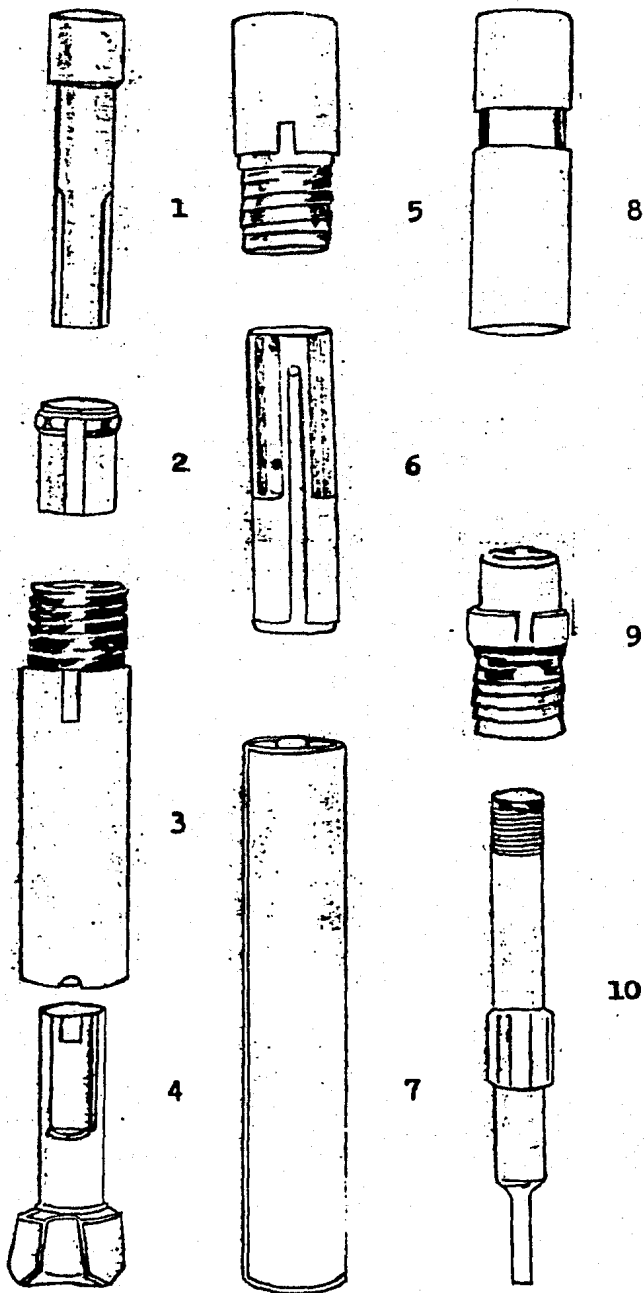


FIG. 4.3.1. -- Perforadora Stenwick



No.	DESIGNACION DE LAS PIEZAS.
1	Percusor
2	Soporte
3	Antecilindro
4	Broca
5	Culata
6	Camisa
7	Cilindro
8	Racor amortiguador
9	Tapón de culata
10	Pistón de culata

Fig. 4.3.2.- Martillo de fondo

Su velocidad de perforación es mayor que la de la Estenuick, teniendo concentrado el sistema de percusión y rotación en una pistola neumática que corre sobre un carro. Siendo un sistema externo la pistola neumática y el carro, se mueven sobre una pluma que a su vez es accionada por gatos hidráulicos.

Esta máquina está capacitada para perforar con un rendimiento normal hasta 25 m., dificultándose su operación de esta profundidad en adelante.

Al iniciar el turno para el buen funcionamiento de la máquina, es necesario lo siguiente:

- Llenar el depósito de aceite hidráulico.
- Llenar el depósito del aceite que lubrica la pistola.
- Engrasar la máquina.

El tracdrill se usó en la obra para la perforación del dique I , y algunas líneas de barrenos cuya altura máxima era 5.0 m.

Por el desnivel que existe actualmente entre la arcilla y línea de barrenos no perforados, no será posible usar más el Tracdrill.

BOMBA PERONI.-

Este tipo de bomba es reciprocante de doble pistón, - accionada por aire a presión, con una capacidad de inyección variable de 0 a 60 Lts/min y presión ajustable de 0 a 70 - - Kgs/cm² . (Fig. 4.3.4)

El mantenimiento que se le dé, será una limpieza semanal para el buen funcionamiento de la misma.

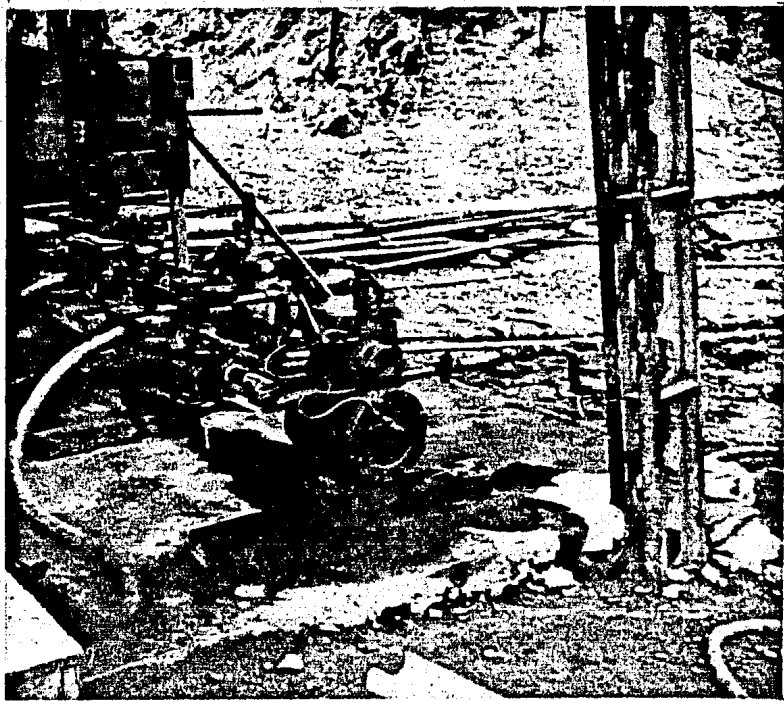
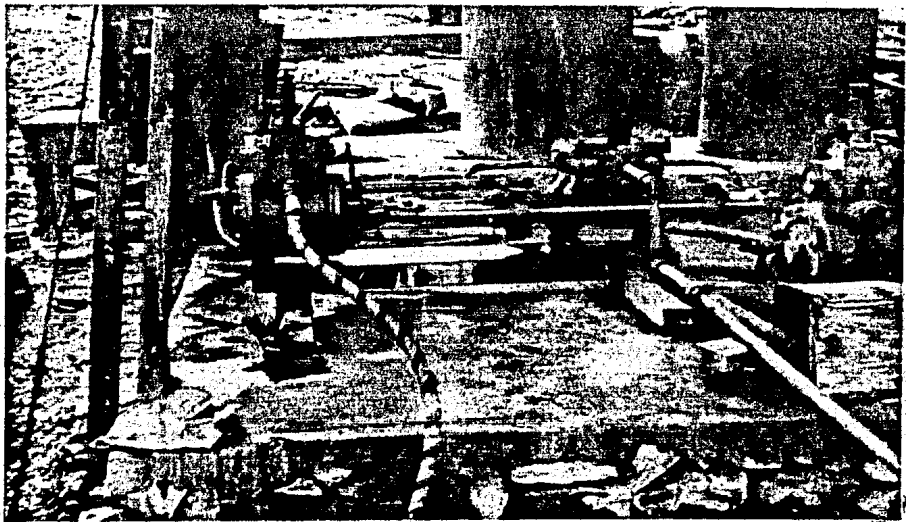


Fig. 4.3.4 .- Bomba Peroni

BOMBA MOYNO.-

Trabaja por medio de electricidad, dándosele también el nombre de bomba de tornillo.

Esta bomba tiene una flecha en forma de espiral, que es accionada dentro de una camisa de gaúcho de la misma forma.

El funcionamiento de la Moyno podría compararse con el de un transportador de precisión del tipo de tornillo sin fin. A medida que la flecha gira dentro de la camisa de gaúcho, se forman cavidades que progresan hacia el extremo de descargue de la bomba, conduciendo a presión el fluido que se bombea. (Fig. 4.3.5)

La bomba Moyno de la obra se utilizó para inyecciones de bajo consumo y presión, también se usó para pasar la lechada de un agitador a otro.

AGITADORES DE ALTA Y BAJA REVOLUCIONES.-

Los agitadores son recipientes donde se preparan las mezclas que se van a inyectar. Estos recipientes tienen adaptado un motor (en este caso eléctrico) que acciona una flecha, la cual lleva en su extremo unas aspas que mantienen en movimiento el fluido. (Fig. 4.3.6)

El turbomezclador (Agitador de altas revoluciones) gira a 1250 r.p.m., y tiene como finalidad mezclar los materiales que serán inyectados posteriormente. Su capacidad es de 150 Lts.

El agitador de bajas revoluciones gira a 60 r.p.m., y tiene como finalidad almacenar la mezcla que ha sido preparada minutos antes en el turbomezclador. Aquí la mezcla

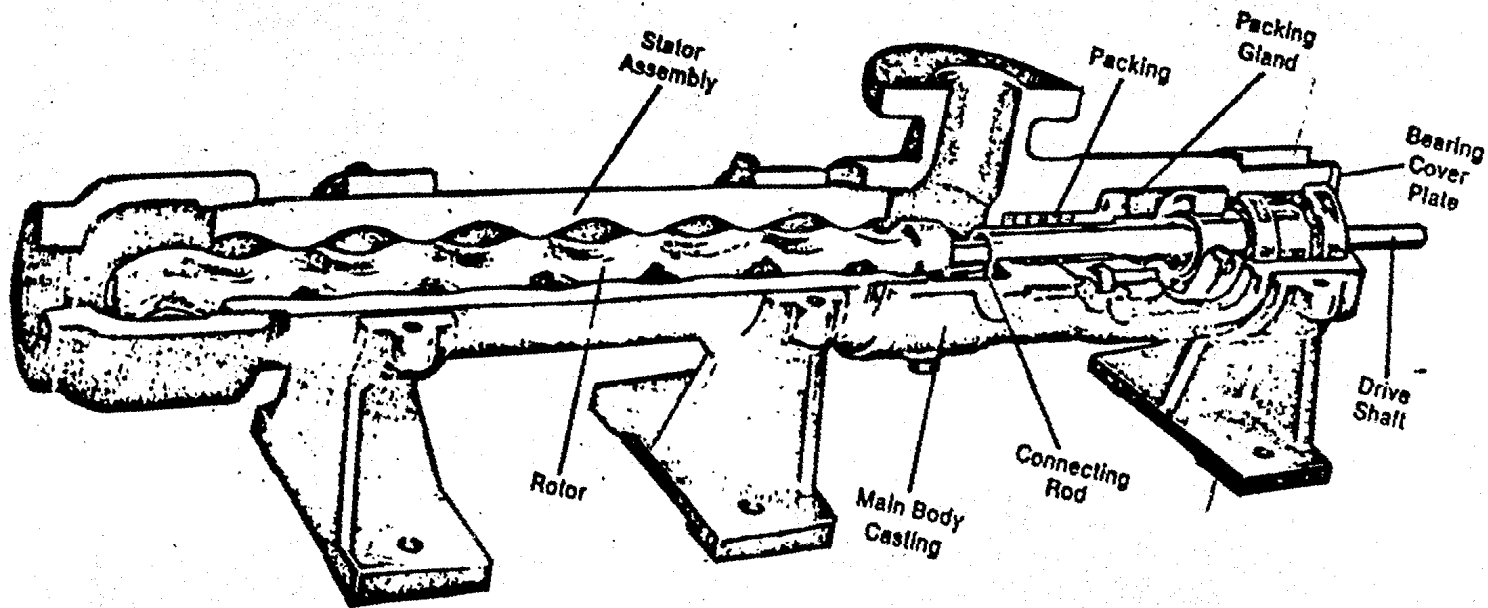


Fig. 4.3.5 BOMBA MOYNO

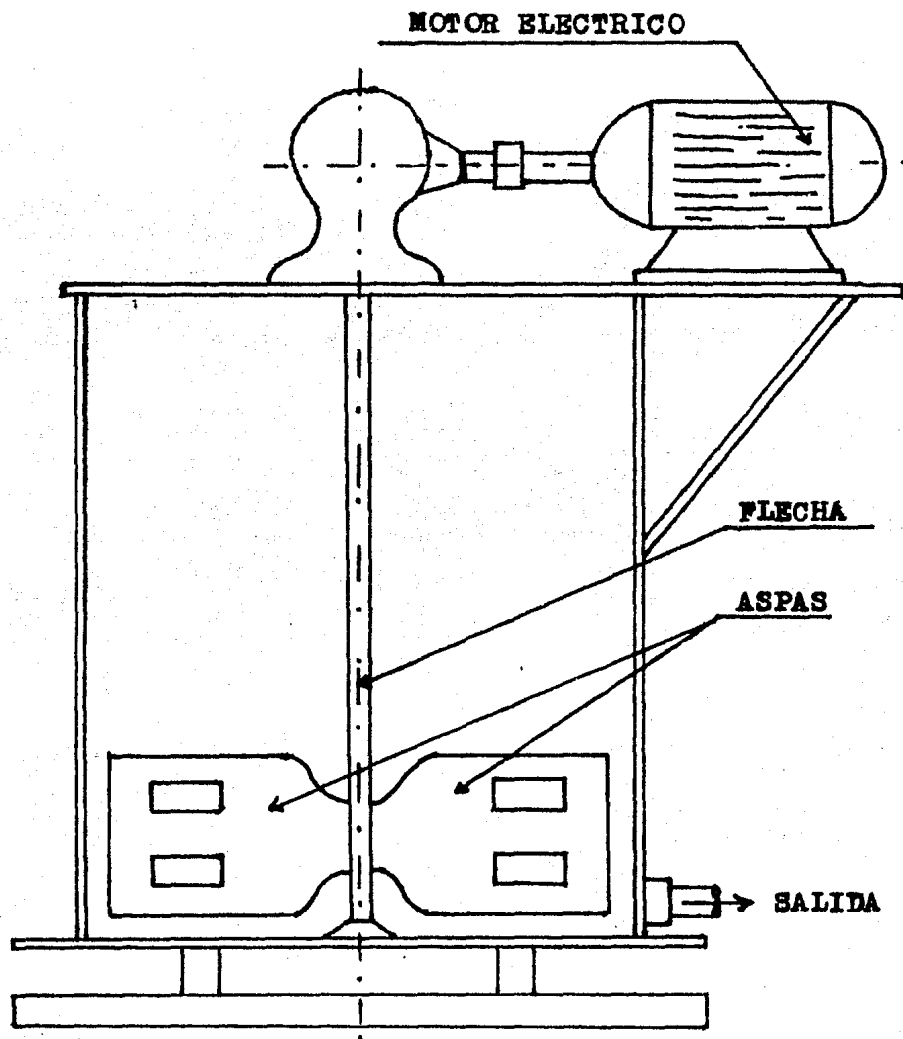


Fig. 4.3.6 .- Agitador accionado por motor eléctrico.

está en constante movimiento para evitar que se separen los sólidos del agua.

La capacidad del recipiente es de 200 litros, y de este agitador sale la lechada para ser inyectada al barreno.

COMPRESOR PORTATIL.-

En la obra se utilizó un compresor que es alimentado con diesel, generándonos aire a presión con un gasto de 600 pies cúbicos por minuto.

Este compresor suministra aire a las perforadoras -- Stenuick y a la bomba Peroni.

A diferencia del compresor estacionario, el portátil puede ser remolcado por otra máquina, permitiéndonos de esta forma bajar el costo en la instalación de aire.

TANQUE PARA ALMACENAR AGUA.-

Con una capacidad de 10,000 litros, fué colocado en un punto más elevado que los agitadores, para que el agua llegara hasta ellos por gravedad.

Este tanque es abastecido por pipas que transportan agua de buena calidad.

MANOMETROS Y PROTECTOR DE MANOMETROS.-

Los manómetros usados en la obra son del tipo registradores, y se usan con un margen de 1.5 veces la presión de rechazo.

El protector de manómetros es un cilindro de acero hueco, de longitud = 22 cms. y diámetro = 9 cms.. El cilindro tiene tres orificios, dos son para el paso de lechada a través de una membrana de hule, y el otro es para colocar el manómetro. Entre la membrana y la pared del cilindro hay

un espacio que se llena de aceite, de tal forma que al circular la lechada ejerce presión sobre el fluido, y éste la transmite al manómetro. (Fig. 4.3.7).

OBTURADORES.-

El obturador que se ocupó fue de tipo mecánico, y consiste en una o varias rondanas de hule duro fijadas sobre el tubo de inyección.

Las rondanas son comprimidas por un maneral sufriendo una expansión lateral de algunos mm., que les permite fijarse a las paredes del terreno. (Fig. 4.3.8)

Conviene tener varios obturadores habilitados en obra, para ser usados cuando se comuniquen barrenos entre si, o cuando se quede atorado alguno dentro de la perforación.

TUBERIA DE INYECCION.-

Compuesta por la tubería que conduce la lechada en la superficie y la que se introduce dentro del barreno para la inyección. Ambas tuberías deben resistir 1.5 veces como mínimo la presión de trabajo de las bombas de inyección.

La tubería que está en la superficie consta de una línea de alimentación y otra de retorno, controlada por una válvula de paso. La tubería debe estar protegida contra los rayos solares para que la mezcla circulante no incremente la temperatura, usándose en su protección bolsas de papel o arena húmeda.

La tubería que va dentro del barreno está compuesta por dos tubos, uno dentro del otro.

El tubo interno conduce la lechada hasta la punta del obturador, mientras que el tubo externo sirve para transmi-

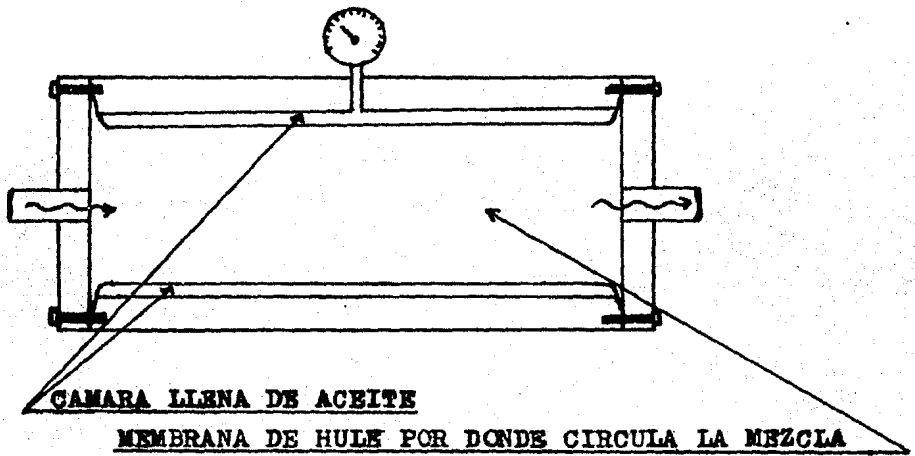


Fig. 4.3.7 .- Protector de manómetros

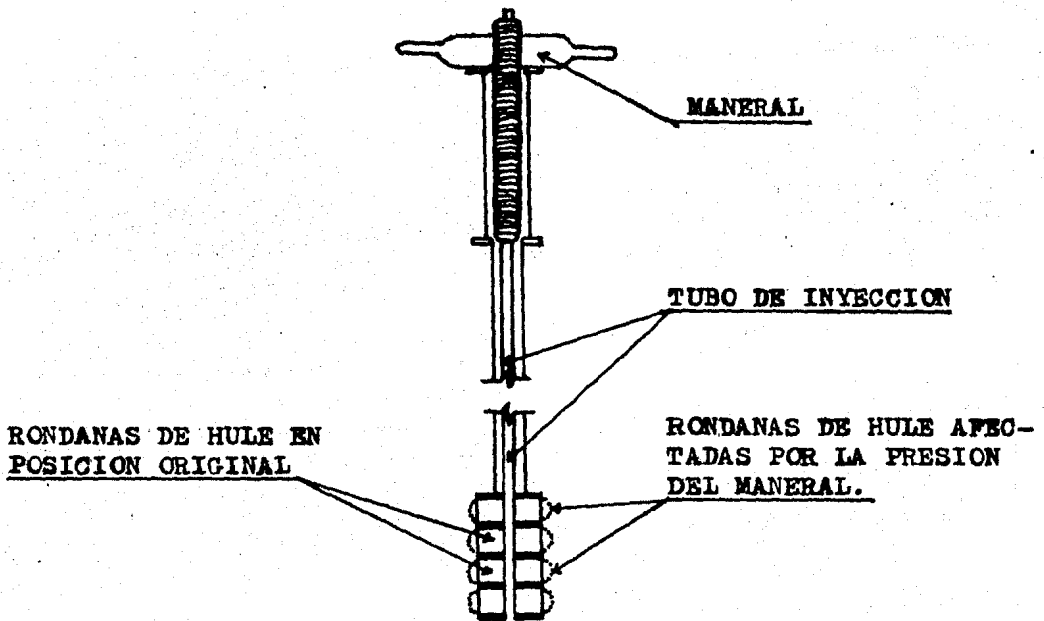


Fig. 4.3.8 .- Obturador mecánico

tir la presión del tornillo a las rondanas de hule.

Esta tubería debe habilitarse en tramos de 5.00 m., para poder inyectar progresiones con esa longitud.

INSTALACION DE AIRE.-

Se encarga de conducir el aire a presión desde el compresor portátil hasta la máquina neumática. La instalación de aire esta compuesta por una manguera de alta presión de 2" que termina en un repartidor. De este repartidor salen mangueras de menor diámetro, que llegan hasta la máquina neumática.

En este equipo es importante vigilar las uniones de las mangueras para que haya el mínimo de pérdidas de aire, ya que esto provocaría un bajo rendimiento en las máquinas.

4.4).- Materiales para la inyección.

Agua.- El agua que se utilice para la fabricación de las mezclas de cemento deberá ser fresca, limpia y carente de sustancias nocivas, ácidas alcalinas u orgánicas.

Cemento para lechadas.- El cemento que se utilice para lechadas será proporcionado por la C.F.E., y será del tipo III con los requerimientos especiales siguientes:

Tiempo fraguado	Inicial	2.5 hrs. máximo
Gillmore	Final	5.0 hrs. máximo
Finura: pasa la malla No. 200		99% mínimo
Superficie específica Blaine		4500 cm ² /gr. mínimo.

Cemento para morteros.- El cemento para morteros será del tipo II ó III con un contenido de álcalis = 0.6 %

y con los requerimientos especiales siguientes:

Finura: pasa la malla 200 98 % mínimo
Superficie específica Blaine 3339 cm²/gr mínimo

No se usará cemento húmedo o parcialmente fraguado. Se deberá prever una protección para el cemento contra los agentes atmosféricos.

Bentonita.- La bentonita que se utilice deberá cumplir los siguientes requisitos.

Lectura en viscosímetro Fann, a 600 r.p.m.	22 min.
Punto de fluencia, lb/100 pie ²	3 v.p.máx.
Filtrado a 7 Kg/cm ² de presión	15 m.l.máx.
Humedad, %	10 máx.
Residuo, vía humedad en malla No. 200, %	1 máx.
pH	10 máx.

Arena.- La arena que se utilice deberá estar constituida por granos de roca dura, sana y que no se altere con el tiempo. Se podrá usar arena natural triturada o una combinación de ambas.

La arena estará bien graduada de fina a media con los siguientes requisitos de granulometría.

Malla U. S. Bureau Of Standards	Que pasa	Porcentaje acumulado Retenido
No. 8	100 - 100	0 - 0
No. 16	95 - 100	5 - 0
No. 30	60 - 95	40 - 5
No. 50	20 - 50	80 - 50
No. 100	10 - 30	90 - 70

C A P I T U L O V

PRUEBA LUGEON

5.1).- Consideraciones generales

Las pruebas sobre permeabilidad de la cimentación de una cortina en una boquilla en estudio y el tratamiento de la cimentación de una cortina, exigen operaciones de campo cuya similitud ha dado lugar a confusiones que es necesario evitar.

Estas operaciones de campo básicamente encaminadas a conocer el grado de permeabilidad de la cimentación de una cortina que se proyecta construir, o que ya se está construyendo son las siguientes:

- 1.- Determinación de PERMEABILIDAD EN LA BOQUILLA como complemento necesario de su estudio geológico
- 2.- PRUEBA DE AGUA como operación previa al trabajo de inyectado de lechada, en la cimentación de una cortina.
- 3.- TRABAJO DE INYECTADO como tratamiento de la cimentación de una cortina y de sus obras auxiliares.
- 4.- PRUEBA DE LA PANTALLA comprendiendo:
 - a).- Efectividad del trabajo de inyectado.
 - b).- Impermeabilidad de la pantalla.

Consideraremos para esta exposición de carácter gene

ral que hay dos tipos esenciales de materiales del subsuelo, desde el punto de vista de la facilidad mayor o menor que presente para el paso de un flujo de agua a través de su constitución, siendo las que tienen permeabilidad en pequeño y las que corresponden a permeabilidad en grande.

Los materiales que se consideran con permeabilidad en pequeño son todos los granulares, incluyendo las arcillas, limos, arenas y gravas. Se consideran con permeabilidad en grande las rocas con juntas, fracturas, fisuras, lajeados y grietas vacías o rellenas de material granular.

Para la permeabilidad en pequeño, si es posible obtener una muestra inalterada del campo, se podrá determinar en el laboratorio, pero la permeabilidad en grande sólo se podrá medir mediante operaciones en el campo.

En una roca fisurada existe la permeabilidad en grande por el flujo que se establece a través de los huecos o fisuras, y ante la magnitud de este flujo la permeabilidad en pequeño de los bloques que quedan limitados por las fisuras resulta despreciable. En la mayor parte de los casos la permeabilidad en rocas fisuradas podrá definirse como coeficientes de permeabilidad, semejante a los determinados y usados para materiales granulares.

La prueba de permeabilidad a que nos referiremos, consiste en inyectar agua en el terreno por medio de una perforación, en tramos de ella de longitud conocida, con presiones escalonadas registrando los gastos correlativos que se aplican.

Es indudable que el gasto "Q" de absorción provocado por la inyección del agua, está ligado a la presión "P"

en el tramo de la perforación por una ley que irá desde la fórmula conocida de

$$Q = K i A \quad \text{---} \quad (1)$$

en la que admitiendo que el escurrimiento es laminar y que por lo tanto puede aceptarse para la velocidad la expresión

$$v = K i \quad \text{---} \quad (2)$$

resulta aplicable la fórmula

$$K = \frac{2.3 Q \log. r''/r'}{2 b H} \quad \text{---} \quad (3)$$

hasta una en que el escurrimiento sea turbulento y en el que ya seguramente no es aplicable la fórmula de Darcy. La transición de uno a otro límite es paulatina y por lo tanto va siendo también paulatina la posibilidad de ampliar el uso de la fórmula (3).

Cuando se investiga la permeabilidad en formaciones geológicas que no son granulares, conviene expresarla como un gasto de absorción con una unidad adoptada. La unidad - Lugeon (U.L.) es el gasto de un litro por minuto, en 1.00 m. de longitud en el tramo de prueba, bajo la presión de - 10 Kgs./cm².

Se admite que la perforación en el tramo de prueba no tiene ademe y que es de 7.6 cm. (3") de diámetro aproximadamente. Los tramos de prueba conviene que sean de 5.00 m. y se deben hacer las pruebas conforme avanza la perforación, para que el fondo de ella constituya el límite inferior de ese tramo, quedando como superior el empaque u obturador del tipo que sea más conveniente para la perforación que se prueba.

Con el fin de hacer comparables los datos que se obtengan en las pruebas de permeabilidad, se llega a un equivalente del valor de K de la fórmula (3) al valor del Lugeon, para que queden expresadas las permeabilidades en grande en Lugeones y también con sus valores equivalentes en coeficientes K de permeabilidad. Para esta transformación se requiere para cada caso, admitir en primer lugar que sólo se trata de establecer una similitud, pero sabiendo que el gasto Q estará en función de K determinada con los valores que en seguida se señalan y además, que estos valores son sólo estimativos:

$$K = \frac{2.3 Q \log. 500/3.8}{2 bH}$$

$$\log. 500/3.8 = \log. 131.70 = 2.12$$

$$Q = \text{un litro por minuto} = 0.0000167 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

se admite como valor de r" el de 500 cm. y el de r' como 3.8 cm. b = 1.00 m.

$$H = H_1 + H_2 - H_f = 10 \text{ Kgs./cm}^2 = 100 \text{ m.}$$

$$K = \frac{2.3 \times 0.0000167 \times 2.12}{6.28 \times 1 \times 100} \text{ m./seg.} =$$

$$= \frac{0.0000813}{628} = 1.3 \times 10^{-7} \text{ m./seg.}$$

Admitiendo la equivalencia en esas condiciones, se podrá siempre expresar la permeabilidad como gasto de absorción en Lugeon (U.L.) o en su coeficiente aproximado de permeabilidad (K).

Por comodidad en el campo y por ser valor real, se usará el Lugeon como se ha definido antes.

Conviene adoptar como tramo de prueba 5.00 m., pero cualquiera que sea el que se use, el primer paso para trans

formar un gasto de absorción (Q en litros por minuto) en Lugeon (U.L.) es dividirlo por la longitud del tramo (b) en metros.

El gasto de absorción en litros por minuto y por metro, para la presión P en Kgs./cm² se tendrá que multiplicar por 10/P, admitiendo que hay correlación en línea recta entre presión y gasto.

Ejemplos:

- 1).- Para un gasto de absorción de 15 litros por minuto en prueba con tramo de 5.00 m. y presión de 6 Kgs./cm² se tendrán

$$\frac{15}{5} \frac{1}{0.6} = 5 \text{ U.L.} \quad K = 6.5 \times 10^{-7} \text{ m./seg.}$$

- 2).- Para un gasto de absorción de 30 litros por minuto en tramo de prueba de 15 m. con presión de 10 Kgs./cm² se tendrá.

$$\frac{30}{15} \frac{1}{1} = 2 \text{ U.L.} \quad K = 2.6 \times 10^{-7} \text{ m./seg.}$$

- 3).- Para un gasto de absorción de 60 litros por minuto en prueba de un tramo de 5.00 m. con presión de 12 Kgs./cm².

$$\frac{60}{5} \frac{1}{1.2} = 10 \text{ U.L.} \quad K = 1.3 \times 10^{-6} \text{ m./seg.}$$

5.2).- Perforación

Después de realizado el trabajo de inyección en la pantalla de la ladera, se procedió a verificar si esa inyección cumplía con la permeabilidad mínima aceptable.

Para efectuar la Prueba Lugeon, se selecciona una zona entre las líneas de los barrenos ya inyectados, y se to-

ma el punto cercano a los que hayan tenido el mayor flujo de lechada aceptado en el proceso de inyección.

Ya localizado el barrenado donde se va a perforar, se le dará la orientación e inclinación de proyecto, para que éste atraviese el máximo número de estratos posibles.

La perforación se deberá hacer preferentemente con una perforadora rotaria con broca de diamante para extraer corazones, pero si existe alguna condición difícil de vencer o limitaciones económicas para el uso de este equipo, se podrá aceptar que no se extraigan corazones usándose en este caso una perforadora rotaria con broca de tungsteno o una máquina de percusión del tipo Stenuick, siempre haciendo un intenso lavado del tramo de prueba.

La broca deberá ser preferentemente del tipo NX o sea de 7.6 cm. (3") de diámetro, pero se podrá usar de otro diámetro solo que variando en tal caso, el valor correspondiente al radio (r') de la perforación en la fórmula (3) del valor de K.

En la perforación se deberá evitar el uso de barro o bentonita para protección contra derrumbes.

Si sobre la roca que se desea probar existe una capa de material de depósito o de arrastre que deba removerse al construir la cortina, convendrá quitarla en el sitio de la prueba o bien ademarla hasta empotrar el tubo en la roca de cimentación. Si no hay peligro de derrumbes en ese tramo, se podrá quedar sin ademe.

Conviene usar como longitud del tramo de prueba 5 m. que comenzarán a contarse a partir de la superficie del terreno o boca de la perforación.

Se avanzará la perforación hasta la profundidad de 5 m., y se suspenderá. Se hará un lavado cuidadoso de la perforación usando agua y se extraerá el acero de barrenación.

5.3).- Equipo utilizado en la prueba.

El equipo que se utilizó en la realización de Pruebas Lugeon en el Proyecto Hidroeléctrico El Caracol fue el siguiente:

a).- **OBTURADOR.**- Se utilizó uno de tipo mecánico a base de rondanas de hule. Cuando el empaque se coloca a la profundidad deseada, un dispositivo apropiado permite aplastar las rondanas, éstas aumentan de diámetro y se ajustan sobre las rugosidades de las paredes. Si el empaque está convenientemente colocado, su anclaje es suficiente para resistir el aumento de presión durante la prueba. Este obturador es trabajable en profundidades menores de 50 m., por la difícil maniobra para descenderlo.

Existen otros empaques como son los de copas de cuero y también los neumáticos.

b).- **MANOMETRO.**- El manómetro se instalará a la entrada de la perforación, inmediatamente después del extremo superior de la tubería. En caso de que no se cumpla esto, y la distancia entre el manómetro y la punta del obturador sea considerable, se tomará en cuenta las pérdidas por instalación.

- c).- **MEDIDOR DE AGUA.**- El medidor de agua se colocará enseguida del manómetro, que puede ser de tipo de reloj o de disco con registro vertical doble para regresar a cero, graduado en litros.
- d).- **TANQUE REGULADOR DE PRESIONES.**- Se habilitó en obra, y es un tanque que está unido por un extremo al medidor de agua y por otro a la bomba de inyección, teniéndose dos válvulas de compuerta, una para la alimentación del pozo y otra de descarga con la que se controlará las presiones de prueba.
- e).- **BOMBA DE INYECCION.**- La bomba de inyección utilizada, fué una bomba Moyno de vacío progresivo capaz de suministrar 300 ltros. por minuto a una presión 2.5 Kgs./cm^2 . El funcionamiento de la bomba Moyno podría compararse con el de un transportador de precisión del tipo de tornillo sin fin. A medida que el rotor gira adentro del estrator, se forman cavidades que progresan hacia el extremo de descargue de la bomba, conduciendo el material que se bombea.
- f).- **TANQUE DE AGUA.**- El tanque que se utilizó para almacenar agua fué uno de 10 metros cúbicos de capacidad.
- g).- En el equipo necesario para la prueba también tenemos:

Válvulas de paso, mangueras de presión, líneas de alimentación y herramientas para suministrar de manera continua el inyectado del agua y un -

control preciso de las presiones.

Tanto el medidor de agua como el manómetro deberán ser verificados antes de empezar la prueba. Esta verificación se hará en el campo; para los medidores de agua se utilizará un tanque del que se conozcan sus dimensiones y se comparará el volumen con los registros del medidor. El manómetro se podrá verificar por medio de una columna de agua de 10 m., que corresponderá a una presión manométrica de 1 Kg./cm², o comparándolo con otro manómetro calibrado previamente.

Una vez instalado el equipo correctamente; es decir el empaque en la profundidad deseada y con obturación perfecta, el manómetro inmediatamente después de la boca del pozo, el medidor de agua, el tanque regulador de presiones, la bomba, el tanque de almacenamiento y la herramienta; se procederá a realizar la inyección del agua.

5.4).- Procedimiento.

Es importante para llevar a cabo el procedimiento de inyección, se tengan a la mano las hojas de registro de campo correspondiente. En la columna Hp, que es la carga que corresponde a la presión de prueba, se anotan las presiones ascendentes de 2.5, 5.0, 7.5 y 10 Kgs./cm², y en la columna H₂ la distancia vertical entre el manómetro y la parte inferior del empaque en Kgs./cm².

Teniéndose el equipo y las hojas de registro listos, se introduce el empaque que deberá quedar en el primer tramo de prueba, colocado cerca de la boca del pozo o sea cerca de la superficie del manto por probar. Se deberá usar el

tipo de empaque que mejor se adapte a la presión por sopor -
tar y a la constitución del terreno. En la obra se utilizó -
el mecánico.

Cuando la zona superior que cruza la perforación es -
de material de relleno o roca muy alterada o agrietada, con-
viene hacer más profunda la perforación y bajar el empaque
hasta alcanzar uno de los tramos de 5.00 m. de longitud que
permita la prueba. En el registro se anotará el tramo o tra-
mos que no hayan admitido la prueba.

La operación del ensayo se inicia con una prueba ten-
tativa de 1 min., que tiene como finalidad calcular la pre--
sión manométrica de prueba aproximada H_1 .

Con los valores conocidos de H_p y H_2 , y considerando
que H_f pérdida por fricción en el tubo alimentador desde el
manómetro hasta el empaque, es de cero por iniciarse la prue-
ba tenemos que:

$$H_1 = H_p - H_2 \quad - - - - - \quad (4)$$

Con este valor de H_1 que se anotará en la columna H_1
"Manómetro" (Tabla 5.4.1), se inicia la prueba del minuto, -
espacio de tiempo en que ya debe haberse registrado gasto.
Cuando éste sea de 63 lts/min/m. o mayor, se le tomará en --
cuenta para un nuevo cálculo de H_1 ya corregido por la pérdi-
da de fricción. Con el gasto obtenido se calcula la pérdida
por fricción de tablas o gráficas, a la profundidad que se -
está haciendo la prueba, y el valor H_f se aplica a la fórmu-
la (4) .

$$H_1 = H_p + H_f - H_2$$

Presión manométrica con la que se ejecutará la prueba
durante los diez minutos.

PRUEBAS DE FERMEABILIDAD
REGISTRO DE CAMPO

Se colocó el manómetro al
nivel del terreno natural
H₂ = 3.25

Boquilla o presa		Río					Edo. de					
Pozo No.		Diámetro.					Tramo de: 3.25 a 8.25			L = 5.00		
PRESIONES		ASCENDENTES				PRUEBA H _p	PRESIONES DESCENDENTES					
MEDIDOR LECTURAS	TIEMPO	GASTO Q	MANOM. H ₁	COLUM. H ₂	FRICC. H _f		MANOM. H ₁	COLUM. H ₂	FRICC. H _f	MEDIDOR LECTURAS	TIEMPO	GASTO Q
LITROS	MINUTOS	L/MIN/M	Kg/cm ²			METROS			LITROS	MINUTOS	L/MIN/M	
FINAL 1200	1 min.	73	2.175	0.325	0.079	2.372	2.175	0.325	0.060	FINAL	1 min	64
INICIAL 0						2.500				INICIAL		
V/TRAMO 1200	10	120	2.254		0.207	2.390	2.235		0.169	V/TRAMO 1080	10	108
						2.500						
FINAL 1000	1 min.	63	4.675	0.325	0.060	4.916	4.675	0.325	0.060	FINAL	1 min	67
INICIAL 0						5.000				INICIAL		
V/TRAMO 1000	10	100	4.735		0.143	4.916	4.735		0.143	V/TRAMO 980	10	98
						5.000						
FINAL 1920	1 min.	183	7.175	0.325	0.477	7.475	7.175	0.325	0.380	FINAL	1 min	167
INICIAL 0						7.500				INICIAL		
V/TRAMO 1920	10	192	7.652		0.503	7.428	7.555		0.452	V/TRAMO 1825	10	182.5
						7.500						
FINAL 1683	1 min.	147	9.675	0.325	0.292	9.888						
INICIAL 0						10.000						
V/TRAMO 1683	10	168.3	9.967		0.403							

Tabla 5.4.1

Es importante que mientras se hace esta corrección - no se inyecte agua al pozo, sino que al terminar el minuto se ponga a trabajar la descarga o la válvula de retorno.

Después de los diez minutos de prueba se anotará en la columna Q el gasto obtenido (Tabla 5.4.1), y con él se - calculará una nueva pérdida de carga por fricción con la -- que se podrá obtener el verdadero valor de H_p .

$$H_p = H_1 + H_2 - H_f \quad \text{Fig. 5.4.1}$$

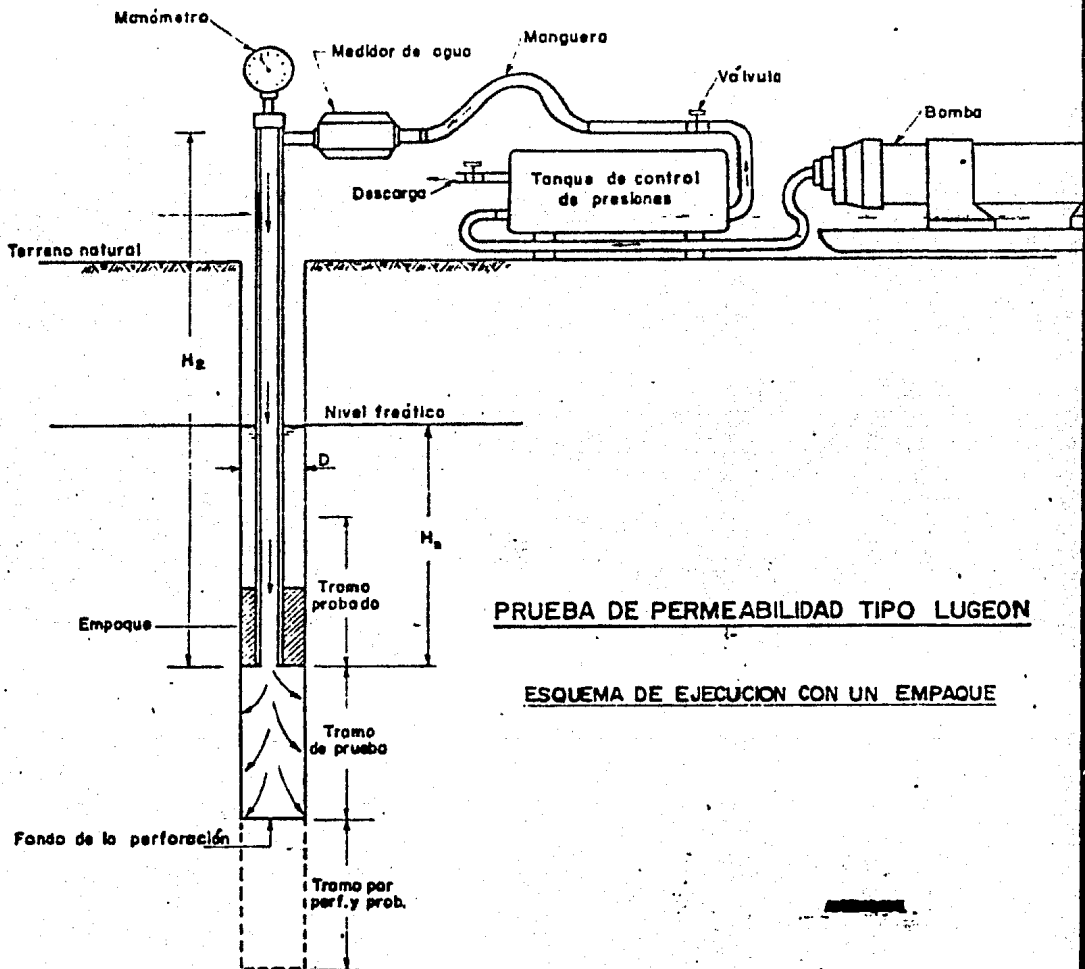
Cuando H_2 , distancia vertical entre el manómetro y - el empaque esté afectada por el nivel freático, es necesá - rio reportar H_n que es la profundidad igual a la longitud - entre el nivel freático y el empaque, con el fin de que al calcular $H_1 - H_n$ en Kgs./cm² sea en lugar de la carga H_2 .

La operación antes descrita se repetirá para las +- pruebas ascendentes de 5.0, 7.5 y 10 Kgs/cm² y en las des-- cendentes 7.5, 5.0 y 2.5 Kgs/cm².

Para pruebas de profundidad mayores de 20 m. se su - prime la presión 2.5 Kgs./cm²; de 45 m. de profundidad en adelante no deben hacerse las de 2.5 y 5.0 Kgs./cm². A 70 - m. de profundidad únicamente se hará la de 10 Kgs./cm², de - bido que al calcular H_1 o sea la altura que corresponde a - la presión manométrica, ésta resulta muy pequeña para estos valores.

Anteriormente se tomó un gasto mínimo de $Q=63$ lts/ - min/m. para el cálculo de la pérdida de carga por fricción, ya que en volúmenes menores los valores son despreciables.

La prueba tentativa de 1 minuto da la oportunidad de observar si el terreno de la zona por probar aguanta las - - presiones a que se someterá, ya que en muchos casos hay --



PRUEBA DE PERMEABILIDAD TIPO LUGEON

ESQUEMA DE EJECUCION CON UN EMPAQUE

Fig. 5.4.1

$$H_p = H_1 + H_2 - H_f$$

H_p = Carga que corresponde a la presión de prueba.

H_1 = Altura que corresponde a la presión marcada en el manómetro.

H_2 = Distancia vertical del manómetro al empaque.

H_f = Pérdida por fricción en el tubo alimentador desde el manómetro hasta el empaque.

NOTA.- Cuando no exista manto freático se tomará H_2 como carga en kg/cm^2 para obtener H_p , en caso contrario se utilizará $H_2 - H_f$ en kg/cm^2

destaponamiento o movimientos en la formación, creando fisuras artificiales, con lo que en realidad los datos obtenidos serán falsos. En estos casos el consumo de agua será de consideración y la presión especificada será difícil de alcanzar, por lo que es inútil tratar de hacer la siguiente prueba ascendente; es preferible ejecutar la descendente o suspender definitivamente la prueba, reportando las anomalías en la hoja de registro.

Cuando ya se tiene un conocimiento preciso de las presiones que soporta el terreno para su rotura, es preferible hacer las pruebas descendentes al llegar a este límite, con lo que las gráficas de permeabilidad se interpretarán de una forma más correcta por la comparación de los datos obtenidos en las pruebas crecientes y decrecientes.

Puede suceder que las grietas de la roca probada, se encuentren rellenas de un material arcilloso que permite solamente un avance muy lento del agua, de tal modo, que hasta después de meses o años llegue a saturarse esa arcilla y reblandecerse hasta hacerla deslavable por el flujo, produciéndose un aumento grande en la permeabilidad de la roca, con peligro no solamente de pérdidas importantes de agua, sino aún de la estabilidad de la estructura. Naturalmente este es un aspecto que debe estudiarse cuidadosamente como una de las posibles alteraciones de la permeabilidad original de la roca, buscando la forma práctica en que se obtendrá un indicio sobre el particular, mediante las pruebas de permeabilidad, haciendo intervenir como factor esencial la duración de la observación de gasto correlacionado a presión.

5.5).- Pérdida de carga

Anteriormente se habló de la pérdida de carga por --- fricción al efectuar la Prueba Lugeon, y de la importancia - que ésta tiene en el cálculo de la presión manométrica.

$$H_1 = H_p + H_f - H_2$$

En la parte de este capítulo veremos como poder calcu lar la pérdida de carga por fricción en la tubería de inyec ción, que se localiza entre el manómetro y el empaque.

(Fig. 5.4.1).

La tabla siguiente nos proporciona los valores de la pérdida por fricción para profundidades de 1.00 m., empezan do con un gasto 65 Lts/min/m.

Esta tabla fué sacada de la gráfica 5.5.1 que se ane xa al final de este Capítulo 5.5 y evalúa las pérdidas en tu berías galvanizadas para diámetros de 2", 1 1/2", 1 1/4", -- 1", 3/4", y 1/2" .

PERDIDA DE CARGA POR FRICCIÓN EN TUBERÍA GALVANIZADA DE 1" DE DIÁMETRO, PARA 1.0 M. DE PROFUNDIDAD EN KGS/CM²/M. TABLA 5.5.1 .

Q lts/min	65	70	75	80	85	90	95	100
	0.0184	0.0211	0.0242	0.0278	0.0312	0.0350	0.0391	0.0440
Q lts/min	105	110	115	120	125	130	135	140
	0.0480	0.0520	0.0571	0.0637	0.0668	0.0722	0.0784	0.0839
Q lts/min	145	150	155	160	165	170	175	180
	0.0898	0.0968	0.1028	0.1098	0.1170	0.1240	0.1313	0.1392
Q lts/min	185	190	195	200	205	210	215	220
	0.1469	0.1547	0.1633	0.1716	0.1838	0.1960	0.2060	0.2160
Q lts/min	225	230	235	240	245	250	255	260
	0.2240	0.2330	0.2460	0.2560	0.2650	0.2800	0.2880	0.3000
Q lts/min	265	270	275	280	285	290	295	300
	0.3115	0.3250	0.3300	0.3400	0.3520	0.3630	0.3795	0.3910

Ejemplo 1.- Se está realizando la Prueba Lugeon en la pro--
 gresión 25 a 30, con un gasto de $Q=100$ lts/min--
 en una tubería galvanizada de diámetro 1" - - -
 (Tabla 5.5.1); el manómetro se encuentra a - -
 0.50 m. sobre el terreno natural.

Calcular la pérdida de carga por fricción.

Solución:

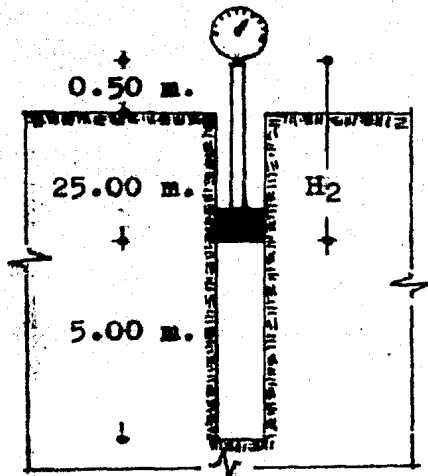


Fig. 5.5.1

De la fig. 5.5.1, tenemos que - -

$$H_2 = 0.50 + 25.00 = 25.50 \text{ m.}$$

De la tabla 5.5.1 para un gasto -
 $Q=100$ lts/min, se obtiene un fac-
 tor de 0.044 Kgs/cm². m, de donde

$$H_f = (\text{factor}) (H_2) = 0.044 \times 25.50 =$$

$$= 1.122 \text{ Kgs/cm}^2.$$

Ejemplo 2.- En este ejemplo tenemos los siguientes datos:

- a).- El manómetro está colocado al nivel de terreno natural.
- b).- Se está realizando la prueba en el tramo de 3.25 a 8.25. Se bajó el obturador hasta 3.25 por tener roca alterada al inicio de la perforación.
- c).- El gasto registrado en 1 min. fué de - - - 67 lts/min por metro.
- d).- La tubería de inyección entre el manómetro y la punta del obturador, es galvanizada con un diámetro de 1".

Encontrar la pérdida de carga por fricción.

Solución:

Vaciando los datos anteriores en la fig. 5.5.2, tenemos que --- $H_2 = 0 + 3.25 = 3.25$ m. por encontrarse a nivel de terreno natural.

De la tabla 5.5.1 para una tubería galvanizada de diámetro= 1" y un gasto=67 lts/min; es necesario interpolar entre $Q= 65$ lts/min. y $Q= 70$ lts/min. Interpolando tenemos.

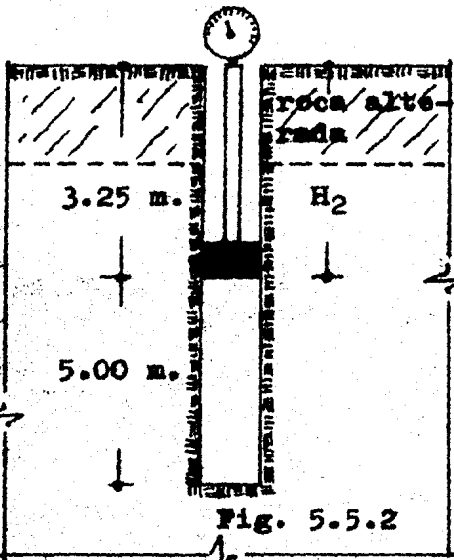


Fig. 5.5.2

65	67	70
0.0184		0.0211

$$\frac{65 - 70}{0.0184 - 0.0211} = \frac{65 - 67}{0.0184 - X}$$

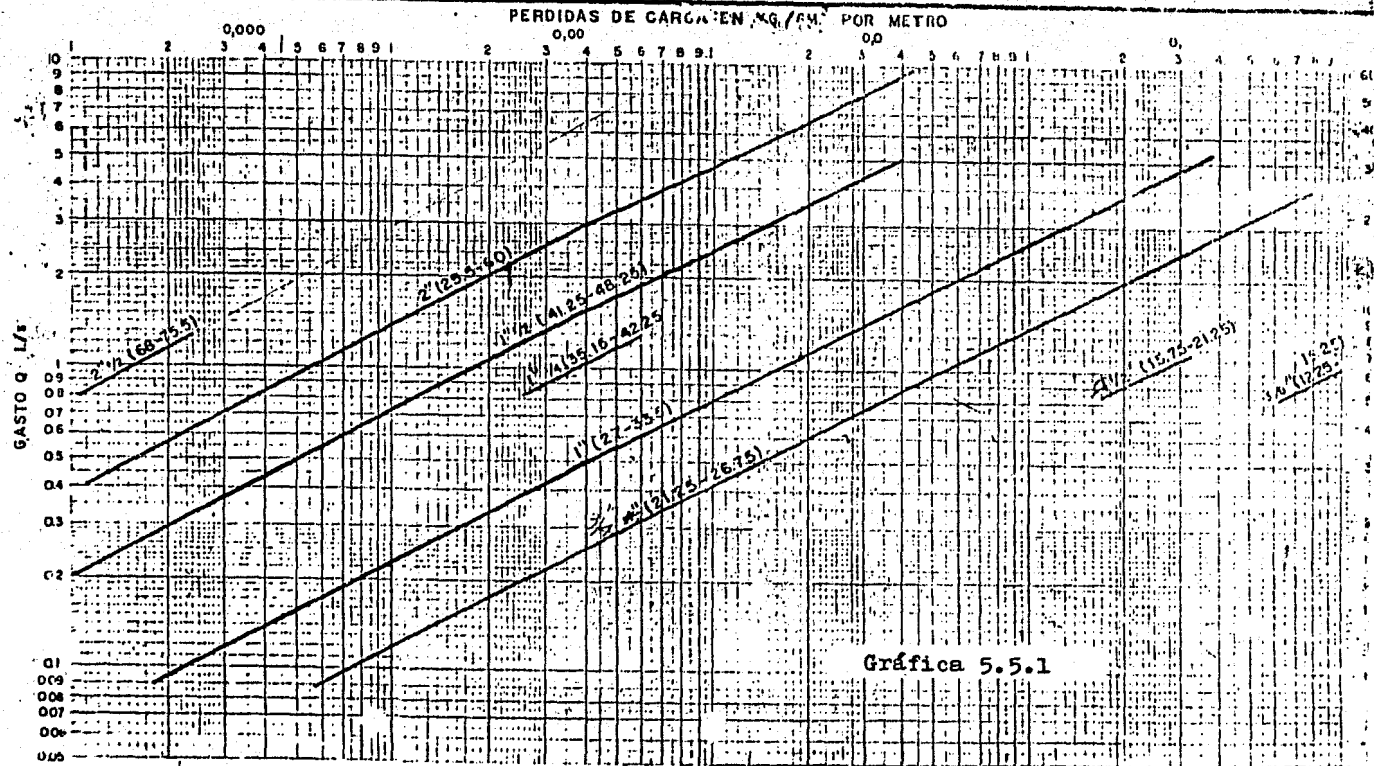
$$X = 0.019 \text{ Kgs./cm}^2 \cdot \text{m.}$$

$$H_f = 3.25 \times 0.019 = 0.61 \text{ Kgs./cm}^2$$

De trabajos realizados por la anterior Secretaría de Recursos Hidráulicos, se obtuvo la siguiente gráfica --- (Gráfica 5.5.1), donde se pueden calcular las pérdidas de carga para tubería galvanizada con diámetros de 2 1/2", --- 2", 1 1/2", 1 1/4", 1", 3/4", 1/2" y 5/8" .

La gráfica contiene en la ordenada el gasto en --- lts/seg., y en la abscisa las pérdidas de carga en Kgs/cm^2 por metro. De esta gráfica se tomaron los valores para la --- tabla 5.5.1 de la cual hablamos anteriormente.

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS
 DIRECCION DE GEOLOGIA



5.6).- Gráficas

Esta parte del capítulo de la Prueba Lugeón, lo destinaré para hablar sobre la interpretación gráfica de las pruebas realizadas en campo. Estas gráficas nos mostrarán claramente la permeabilidad a la que está expuesta el terreno, pudiéndose clasificar éstos en función de U.L. en:

Terrenos impermeables De 0 a 3 U.L.

Terrenos poco permeables De 3 a 11 U.L.

Terrenos permeables De 11 a 25 U.L.

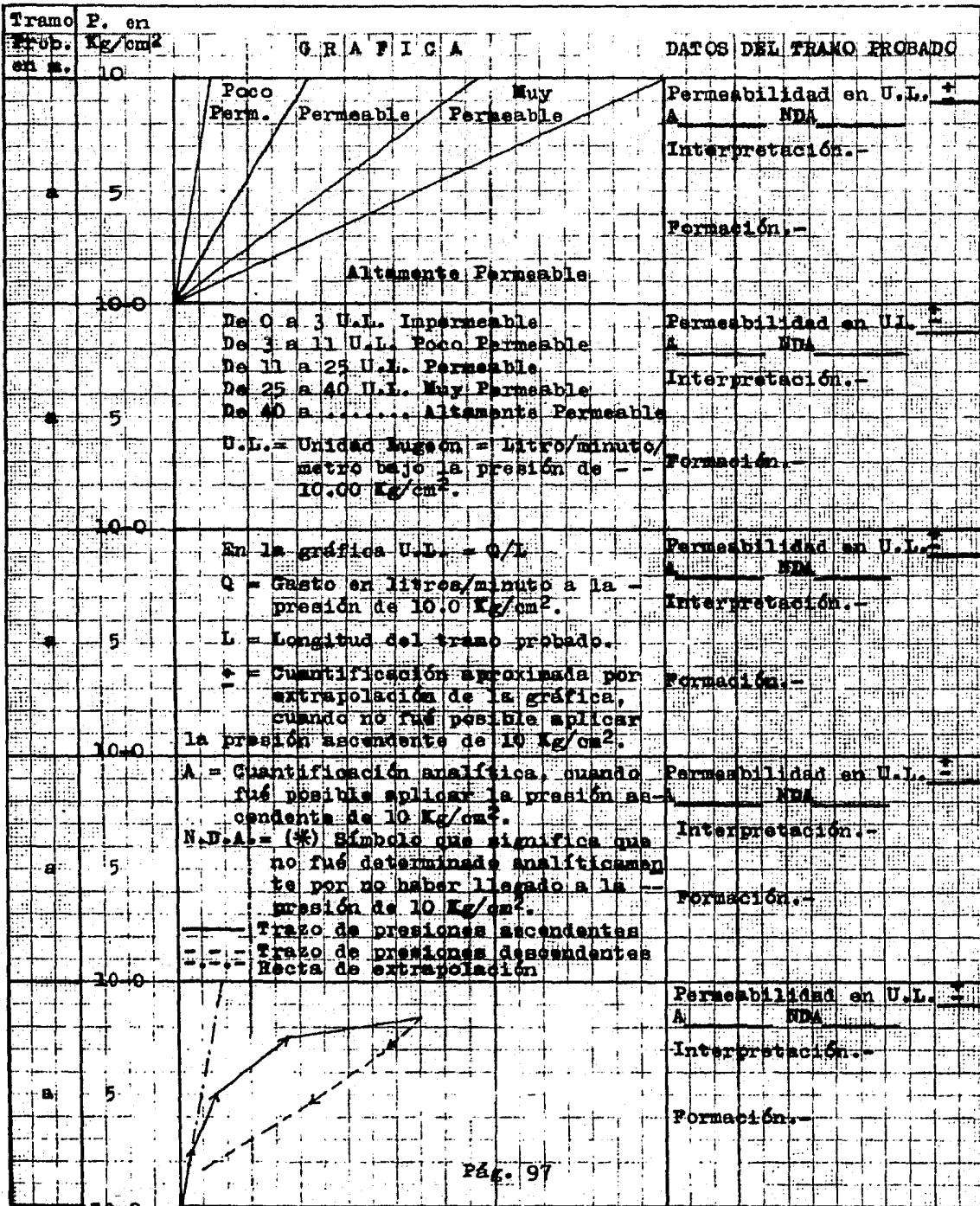
Terrenos muy permeables De 25 a 40 U.L.

Terrenos altamente permeables De 40 a . . . U.L.

Los valores anteriores se esquematizan en la gráfica 5.6.1, con el fin de que se puedan visualizar los rangos pertenecientes a la roca en estudio. La gráfica tiene como ordenada las presiones de prueba y por abscisa las U. L.

Para corroborar el uso de la gráfica 5.6.1, me permití hacer un ejemplo con datos tomados de campo en la ejecución de una prueba Lugeon. Los valores obtenidos se variaron en la gráfica 5.6.2 que posteriormente describiré. La tabla 5.6.1 contiene las presiones de prueba, y los gastos con los cuales elaboraremos la gráfica 5.6.2 .

La gráfica 5.6.2 contiene en su ordenada las presiones de prueba en Kg/cm^2 , y en la abscisa los gastos en lt/min . Los gastos y presiones se vacían en la gráfica para formar las ramas ascendentes y descendentes, donde se observa destaponamientos parciales sucesivos desde su inicio, en la gama descendente, remoción y obturación total después de 3.2 Kg/cm^2 .



Gráfica 5.6.1

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD LUGUON

PRESA: P. H. El Gatsoi		RIO: Balsas		EDO. DE: Guerrero									
PEZO No.		TRAMO DE: 15.00 a 20.00		EST: BURV:									
PRESIONES ASCENDENTES							PRESIONES DESCENDENTES						
MEDIDA AGUA	TIEMPO	GASTO	MANOMETRO	CONDENA	FRICCION	PRUEBA	MANOMETRO	COLUMNA	FRICCION	MEDIDA AGUA	TIEMPO	GASTO	
LEOTUBAS	Q		H ₁	H ₂	H _f	H _p	H ₁	H ₂	H _f	LEOTUBAS	Q		
LITROS	MINUTOS	L/Min/M	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	LITROS	MINUTOS	L/Min/M.	
FINAL 510	1	51.0	0.880	1.610	-	A 2.500	0.500	1.610	-	FINAL 571	1	0.0	
INICIAL 475						2.500				INICIAL 571			
V/TRAMO 35	10	3.5	0.880	1.610	-	2.500	0.500	-	-	V/TRAMO 0	10	0.0	
FINAL 584	1	61.0	0.880	1.610	-	A 3.500	1.380	1.610	-	FINAL 571	1	0.0	
INICIAL 526						3.500				INICIAL 571			
V/TRAMO 58	10	5.8	0.880	1.610	-	3.500	1.380	-	-	V/TRAMO 0	10	0.0	
FINAL 785	1	101.0	3.380	1.610	-	A 5.000	3.380	1.610	-	FINAL 570	1	50.0	
INICIAL 630						5.000				INICIAL 10			
V/TRAMO 115	10	11.5	3.380	1.610	-	5.000	3.380	-	-	V/TRAMO 560	10	56.0	
FINAL 1225	1	122.0	5.880	1.610	-	A 7.500	5.880	1.610	0.615	FINAL 1585	1	85.0	
INICIAL 810						7.500				INICIAL 575			
V/TRAMO 415	10	41.5	5.880	1.610	-	7.500	7.435	1.610	0.615	V/TRAMO 970	10	97.0	
FINAL 1375	1	100.0	8.380	1.610	0.660	A 10.000				FINAL			
INICIAL 375						10.000				INICIAL			
V/TRAMO 1000	10	100.0	9.080	1.610	0.660					V/TRAMO			
FINAL						A							
INICIAL						D							
V/TRAMO													

GRÁFICA DE PRUEBA LUGERON

WDO. Y WPTO: Guatereo

BOQUILLA

ELEVACION

USMA: P.H. El Cerrito

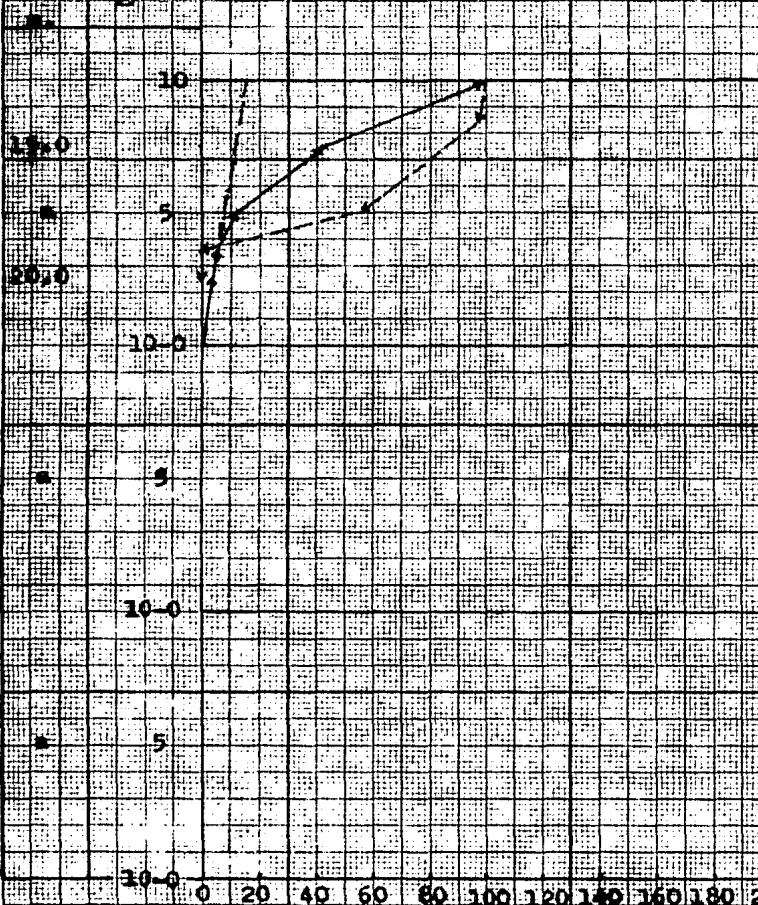
POZO No.

CAPNAMIENTO

TRAMO P. en
 M.O.S. Kg/cm²

GRÁFICA

DATOS DEL TRAMO PROBADO



PERMEABILIDAD EN U.L.
 AB 10.0 DB 10.0
 WDA - P_c - Kg/cm²
 Interpretación.- Zona
 impermeable, isotopos -
 niveles parciales sucesi-
 vos desde su inicio, en
 la zona descendente, re-
 noción y obturación, to-
 tal consumo de 3.2 Kg/cm²
 Formación.- Zona fractu-
 ra.

PERMEABILIDAD EN U.L.
 AB 10.0 DB 10.0
 WDA - P_c - Kg/cm²
 Interpretación.-

Formación.-

PERMEABILIDAD EN U.L.
 AB 10.0 DB 10.0
 WDA - P_c - Kg/cm²
 Interpretación.-

Formación.-

10-0 0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 (Q. en lts/min)

SIGNOS CONVENCIONALES

- AB.- CUANTIFICACION POR EXTRAPOLACION ANTES DEL BRONQUEAMIENTO
- DB.- CUANTIFICACION POR EXTRAPOLACION DESPUES DEL BRONQUEAMIENTO
- A.- CUANTIFICACION ANALITICA (P = 10.0 Kg/cm²)
- WDA.- NO DETERMINADA ANALITICAMENTE (P = 10.0 Kg/cm²)
- P_c.- PRESION CRITICA
- — — TRAMO DE PRESIONES ASCENDENTES
- - - TRAMO DE PRESIONES DESCENDENTES
- - - RECTA DE EXTRAPOLACION
- * INDICA CUANDO LA GRÁFICA ES N.D.A.

Para calcular la permeabilidad en U. L., se usó la cuantificación por extrapolación antes del bronquiamiento (AB), y la cuantificación analítica (A). De la gráfica 5.6.2 se obtiene $AB = \frac{16 \text{ lts/min}}{5 \text{ m}} = 3.2 \text{ U.L.}$

que es prácticamente impermeable.

- La cuantificación analítica $A = \frac{100 \text{ lts/min}}{5 \text{ m}} =$

20 U.L.

C A P I T U L O VI

ANALISIS DE COSTO

6.1).- Ejemplo de costo.

En esta parte del capítulo VI ejemplificaré dos actividades que son: perforación e inyección de barrenos, calculando para la primera el costo por metro lineal, y para la segunda el costo por metro cúbico.

En la barrenación se analizan las siguientes actividades:

- a).- Perforación de barrenos de tapete de 0-10 m. de profundidad, con un diámetro de 3".
- b).- Perforación de barrenos de pantalla de 0-40 m. de profundidad, con un diámetro de 3".

Para el trabajo de inyección tendremos:

- a).- Inyección de lechada agua-cemento-bentonita, para tapete de consolidación de 0-10 en dos progresiones incluyendo: lavado, colocación de obturadores y retaque de barrenos.
- b).- Inyección de lechada agua-cemento-bentonita, para barrenos de pantalla de 0-40 m. en ocho progresiones incluyendo: lavado, colocación de obturadores y retaque de barrenos.

Para pasar al cálculo de costos es importante conocer:

- 1).- Costo empresa del personal.
- 2).- Costo horario de la maquinaria.
- 3).- Costo de materiales.

1).- Costo empresa.- El costo empresa del personal-- se calculará en base al tabulador de salarios para personal eventual con vigencia del año 1983, afectado por el factor-- de salario real.

A continuación damos las tablas 6.1.1, 6.1.2 y 6.1.3, que son respectivamente: tabulador de salarios, factor de -- salario real, y la integración del factor de salario real al tabulador de salarios (Costo empresa).

TABULADOR DE SALARIOS PARA EL PERSONAL EVENTUAL QUE PRESTARA SUS SERVICIOS EN LA OBRA DE CONSTRUCCION DENOMINADA: P. H. ING. CARLOS RAMIREZ ULLOA (EL CARACOL), GRO.

VIGENCIA: 1983.

C A T E G O R I A S	SALARIO DIARIO
Cabo de perforación	935.30
Chofer de Camión F-600	935.20
Operador de bomba de agua	634.70
Operador de perforadora neumática Stenuick	1,202.50
Ayte. Op. de perforadora Stenuick	618.70
Compresorista	734.80
Maniobrista	1,002.10
Ayte. de maniobrista	657.40
Perforista de piso	801.70
Ayte. de perforista de piso	618.70
Cabo de inyección	1,082.80
Ayte. de inyección	528.50

Tabla 6.1.1

LUGAR Y FECHA P.H. EL CARACOL, GRO. a 9 de Noviembre de 1983

C A L C U L O D E L F A C T O R D E S A L A R I O R E A L

LOCALIZACION OBRA P.H. EL CARACOL, GRO.

ZONA ECONOMICA No. 85 GUERRERO CENTRO SALARIO MINIMO GRAL. \$ 375.70

CLAVES OPERATIVAS	CONCEPTO Y GENERADOR	PARA SALARIO MAYOR AL MINIMO Y HASTA 10 VECES ESTE	PARA SALARIO MINIMO
(DICAL)	Días calendario	365.25	365.25
(DIAGL)	Días de aguinaldo	15.00	15.00
(PIVAC)	Días por prima vacacional= 12 días x 25 %	3.00	3.00
(DIPER)	DIAS DE PERCEPCION PAGADOS AL AÑO Suma	383.25	383.25
(DIDOM)	Días Domingo	52.1786	52.1786
(DIVAC)	Días de vacaciones	12.0000	12.0000
(DIFEQ)	Días festivos oficiales (por ley)	7.1667	7.1667
(DIPEC)	Días perdidos por condiciones de clima (lluv. y otros)	22.11204	22.11204
(DISIN)	Días por condiciones sindicales	12.0000	12.0000
(DINLA)	DIAS NO LABORABLES AL AÑO Suma	105.45734	105.45734
(DICLA)	DIAS CALENDARIO LABORADOS AL AÑO (DICAL)-(DINLA) = (365.25)-(105.45734) =	259.7927	259.7927
(DISSC)	Días equivalentes por Seguro Social, CUOTAS. (15.9375 % y 19.6875 %) (DIPER) =	75.45234	75.45234
(DISSG)	Días equivalentes por Seguro Social, GUARDE- RIAS 1 % (DICAL)	3.6525	3.6525
(DIREP)	Días equivalentes por impuesto sobre remunera- ciones pagadas 1% (DIPER)= + (DIVAR)	4.76154	4.76154
(DIPAI)	Días equiv. por pago de incapacidades	8.0000	8.0000
(DIENSIN)	Días equiv. por entrega al sindicato	10.95488	10.95488
(COSAN)	DIAS EQUIVALENTES DE COSTO ANUAL (DIVAR) + (DIPER) + (DIPRE) =	578.97536	578.97536
DIBA	Días pagados por baja del trabajador	30.00	30.00
DICOM	Días pagadas por compensaciones	30.68	30.68
DIJOR	Días pagados por jornadas mixtas y nocturnas	32.2241	32.2241
	(DIPER) + (DIVAR) =	476.1541	476.1541
(FASAR)	FACTORES DE SALARIO REAL (COSAN) / (DICLA)	(con cuotas decimales 2.2286	2.2286

Tabla 6.1.2.

COSTO EMPRESA DEL PERSONAL EVENTUAL QUE PRESTARA SUS-SERVICIOS EN LA PERFORACION E INYECCION DE LAS LADE--RAS DE LA CORTINA DEL P. H. ING. CARLOS RAMIREZ ULLOA (EL CARACOL), GRO.

VIGENCIA: 1983.

C A T E G O R I A S	SALARIO DIARIO	FACTOR DE SA- LARIO REAL	COSTO EMPRESA
Cabo de perforación	935.30	2.2286	2,084.40
Op. de bomba de agua	634.70	2.2286	1,414.49
Chofer de Camión P-600	935.20	2.2286	2,084.18
Op. de perforadora Stenuick	1,202.50	2.2286	2,679.89
Ayte. Op. de perf. Stenuick	618.70	2.2286	1,378.83
Compresorista	734.80	2.2286	1,637.57
Maniobrista	1,002.10	2.2286	2,233.28
Ayte. de maniobrista	657.40	2.2286	1,465.08
Perforista de piso	801.70	2.2286	1,786.66
Ayte. de perforista de piso	618.70	2.2286	1,378.83
Cabo de inyección	1,082.80	2.2286	2,413.12
Ayte. de inyección	528.50	2.2286	1,177.81

Tabla 6.1.3

**2).- Costo horario de la maquinaria.- Los costos --
horarios están calculados en las tablas siguientes:**

**Tabla 6.1.4 COMPRESOR PORTATIL MOD. SP-600D DE --
600 P.C.M.**

Tabla 6.1.5 PERFORADORA STENUICK MOD. BB-AS

Tabla 6.1.6 PERFORADORA DE PISO MODELO S-58

Tabla 6.1.7 BOMBA MOYNO MOD. 3L-10

Tabla 6.1.8 BOMBA PERONI

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA TABLA 6.1.4

EQUIPO N° _____ **Clasificación** _____ **Descripción de la máquina.**
COMPRESOR PORTATIL
MOD. SP-600 D de 600 P.C.M.

DATOS GENERALES			
(P) PRECIO DE LA MAQUINA	\$ 6,254.000	(S) PRIMA DE SEGURO	2
(V1) VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 53.496	(K) FACTOR DE ALMACENAJE	0.02
(V2) VALOR DE PIEZAS ESPECIALES	\$ _____	(O) MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR	100
(V3) VALOR DE ADQUISICION	\$ 6,200.504	(H) POTENCIA NOMINAL	190 HP
(W) VALOR DE RESCATE 20 % P.A.	\$ 1,401.104	(M) VIDA DE LAS LLANTAS	4,000 HORAS
(V4) VALOR A DEPRECIAR	\$ 4,799.403	(N) VIDA DE LAS PIEZAS ESPECIALES	2,000 HORAS
(V5) VIDA ECONOMICA	8000 HORAS	(DILA) DIAS LABORADOS AL AÑO	_____ DIAS
(I) TASA DE INVERSION ANUAL	60 %	(H) HORAS DE LA JORNADA	_____ HORAS
(M) HORAS EFECTIVAS POR AÑO	2,000 HORAS		

CARGOS FIJOS		C O S T O S
DEPRECIACION	$D = (V_3 - V_4) / V_5 = \$ (6,200.504 - 1,401.104) / 8000$	\$ 599.92
INVERSION	$I = (V_3 + V_4) / 2 \cdot H_o = \$ (6,200.504 + 1,401.104) (0.60) / 2 (2,000)$	\$ 1,140.24
SEGUROS	$S = (V_3 + V_4) / 2 \cdot H_o = \$ (6,200.504 + 1,401.104) (0.02) / 2 (2,000)$	\$ 38.00
ALMACENAJE	$A = K \cdot D = \$ 0.02 \cdot 599.92$	\$ 12.00
MANTENIMIENTO	$T = O \cdot D = \$ 100 \cdot 599.92$	\$ 599.92
	S U M A	\$ 2,380.08

CONSUMOS						
COMBUSTIBLES	UNIDAD	N.P.	N. DIESEL	A. GASOL	CANTIDAD	COSTO U.
GASOLINA	LITRO			0.0203		\$
DIESEL	LITRO	190	0.1000		19.0	\$ 361.00
ACEITE DE MOTOR	LITRO	190	0.024	0.0023	0.646	\$ 75.14
OTRAS FUENTES		115 Lts / 100 hr.			0.575	\$ 63.25
					S U M A	\$ 499.39

LLANTAS						
MEDIDAS	LLANTA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	S U M A	N.º DE PIEZAS	IMPORTE
7.50K 16-8	13,374				4	\$ 53,496.00
					S U M A	

CARGO POR LLANTAS = \$ / ENVUELTO = $53,496 / 4000$ HRS **S U M A** \$ **13.37**

OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)
Mangueras y conexiones 2 1/2" φ x 50' **101,177.04**

CARGO OTROS ELEMENTOS \$ $101,177.04 / 2,000$ (HRS) **S U M A** \$ **50.60**

OPERACION COSTOS DIRECTOS POR HORA SIN OPERACION. **\$ 2,953.44 / hr**

CATEGORIAS	IS NOMINAL	S REAL	CANTIDAD	IMPORTE
a)				
b)				
c)				
CARGOS				S U M A \$
$S. Ho > 1600 Hrs: S = S_0 (DILA) / H_o =$				
$S. Ho < 1600 Hrs. S = S_0 / H$				
				S U M A \$

COSTOS DIRECTOS POR HORA **T O T A L** \$

PRECIOS UNITARIOS HORARIOS, CON 49 % de Indirectos **\$**

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA TABLA 6.1.6

EQUIPO N°	Clasificación	Descripción de la máquina. PERFORADORA DE PISO Modelo S-58
-----------	---------------	--

DATOS GENERALES			
(Pm) PRECIO DE LA MAQUINA	\$ 299,000	() PRIMA DE SEGURO	2
(Vll) VALOR DE LAS LLANTAS	\$	(Ks) FACTOR DE ALMACENAJE	0.02
(Vps) VALOR DE PIEZAS ESPECIALES	\$	(Q) MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR	80
(Vc) VALOR DE ADQUISICION	\$ 299,000	(Hs) POTENCIA NOMINAL	118 p.c.m.
(W) VALOR DE RESCATE	5 % Pm \$ 14,950	(Mv) VIDA DE LAS LLANTAS	HORAS
(Vd) VALOR A DEPRECIAR	\$ 284,050	(Mps) VIDA DE LAS PIEZAS ESPECIALES	HORAS
(W) VIDA ECONOMICA	6,000 HORAS	(DILA) DIAS LABORADOS AL AÑO	DIAS
(i) TASA DE INVERSION ANUAL	60 %	(H) HORAS DE LA JORNADA	HORAS
(M) HORAS EFECTIVAS POR AÑO	2,000 HORAS		

CARGOS FIJOS		C O S T O
DEPRECIACION	$D = (W - V_r) / W = \$ (299,000 - 14,950) / 6,000$	\$ 47.34
INVERSION	$I = (V_c + V_r) / 2H_e = \$ (299,000 + 14,950) (0.60) / 2(2,000)$	\$ 47.09
SEGUROS	$S = (W + V_r) / 2H_e = \$ (299,000 + 14,950) (0.02) / 2(2,000)$	\$ 1.57
ALMACENAJE	$A = K_s \cdot D = \$ 0.02 (47.34)$	\$ 0.947
MANTENIMIENTO	$T = Q \cdot D = \$ 0.80 (47.34)$	\$ 37.87
SUMA		\$ 134.82

CONSUMOS						
COMBUSTIBLES	UNIDAD	H.P.	M DIESEL	M GASOL	CANTIDAD	COSTO U.
GASOLINA	LITRO			0.0203		\$
DIESEL	LITRO		0.1000			\$
ACEITE DE MOTOR	LITRO		0.0024	0.0023		\$
OTRAS FUENTES						\$
			118 p.c.m x 60 min/Hr		0.202	110.00
			35,000			22.22
SUMA						\$ 134.82

LLANTAS						
MEDIDAS						
	ANCHO	DIAMETRO	CANTIDAD	NO DE PIEZAS	IMPORTE	
SUMA						

CARGO POR LLANTAS = \$ / (Mv) / H =		SUMA	
OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)	CONEXIONES	15,391.20	
Mangueras \$ 1,820.54/m x 1.15 x (1543m)		37,685.18	

CARGO OTROS ELEMENTOS \$ 38,076.38 / 2,000 (Mvps)	SUMA	26.54
OPERACION COSTO: DIRECTOS POR HORA SIN OPERACION	SUMA	\$ 183.58 / Hr

CATEGORIAS	IS NOMINAL	S REAL	CANTIDAD	IMPORTE
a)				
b)				
c)				

CARGOS	SUMA So = \$	
\$ H > 1600 Hr: S = So (DILA) / H =		
\$ H < 1600 Hr: S = So / H =		
SUMA		\$
COSTOS DIRECTOS POR HORA	TOTAL	
PRECIOS UNITARIOS HORARIOS, CON 49 % de Indirectos	\$	

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA TABLA 6.1.7

EQUIPO N° _____ Clasificación _____ Descripción de la máquina: **BOMBA MOYNO MOD 3 L10**

DATOS GENERALES

(Pm) PRECIO DE LA MAQUINA	\$ 2,410,500	(I) PRIMA DE SEGURO	2
(Vll) VALOR DE LAS LLANTAS	\$ _____	(Ks) FACTOR DE ALMACENAJE	0.02
(Vps) VALOR DE PIEZAS ESPECIALES	\$ _____	(Q) MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR	80
(Va) VALOR DE ADQUISICION	\$ 2,410,500	(Hs) POTENCIA NOMINAL	_____ HP
(Vr) VALOR DE RESCATE	\$ 120,525	(NVL) VIDA DE LAS LLANTAS	_____ HORAS
(Vd) VALOR A DEPRECIAR	\$ 2,289,975	(NVE) VIDA DE LAS PIEZAS ESPECIALES	_____ HORAS
(Ve) VIDA ECONOMICA	6,000 HORAS	(DILA) DIAS LABORADOS AL AÑO	_____ DIAS
(I) TASA DE INVERSION ANUAL	60 %	(H) HORAS DE LA JORNADA	_____ HORAS
(Ns) HORAS EFECTIVAS POR AÑO	2,000 HORAS		

CARGOS FIJOS		C O S T O S
DEPRECIACION	$D = (V_a - V_r) / V_e = \$ (2,410,500 - 120,525) / 6,000$	\$ 381.66
INVERSION	$I = (V_a + V_d) / 2 \cdot H_s = \$ (2,410,500 + 120,525) \cdot 0.60 / 2 (2,000)$	\$ 379.65
SEGUROS	$S = V_a \cdot V_i / 2 \cdot H_s = \$ (2,410,500 + 120,525) \cdot 0.02 / 2 (2,000)$	\$ 12.65
ALMACENAJE	$A = K_s \cdot D = \$ 0.02 \times 381.66$	\$ 7.63
MANTENIMIENTO	$T = Q \cdot D = \$ 0.80 \times 381.66$	\$ 305.32
S U M A		\$ 1,086.91

CONSUMOS						
COMBUSTIBLES	UNIDAD	H.P.	AL DIESEL	A GASOL	CANTIDAD	COSTO U.
GASOLINA	LITRO			0.0203		\$
DIESEL	LITRO		0.1000			\$
ACEITE MOTOR	LITRO		0.0034	0.0023		\$
S U M A						

LLANTAS						
MEDIDAS	TIPO	QUANTIDAD	PRECIO	S U M A	Nº DE PIEZAS	IMPORTE
S U M A						

CARGO POR LLANTAS = \$ / (NVL) = _____ / _____ HRS **S U M A**

OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES) _____

CARGO OTROS ELEMENTOS \$ _____ / _____ (HVEs) **S U M A**

OPERACION COSTO: DIRECTOS POR HORA SIN OPERACION **\$ 1,086.91/Hr**

C A T E G O R I A S	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE
a)				
b)				
c)				

CARGOS **S U M A S o = \$**

S. Hs > 1600 Hrs: $S = S_o (DILA) / H_s =$ _____

S. Hs < 1600 Hrs: $S = S_o / H =$ _____

S U M A \$ _____

COSTOS DIRECTOS POR HORA **T O T A L** \$ _____

PRECIOS UNITARIOS HORARIOS, CON 49 % de Indirectos \$ _____

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA

TABLA 6.1.8

GRUPO N°	Clasificación	Descripción de la máquina.
		BOMBA PERONI

DATOS GENERALES	
(Pm) PRECIO DE LA MAQUINA	\$ 1,549,700
(Vll) VALOR DE LAS LLANTAS	\$
(Vpe) VALOR DE PIEZAS ESPECIALES	\$
(Vo) VALOR DE ADQUISICION	\$ 1,549,700
(W) VALOR DE RESCATE 15 % Pm	\$ 232,455
(Vd) VALOR A DEPRECIAR	\$ 1,317,245
(Ve) VIDA ECONOMICA	6,000 HORAS
(i) TASA DE INVERSION ANUAL	60 %
(He) HORAS EFECTIVAS POR AÑO	2,000 HORAS
(s) PRIMA DE SEGURO	21 % ANUAL
(Ks) FACTOR DE ALMACENAJE	0.02
(O) MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR	80 %
(Hs) POTENCIA NOMINAL	HP
(NVL) VIDA DE LAS LLANTAS	HORAS
(NVE) VIDA DE LAS PIEZAS ESPECIALES	HORAS
(DILA) DIAS LABORADOS AL AÑO	DIAS
(H) HORAS DE LA JORNADA	HORAS

CARGOS FIJOS		C O S T O S
DEPRECIACION	$D = (Vd - Vr) / Ve = \$ (1,549,700 - 232,455) / 6,000$	\$ 219.54
INVERSION	$I = (Vo - Vd) / (2He) = \$ (1,549,700 - 1,317,245) / (2 \times 2,000)$	\$ 27.32
SEGUROS	$S = (Vd - Vr) / (2He) = \$ (1,549,700 - 1,317,245) / (2 \times 2,000)$	\$ 8.91
ALMACENAJE	$A = Ks \cdot D = \$ 0.02 \times 219.54$	\$ 4.39
MANTENIMIENTO	$T = O \cdot D = \$ 0.80 \times 219.54$	\$ 175.63
SUMA		\$ 675.79

CONSUMOS						
COMBUSTIBLES	UNIDAD	H.P.	ML DIESEL	ML GASOL	CANTIDAD	COSTO U
GASOLINA	LITRO		0.1000	0.0203		\$
DIESEL	LITRO					\$
ACEITE DE MOTOR	LITRO		0.0024	0.0023		\$
OTRAS PIEZAS ESPECIALES						\$
SUMA						\$

LLANTAS						
MEDIDAS	UNIDAD	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL	IMPORTE	
SUMA						\$

CARGO POR LLANTAS = \$ / (NVL) x He	HRS	SUMA

OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)		

CARGO OTROS ELEMENTOS	(HVpe)	SUMA
OPERACION	COSTO DIRECTOS POR HORA SIN OPERACION	\$ 675.79/Hr.

CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE
a)				
b)				
c)				
CARGOS				SUMA So = \$
Si He > 1600 Hrs. S = So (DILA) / He				
Si He < 1600 Hrs. S = So / H				
SUMA				\$
COSTOS DIRECTOS POR HORA				TOTAL \$
PRECIOS UNITARIOS HORARIOS, CON 49 % de Indirectos				\$

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA TABLA 6.1.9

EQUIPO N° _____ Clasificación _____ Descripción de la máquina. **TANQUE AGITADOR DE LECHADA**

DATOS GENERALES

(Pm) PRECIO DE LA MAQUINA \$ 465,300.00 () PRIMA DE SEGURO 2 %
 (Vll) VALOR DE LAS LLANTAS \$ _____ (Xo) FACTOR DE ALMACENAJE 0.02
 (Vpe) VALOR DE PIEZAS ESPECIALES \$ _____ (Q) MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR 40 %
 (Va) VALOR DE ADQUISICION \$ 465,300.00 (H) POTENCIA NOMINAL _____ HP
 (Vr) VALOR DE RESCATE 10 % Pm \$ 46,530.00 (Hv) VIDA DE LAS LLANTAS _____ HORAS
 (Vd) VALOR A DEPRECIAR \$ 418,770.00 (Hpe) VIDA DE LAS PIEZAS ESPECIALES _____ HORAS
 (Ve) VIDA ECONOMICA 8000 HORAS (DILA) DIAS LABORADOS AL AÑO _____ DIAS
 (I) TASA DE INVERSION ANUAL 60 % (H) HORAS DE LA JORNADA _____ HORAS
 (Hh) HORAS EFECTIVAS POR AÑO 2,000 HORAS

CARGOS FIJOS		C O S T O S
DEPRECIACION	$D = (V_a - V_r) / V_e = \$ (465,300 - 46,530) / 8000$	\$ <u>52.34</u>
INVERSION	$I = (V_a + V_r) / 2 / H_h = \$ (465,300 + 46,530) (0.60) / 2 (2,000)$	\$ <u>76.77</u>
SEGUROS	$S = V_a \cdot V_p / 12 H_h = \$ (465,300 + 46,530) (0.02) / 2 (2,000)$	\$ <u>2.56</u>
ALMACENAJE	$A = K_o \cdot D = \$ (0.02) (52.34)$	\$ <u>1.04</u>
MANTENIMIENTO	$T = O \cdot D = \$ (0.40) (52.34)$	\$ <u>20.93</u>
SUMA		\$ <u>153.64</u>

COMBUSTIBLES							C O S T O S
COMBUSTIBLES	UNIDAD	H.P.	M. DIESEL	M. GASOL.	CANTIDAD	COSTO U.	
GASOLINA	LITRO			0.0203		\$	
DIESEL	LITRO		0.1000			\$	
ACEITE DE MOTOR	LITRO		0.0024	0.0023		\$	
OTRAS FUENTES DE ENERGIA							\$
SUMA							\$

LLANTAS						
MEDIDAS	CANTIDAD DE LLANTAS			SUMA	Nº DE PIEZAS	IMPORTE
	150/130	150/140	150/150			
SUMA						

CARGO POR LLANTAS = \$ / (Hv) = _____	\$
OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)	\$

CARGO OTROS ELEMENTOS \$ _____ / (Hvpe)	\$
---	----

OPERACION COSTOS DIRECTOS POR HORA SIN OPERACION. \$ 153.64 / Hr

CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE
a)				
b)				
c)				

CARGOS	SUMA \$ = \$ _____	
\$, Hh) 1600 Hh: S = So (DILA) / Hh = _____	\$	
\$, Hh) 1600 Hh: S = So / Hh = _____	\$	
SUMA		\$

COSTOS DIRECTOS POR HORA	\$
TOTAL	\$
PRECIOS UNITARIOS HORARIOS, CON 49 % de Indirectos	\$

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA TABLA 6-1-10

EQUIPO N° _____ Clasificación _____ Descripción de la máquina.
CAMION REDILAS F-600

DATOS GENERALES

(Pm) PRECIO DE LA MAQUINA \$ 2,084,082.00 (K) PRIMA DE SEGURO 2 %
 (Vll) VALOR DE LAS LLANTAS \$ 225,000.00 (Ka) FACTOR DE ALMACENAJE 0.02
 (Vps) VALOR DE PIEZAS ESPECIALES \$ _____ (Q) MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR 75 %
 (Vb) VALOR DE ADQUISICION \$ 2,084,082.00 (Hb) POTENCIA NOMINAL 105 HP
 (W) VALOR DE RESCATE 20 % Pm \$ 416,816.00 (Vlu) VIDA DE LAS LLANTAS 11,000 HORAS
 (Vd) VALOR A DEPRECIAR \$ 1,667,266.00 (Bma) VIDA DE LAS PIEZAS ESPECIALES _____ HORAS
 (W) VIDA ECONOMICA 10,000 HORAS (DILA) DIAS LABORADOS AL AÑO _____ DIAS
 (I) TASA DE INVERSION ANUAL 60 % (H) HORAS DE LA JORNADA _____ HORAS
 (Ma) HORAS EFECTIVAS POR AÑO 2,000 HORAS

CARGOS FIJOS		C O S T O S
DEPRECIACION	$D = (Vb - Vd) / Vb = \$ (2,084,082.00 - 416,816.00) / 10,000$	\$ 166.73
INVERSION	$I = (Vb + Vd) / 2Hb = \$ (2,084,082.00 + 416,816.00) 0.40 / (2 \times 2,000)$	\$ 375.13
SEGUROS	$S = (W + Vd) / 2Hb = \$ (20 + 416,816.00) 0.02 / (2 \times 2,000)$	\$ 12.50
ALMACENAJE	$A = Ka \cdot D = 0.02 \times 166.73$	\$ 3.33
MANTENIMIENTO	$T = Q \cdot D = 75 \times 166.73$	\$ 125.04
SUMA		\$ 682.73

CONSUMOS						
COMBUSTIBLES	UNIDAD	H.P.	AL DIESEL	A GASOL	CANTIDAD	COSTO U.
GASOLINA	LITRO	105		0.0203	2.1315	\$ 252.94
DIESEL	LITRO		0.1000			
ACEITE DE MOTOR	LITRO	105	0.0024	0.0023	0.245	\$ 28.50
OTRAS PIEZAS ESPECIALES						
SUMA						\$ 281.44

LLANTAS						
MEDIDAS	LLANTA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1100-20	225,000.00				6	225,000.00
SUMA						225,000.00

CARGO POR LLANTAS: \$ / INVIERTO: 225,000.00 / 1,000.00 HORAS SUMA 225.00

OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)

CARGO OTROS ELEMENTOS \$ _____ (HVeal) SUMA _____

OPERACION COSTOS DIRECTOS POR HORA SIN OPERACION \$ 1,189.17/Hr

CATEGORIAS	IN NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE
a)				
b)				
c)				

CARGOS SUMA S = \$ _____

S: Hb > 1600 Hr: S = S (DILA) / Hb = _____

S: Hb < 1600 Hr: S = S / H = _____

COSTOS DIRECTOS POR HORA SUMA \$ _____

PRECIOS UNITARIOS HORARIOS, CON 49 % de Indirectos TOTAL \$ _____

ANALISIS DE COSTO HORA MAQUINA TABLA 6.1.11

GRUPO N° Clasificación Denominación de la máquina
CAMION CON TANQUE PARA TRANSPORTAR AGUA (PIPA)
 Mod. F-600 con tanque de 8,000 Lts.

DATOS GENERALES

(Pm) PRECIO DE LA MAQUINA	\$ 2,395,524.00	(S) PRIMA DE SEGURO	2
(Vll) VALOR DE LAS LLANTAS	\$ 225,000.00	(Ks) FACTOR DE ALMACENAJE	0.02
(Vps) VALOR DE PIEZAS ESPECIALES	\$	(O) MANTENIMIENTO MAYOR Y MENOR	75
(Vd) VALOR DE ADQUISICION	\$ 2,170,524.00	(Hs) POTENCIA NOMINAL	105
(W) VALOR DE RESCATE	\$ 424,106.30	(Hv) VIDA DE LAS LLANTAS	1000
(Vd) VALOR A DEPRECIAR	\$ 1,736,427.24	(Hps) VIDA DE LAS PIEZAS ESPECIALES	
(W) VIDA ECONOMICA	10,000 HORAS	(DILA) DIAS LABORADOS AL AÑO	
(I) TASA DE INVERSION ANUAL	60	(H) HORAS DE LA JORNADA	
(Hs) HORAS EFECTIVAS POR AÑO	2,000 HORAS		

CARGOS FIJOS

DEPRECIACION	$D = (Vd - Vv) / W =$	$S (2,170,524 - 424,106.30) / 10,000$	\$ 173.64
INVERSION	$I = (Vd + Vv) / 2Hs =$	$S (2,170,524 + 424,106.30) 0.02 / 2 (2,000)$	\$ 390.69
SEGUROS	$S = (Vd + Vv) / 2Hs =$	$S (2,170,524 + 424,106.30) 0.02 / 2 (2,000)$	\$ 13.02
ALMACENAJE	$A = Ks \cdot D =$	$S 0.02 \times 173.64$	\$ 3.47
MANTENIMIENTO	$T = O \cdot D =$	$S 0.75 \times 173.64$	\$ 130.23
		SUMA	\$ 711.05

CONSUMOS

COMBUSTIBLES	UNIDAD	H.P.	AL DIESEL	A GASOL.	CANTIDAD	COSTO U.
GASOLINA	LITRO	105		0.0203	0.215	\$ 30.00
DIESEL	LITRO	105	0.1000			\$
ACEITE DE MOTOR	LITRO	105	0.0024	0.0023	0.245	\$ 116.32
OTRAS FUENTES DE ENERGIA						\$
					SUMA	\$ 280.09

LLANTAS

MEDIDAS	VALOR	NO. DE PIEZAS	IMPORTE
1100-20	\$1,500.00	6	\$225,000.00
		SUMA	\$225,000.00
CARGO POR LLANTAS = $S / (Hv) =$		$225,000.00 / 1,000.00$	\$ 225.00

OTROS ELEMENTOS (PIEZAS ESPECIALES)

CARGO OTROS ELEMENTOS \$

SUMA \$ **1,217.08/Hr**

OPERACION COSTO DIRECTOS POR HORA SIN OPERACION.

CATEGORIAS	S. NOMINAL	S. REAL	CANTIDAD	IMPORTE
a)				
b)				
c)				
CARGOS				SUMA Se = \$
S. Hs > 1600 Hrs. S = Se (DILA) / Hs =				
S. Hs < 1600 Hrs. S = Se / H =				
SUMA				\$

COSTOS DIRECTOS POR HORA

TOTAL \$

PRECIOS UNITARIOS HORARIOS, CON 49 % de Indirectos \$

Tabla 6.1.9 TANQUE AGITADOR DE LECHADA DE 1.5 M³.

Tabla 6.1.10 CAMION DE REDILAS F-600

Tabla 6.1.11 CAMION CON TANQUE PARA TRANSPORTAR --
AGUA(PIPA) MOD. F-600 CON TANQUE DE
8,000 LTS.

Tabla 6.1.12 BOMBA PARA AGUA MODELO 30 MUSR2 DE --
4" X 4" ACCIONADA POR MOTOR DIESEL
LISTER SR2.

3).- Costo de materiales.- Los siguientes materia-
les son requeridos por las actividades de barrenación e
inyección, y actualizados hasta noviembre del año de 1983.

P e r f o r a c i ó n :

M A T E R I A L	P R E C I O	V. UTIL
Barras para perforadora Stenuick 2.00 m. X 90 mm.	\$ 20,144.50/pza.	2,500 m.
Martillo ASS/80 para perforadora Stenuick.	\$ 248,281.00/pza.	1,500 m.
Brocas de diámetro 3" para perfo- radora Stenuick.	\$ 65,800.00/pza.	500 m.
Manguera de alta presión de diá- metro 2".	\$ 4,937.40/m.	2,500 hrs.
Tirfol de 3.5 ton.	\$ 70,500.00/pza.	5,000 hrs.
Serie acero integral de barrena- ción 7/8" X 0.80 y 1.60 m.	\$ 46,168.00/lote	500 m.
Lubricadores para perforadora de piso.	\$ 10,000.00/pza.	5,000 hrs.
Tubería Dalmine	\$ 1,000.00/m.	10,000 hrs.
Abrazaderas para tubería Dalmine	\$ 2,200.00/pza.	5,000 hrs.
Canal liviano 10" X 6.00 m.	\$ 5,000.00/pza.	2,000 hrs.
Conexión rápida de 3/4"	\$ 520.00/pza.	5,000 hrs.
Manguera de alta presión de 3/4"	\$ 1,820.54/m.	2,500 hrs.
Cable manila de 3/4"	\$ 225.00/kgs.	1,500 hrs.

I n y e c c i ó n :

M A T E R I A L	P R E C I O	V. UTIL
Tubería galv. de 1"	\$ 3,860.00/tramo	3,500 hrs.
Tubería galv. de 1 1/2"	\$ 6,248.00/tramo	3,500 hrs.
Tubería galv. de 1/2"	\$ 1,800.00/tramo	3,500 hrs.
Manómetros	\$ 7,000.00/pza.	500 hrs.
Válvulas de compuerta de 1"	\$ 3,591.00/pza.	500 hrs.
Tanque para almacenar agua de 10,000 litros.	\$ 91,120.00/pza.	5,000 hrs.
Coples galv. de 1 1/2"	\$ 340.00/pza.	3,500 hrs.
Coples galv. de 1/2"	\$ 35.00/pza.	3,500 hrs.
Coples galv. de 1"	\$ 190.00/pza.	3,500 hrs.
Protector de manómetros	\$ 10,000.00/pza.	5,000 hrs.
Manguera de alta presión de 1 1/4".	\$ 3,700.00/m.	2,500 hrs.
Llaves y herramientas	\$ 24,000.00/lote	3,000 hrs.

C O S T O D E P E R F O R A C I O N .

Perforación de barrenos de tapete de 0-10.00 m. de profundidad, con un diámetro de 3".

A C T I V I D A D .

1.- Barrenación

a).- Equipo

1 vagón perforador BB-AS Stenuick	\$ 1,013.73/hr.
1/2 compresor portatil Mod. SP-600D de 600 p.c.m.	
0.5X2,953.44 - - - - -	\$ 1,476.72/hr.
1 perforadora de piso Mod. S-58	\$ <u>183.58/hr.</u>
	\$ 2,674.03/hr.

Rendimiento= 2 m./hr.

Cargo= \$ 2,674.03/hr = \$ 1,337.01/m.
2 m/hr.

b).- Mano de obra.

1 cabo de perforación	\$ 2,084.40/t.
1 operador de Stenuick	\$ 2,679.89/t.
1 ayte. op. de Stenuick	\$ 1,378.83/t.
1/2 compresorista	
0.5X 1,637.57	\$ 818.78/t.
1 maniobrista	\$ 2,233.28/t.
3 aytes. de maniobrista	
3X 1,465.08	\$ 4,395.24/t.
1 perforista de piso	\$ 1,786.66/t.
1 ayte. de perforista de piso	\$ 1,378.83/t.
	<u>16,755.91/t.</u>
Herr. y Equipo Seg. 3%	502.67/t.
	<u>\$ 17,258.58/t.</u>

Rendimiento (incluye maniobras)= 2 m/hr.

Cargo= $\$ \frac{17,258.58/t.}{8 \text{ hr/t.} \times 0.75 \times 2 \text{ m/hr.}} = \$ 1,438.21/m.$

c).- Materiales.

MATERIAL	UNIDAD	C O S T O	IMPORTE	V. UTIL
Barras 2m.X90 mm. Stenuick.	5 pzas.	\$ 20,144.50/pza.	\$ 100,722.50	2,500 m. \$ 40.28
Martillo ASS/80 Stenuick.	1 pza.	\$ 248,281.00/pza.	\$ 248,281.00	1,500 m. \$ 165.52
Brocas ASS/80 3" para Stenuick.	1 pza.	\$ 65,800.00/pza.	\$ 65,800.00	500 m. \$ 131.60
Manguera alta presión de 2".	70 m.	\$ 4,937.40/m.	\$ 345,618.00	5,000 m. \$ 69.12
Tirfo de 3.5 ton.	1 pza.	\$ 70,500.00/pza.	\$ 70,500.00	9,500 m. \$ 7.42
Acero integral 7/8 de 0.80 y 1.60 m.	1 lote	\$ 46,168.00/lote	\$ 46,168.00	500 m. \$ 92.33
Lubricadores	1 pza.	\$ 5,000.00/pza.	\$ 5,000.00	9,500 m. \$ 0.52
Tubería Dalmine	260 m.	\$ 1,000.00/m.	\$ 260,000.00	20,000 m. \$ 13.00

Abrazaderas Dalmine	52 pzas.	\$2,200.00/pza.	\$114,400.00	10,000 m.	\$ 11.44/m.
Canal liviano	4 pzas.	\$5,000.00/pza.	\$ 20,000.00	4,000 m.	\$ 5.00/m.
Conexión rápida 3/4"	6 pzas.	\$ 520.00/pza.	\$ 3,120.00	10,000 m.	\$ 0.31/m.
Manguera de alta presión de 3/4".	70 m.	\$1,820.54/m.	\$127,437.80	5,000 m.	\$ 25.48/m.
Cable manila	50 kgs.	\$ 225.00/kgs.	\$ 11,250.00	3,000 m.	\$ 3.75/m.
					<u>\$ 565.77/m.</u>

Costo de perf. = 1,337.01 + 1,438.21 + 565.77 = \$ 3,340.99/m.

Perforación de barrenos de pantalla de 0-40 m. de profundidad, con un diámetro de 3".

A C T I V I D A D .

1.- Barrenación

a).- Equipo

1 vagón perforador BB-AS Stenuick	\$ 1,013.73/hr.
1/2 Compresor portatil Mod. SP-600D de 600 p.c.m. 0.5X 2,953.44	\$ 1,476.72/hr.
1/4 perforadora de piso Mod. S-58, 0.25X 183.58/hr.	<u>\$ 45.89/hr.</u>
	\$ 2,536.34/hr.

Rendimiento = 1.5 m./hr.

Cargo = $\frac{\$ 2,536.34/hr.}{1.50 m./hr.}$ = \$ 1,690.89/hr

b).- Mano de obra

1 cabo de barrenación	\$ 2,084.40/t
1 op. de perf. Stenuick	\$ 2,679.89/t
1 ayte. op. de perf. Stenuick	\$ 1,378.83/t
1/2 compresorista 0.5X1,637.57	\$ 818.78/t
2 aytes. de maniobras 2 X 1,465.08/t	\$ 2,930.16/t
1/4 perforista de piso 0.25 X 1,786.66/t	\$ 446.66/t
1/4 ayte. de perf. de piso 0.25 X 1,378.83/t	\$ 344.70/t
	<u>\$10,683.42/t</u>

\$ 10,683.42/t

Herr. y Eq. Seg. 3% 320.50

\$ 11,003.92/t

Rendimiento (incluye maniobras) = 1.5 m/hr.

Cargo = $\frac{\$ 11,003.92/t}{8 \text{ hrs/t} \times 0.75 \times 1.5 \text{ m/hr.}}$ = \$ 1,222.65/m.

c).- Materiales.

Barras 2m.X90 mm. Stenuick.	15 pzas.	\$ 20,144.50/pza.	\$ 302,167.50	2,500 m.	\$ 120.86/m.
Martillo ASS/80 para Stenuick.	1 pza.	\$ 248,281.00/pza.	\$ 248,281.00	1,500 m.	\$ 165.52/m.
Brocas ASS/80 3" para Stenuick.	1 pza.	\$ 65,800.00/pza.	\$ 65,800.00	500 m.	\$ 131.60/m.
Manguera de alta presión de 2",	70 m.	\$ 4,937.40/m.	\$ 345,618.00	5,000 m.	\$ 69.12/m.
Tirfol de 3.5 ton.	1 pza.	\$ 70,500.00/pza.	\$ 70,500.00	9,500 m.	\$ 7.42/m.
Acero Integral 7/8" de 0.80 y 1.60 m.	1/4 pza.	\$ 46,168.00/pza.	\$ 11,542.00	500 m.	\$ 23.08/m.
Lubricadores	1/4 pza.	\$ 5,000.00/pza.	\$ 1,250.00	9,500 m.	\$ 0.13/m.
Tubería Dalmine	28 m.	\$ 1,000.00/m.	\$ 28,000.00	20,000 m.	\$ 1.40/m.
Abrazaderas para tubería Dalmine	8 pzas.	\$ 2,200.00/pza.	\$ 17,600.00	10,000 m.	\$ 1.76/m.
Conexión rápida de 3/4".	6 pzas.	\$ 520.00/pza.	\$ 3,120.00	10,000 m.	\$ 0.31/m.
Manguera de alta presión de 3/4".	50 m.	\$ 1,820.54/m.	\$ 91,027.00	5,000 m.	\$ 18.20/m.
Cable manila 3/4"	50 Kgs.	\$ 225.00/kgs.	\$ 11,250.00	3,000 m.	\$ 3.75/m. \$ 543.15/m.

Costo de perf. = 1,690.89 + 1,222.65 + 543.15 = \$ 3,456.69/m.

C O S T O D E I N Y E C C I O N .

Inyección de lechada agua-cemento-bentonita para tapete de consolidación de 0-10.00 m. en dos progresiones, incluye - lavado y retaque de barrenos.

A C T I V I D A D .

1.- Lavado, inyección y retaque de barrenos.

a).- Equipo

1	compresor portátil 600	\$ 2,953.44/hr.
1	bomba Peroni	\$ 675.79/hr.
1	bomba Moyno 3L-10	\$ 1,086.91/hr.
2	agitadores 2X153.64	307.28/hr.
1	camión F-600	\$ 1,189.17/hr.
1/4	pipa de 8,000 litros	
	0.25X1,217.08	\$ 304.27/hr.
1/25	bomba 4" Lister	
	0.04X357.76	\$ <u>14.31/hr.</u>
		\$ 6,531.17/hr.

b).- Mano de obra

1	compresorista	\$ 1,637.57/hr.
1	cabo de inyección	\$ 2,413.12/hr.
6	aytes. grales. 6X1,177.81	\$ 7,066.86/hr.
1 1/4	chofer F-600 1.25X2,084.18	\$ 2,605.22/hr.
1/25	op. de bomba 0.04X1,414.49	\$ 56.58/t.
		<u>\$13,779.35/t.</u>

Herr. y equipo de Seguridad 3%

413.38/t.

\$14,192.73/t.

$$\text{Cargo} = \$ \frac{14,192.73}{t.} = \$ 2,365.45/\text{hr.}$$

$$8 \text{ hrs./t.} \times 0.75$$

c).- Materiales.

Tubería galv. de 1"	174 m.	\$ 3,860.00/tr.	\$55,970.00	3,500	\$ 16.00/hr.
Coples galv. de 1"	14 pzas.	\$ 190.00/pza.	\$ 2,660.00	3,500	\$ 0.76/hr.
Tubería galv. 1 1/2"	12 m.	\$ 6,248.00/tr.	\$ 6,248.00	3,500	\$ 1.78/hr.
Coples galv. 1 1/2"	4 pzas.	\$ 340.00/pza.	\$ 1,360.00	3,500	\$ 0.38/hr.
Tubería galv. 1/2"	12 m.	\$ 1,800.00/tr.	\$ 1,800.00	3,500	\$ 0.51/hr.
Coples galv. 1/2"	4 pzas.	\$ 35.00/pza.	\$ 140.00	3,500	\$ 0.04/hr.
Válvulas de compuerta de 1".	10 pzas.	\$ 3,591.00/pza.	\$30,591.00	500	\$ 71.82/hr.
Protector de manómetros.	1 pza.	\$10,000.00/pza.	\$10,000.00	5,000	\$ 2.00/hr.
Manómetros	1 pza.	\$ 7,000.00/pza.	\$ 7,000.00	500	\$ 14.00/hr.
Tanque para almacenar agua.	1 pza.	\$91,120.00/pza.	\$91,120.00	5,000	\$ 18.22/hr.
Manguera de alta presión 1 1/4"	70 m.	\$ 3,700.00/m.	\$259,000.00	2,500	\$ 103.60/hr.
Llaves y herr.	1 lote	\$24,000.00/lote	\$24,000.00	3,000	\$ 8.00/hr.
					\$ 237.11/hr.

Nota: El cemento, la bentonita son proporcionados
Por C.F.E.

Costo de iny. = $6,531.17 + 2,365.45 + 237.11 = \$9,133.73/hr.$

Se considera inyectar $0.875 M^3/Hr.$

Cargo por inyección = $\frac{\$ 9,133.73/hr.}{0.875} = \$ 10,438.55/M^3$

Inyección de lechada de agua-cemento-bentonita para barrenos de pantalla de 0-40 m. en 8 progresiones, incluye lavado y retaque de barrenos.

A C T I V I D A D .

1.- Lavado, inyección y retaque de barrenos.

a).- Equipo

1	compresor portátil 600	\$ 2,953.44/hr.
1	bomba Peroni	\$ 675.79/hr.
1	bomba Moyno 3M-10	\$ 1,086.91/hr.
2	agitadores 2X153.64	\$ 307.28/hr.
1	camión F-600	\$ 1,189.17/hr.
1/4	pipa de 8,000 litros	
	0.25X1,217.08	\$ 304.27/hr.
1/25	bomba 4" Lister	
	0.04X357.76	\$ <u>14.31/hr.</u>
		\$ 6,531.17/hr.

b).- Mano de obra

1	compresorista	\$ 1,637.57/t.
1	cabo de inyección	\$ 2,413.12/t.
7	aytes. grales. 7X1,177.81	\$ 8,244.67/t.
1	chofer de camión F-600	\$ 2,084.18/t.
1/4	chofer de pipa F-600	
	0.25X2,084.18	\$ 521.04/t.
1/25	op. de bomba 0.04X1,414.49	\$ 56.58/t.
		<u>14,957.16/t.</u>

Herr. y equipo de Seg. 3^o

448.71/t.
15,405.87/t.

$$\text{Carga} = \frac{\$ 15,405.87/t.}{8 \text{ hrs./t.} \times 0.75} = \$2,567.67/hr.$$

c).- Materiales.

Tubería galv. de 1"	174 m.	\$ 3,860.00/tr.	\$ 55,970.00	3,500hrs.	\$ 16.00/hr.
Coples galv. de 1"	14 pzas.	\$ 190.00/pza.	\$ 2,660.00	3,500hrs.	\$ 0.76/hr.
Tubería galv. 1 1/2"	37 m.	\$ 6,248.00/tr.	\$ 19,264.67	3,500hrs.	\$ 5.50/hr.
Coples galv. 1 1/2"	7 pzas.	\$ 340.00/pza.	\$ 2,380.00	3,500hrs.	\$ 0.68/hr.
Tubería galv. 1/2"	37 m.	\$ 1,800.00/tr.	\$ 5,550.00	3,500hrs.	\$ 1.58/hr.
Coples galv. 1/2"	7 pzas.	\$ 35.00/pza.	\$ 245.00	3,500hrs.	\$ 0.07/hr.
Válvulas de compuerta de 1".	10 pzas.	\$ 3,591.00/pza.	\$ 35,910.00	500hrs.	\$ 71.82/hr.
Protector de manómetros.	1 pza.	\$10,000.00/pza.	\$ 10,000.00	5,000hrs.	\$ 2.00/hr.
Manómetros	1 pza.	\$ 7,000.00/pza.	\$ 7,000.00	500hrs.	\$ 14.00/hr.
Tanque para almacenar agua.	1 pza.	\$91,120.00/pza.	\$ 91,120.00	5,000hrs.	\$ 18.22/hr.
Manguera de alta presión 1 1/4"	70 m.	\$ 3,700.00/m.	\$259,000.00	2,500hrs.	\$ 103.60/hr.
Llaves y herr.	1 lote	\$24,000.00/lote	\$ 24,000.00	3,000hrs.	\$ 8.00/hr.
					<u>242.23/hr.</u>

Nota: El cemento y la bentonita son proporcionados por C. F. E.

Costo de iny. = $6,531.17 + 2,567.67 + 242.23 = \$ 9,341.07/hr.$

Se considera inyectar $0.583 M^3/Hr.$

Cargo por inyección = $\frac{\$ 9,341.07/hr.}{0.583} = \$ 16,022.42/M^3$

6.2).- Conclusiones.

Al finalizar esta tesis considero importante con --
cluir, el hecho de que a la inyección de suelos es necesari--
o, darle la importancia como un procedimiento constructi--
vo. Su evolutivo desarrollo dependerá de mostrar a la Inge--
niería, los métodos modernos en poder de empresas dedica--
das a la inyección, que guardan en secreto estas investiga--
ciones por reservarse la exclusividad de ciertos trabajos.

Una inyección, no simplemente es meter un obturador
y bombear al suelo cualquier mezcla; sino que es necesario
conocer:

La estructura de los suelos, las propiedades de las
mezclas a inyectar, las leyes de circulación de fluidos y
suspensiones; para llegar a conclusiones sobre las observa--
ciones realizadas en trabajos reales.

Será diferente inyectar un macizo rocoso a un terre--
no de aluviones, ya que para uno u otro caso es de vital --
importancia escoger la mezcla adecuada previendo, el costo
y la función que cumplirá dentro del suelo, ya sea para --
impermeabilizar o consolidar la roca.

Lo anterior se logrará, teniendo un equipo completo
en cuanto a instalaciones para investigación y personal ca--
pacitado. Siendo dirigidos por ingenieros calificados que
tengan la suficiente experiencia, apoyada en los conoci --
mientos de los principios de inyección.

Se observa que la inyección de suelos como en cual--
quier proceso constructivo, tiene tres variables necesas --

rias y estas son:

- 1.- Calidad
- 2.- Tiempo de ejecución
- 3.- Costo mínimo.