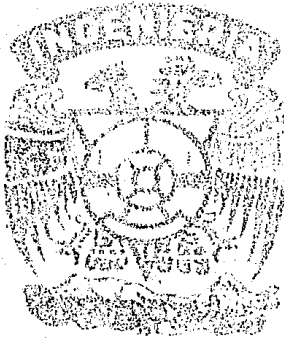


6020

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**DESCARTE**

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EMPLEADO EN  
LA CORTINA DEL PROYECTO HIDROELECTRICO  
DE CHICOASEN

T E S I S

Que Para Obtener el Título de

I N G E N I E R O C I V I L

P r e s e n t a

JUAN MANUEL OLAC CRUZ

México, D. F.

1977



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
EXAMENES PROFESIONALES  
60-1-299

Al Pasante señor JUAN MANUEL OLAC CRUZ,  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Francisco Noreña C., para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO EMPLEADO EN LA CORTINA  
DEL PROYECTO HIDROELECTRICO DE CHICOASEN"

- I. Introducción
- II. Antecedentes, localización y descripción del proyecto hidroeléctrico
- III. Procedimiento constructivo de la cortina
- IV. Costos y antepresupuesto
- V. Conclusiones y recomendaciones

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, a 28 de octubre de 1977  
EL DIRECTOR

ING. ENRIQUE DEL VALLE CALDERON

*lby*  
EVC'GSA'ser

A MI MADRE

A MIS TIOS

A MI ABUELITA

Quiero hacer patente  
mi agracedimiento  
a los ingenieros:

FRANCISCO NOREÑA CASADO  
CARLOS E. CASTAÑEDA NARVAEZ

Sin cuya colaboración  
no hubiera sido  
realizado este  
trabajo.

## C O N T E N I D O

### CAPITULO I

INTRODUCCION	1
--------------	---

### CAPITULO II

ANTECEDENTES, LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO	5
---	---

2.1. ANTECEDENTES	5
2.2. LOCALIZACION	8
2.3. DESCRIPCION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO	8
2.4. JUSTIFICACION DEL PROYECTO HIDROELECTRICO	15
2.5. FACTIBILIDAD ECONOMICA Y RENTABILIDAD	17
2.6. TRABAJOS AUXILIARES PARA LA CONSTRUCCION DEL PROYECTO	21
2.7. OBRAS COMPLEMENTARIAS AL PROYECTO	24

### CAPITULO III

PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE LA CORTINA	33
--	----

3.1. ANTECEDENTES E INTRODUCCION	33
3.1.1. HIDROLOGIA	35
3.1.2. CLIMATOLOGIA	36
3.1.3. TOPOGRAFIA DE LA BOQUILLA	37
3.1.4. GEOLOGIA DE LA BOQUILLA	37
3.1.5. SISMOLOGIA	39
3.2. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION	40

3.2.1. PROYECTO	42
3.2.2. SELECCION DEL PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION	101
3.2.3. TRATAMIENTO DE MATERIALES	130
3.2.4. TRABAJOS PREVIOS A LA COLOCACION DE MATERIALES	132
3.2.5. PROCESOS DE CONSTRUCCION	136
3.2.6. EQUIPOS DE TRANSPORTE, COLOCACION Y COMPACTACION DE MATERIALES	144
3.2.7. CONTROL DE OBRA	148
CAPITULO IV	
COSTOS Y ANTEPRESUPUESTO	152
4.1. PRECIOS UNITARIOS	153
4.2.1. MANO DE OBRA	154
4.2.2. MAQUINARIA	158
4.2.3. MATERIALES	167
4.2.4. INDIRECTOS	174
4.2.5. UTILIDAD	175
4.3. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	175
4.4. RESUMEN DEL ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	196
4.5. COSTOS	202
4.6. ANTEPRESUPUESTO	221
CAPITULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	225
BIBLIOGRAFIA	228
PLANOS Y ANEXOS	

## C A P I T U L O I

### INTRODUCCION

Es notable el acelerado crecimiento demográfico que México ha experimentado durante las últimas décadas, lo que ha provocado un acelerado desarrollo industrial en alta escala.

Estos fenómenos al igual que en otros países en vías de desarrollo, han suscitado una imperante necesidad de energía eléctrica cada día mayor, para poder satisfacer las necesidades que el país demanda.

Ante esta situación tan crítica, se han estudiado y propuesto diferentes alternativas para solucionar este problema, y por ende no limitar la expansión industrial y el desarrollo económico de nuestro país.

México, considerado como uno de los países más poblados en el mundo, se ve ante el crítico problema de como subsanar las necesidades de energía eléctrica que requiere el desarrollo industrial en el que se encuentra actualmente.

Se ha pensado solucionar este problema, mediante la creación de nuevas fuentes generadoras de energía tales como son: la energía solar, la energía eólica, la energía térmica de los mares, la energía geotérmica y la energía nuclear.

Todas estas formas de generación de energía, no representan una solución inmediata al problema existente, ya que aún no han sido estudiadas totalmente.



Es conveniente mencionar que en México ya se tienen algunas plantas de generación de las que se mencionaron anteriormente, pero son de tipo experimental y más aún, los altos costos que éstas requieren para llevarlas a cabo, no permiten al país hacer este tipo de inversiones que no reeditarían en un futuro inmediato.

Ante este panorama, se ha venido solucionando este grave problema utilizando dos principales fuentes generadoras de energía como son:

- a) La energía térmica
- b) La energía hidráulica

Energía Térmica.- Es la utilizada en las -- plantas termoeléctricas, esta energía es la proveniente de los combustibles fósiles, ta les como el carbón, petróleo y sus derivados. La generación de energía eléctrica a partir de la energía térmica de los combustibles, ha dado muy buenos resultados, pero presenta un inconveniente que hay que hacer resaltar, dicho inconveniente es que actual mente estos combustibles constituyen las -- principales fuentes de energía y en un futu ro será difícil cubrir las necesidades me-- diante estos combustibles, ya que provienen de una fuente no renovable.

Energía Hidráulica.- Es la energía de posi-

ción del agua, adquirida debido a la radiación solar y a desniveles terrestres, que es transformada a energía cinética, posteriormente a energía mecánica y por último a energía eléctrica.

En México la cantidad de ríos es numerosa, por lo que resulta conveniente la construcción de grandes Sistemas Hidroeléctricos porque resulta más económico y seguro, ya que al aprovechar los grandes caudales de los ríos se están utilizando recursos naturales renovables.

Se han construido diversos Sistemas Hidroeléctricos en el país que dentro de muy poco tiempo resultarán insuficientes para cubrir todas las necesidades que se requieren. Por esta razón se ha pensado que la solución optima a este problema, es la creación de nuevos Sistemas Hidroeléctricos.

Uno de estos sistemas de nueva creación será el Sistema Hidroeléctrico de Chicoasén, el cual se piensa solucionará en gran proporción las grandes demandas de energía eléctrica que actualmente se requieren.

Parte integrante de este proyecto, es la cortina de la presa Chicoasén, una de las más altas del mundo hasta la fecha ya que ocupa el sexto lugar en la clasificación mundial y el primer lugar en el Continente Americano.

Es objeto de este trabajo, describir las partes que integran el Proyecto Hidroeléctrico Chicoasén, así como principalmen-

te el aspecto constructivo de la Cortina. Se espera sea de utilidad para la planeación de proyectos futuros, ya que en él se muestran todos los factores que intervienen en el proceso constructivo de una cortina de materiales graduados.

La realización de este trabajo se ha logrado mediante la información proporcionada por las oficinas centrales de la Comisión Federal de Electricidad, así como por medio de visitas efectuadas a la obra en las cuales también se han recopilado datos del proyecto.

## C A P I T U L O II

ANTECEDENTES, LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL PROYECTO  
HIDROELECTRICO.2.1. Antecedentes

Ha sido problema de muchos años localizar sitios apropiados en los que se puedan ejecutar Proyectos Hidroeléctricos y - aprovechar la potencialidad de generar energía eléctrica de los ríos. Se han realizado numerosos estudios de los caudalosos ríos que corren por nuestro país, con el objeto de determinar la potencialidad de éstos y así aprovechar integralmente sus recursos. A partir de 1958, la Comisión Federal de Electricidad inició los estudios correspondientes en la cuenca del Río Grijalva y formó el llamado Plan Integral del Río Grijalva.

Dicho río, forma parte de la cuenca Grijalva-Usumacinta que se localiza en el sureste de México, esta cuenca cuenta con una superficie de 131 157 Km<sup>2</sup>, y cubre una importante porción de los estados de Chiapas, Tabasco y Campeche, así como una parte de la República de Guatemala.

El Proyecto Hidroeléctrico de Chicoasén, forma parte del Plan Integral del Río Grijalva, que tiene como objeto aprovechar toda la potencialidad hidroeléctrica del Río Grijalva, este plan está integrado por cuatro grandes proyectos - que se describen a continuación:

La presa Netzahualcoyotl, mejor conocida como la presa de -

Malpaso, de usos múltiples, constituye el primero de los aprovechamientos del Río Grijalva, fué construida por la Secretaría de Recursos Hidráulicos en los años de 1959 a 1964. La Comisión Federal de Electricidad, construyó la planta hidroeléctrica Malpaso cuya primera etapa con capacidad instalada de 720 millones de watts ( MW ) fué terminada en 1969, en la actualidad se está construyendo la segunda etapa, a cuyo término la capacidad se incrementará en 360 MW para un total acumulado de 1 080 MW.

La presa de la Angostura, constituye el segundo aprovechamiento del Grijalva, fué construida por la Comisión Federal de Electricidad durante los años de 1969 a 1974. Esta presa generará 2 250 MW.

La presa Chicoasén en construcción, es la tercera del Plan Integral del Río Grijalva, al término de su construcción generará 2 400 MW.

La presa Peñitas en proyecto, será de usos múltiples y complementará el mencionado Plan:

Es conveniente mencionar que al terminar los cuatro aprovechamientos, la capacidad total instalada en el sistema será del orden de 5 000 000 de Kilowatts, con generación media anual de 12 500 millones de Kilowatts.

La Comisión Federal de Electricidad, estudió diversas alternativas para aprovechar el desnivel entre las presas de la Angostura y Malpaso ( ver figura No. 1 ), comparando la conveniencia de contar con uno o dos aprovechamientos y también --

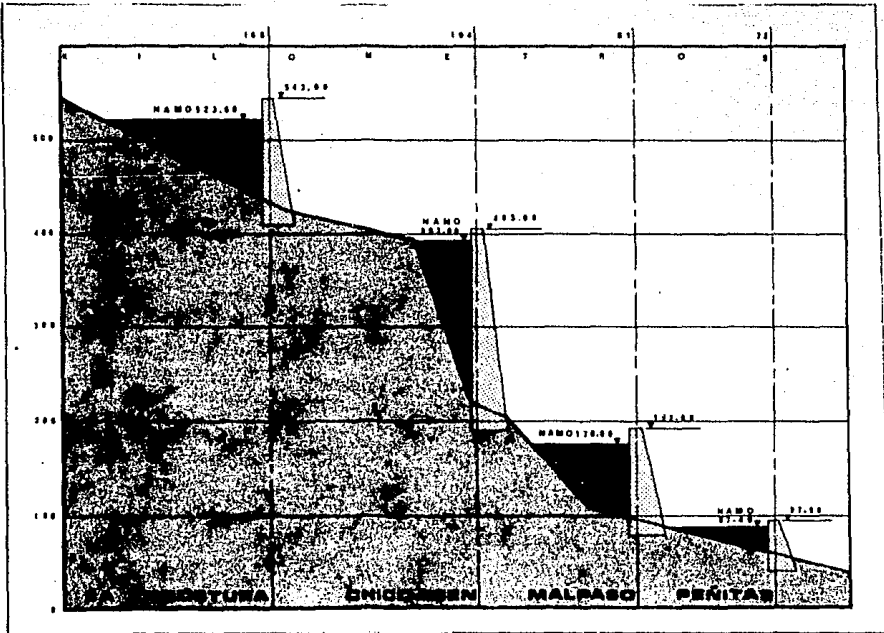


FIGURA NO. 1

IDZC	INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOSEN
	REALIZADO POR: BLAS G. GARCIA EST. DEL 1003/1004/51
	MEXICO D. F. 1977

analizó diferentes tipos de cortinas. Se llegó a la conclusión que lo aconsejable era construir solo un aprovechamiento en CHICOASEN, considerando las características hidrológicas, topográficas, geológicas y económicas del sitio.

## 2.2. Localización

El Proyecto Hidroeléctrico Chicoasén, se encuentra localizado en la cuenca Grijalva-Usumacinta, en el sureste de México cercano al poblado llamado precisamente Chicoasén en el estado de Chiapas. Dicho poblado se encuentra a 32 Kilómetros de la capital de este estado; Tuxtla Gutiérrez, la figura No.2 muestra la localización de este proyecto en la República Mexicana.

Este proyecto se encuentra ubicado en la parte media del caudaloso Río Grijalva, entre las plantas hidroeléctricas de la Angostura y Malpaso como se puede observar en la figura No.3.

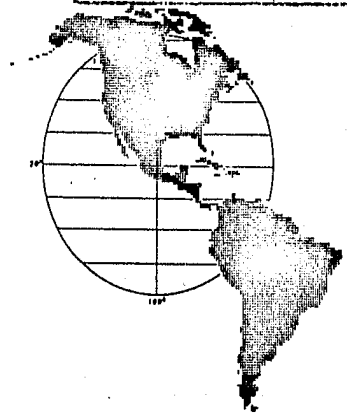
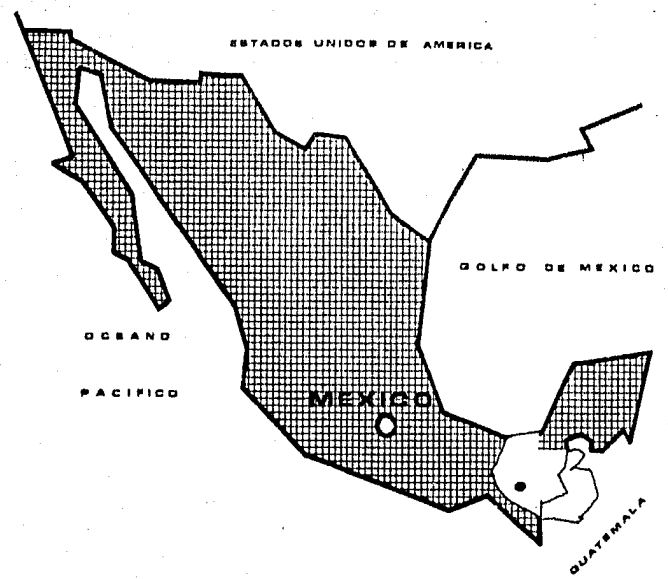
La mayor parte de la obra se localiza donde concluye el " Cañon del Sumidero " , que es una zona con pronunciados estrechamientos, esta zona se encuentra a 2 Km. aguas arriba de la confluencia del Río Bombaná y del poblado de Chicoasén -- dentro del municipio de Copainalá, Chiapas, una planta general del Proyecto Chicoasén puede observarse en la figura No. 4.

## 2.3. Descripción del Proyecto Hidroeléctrico Chicoasén.

A partir del año de 1974, se inició la construcción del Pro-

MDZC

INGENIERIA  
TESIS PROFESIONAL  
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO  
CORTINA P. H. CHICOASEN  
LOCALIZACION  
REALIZADO EN OLAC. C.  
EOL. 1.1.1. POR 4371783 MEXICO D.F. 1977



QUERETARO - GUANAJUATO - MEXICO

**LOCALIZACION**

FIGURA No.2



DZUC

INGENIERIA

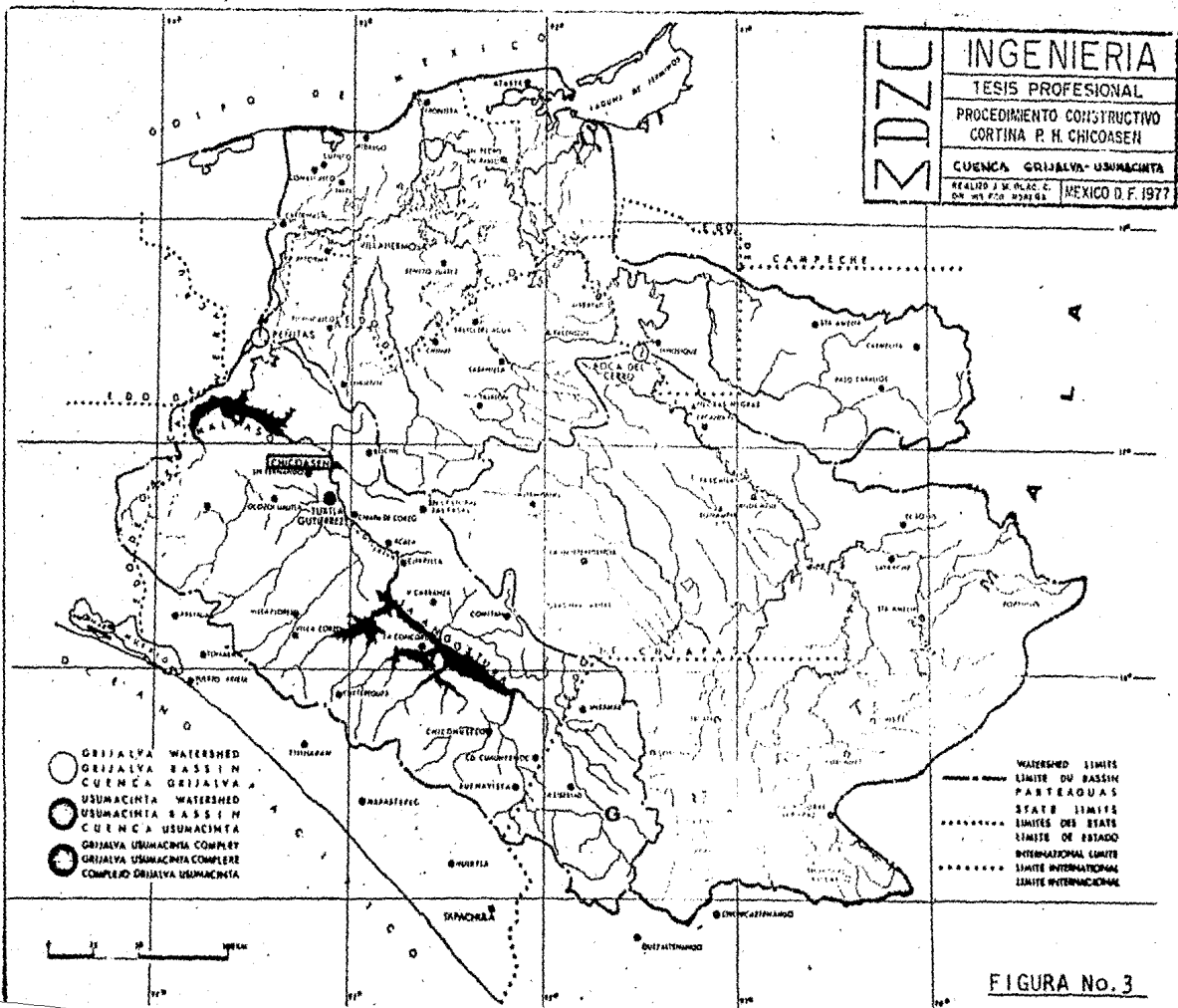
TESIS PROFESIONAL

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO  
CORTINA P. H. CHICOASEN

CUENCA GRIJALVA-USUMACINTA

REALIZO J. M. PLAZA

MEXICO D. F. 1977



- GRIJALVA WATERSHED
- GRIJALVA BASIN
- CUENCA GRIJALVA
- USUMACINTA WATERSHED
- USUMACINTA BASIN
- CUENCA USUMACINTA
- GRIJALVA-USUMACINTA COMPLEX
- GRIJALVA-USUMACINTA COMPLEXE
- COMPLEJO GRIJALVA-USUMACINTA

- WATERSHED LIMITS
- LIMITE DU BASSIN
- PASTEROUAS
- ..... STATE LIMITS
- ..... LIMITE DES ETATS
- ..... LIMITE DE ESTADO
- · - · - INTERNATIONAL LIMITS
- · - · - LIMITE INTERNACIONAL
- · - · - LIMITE INTERNACIONAL

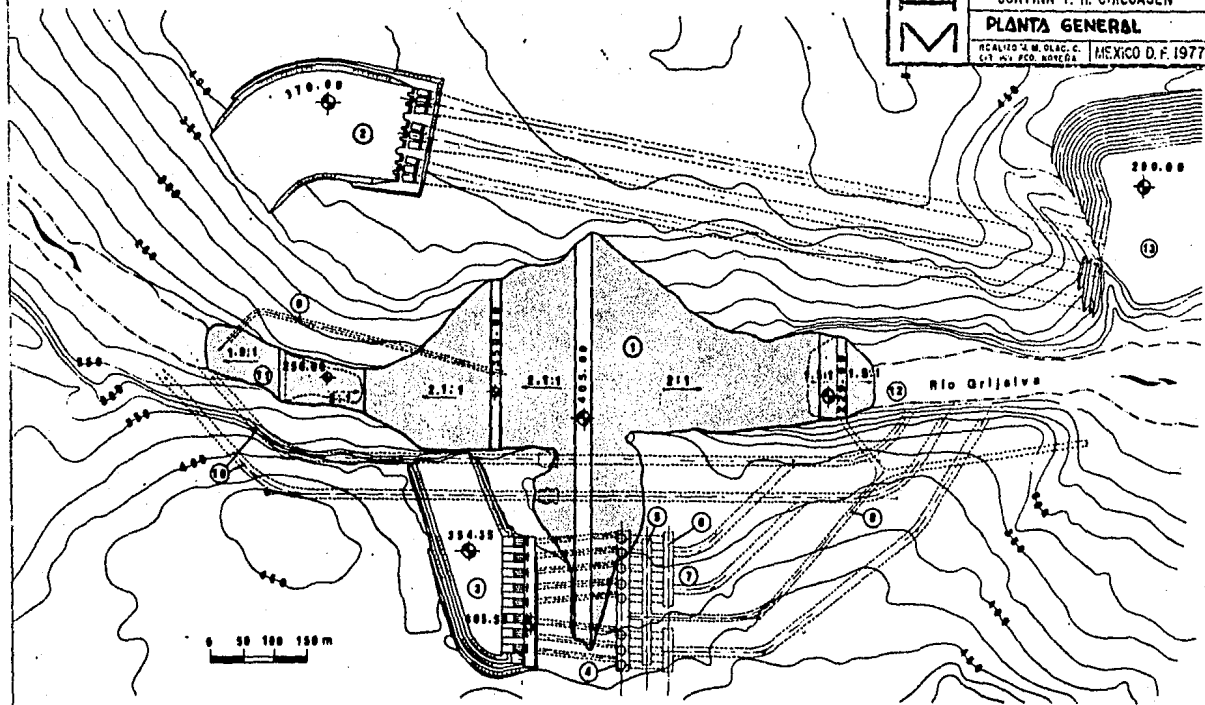
FIGURA No. 3

# GENERAL PLAN

# PLAN D'ENSEMBLE

FIGURA No. 4

SDZC	INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL.
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOASEN
	PLANTA GENERAL
REALIZADO POR M. OLAG. C. CALLE DEL PUEBLO, BOQUERA	MEXICO D. F. 1977



yecto Hidroeléctrico Chicoasén, cuya cortina de tipo enrocamiento tendrá una altura de 250 metros y un volúmen total de 15 millones de m<sup>3</sup>.

Por sus características esta cortina ocupará el sexto lugar entre las más altas del mundo y será a la vez la cortina más alta construida en América Latina.

La presa Chicoasén es integrante del Plan Integral del Río Grijalva formado por la Secretaría de Recursos Hidráulicos y la Comisión Federal de Electricidad. Esta presa constituye la tercera etapa de dicho plan.

Se tiene programado instalar 8 unidades en dos etapas: en la primera etapa deberá quedar concluida la construcción total de la obra civil, la instalación de 5 unidades de 300 MW cada una, la subestación elevadora así como los preparativos para la segunda etapa. En la segunda etapa deberá concluirse la instalación de 3 unidades de 300 MW cada una, que junto con las primeras 5 unidades sumarán una potencia total de 2 400 MW.

Cabe mencionar que cada grupo o unidad instalada, estará formada por una turbina tipo " Francis ", de eje vertical de 416 000 C.V. de potencia y un alternador de 315 790 KVA de capacidad. Esta planta hidroeléctrica se destinará principalmente a cubrir la demanda de energía de picos del Sistema Interconectado Nacional.

A continuación se da una descripción condensada del Proyecto Hidroeléctrico Chicoasén, ya que en capítulos posteriores se

describirá con más detalle cada uno de los integrantes de este proyecto.

### H I D R O L O G I A

Area de la cuenca	7 940 Km <sup>2</sup>
Escurrimiento medio anual	11 883 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Caudal medio anual	376.80 m <sup>3</sup> /seg
Avenida máxima registrada	6 214.00 m <sup>3</sup> /seg

### E M B A L S E

Capacidad total al NAME	1 680 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Capacidad util	285 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Capacidad control de avenidas	490 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Area máxima de embalse	3 000 Hectáreas
Nivel máximo de embalse	395.00 M.
Nivel normal ( NAMO )	392.00 M
Nivel mínimo ( NAMinO )	380.00 M

### P O T E N C I A y G E N E R A C I O N

Capacidad instalada	2 400 MW
Generación media anual	5 580 GWh

### C O R T I N A

Tipo	Enrocamiento
Altura máxima	250.00 M
Elevación de la corona	405.00 M
Longitud de la corona	584.00 M

Ancho de la corona	25.00 M
Bordo libre	10.00 M
Volúmen total de la cortina	$14.51 \times 10^6 \text{ m}^3$
Impermeable ( arcilla )	$2.07 \times 10^6 \text{ m}^3$
Filtro ( grava-arena )	$0.73 \times 10^6 \text{ m}^3$
Transición ( roca-grava-arena )	$2.71 \times 10^6 \text{ m}^3$
Enrocamiento	$9.00 \times 10^6 \text{ m}^3$

#### V E R T E D O R

Longitud total de la cresta	75.60 M
Elevación de la cresta	373.00 M
Avenida de diseño	$17\ 400.00 \text{ m}^3/\text{seg}$
Capacidad máxima de descarga	$15\ 000.00 \text{ m}^3/\text{seg}$

#### O B R A D E T O M A

Número	8
Caudal de diseño	$1\ 512.00 \text{ m}^3/\text{seg}$

#### C A S A D E M A Q U I N A S

Tipo	Subterránea
Número de turbinas	8 Tipo Francis
Carga neta de diseño	180.00 M
Caudal de diseño	$189.00 \text{ m}^3/\text{seg}$
Potencia de diseño	416 000.00 C.V.
Carga bruta máxima	189.00 M
Carga bruta mínima	168.85 M
Velocidad	163.64 r.p.m.

Alternadores :

Capacidad	315 790 KVA
Frecuencia	60 HZ
Factor de potencia	0.95 cos $\theta$

#### 2.4 Justificación del Proyecto hidroeléctrico

Es de todos conocido que en la actualidad, el uso de la energía es decisivo para la productividad y el desarrollo de cualquier país, en otras palabras la electricidad representa una fuerza indispensable en toda la estructura compleja de la vida moderna y la falta de ésta en pequeña escala retrasaría el progreso de cualquier nación, ya que afectaría a las pequeñas y grandes industrias, así como las principales actividades de las que se sostuviera ésta. Centrandonos en México, la expansión de nuestra nación podría verse seriamente afectada por el hecho de que su desarrollo industrial y económico se viera limitado a causa de que, habiendo un cierto número de Plantas Hidroeléctricas destinadas a satisfacer el consumo en los mercados existentes, se vieran en un momento dado insuficientes e incapaces de hacer frente a las crecientes demandas. Por lo que respecta a este país, el crecimiento demográfico y el acelerado desarrollo industrial que ha experimentado en los últimos años, han traído como consecuencia una necesidad cada vez mayor y urgente de energía eléctrica. Se ha concluido que el incremento actual en la demanda de energía eléctrica es de un 10% anual y tiende a aumentar conforme al desarrollo y crecimiento demográfico.

Es indudable entonces que la electricidad significa un 100 % progreso, ya que hasta se ha llegado a tomar la relación de energía, es decir la potencia disponible "Per Cápita" como índice de progreso.

Después de analizar la situación detenidamente, se ha llegado a la conclusión de que para lograr un progreso total, se necesita alcanzar un objetivo; este objetivo es la creación de fuentes generadoras de energía eléctrica que redituen a corto plazo, que sean económicas y que contribuyan eficazmente al progreso deseado.

Existen muchas alternativas para la creación de energía eléctrica que distan mucho de ser eficaces y económicas. Actualmente se trabaja en dos fuentes generadoras de energía principalmente como son: La Energía Térmica y la Energía Hidráulica.

Es un hecho efectivo que la creación de energía eléctrica -- a partir de la energía térmica de los combustibles es eficaz y operante, pero hay que tomar en cuenta que estos combustibles como son el carbón, el petróleo y sus derivados, constituyen en la actualidad las principales fuentes de energía y por lo mismo no están exentas de agotarse algún día.

Cabe mencionar que estos combustibles provienen de fuentes NO renovables y esto hace que aún los países con grandes reservas, difícilmente puedan cubrir sus necesidades en un futuro lejano. Es claro también que la actual crisis de energía

ticos han puesto en duda la factibilidad económica para la generación de energía eléctrica a partir de la energía térmica de los combustibles.

Por lo que respecta a la generación de energía eléctrica a partir de la energía hidráulica, se ha visto que en México existe una gran cantidad de ríos, de ahí la importancia de los aprovechamientos hidroeléctricos ya que se usan recursos naturales renovables.

Actualmente existe una tendencia a usar la energía hidráulica en vista de que ésta proporciona soluciones económicas -- con costos de producción, operación y mantenimiento relativamente bajos.

Resumiendo se puede ver que es factible localizar sitios --- adecuados para ejecutar Proyectos Hidroeléctricos y aprovechar los caudalosos ríos que corren por nuestro país.

En conclusión se observa claramente que generar energía eléctrica mediante los sistemas hidroeléctricos es una inversión redituable a corto plazo, ya que permiten la continuación del desarrollo de la industria eléctrica requerido por el país, - adoptando las soluciones más económicas y de igual manera re presentan una solución a la crisis de energéticos existente.

## 2.5 Factibilidad Económica y Rentabilidad.

El Proyecto Hidroeléctrico CHICOASEN, al término de su construcción generará 2 400 MW ; se puede concluir que esta can-



tividad es equivalente a la quinta parte de la energía eléctrica que se produce en México actualmente, por tal motivo podemos afirmar que es de suma importancia la construcción de este proyecto.

Por lo que respecta a la elaboración de los estudios de Factibilidad Económica de este proyecto, podemos decir que se han tomado en cuenta dentro del área de aprovechamiento hidroeléctrico, tres diferentes alternativas con capacidades de 900, 1 800 y 2 400 MW. Por otra parte se ha analizado también la posibilidad de instalar una planta termoeléctrica -- complementada con turbinas de gas, que sea capaz de generar los mismos 2 400 MW y al mismo tiempo de sustituir a la -- planta hidroeléctrica en sus características de servicio.

Se ha hecho un análisis económico para la planta hidroeléctrica de 2 400 MW y se determinó un periodo de vida útil de 50 y 30 años para las obras civiles y electromecánicas respectivamente.

Dentro del análisis que se hizo al proyecto termoeléctrico -- se determinó un periodo de vida útil de 30 años para la planta termoeléctrica y de 20 para las turbinas de gas.

Conviene mencionar, que dentro de los presupuestos para la obra civil correspondientes a los aprovechamientos hidroeléctricos, sobresalen por su costo la Cortina y la obra de excedencias, que en conjunto ascienden a un valor aproximado del 50% del costo total de las obras.

Al analizar las diferentes alternativas de la planta hidroeléctrica, se observó que los costos no diferían en más de un 10% en lo que respecta a la obra civil, lo que significa que la diferencia principal del costo estriba en las obras electromecánicas y no en la obra civil.

Resumiendo, se llegó a la conclusión de que el costo total para la planta hidroeléctrica de 900 MW era un 80% respecto al costo de la planta de 2 400 MW, de igual manera el costo de la planta de 1 800 MW significaba un 93% respecto al costo de la planta de 2 400 MW, lo que demuestra que el Kilowatt instalado en la planta de 2 400 MW resulta más económico en un 23 y 12% en comparación con el KW instalado en las plantas de 900 y 1 800 MW respectivamente.

Después de analizar detenidamente que el proyecto de la planta de 900 MW era inoperante, debido a que la demanda de energía crece en forma acelerada y el costo que representa el Kilowatt instalado en esta planta era demasiado alto, se llegó a la conclusión de que esta opción debería desecharse.

Para poder decidir entre los dos proyectos hidroeléctricos restantes, se buscó la justificación de la inversión, comparandola con la alternativa de la planta termoeléctrica.

En una primera fase se tomaron en cuenta los precios vigentes del combustible en el mercado nacional y se llegó a la deducción que la planta termoeléctrica y las turbinas de gas tienen un costo anual ligeramente mayor al 40% sobre los pro

yectos hidroeléctricos.

Como segunda fase se analizó el precio vigente de los combustibles en el mercado internacional y resultó que en esta fase salía en un 43% más costosa que en el primero.

En una tercera fase se calcularon las tasas internas de rendimiento, tanto para los proyectos hidroeléctricos como para la planta termoeléctrica, llegando a las siguientes conclusiones.

PLANTA HIDROELECTRICA DE 2 400 MW	16.81%
PLANTA HIDROELECTRICA DE 1 800 MW	16.15%
PLANTA TERMOELECTRICA DE 2 400 MW	12.35%

Estos resultados demuestran que la planta hidroeléctrica Chi coasén es un proyecto conveniente para el país.

Como fase final se han hecho estudios sobre las relaciones de Beneficio-Costo para diferentes casos de financiamiento y se ha concluido, que a medida que mejoran los plazos y costos, es mejor el beneficio para la economía en general. Se han desarrollado estos estudios a una tasa de interes anual del 12% y como resultado se ha deducido que es más ventajosa la instalación de una planta de 2 400 MW que la de 1 800 MW.

Independientemente de estos estudios se han hecho otros tales como el que realizó el Sistema Integrado de Planeación Eléctrico, consistente en una serie de modelos matemáticos para el estudio de los Sistemas Hidroeléctricos a corto, mediano y largo plazo, determinando que la alternativa de la

planta hidroeléctrica de 2 400 MW es la más indicada.

Como se puede observar, el análisis de las diferentes alternativas indica claramente que el proyecto hidroeléctrico de 2 400 MW, es más conveniente que el proyecto termoeléctrico con la misma capacidad.

En efecto, la actual crisis de energéticos se deja sentir cada vez más y el petróleo que es un recurso no renovable se ha consolidado más que nunca como fuente de divisas.

Finalmente se puede concluir que la crisis de energéticos -- que actualmente padecemos y su alto costo, ha propiciado una tendencia total a construir Plantas Hidroeléctricas cuya justificación económica es muy favorable.

## 2.6 Trabajos Auxiliares para la Construcción del Proyecto

La realización de un Sistema Hidroeléctrico, trae como consecuencia la construcción de diversas obras auxiliares que -- facilitarán la construcción del sistema. Dentro de estas --- obras auxiliares, pueden considerarse como tales:

- a) Caminos de Acceso
- b) Campamentos
- c) Obra de Desvío

- a) Caminos de Acceso

El acceso a la obra en un principio solo se podía reali-

zar , ya sea por medio de helicópteros o mediante el río en lancha, por esta misma razón se decidió la construcción de un camino de acceso para facilitar las labores, así como para transportar todo lo que la obra pudiera requerir.

El camino construido tiene una longitud de 42 Km. y está totalmente pavimentado. Es interesante comentar que en su desarrollo, se construyó un túnel caminero de 900 m. de longitud y de sección portal de 11 x 6 m. , con lo cual se redujo en 8 Km. el recorrido y se salvo un desnivel de 800m.

#### b) Campamentos

Es parte indispensable en todo proyecto la construcción de campamentos. En Chicoasén ha sido necesario construir el alojamiento e instalaciones donde los trabajadores puedan realizar sus labores, al igual que las instalaciones para almacenar materiales y dar servicios de reparación y mantenimiento a todo el equipo empleado en la obra. Dentro de los campamentos, pueden citarse: el campamento para obreros que tiene una capacidad para 420 personas distribuidas en cuartos de cuatro camas y 1 baño para cada 8 personas.

En cuanto al campamento para técnicos y administrativos, podemos decir que tiene capacidad para 300 personas con cuartos con baño para cada 2 trabajadores con opción de aumentar el número de personas por cuarto mediante el uso de literas. En forma alternativa estos campamentos ofrecen los siguientes servicios:

Servicio de comedor con capacidad para 600 personas, zona comercial y servicios médicos y deportivos, existen también -- campamentos por parte de las empresas contratistas, de igual modo se han construido las oficinas para la residencia general, talleres, laboratorios y bodegas.

c) Obra de Desvío

La función primordial de esta obra, es la de desviar el río de su cauce original para poder trabajar en seco en el sitio de la cortina y manejar la avenida de diseño, consta principalmente de 3 túneles y 2 ataguías.

Túneles.- Inicialmente se empezó a excavar un túnel de 343m de longitud en la margen izquierda del río, de sección portal sin revestir de 7 m. de ancho por 6 m. de altura. Para manejar la avenida de diseño se excavaron dos túneles en la margen derecha del río, de sección portal, sin revestir y de 13 m. de ancho por 13 m. de altura.

Ataguías.- Es objeto de las ataguías interceptar el cauce del río para que éste corra por los túneles de desvío, se localizan una Aguas Arriba del sitio donde se construirá la cortina, de 60 m. de altura y otra Aguas Abajo de 26 m. de altura. Para mejorar la estabilidad de las ataguías y disminuir las filtraciones a través de su cimentación se construyó -- una pantalla impermeable de 60 cm. de espesor mediante el procedimiento llamado " Muro Plástico ", complementado por inyecciones de cemento y bentonita, hasta que dichas pantallas

quedaron empotradas en la roca a una profundidad de 42 m. --

Es conveniente mencionar que dichas ataguías formarán parte del Proyecto ya que constituirán los apoyos de los taludes de la cortina.

## 2.7 Obras Complementarias al Proyecto Hidroeléctrico.

Dentro de las obras complementarias a este Proyecto podemos enunciar las siguientes:

- 1) Cortina
- 2) Vertedor
- 3) Obra de toma
- 4) Casa de Máquinas
- 5) Galeria de transformadores
- 6) Galeria de oscilación
- 7) Túnel de desfogue.

Es necesario aclarar que de la Cortina solo se dará una breve descripción ya que en capítulos posteriores se describirá -- amplia y detalladamente todo lo referente a la construcción de ésta .

### 1) Cortina.

La principal función de la cortina es la de servir como obstáculo al flujo del río, esta estructura se coloca perpendicularmente al sentido del flujo de manera que al impedir el paso del agua forma un almacenamiento y una derivación cum-

pliendo su objetivo.

Esta Cortina será de materiales graduados con corazón impermeable y tendrá una altura de 250 m. En la figura No. 5 se muestra la sección transversal de esta cortina así como los materiales que la componen.

## 2) Vertedor

Forma parte de la obra de excedencias cuya finalidad es la de controlar la descarga del volúmen de agua que no pueda almacenarse dentro de la capacidad útil de la presa y de esta manera evitar que sea dañada. Dentro de las condiciones que debe cumplir la obra de excedencia, podemos enfocar tres principales:

- a) La obra de excedencia debe tener la suficiente capacidad hidráulica para evacuar el gasto con el que está diseñado, ( en este caso fué de  $15\ 000\ m^3/seg$  ).
- b) La descarga de la obra de excedencia debe estar localizada en un sitio apropiado en el que no erosione el talud Aguas Abajo de la Cortina, el desfogue de la casa de máquinas y cualquier otra estructura adyacente.
- c) Las superficies de la obra de excedencia deben ser lo suficientemente resistentes a la erosión, de manera que puedan soportar las altas velocidades creadas.



La obra de excedencia en este caso consiste en tres vertedores en túnel alojados en la margen izquierda del río. En cada uno de los vertedores se instalarán 3 compuertas radiales de 8.40 m. de claro por 19 m de altura, un perfil longitudinal de un vertedor puede observarse en la figura No. 6 .

Es importante hacer la aclaración de que las siguientes obras que se describen a continuación forman parte de la Planta Hidroeléctrica la cual se localiza en la margen derecha del río.

### 3) Obra de toma

Se localiza a 182 m. Aguas Arriba de la casa de máquinas y a 112 m. del eje de la Cortina, consiste en un canal de acceso y 8 tomas independientes. La finalidad de la Obra de Toma es la de controlar la extracción del agua en la presa en cantidades adecuadas y en el momento necesario para su conducción a la Planta Hidroeléctrica.

#### 3.a.- Conducción a Presión.

El objeto de la conducción es llevar el agua desde la toma hasta las turbinas. La conducción consta de 8 tuberías de acero que se encontrarán alojadas en túneles excavados en las rocas.

### 4) Casa de Máquinas

Se construirá en una sola etapa y alojara 8 grupos, cada uno constituido por una turbina " Francis ".

Tendrá la clave de su bóveda a una profundidad de 181 m. abajo del terreno natural, ( Ver figura No. 7 ), la caverna que alojará la Casa de Máquinas tendrá las siguientes dimensiones: 199 m. de longitud, 20.5 m. de ancho y 43 m. de altura. Para la construcción de esta caverna se excavarán aproximadamente 160 000 m<sup>3</sup> de roca y se utilizarán 60 000 m<sup>3</sup> de concreto armado.

#### 5) Galería de Transformadores

Es una galería subterránea localizada paralelamente a la casa de máquinas . En esta galería se alojarán 8 bancos trifásicos de transformadores.

#### 6) Galerías de Oscilación

Se localizan a 142 m. Aguas Abajo de la Cortina, su función principal es la de proteger las turbinas contra el golpe de ariete producido por un cierre o apertura rápidos debidos a alguna falla en el Sistema. Se construirán 2 galerías de oscilación; una para 5 turbinas y otra para 3.

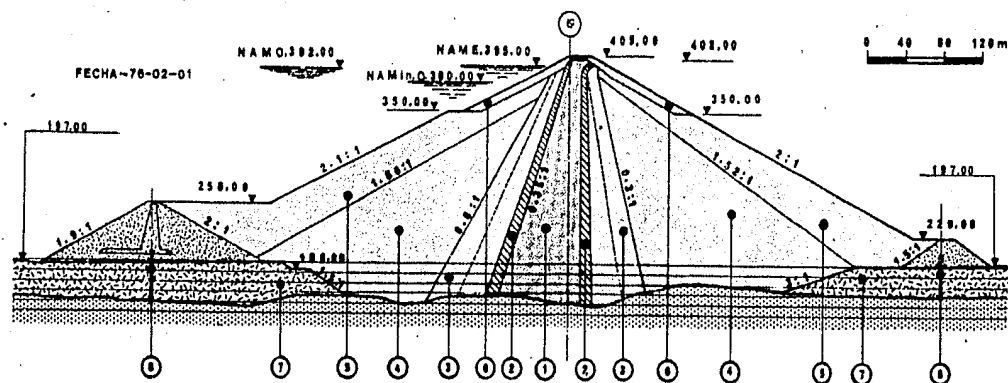
#### 7) Túnel de Desfogue

Se construirán 3 túneles de desfogue a partir de las galerías de oscilación, 2 túneles desalojarán el agua de la galería que aloja 5 unidades , para estos dos túneles se aprovecharán parcialmente los túneles de desvío. El túnel sobrante será destinado a la galería que aloja 3 unidades.

La finalidad de estos túneles es desalojar el agua que sale de la casa de máquinas en forma eficiente al río Aguas Abajo de la Cortina.

En la figura No.8 se puede apreciar cada una de las obras - antes descritas, las cuales se pueden identificar mediante - el número con el que fueron descritas anteriormente.

# CORTINA DAM BARRAGE



SECCION MAXIMA DE LA CORTINA  
 MAXIMUM DAM CROSS SECTION  
 SECTION MAXIMALE DU BARRAGE

- ① ARCILLA COMPACTADA
- ② FILTRO COMPACTADO
- ③ TRANSICION COMPACTADA
- ④ ENROCAMIENTO COMPACTADO
- ⑤ ENROCAMIENTO ACOMODADO CON TRACTOR
- ⑥ ENROCAMIENTO DE GRAN TAMAÑO
- ⑦ ALUVION
- ⑧ PANTALLA IMPERMEABLE

- COMPACTED CLAY CORE
- COMPACTED FILTERS
- COMPACTED TRANSITION
- COMPACTED ROCKFILL
- TRACTOR DUMPED ROCKFILL
- LARGE ROCKFILL
- ALLUVIUM
- IMPERVIOUS SCREEN

- NOYAU
- FILTRES
- ZONE DE TRANSITION COMPACTEE
- ENROCHEMENTS COMPACTES
- ENROCHEMENT EN VRAC
- GROS ENROCHEMENTS
- ALLUVION
- ECRAN IMPERMEABLE

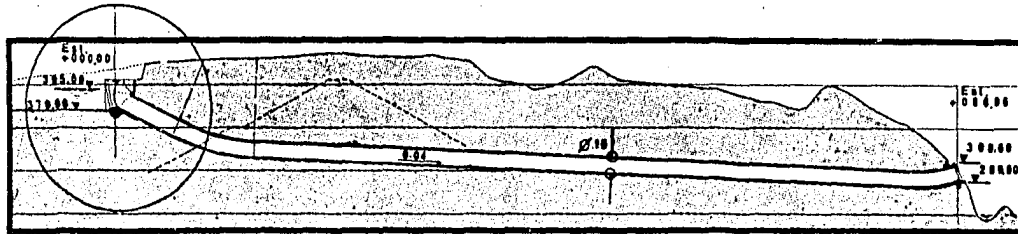
MDZC	INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOASEN
	CORTINA
REALITEN S. R. DE C. A. S. C. C. V. 101, EDO. MARIKUA	MEXICO D. F. 1977

FIGURA No. 5

VERTEADOR

SPILLWAY

DEVERSOIR



0 10 20 30M.

PERFIL LONGITUDINAL LONGITUDINAL PROFILE

MDZC	INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOASEN
	PERFIL VERTEADOR
REALIZO J. M. CLAC. C. 506. 401. P. O. 708782.	
MEXICO D. F. 1977	

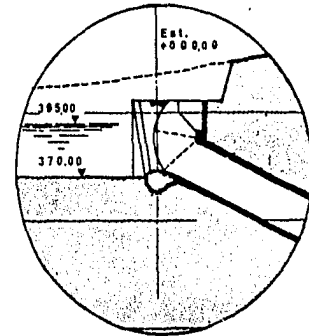
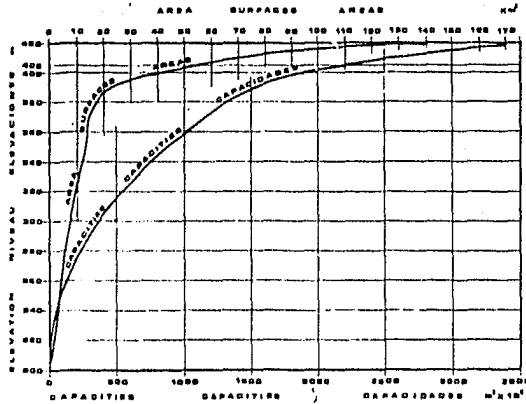
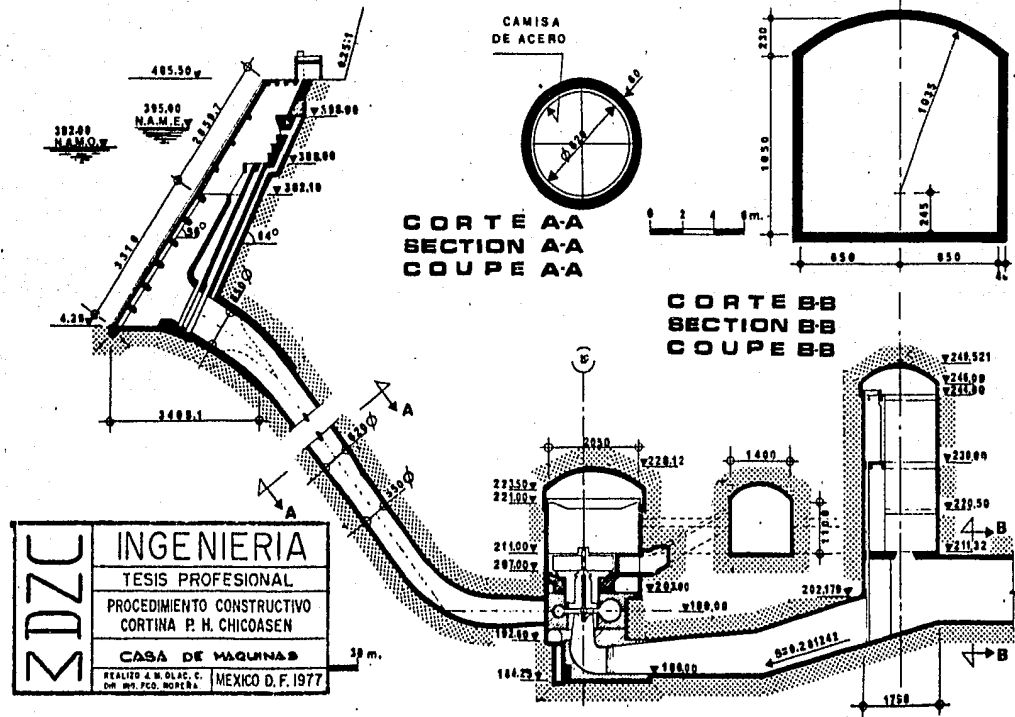


FIGURA No. 6

# TUBERIA A PRESION

# PENSTOCK

# CONDUITE FORCEE



<b>MDZC</b>	<b>INGENIERIA</b>
	TESIS PROFESIONAL
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOASEN
	CASA DE MAQUINAS
	REALIZADO A. M. OLAC, C. CIVIL INGENIERO, MEXICO D.F. 1977

PERFIL LONGITUDINAL      LONGITUDINAL PROFILE      PROFIL EN LONG

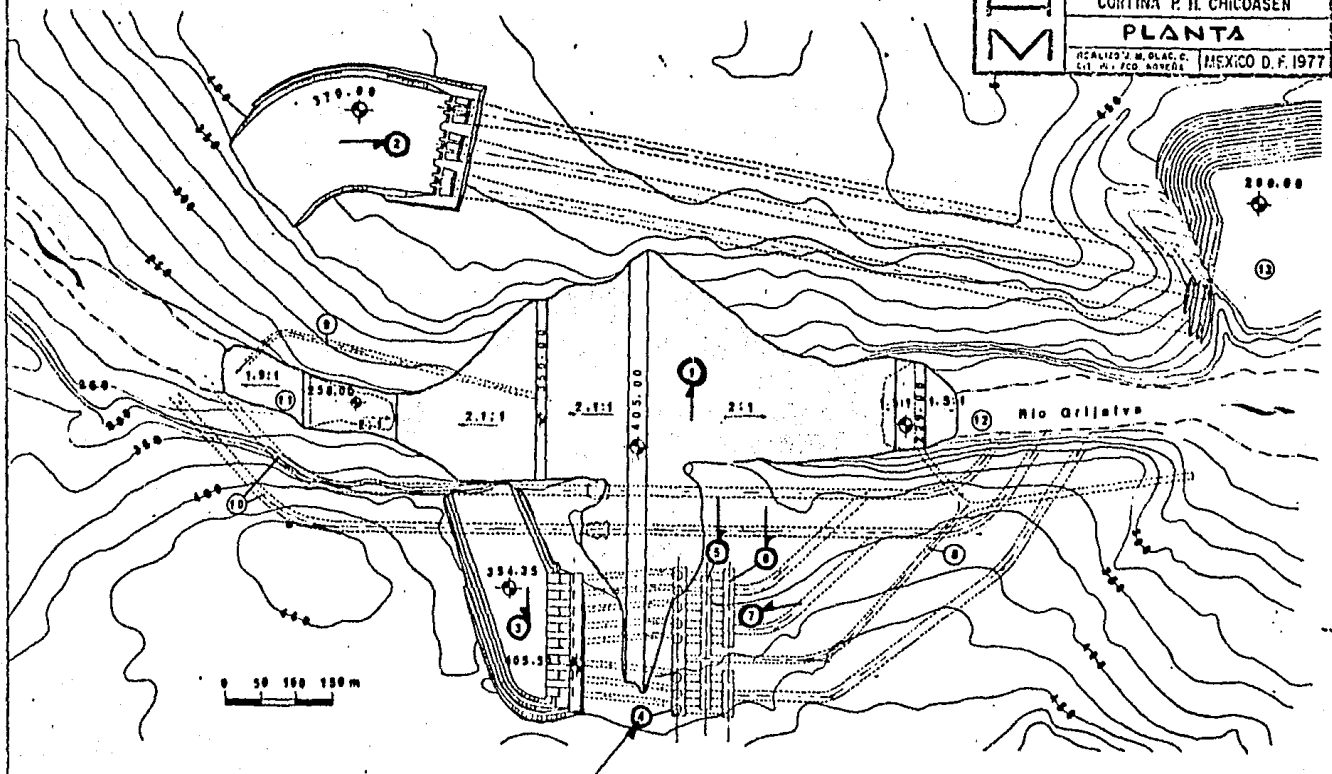
FIGURA No. 7

# GENERAL PLAN

# PLAN D'ENSEMBLE

FIGURA No. 8

MDC	INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL.
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
	CORTINA P. H. CHICOASEN
	PLANTA
REALIZADO POR M. BLAC, C. CIT. M. FCO. ARRIAGA	MEXICO D. F. 1977



## C A P I T U L O    I I I

PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE LA CORTINA3.1. Antecedentes

Se construyen presas para crear un lago artificial o derivar el río a una cota prefijada, con objeto de almacenar o captar los escurrimientos y regar tierras o generar energía, o bien dotar de agua potable a poblaciones o centros industriales. También sirven para regularizar el flujo de una corriente que provoca inundaciones en predios o poblados. Dichas estructuras no siempre responden a solo una de las finalidades antes enumeradas, más bien se proyectan para funciones múltiples coordinando los servicios de riego, electrificación y regularización de avenidas, con miras al desarrollo integral de una región. En el caso del Proyecto Hidroeléctrico - Chicoasén, la finalidad de éste como su nombre lo indica, es exclusivamente para proporcionar servicios de electrificación.

De lo anterior se infiere que la presa es el resultado de un estudio general, en el que intervienen las características del río, la geología de la región, la existencia de sitios apropiados para crear el embalse y cimentar la obra, de tierras de labor o necesidades de energía eléctrica en la región. En lo que se refiere a la presa propiamente dicha, los estudios generales comprenden la selección del tipo de estructura, la disposición preliminar del tipo de las partes inte-



grantes ( cortina, obra de toma, vertedor, obra de desvío, -- casa de máquinas, etc., ) y una estimación global de su costo. Finalizada la fase de planeación y anteproyecto se procede al estudio detallado de la obra, cuya finalidad, es elaborar los planos de construcción. Tanto en esta etapa como en la primera se deberá apoyar en trabajos de diversa índole como son los topográficos, geológicos, hidráulicos, estructurales y de resistencia de materiales, incluyendo los de mecánica de suelos y rocas. La utilidad de la inversión depende de la acuciosidad con que se realicen estas investigaciones. No son pocos los casos en que se ha tenido que abandonar -- una obra parcialmente ejecutada por falla fundamental en alguno de los aspectos antes citados, y es frecuente el incremento de las inversiones por cambios importantes en el proyecto durante la construcción; sin embargo hay imprevistos que deben imputarse a lagunas en nuestro conocimiento actual de los problemas que plantea la naturaleza a esta clase de obras.

Como en otros trabajos de ingeniería, la selección del tipo de presa y sus obras auxiliares debe hacerse en un criterio predominantemente económico. Por supuesto las alternativas que se estudien tienen que ser comparadas en cuanto a lograr las finalidades previstas. Esta condición no es obvia. En general, no se cuenta con la información adecuada para analizar correctamente los problemas asociados a la presa ni prever las consecuencias de su construcción. Por ejemplo, son escasos los datos sobre escurrimientos y avenidas de muchos -

ríos; ocasionalmente se ha proyectado con registros de un número limitado de estaciones pluviométricas o que operaron en un periodo muy corto, en otros casos hubo necesidad de cambiar totalmente el proyecto porque los datos de la exploración geológica estaban equivocados; errores de topografía -- han obligado a aumentar la altura de la cortina o sustancialmente el vertedor. Pero esta etapa se va superando. Con el tiempo transcurrido desde que se impulsa en México el desarrollo de las obras hidráulicas, 40 años aproximadamente, se ha ido complementando la información hidrológica, geológica y sísmica del país.

En la actualidad se cuenta ya, con una gran cantidad de datos y estudios relacionados con las obras hidráulicas. La presa Chicoasén significa una gran inversión económica, razón por la cual se han hecho profundos estudios para no caer en los errores antes cometidos en la construcción de otras presas.

Se cuenta con la suficiente información geológica, topográfica, sísmica, hidrológica, climatológica, etc., así como una gran experiencia en esta rama. Se ha realizado una planeación detallada y ordenada de los diversos aspectos que el proyecto demanda, para llevarlo a cabo con grandes probabilidades de éxito.

### 3.1.1. HIDROLOGIA

La cuenca de Río Grijalva, hasta Chicoasén comprende un área

de 26 039 Km<sup>2</sup>, de los cuales 7 940 Km<sup>2</sup>, corresponden a la --  
cuenca propia, es decir, es el área comprendida entre la pre--  
sa de la Angostura y Chicoasén.

Se han establecido dos períodos en el régimen pluviométrico:

- 1o.- Un período de precipitaciones máximas del mes de  
de julio al mes de noviembre.
- 2o.- Un período de estiaje del mes de diciembre al mes  
de junio.

Para el cálculo de las aportaciones al vaso de Chicoasén se  
han tomado en cuenta las extracciones del vaso de la Angos-  
tura con los posibles derrames de su vertedor, las aporta-  
ciones de su propia cuenca así como el gasto que aportarán  
las tres turbinas de la presa de la Angostura.

Como resultado de estos cálculos se obtuvieron los siguientes  
gastos:

Gasto máximo para la obra de desvío:	4 500 m <sup>3</sup> /seg
Gasto máximo para la obra de excedencias:	17 400 m <sup>3</sup> /seg
Precipitación media anual:	957 mm

### 3.1.2. CLIMATOLOGIA

Para obtener los datos climatológicos de Chicoasén, se cuen-  
ta con 8 estaciones metereológicas, se tomaron registros de  
los años de 1961 a 1973, dichos registros son:

### Temperatura Promedio Mensual.

Máxima: 42.3°C

Media : 28.2°C

Mínima: 12.6°C

### Evaporación

Máxima: 239 mm. en el mes de marzo

Mínima: 91 mm. en el mes de noviembre

Media Anual: 163 mm.

#### 3.1.3. TOPOGRAFIA DE LA BOQUILLA

La construcción de la Cortina se hará en un cañón de 2.5 Km. de largo con paredes verticales que parten desde el nivel -- del río ( 200 m.), hasta la elevación 330 m.. A partir de es ta elevación, la margen izquierda tiene una pendiente aprox imadamente de 40° hasta la elevación 405 m. ( elevación de la corona de la Cortina ), la margen derecha continúa con pare des verticales hasta la elevación 390, a partir de ese punto la topografía es ondulada con una pendiente promedio del 5% hasta llegar a la altura de la corona de la Cortina. ( Ver - figura No. 9 ).

#### 3.1.4. GEOLOGIA DE LA BOQUILLA

El cañón donde se localizará la Cortina, forma parte de un - monoclinal y su estructura está afectada por plegamientos an ticlinales y sinclinales locales, los cuales se hallan dis--

puestos en bloques escalonados y grábenes debido al efecto de arrastre que produce la falla Chicoasén.

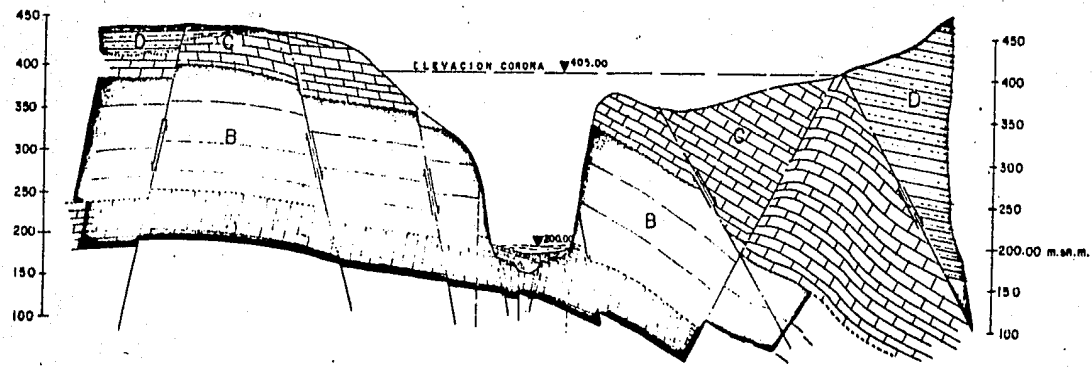
Se han localizado 4 estratos bien definidos en la boquilla, los cuales se pueden observar en la figura No. 9, dichos estratos están constituidos de la siguiente manera:

**Estrato A:** Constituido por calizas muy resistentes de color gris oscuro, con intercalaciones de arcillas y lutitas carbonosas

**Estrato B:** Formado por calizas arenosas masivas de color blanco, dispuestas en bancos compactos y resistentes de más de 20 m. de potencia, que constituyen la parte principal de las paredes del cañón

**Estrato C:** Consiste en calizas compactas estratificadas, dispuestas en capas que varían de 5 a 300 cm. de espesor, intercaladas con horizontes de arcillas y lutitas que van de 1 a 200mm de potencia, estas rocas se localizan en la porción alta del cañón.

**Estrato D:** Constituido por lutitas, areniscas brechas calcáreas y margas que son fácilmente erosionables e intemperizables.



- ALUVION
- LUTITAS Y MARGAS
- CALIZA ESTRATIFICADA
- CALIZA MASIVA
- CALIZA ESTRATIFICADA

- ALLUVIUM
- SHALES AND MARLS
- STRATIFIED LIMESTONE
- MASSIVE LIMESTONE
- STRATIFIED LIMESTONE

- FALLA O FRACTURA
- CONTACTO GEOLOGICO
- RUMBO Y ECHADO
- ANTICLINAL
- SINCLINAL
- SOCAVON DE EXPLORACION

- FAULT OF FRACTURE
- GEOLOGICAL CONTACT
- DIP AND STRIKE
- ANTICLINE
- SYNCLINE
- EXPLORATION ADIT

ZDZC	INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOASEN
	REALIZADO POR M. BLAS, C. CIVIL, ING. GEO. ROBERTO
MEXICO D. F. 1977	

- FAILLE OU FRACTURE
- CONTACT GEOLOGIQUE
- RUMB ET INCLINAISON
- ANTICLINE
- SYNCLINE
- GALERIE D'EXPLORATION

FIGURA 9

### Calidad de la Roca

Las características físicas de las rocas que forman en Cañón de Chicoasén, considerando localmente donde quedarán emplazadas las obras, indican que no habrá grandes problemas en el curso de las excavaciones y la construcción de las mismas. - Eso si, en algunos lugares habrá que realizar anclajes e inyecciones con el fin de asegurar su estabilidad

Sobre la impermeabilidad del vaso y de la boquilla, en base a observaciones geológicas, se concluyó que las rocas que -- constituyen la boquilla de Chicoasén, no presentan cavidades de disolución importantes que puedan originar fugas en el em balse.

Una posibilidad de fugas de agua sería a través de las fracturas de las paredes del cañón, para evitarlas se inyectará la roca formando una pantalla impremeable a partir de una serie de galerías excavadas para ese fin.

#### 3.1.5. SISMOLOGIA

El Proyecto Hidroeléctrico Chicoasén, se encuentra dentro de una de las zonas de mayor frecuencia sísmica en el mundo, en esta zona se han presentado innumerables sismos con intensidades hasta de 7.5 ° Richter, cercanas a la obra se localizan dos importantes fallas geológicas, tales como la falla - Chicoasén-Malpasso y falla Cañada Muñiz, así como una tercera de menor importancia como es la falla Osumacinta.

La presencia de estas tres fallas determinaron parcialmente-

que se eligiera para la cortina de este proyecto ;una de mate riales graduados, ya que originalmente por las condiciones que presentaba la boquilla, se pensaba sin lugar a duda en una pre sa de concreto tipo arco-bóveda, pero la posibilidad de que se presentaran moviminetos diferenciales entre los empotramientos debido a la acción de un sísmo intenso, hizo que se desechara totalmente esta opción eligiendose así la Cortina de Materia - les Graduados, que presenta la característica de ser flexible.

Se han analizado registros de sismología instrumental, así co mo información sobre intensidades en escala de Mercalli modi ficada y se ha concluido que:

El área del proyecto se encuentra en una zona tectonicamente - estable.

Cualquier movimiento telúrico, como los registrados en las -- zonas, no provocaría desplazamientos diferenciales en las -- obras que integran el proyecto.

La aceleración de los sismos registrados es menor que 0.15 g.

### 3.2. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION

#### 3.2.1. PROYECTO

- 1.- Cantidades de Óbra
- 2.- Procedencia de Materiales
- 3.- Destino de Materiales
- 4.- Distancias de Acarreo
- 5.- Programa de Ejecución



## 6.- Especificaciones de Construcción

### 3.2.2. SELECCION DEL PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION

- 1.- Planta de Procesamiento de Materiales  
Centralizada y Transporte por medio de  
Bandas

### 3.2.3 TRATAMIENTO DE MATERIALES

- 1.- Material Pétreo
- 2.- Material Arcilloso
- 3.- Roca; Concreto Dental

### 3.2.4. TRABAJOS PREVIOS A LA COLOCACION DE MATERIALES

- 1.- Limpieza del Recinto
- 2.- Anclaje de Rocas
- 3.- Losa de Desplante
- 4.- Tapete de Consolidación

### 3.2.5. PROCESOS DE CONSTRUCCION

- 1.- Esquemas de Producción y Entrada diaria de  
Materiales a la Cortina

### 3.2.6 EQUIPOS DE TRANSPORTE, COLOCACION Y COMPACTACION DE MATERIALES

### 3.2.7 CONTROL DE OBRA

### 3.2.1. PROYECTO

La selección del tipo de presa que se piensa construir, dependen de una serie de factores que influyen al de terminar definitivamente el tipo de presa. Estos factores podemos decir quizá son los más importantes en el proceso de decisión y son los siguientes:

- 1.- Topografía de la Boquilla
- 2.- Geología de la Boquilla
- 3.- Disponibilidad de Materiales
- 4.- Objetivos de Proyecto
- 5.- Acomodo de las Estructuras Auxiliares

Los factores anteriores redundan en una de las bases que más se deben tomar en cuenta en la ingeniería: " La economía de la obra y su mejor eficiencia ".

#### PRESA CHICOASEN.

Respecto a la topografía de la boquilla, la forma de ésta resultaba ideal para la construcción de una presa de concreto tipo arco-bóveda, ya que se trata de una boquilla estrecha y alta, pero tomando en cuenta la geología estructural del sitio, por medio de estudios de geología, se descubrió la presencia de tres fallas sísmicas a lo largo de la zona del proyecto, esto hizo que se descartara totalmente la idea de --- construir una presa rígida es decir de concreto, ya que como se sabe, el concreto no admite esfuerzos de tensión y al ocurrir cualquier movimiento sísmico se presentarían estos esfuerzos de tensión ocasionando la ruptura del concreto.

Tomando en cuenta este factor y viendo que no se tenía ningún problema con la disponibilidad de materiales en vista de que se contaba con la abundancia de éstos, se optó por construir para el Sistema Hidroeléctrico Chicoasén : una PRESA DE MATERIALES GRADUADOS.

Los objetivos de este proyecto son los de construir un Sistema Hidroeléctrico sobre el Río Grijalva, que junto con otros tres sistemas ( Angostura, Malpaso y Peñitas ), aprovecharán la capacidad hidroeléctrica del mencionado río.

Las estructuras auxiliares se han descrito en el capítulo 2, y no se tuvo ningún problema para definir el acomodo de éstas

En conclusión, se trata de una presa de materiales graduados de 250 m. de altura y 1 Km. aproximadamente de base ( en corte transversal), la sección es simétrica, se construye en la parte final del " Cañón del Sumidero ", cerca del poblado de Chicoasén en el estado de Chiapas, no hay problema en cuanto a la abundancia de materiales; los bancos de préstamo se encuentran próximos al sitio de la Cortina.

#### DEFINICION DE TERMINOS.

##### PRESA DE MATERIALES GRADUADOS

Se ha dado este nombre a las presas en que los materiales se distribuyen en forma gradual, de los suelos finos en el corazón, pasando por los filtros y transiciones a los enrocamientos en los que también se trata de colocar respetando la mis

ma idea, generalmente la sección es simétrica.

### CORTINA O PRESA

Ambos términos se emplean como sinónimos al designar la estructura que tiene por objeto crear un almacenamiento de agua o derivar el río.

### BOQUILLA O SITIO

Lugar escogido para construir la Cortina.

### SECCION DE LA CORTINA

En general es cualquier corte de la presa; pero a menos que se especifique la estación o encadenamiento de dicho corte, es la sección de máxima altura de la cortina.

### ALTURA DE LA CORTINA

Se define como la distancia vertical máxima entre la corona y la cimentación, la cual no necesariamente coincide con la medida desde el cauce del río por la presencia de depósitos aluviales.

### CORONA O CRESTA

Es la superficie superior de la Cortina que en ciertos casos puede alojar a una carretera o a la vía de un ferrocarril; normalmente es parte de la protección de la presa contra el oleaje y sismo, sirve de acceso a otras estructuras.

## TALUD

Es cualquier plano que constituye una frontera entre los materiales de la Cortina o con el medio circundante. Se medirá por la relación de longitudes en el cateto horizontal y el vertical; por ejemplo un talud 3.5:1, significa que la cotan<sup>g</sup>ente del ángulo que forma el plano o traza con la horizontal es 3.5.

## CORAZON IMPERMEABLE

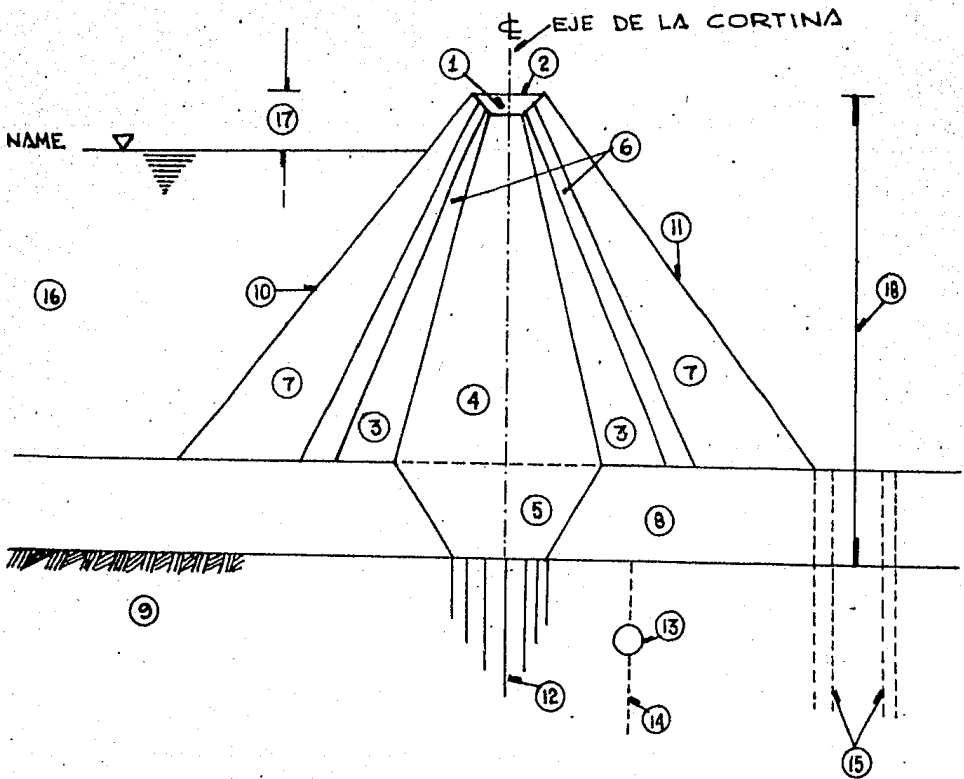
También llamado núcleo de tierra, es el elemento de la presa que cierra el valle al paso del agua contenida en el embalse o vaso.

## RESPALDOS PERMEABLES

Son las masas granulares que integran junto con el corazón impermeable la Sección de la Cortina, pueden estar formados por filtros, transiciones y enrocamientos como se muestra en la figura No.10.

## NAME

Abreviación del nivel de aguas máximo extraordinario, es la elevación del agua en el vaso cuando la presa está llena y además funciona el vertedor a su máxima capacidad, hay otros niveles usuales en presas como son el de aguas máximas ordinarias (NAMO), el nivel medio de operación y el máximo de azolves, la diferencia entre la corona y el NAME es el bordo libre.



F I G U R A N O. 10

MDZC	INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOASEN
	PRESA DE MATERIALES GRADUADOS
	REALIZO J. M. OLAC, C. DIR. ING. FCO. NORF 54
	MEXICO D. F. 1977

- 1 CRESTA O CORONA
- 2 REVESTIMIENTO DE LA CORTINA
- 3 FILTROS
- 4 CORAZON O NUCLEO IMPERMEABLE
- 5 TRINCHERA
- 6 TRANSICIONES
- 7 ENROCAMIENTOS
- 8 DEPOSITO ALUVIAL
- 9 ROCA BASAL
- 10 TALUD AGUAS ARRIBA
- 11 TALUD AGUAS ABAJO
- 12 PANTALLA DE INYECCIONES
- 13 GALERIA
- 14 DRENES
- 15 POZOS DE ALIVIO
- 16 EMBALSE O VASO
- 17 BORDO LIBRE
- 18 ALTURA DE LA CORTINA

## 1.- Cantidades de Obra

Las cantidades de obra no son otra cosa sino el volúmen total de material que deberá ser colocado en la cortina.

Como se mencionó anteriormente una presa de materiales graduados, está formada por una diversidad de materiales. A continuación se describen los volúmenes individuales de cada material así como el volúmen total de la Cortina, también se calculan volúmenes sueltos y de desperdicio.

La colocación de estos materiales se puede observar en el plano " SECCION MAXIMA DE LA CORTINA ".

ARCILLA.- Se utilizará para formar el corazón o núcleo impermeable, (material: 1C, 1P, 1T)

Volúmen total de arcilla compacto:  $2\ 200\ 000\ m^3$

Volúmen Suelto:

Vol. Suelto = Vol.comp. x Cc.

Cc.= Coeficiente de compactación

Cc.= 1.25

Vol.Suelto =  $2\ 200\ 000 \times 1.25 = 2\ 750\ 000\ m^3$

Volúmen de Desperdicio:

Vol.Desp.= Vol.Suelto x Cd.

Cd.= Coeficiente de desperdicio

Cd.= 0.31

Vol.Desp.=  $2\ 750\ 000 \times 0.31 = 852\ 500\ m^3$



Volúmen Total por mover de Arcilla:

$$\text{Vol. Total} = \text{Vol. Suelto} + \text{Vol. Desperdicio}$$

$$\text{Vol. Total} = 2\,750\,000 + 852\,500 = \underline{3\,602\,500\text{ m}^3}$$

FILTROS.- Van adyacentes al núcleo y su función tiene efecto en las épocas de llenado y vaciado de la presa, (material 2TAR y 2TAB ).

$$\text{Volúmen total de filtros compactos:} \quad 600\,000\text{ m}^3$$

Volúmen Suelto:

$$\text{Vol. Suelto} = \text{Vol. comp.} \times \text{Ca.}$$

Ca. = Coeficiente de abundamiento

$$\text{Ca.} = 1.4$$

$$\text{Vol. Suelto} = 600\,000 \times 1.4 = 840\,000\text{ m}^3$$

Volúmen de Desperdicio:

$$\text{Vol. Desp.} = \text{Vol. Suelto} \times \text{Cd.}$$

$$\text{Cd.} = 0.31$$

$$\text{Vol. Desp.} = 840\,000 \times 0.31 = 260\,400\text{ m}^3$$

Volúmen Total por mover de Filtros

$$\text{Vol. Total} = \text{Vol. Suelto} + \text{Vol. Desperdicio}$$

$$\text{Vol. Total} = 840\,000 + 260\,400 = \underline{1\,100\,400\text{ m}^3}$$

TRANSICION.- Constituye el material que separa los filtros del enrocamiento para evitar fugas del primer material hacia el segundo. (material 3AR y 3AB)

Volúmen Total de transición compacto: 1 550 000 m<sup>3</sup>

Volúmen Suelto:

Vol.Suelto = Vol.comp. x Ca.

Ca. = Coeficiente de abundamiento

Ca. = 1.4

Vol.Suelto = 1 550 000 x 1.4 = 2 170 000 m<sup>3</sup>

Volúmen de Desperdicio:

Vol.Desp. = Vol.Suelto x Cd.

Cd. = 0.31

Vol.Desp. = 2 170 000 x 0.31 = 672 700 m<sup>3</sup>

Volúmen Total por mover de Transición:

Vol.Total = Vol.Suelto + Vol.Desperdicio

Vol.Total = 2 170 000 + 672 700 = 2 842 700 m<sup>3</sup>

ENROCAMIENTOS.- Constituyen el material que formará el cuerpo de la Cortina.

ENROCAMIENTO COMPACTADO. (Material 4 )

Volúmen total de enrocamiento compactado o material 4 compacto : 5 130 000 m<sup>3</sup>

Volúmen Suelto:

$$\text{Vol. Suelto} = \text{Vol. comp.} \times \text{Ca.}$$

Ca. = Coeficiente de abundamiento

$$\text{Ca.} = 1.4$$

$$\text{Vol. Suelto} = 5\,130\,000 \times 1.4 = 7\,182\,000 \text{ m}^3$$

Volúmen de Desperdicio:

$$\text{Vol. Desp.} = \text{Vol. Suelto} \times \text{Cd.}$$

$$\text{Cd.} = 0.31$$

$$\text{Vol. Desp.} = 7\,182\,000 \times 0.31 = 2\,226\,420 \text{ m}^3$$

Volúmen Total por mover de Material 4

$$\text{Vol. Total} = \text{Vol. Suelto} + \text{Vol. Desperdicio}$$

$$\text{Vol. Total} = 7\,182\,000 + 2\,226\,420 = \underline{9\,408\,420 \text{ m}^3}$$

ENROCAMIENTO SUELTO O MATERIAL 4S

Volúmen total de material 4S compacto: 2 600 000 m<sup>3</sup>

Volúmen Suelto:

$$\text{Vol. Suelto} = \text{Vol. comp.} \times \text{Ca.}$$

Ca. = Coeficiente de abundamiento

$$\text{Ca.} = 1.4$$

$$\text{Vol. Suelto} = 2\,600\,000 \times 1.4 = 3\,640\,000 \text{ m}^3$$

Volúmen de Desperdicio:

$$\text{Vol. Desp.} = \text{Vol. Suelto} \times \text{Cd.}$$

Cd. = Coeficiente de desperdicio

$$\text{Cd.} = 0.31$$

$$\text{Vol. Desp.} = 3\,640\,000 \times 0.31 = 1\,128\,400 \text{ m}^3$$

Volúmen Total por mover de Material 4S

$$\text{Vol. Total} = \text{Vol. Suelto} + \text{Vol. Desperdicio}$$

$$\text{Vol. Total} = 3\,640\,000 + 1\,128\,400 = 4\,768\,400 \text{ m}^3$$

ENROCAMIENTO COMPACTADO UNIFORME O  
MATERIAL 4U.

$$\text{Volúmen total de material 4U compacto:} \quad 700\,000 \text{ m}^3$$

Volúmen Suelto:

$$\text{Vol. Suelto} = \text{Vol. comp.} \times \text{Ca.}$$

Ca. = Coeficiente de abundamiento

$$\text{Ca.} = 1.4$$

$$\text{Vol. Suelto} = 700\,000 \times 1.4 = 980\,000 \text{ m}^3$$

Volúmen de Desperdicio:

$$\text{Vol. Desp.} = \text{Vol. Suelto} \times \text{Cd.}$$

$$\text{Cd.} = 0.31$$

$$\text{Vol. Desp.} = 980\,000 \times 0.31 = 303\,800 \text{ m}^3$$

Volúmen Total de Material 4U por mover

$$\text{Vol. Total} = \text{Vol. Suelto} + \text{Vol. Desperdicio}$$

$$\text{Vol. Total} = 980\,000 + 303\,800 = \underline{1\,283\,800 \text{ m}^3}$$

## ENROCAMIENTO ACOMODADO CONTRACTOR 0

## MATERIAL 5

Volúmen total de material 5 compacto: 1 450 000 m<sup>3</sup>

Volúmen suelto:

$$\text{Vol. Suelto} = \text{Vol. comp.} \times \text{Ca.}$$

Ca. = Coeficiente de abundamiento

$$\text{Ca.} = 1.4$$

$$\text{Vol. Suelto} = 1\,450\,000 \times 1.4 = 2\,030\,000 \text{ m}^3$$

Volúmen de Desperdicio:

$$\text{Vol. Desp.} = \text{Vol. Suelto} \times \text{Cd.}$$

Cd. = Coeficiente de desperdicio

$$\text{Cd.} = 0.31$$

$$\text{Vol. Desp.} = 2\,030\,000 \times 0.31 = 629\,300 \text{ m}^3$$

Volúmen Total por mover de Material 5

$$\text{Vol. Total} = \text{Vol. Suelto} + \text{Vol. Desperdicio}$$

$$\text{Vol. Total} = 2\,030\,000 + 629\,300 = \underline{2\,659\,300 \text{ m}^3}$$

## ENROCAMIENTO DE GRAN TAMAÑO 0

## MATERIAL 6

Volúmen total de material 6 180 000 m<sup>3</sup>

Volúmen de Desperdicio:

$$\text{Vol. Desperdicio} = \text{Vol. Total} \times \text{Cd.}$$

Cd. = Coeficiente de desperdicio

$$Cd. = 0.31$$

$$\text{Vol. Desp.} = 180\,000 \times 0.31 = 55\,800 \text{ m}^3$$

### Volúmen Total por mover de Material 6

$$\text{Vol. Total} = \text{Vol.} + \text{Vol. Desperdicio}$$

$$\text{Vol. Total} = 180\,000 + 55\,800 = \underline{235\,800 \text{ m}^3}^{**}$$

\*\* Este material no se ve afectado por el coeficiente de compactación o abundamiento, ya que no será compactado sino tirado a volteo.

### RESUMEN DE VOLUMENES DE MATERIAL

M A T E R I A L	VOL. COMPACTO ( m <sup>3</sup> )	VOL. POR MOVER ( m <sup>3</sup> )
ARCILLA	2 200 000	3 602 500
FILTROS	600 000	1 100 400
TRANSICION	1 550 000	2 842 700
ENROCAMIENTO 4	5 130 000	9 408 420
ENROCAMIENTO 4S	2 600 000	4 768 400
ENROCAMIENTO 4U	700 000	1 283 800
ENROCAMIENTO 5	1 450 000	2 659 300
ENROCAMIENTO 6	<u>180 000</u>	<u>235 800</u>
TOTAL	14 410 000	25 901 320

De lo anterior se concluye lo siguiente:

Volúmen total de material necesario para

la construcción de la Cortina

25 901 320 m<sup>3</sup> \*

\* Este volúmen incluye desperdicios y volúmen suelto.

Volúmen que formará el cuerpo de la cortina: 14 410 000 m<sup>3</sup>

Volúmenes Totales de la Cortina:

Volúmen Material Pétreo:	12 210 000 m <sup>3</sup>
Volúmen Material Impermeable:	<u>2 200 000 m<sup>3</sup></u>
Volúmen Total:	14 410 000 m <sup>3</sup>

## 2.- Procedencia de Materiales

El abastecimiento de los materiales requeridos en la Cortina se realizará mediante dos fuentes abastecedoras:

- a.- Bancos de Material Pétreo
- b.- Bancos de Material Impermeable

a.- Bancos de Material Pétreo.- Se cuenta con dos diferentes tipos de bancos de material pétreo: los bancos naturales de préstamo y los bancos originados por la extracción de material en la construcción, ya sea de los túneles vertedores, -- obra de toma o casa de máquinas, las principales fuentes abastecedoras ( bancos ) de este material, son:

- 1.- Pedrera No. 1
- 2.- Pedrera No. 2 o canal de llamada a túneles vert.
- 3.- Pedrera No. 3
- 4.- Túneles Vertedores
- 5.- Casa de Máquinas
- 6.- Obra de Toma

Las Pedreras o también llamadas Canteras son bancos naturales de préstamo, es decir, de estos bancos se extrae material con el único fin de proporcionarlo a la Cortina, estos bancos están formados por roca caliza.

El material que se obtiene de la construcción de los túneles vertederos, casa de máquinas y obra de toma, también será colocado en la Cortina.

Los volúmenes que se extraerán de cada banco se muestran en la tabla No.1.

#### b.- Bancos de Material Impermeable.

Se cuenta con seis bancos de material impermeable, el material de estos bancos será transportado a 3 almacenes principales con el fin de proporcionarles el tratamiento indicado en las especificaciones de construcción, en vista de que no se puede colocar directamente en la Cortina.

#### Bancos de Material Impermeable:

- |                                     |   |                       |   |                       |
|-------------------------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|
| 1.-Banco de extracción "Cementerio" | } | Se componen de        |   |                       |
| 2.-Banco de extracción "Osumacinta" |   |                       | } | Lútitas alteradas     |
| 3.-Banco de extracción "Zapote"     |   |                       |   |                       |
| 4.-Banco de extracción "Auditorio"  | } | Conglomerado alterado |   |                       |
| 5.-Banco de extracción "Subtejeria" |   |                       | } | Conglomerado alterado |
| 6.-Banco de extracción "Marin"      |   |                       |   |                       |



TABLA No.1 . VOLUMENES DE MATERIAL PETREO

BANCO	VOLUMEN BANCO	VOLUMEN APROVECHABLE	VOLUMEN DESPERDICIO	COLOCACION CORTINA	
				VOL. EN CORT. V. APR. x 1.22	VOL. REQUERIDO EN CORTINA
MATERIAL PETREO:	$10^6 \text{ m}^3$			FACTOR $\frac{\text{COLOCACION CORTINA}}{\text{VOLUMEN BANCO}} = 1.22$	
PEDRERA No.1	4.90	4.41	0.49	$5.39 \times 10^6 \text{ m}^3$	
PEDRERA No.2	2.92	2.72	0.20	$3.32 \times 10^6 \text{ m}^3$	
PEDRERA No.3	0.41	0.32	0.10	$0.39 \times 10^6 \text{ m}^3$	
TUN. VERTEDORES	0.94	0.88	0.06	$1.15 \times 10^6 \text{ m}^3$	
CASA DE MAQUINAS	0.68	0.60	0.08	$0.74 \times 10^6 \text{ m}^3$	
OBRA DE TOMA	1.40	1.00	0.40	$1.22 \times 10^6 \text{ m}^3$	
<b>TOTAL</b>	<b>10.89</b>	<b>9.93</b>	<b>1.33</b>	<b><math>12.21 \times 10^6 \text{ m}^3</math></b>	<b><math>12.21 \times 10^6 \text{ m}^3</math></b>

Datos proporcionados por la Residencia de Construcción de la Cortina de la C.F.E.

Nota.- Estos volúmenes indicados en la tabla, estan sujetos a cambios, a juicio de la misma Residencia de Construcción.

Como se mencionó anteriormente, el material extraído de estos bancos, será almacenado para someterlo a un tratamiento que se mencionará posteriormente.

Almacenes de Material Impermeable: Existen 2 principales

- Almacén " Tejeria "
- Almacén " Los mangos "

En estos dos sitios se almacenará arcilla plástica producto de lutita alterada, se les proporcionará un tratamiento para después colocarlo en la Cortina.

El volúmen que se necesita obtener de estos bancos es de --  
2 200 000 m<sup>3</sup> compactos o 3 602 500 m<sup>3</sup> sueltos.

Existen además otros bancos y almacenamientos de menor importancia como son:

ALMACEN	MATERIAL
Caverna	Arcilla conglomerado
Salida Túnel Caverna	Arcilla plástica
Copainalá	Grava-arena
No. 20	Grava-arena
No. 5	Grava-arena
No. 2	Arena
No. 3	Grava-arena
No. 6	Grava-arena
Vertedores	Roca

BANCOS	MATERIAL
Bombaná	Grava-arena
Playón 5	Grava-arena
Frente Playón 5	Grava-arena

La localización de estos bancos y almacenamientos se puede - observar en el plano " LOCALIZACION DE BANCOS Y ALMACENAMIENTOS ".

### 3.- Destino de Materiales

Para satisfacer la demanda de materiales en la Cortina se -- piensa extraer material en las siguientes proporciones:

Pedrera No. 1.- El material de este banco se distribuirá como sigue:

Filtros (material 2):	300 000 m <sup>3</sup>	
Transición (material 3 ):	300 000 m <sup>3</sup>	
Enrocamiento (material 4 ):	4 430 000 m <sup>3</sup>	
Enrocamiento (material 5 ):	<u>370 000 m<sup>3</sup></u>	
TOTAL PEDRERA NO.1	5 400 000 m <sup>3</sup>	5 400 000 m <sup>3</sup>

### Pedrera No. 2 .-

Filtros (mat.2):	300 000 m <sup>3</sup>
Transición (mat.3):	200 000 m <sup>3</sup>

Enrocamiento (mat.4):	<u>2 820 000 m<sup>3</sup></u>	
TOTAL PEDRERA No.2	3 320 000 m <sup>3</sup>	3 320 000 m <sup>3</sup>

Pedreira No. 3.-

Enrocamiento (mat.4):	370 000 m <sup>3</sup>	370 000 m <sup>3</sup>
-----------------------	------------------------	------------------------

Túneles Vertedores.-

Transición (mat.3):	740 000 m <sup>3</sup>	
Enrocamiento (mat.4):	<u>410 000 m<sup>3</sup></u>	
TOTAL TUNELES VERT.	1 150 000 m <sup>3</sup>	1 150 000 m <sup>3</sup>

Casa de Máquinas.-

Transición (mat.3):	300 000 m <sup>3</sup>	
Enrocamiento (mat.4):	300 000 m <sup>3</sup>	
Enrocamiento (mat.5):	<u>140 000 m<sup>3</sup></u>	
TOTAL CASA DE MAQ.	740 000 m <sup>3</sup>	740 000 m <sup>3</sup>

Obra de Toma.-

Enrocamiento (mat.4):	100 000 m <sup>3</sup>	
Enrocamiento (mat.5):	950 000 m <sup>3</sup>	
Enrocamiento (mat.6):	<u>170 000 m<sup>3</sup></u>	
TOTAL OBRA DE TOMA	1 220 000 m <sup>3</sup>	1 220 000 m <sup>3</sup>

Otros Bancos.-

Enrocamiento (mat.6)	10 000 m <sup>3</sup>	<u>10 000 m<sup>3</sup></u>
----------------------	-----------------------	-----------------------------

GRAN TOTAL

12 210 000 m<sup>3</sup>4.- Distancias de Acarreo

Las distancias que se mencionan a continuación son las que hay de cada banco o almacén, ya sea al sitio de la Cortina o al lugar donde se procesen o traten los materiales.

Es conveniente indicar que para acelerar la construcción de la Cortina, se ha recurrido a otros medios de acceso a la colocación de los materiales en la misma, tales como la Planta T-1, o las lumbreras ( 1 y 2 ), construidas en ambos cantiles de la boquilla, estas lumbreras tienen salida directamente a la Cortina.

## D I S T A N C I A S

DE	A	DIST. MEDIA
Pedrera No.1	Cañada Seca*	0.5 Km.
Pedrera No.2	Ataguía A. Arriba	2.1 Km.
Túneles Vertedores	Lumbrera No.1	1.0 Km.
Obra de Toma	Lumbrera No.2	1.5 Km.
Casa de Máquinas	Colocación Cortina	1.0 Km.
Almacén " Tejería "	Planta T-1**	4.0 Km.
Almacén " Tejería "	Cortina	4.2 Km.

\* Cañada Seca.- Se definirá en incisos posteriores.

\*\* Planta T-1.- Planta de procesamiento de materiales.

DE	A	DIST. MEDIA
Banco " La Costilla "	Almacén " Tejería "	1.0 Km.
Cribas Copainalá	Cortina	5.0 Km.
Banco Cocujen	Planta T-1	2.3 Km.
Banco No.3	Planta T-1	1.0 Km.
Banco " Viva Cárdenas"	Almacén	30.0 Km.
Pedrera No.3	Planta T-2	1.0 Km.
Planta T-2	Ataguía A. Arriba	1.3 Km.

### 5.- Programa de Ejecución

Se ha programado realizar la construcción de la Cortina en un periodo de 30 meses, esto es, de la siguiente manera:

Fecha de inicio: Enero de 1977

Fecha de término: Julio de 1979

De lo anterior se concluye que se cuenta con 2 1/2 años para la construcción de la Cortina.

Tomando en cuenta que en un año se tienen 52 domingos que no se laboran, así como 7 días festivos, 6 días de costumbre y 1 día de sindicato, en los que tampoco se labora, nos da como resultado que se tienen 65 días ilaborables por año, es decir que de 365 días que tiene el año, quedan solo 300 --- días efectivos por año. Considerando también que se ha evaluado que en los días sábado se tiene una producción equivalente a medio día, hay que restar este tiempo a los 300 días, se tienen 52 sábados por año, lo que equivale a 27 días efec

tivos, por lo que se tiene que:  $300 - 27 = 273$  días efectivos por año:

$$\text{Días efectivos totales} = 273 \times 2.5 = \underline{682 \text{ días}}$$

Por otro lado se debe considerar que debido a que se utilizará un sistema de transporte de materiales por medio de -- bandas transportadoras y que éstas serán colocadas en dis-- tintos lugares de la Cortina, conforme vaya alcanzando altura ésta y el cambio de bandas requiere obviamente de tiempo efectivo para realizarlo, ya que al hacer estos cambios se parará totalmente la actividad en la obra.

Se realizarán 5 cambios de bandas que en total requieren de 85 días efectivos, por lo que al restar éstos de los 682 -- días anteriores, se cuenta con 597 días efectivos para cons-- truir la Cortina.

Considerando que se tiene un volúmen por colocar de -----  
14 410 000 m<sup>3</sup> en total, se espera una producción diaria de:

$$\begin{aligned} \text{Producción diaria} &= \frac{\text{Volúmen Total}}{\text{Días efectivos}} = \frac{14\ 410\ 000}{597} \\ &= \underline{24\ 138 \text{ m}^3/\text{dia.}} \end{aligned}$$

## 6.- Especificaciones.-

ESPECIFICACIONES PARA LA EXCAVACION DEL RECINTO ENTRE  
ATAGUIAS PARA LA CONSTRUCCION DE LA CORTINA.

OBJETIVO.-

Los trabajos aquí mencionados cubren la ejecución de todas - las operaciones requeridas para la excavación del recinto en tre ataguías, como se especifica a continuación.

Los trabajos incluirán pero no quedarán limitados a lo si-- guiente:

- Desagüe superficial del estanque entre ataguías.
- Perforación y operación de pozos profundos para abatir el nivel del agua del recinto y en la zona de los aluviones - por excavar.
- Excavación y cargas de los aluviones en el recinto, así co mo su transporte tanto a los sitios indicados por la C.F.E. para su almacenamiento como a lugares en donde van a ser - utilizados como materiales de relleno,
- Excavación con explosivos de los bloques que se encuentran en el cauce.
- Ejecución de los trabajos específicos complementarios para la protección de las superficies expuestas.
- Sellado de fracturas y grietas en las paredes del cañón -- que pueda provocar flujo de agua al interior del recinto.

#### Generalidades

El contratista efectuará las excavaciones de acuerdo con los niveles, pendientes y dimensiones aquí especificados o como se muestra en los planos. Si al llegar a las elevaciones in dicadas en los planos, no se encuentran los materiales ade- cuados para la cimentación de la Cortina, la C.F.E. ordena rá al contratista los trabajos que considere necesarios pa



ra asegurar la calidad de los materiales de cimentación.

El contratista será totalmente responsable de los daños que puedan ocurrir en la roca de cimentación por el empleo inadecuado de explosivos u otras operaciones y deberá reparar los daños por su cuenta.

Todas las excavaciones deberán tener taludes estables y drenaje adecuado. El contratista deberá utilizar los equipos y procedimientos que resulten más eficientes y deberá transportar los materiales al sitio indicado por la C.F.E. para su almacenamiento o empleo directo, quedando prohibido la formación de almacenamientos intermedios.

#### CLASIFICACION DE EXCAVACION Y DE MATERIALES

Los métodos y programas para la ejecución de todas las actividades relativas a la excavación del recinto, incluyendo -- transporte, almacenamiento, drenaje y demás actividades conexas deberán someterse a la C.F.E. para su aprobación.

La clasificación de los materiales a excavarse será hecha -- por la C.F.E. y se consideran los siguientes tipos:

##### - Excavación común.

Incluye suelos arenosos y arcilloso, conteniendo gravas y boleos así como fragmentos de roca sueltos de volúmen menor a  $1m^3$ , así como cualquier otro material que pueda ser excavado sin el empleo de explosivos o de tractores pesados ( tipo D-9 ), equipados con rippers hidráulicos.

En este tipo de materiales no se hará distinción del estado en que se encuentren: seco, húmedo, sumergido, suelto o compacto.

- Excavación de roca por ripper.

Incluye la remoción de roca alterada y fracturada mezclada con suelo y todos los materiales que puedan excavar con tractores pesados tipo D-9 equipados con ripper hidráulico, excluyendo los materiales indicados en la excavación común.

- Excavación de roca por explosivos.

Incluye todas las rocas que requieran excavar por medio del uso sistemático de explosivos y equipo de perforación.

- Excavaciones confinadas.

Consisten en la remoción de fragmentos de roca, arena, arcilla o materiales orgánicos de grietas, fallas y cavernas -- sobre las líneas de excavación, en los cuales se requiere el empleo de procedimientos y herramientas manuales. La extensión de estas excavaciones sería dictaminada por la C.F.E.

#### PREPARACION Y TRATAMIENTO DE LA ROCA DE CIMENTACION

Se define la roca de cimentación como la superficie de roca sana alcanzada mediante las excavaciones indicadas en los planos y sobre la cual se desplantarán los enrocamientos, filtros y corazón impermeable de la Cortina.

De las exploraciones geológicas llevadas a cabo en el sitio

puede preverse la existencia de posibles fracturas, fisuras y alteraciones en la roca de cimentación. Esta característica puede dar por resultado la existencia de irregularidades en las excavaciones no indicadas en los planos; sin embargo cualquier modificación y/o adaptación de la superficie de cimentación podrá ser ejecutada solamente previa autorización de la C.F.E..

Si en el curso de las excavaciones se observa en la roca de cimentación la presencia de pequeñas fisuras de poca profundidad deberá procederse a su relleno con lechada.

Si en el curso de las excavaciones se nota la presencia de roca fracturada o que muestra la tendencia a desintegrarse por intemperismo, puede hacerse a juicio de la C.F.E., proteger dichas zonas con una capa de gunita o de concreto lanzado.

Las superficies de la roca de cimentación sana, deberán limpiarse cuidadosamente en forma manual, mediante pico y pala u otros aditamentos.

En la zona de la roca de cimentación correspondiente al corazón impermeable de la presa, la operación de limpieza deberá complementarse con chorros de agua o aire comprimido o mediante el efecto combinado de ambos. Todo material fino, suelto existente en los huecos o irregularidades de la superficie de la roca deberá removerse antes de iniciar el tratamiento prescrito a la colocación de los materiales del corazón.

Toda el agua que emerja dentro del área de la cimentación - proveniente de filtraciones, lluvias, curados de concreto, - construcción de filtros o de cualquier otra naturaleza, debe rá quedar debidamente aislada y drenada de manera que no interfiera con la preparación de la superficie de cimentación ni con el tratamiento y colocación de los rellenos en áreas adyacentes. En los sitios en que se tengan filtraciones -- abundantes o " manataiales " en la roca de cimentación, deberán colocarse dispositivos de achique con diámetro mínimo de tubería de 20" Ø, para eliminar dicha agua.

Deberán removerse todos los bloques sueltos o rocas aisladas, bien sea mecánicamente o con pequeñas cargas de explosivos - ( moneos ). También deben de eliminarse los taludes de las - laderas con pendientes negativas, o superficies cuyas irregu laridades impidan el contacto adecuado con los materiales de la Cortina. Para lograr lo anterior se emplearán rellenos de concreto u otros procedimientos aprobados.

Una vez que se haya terminado la preparación y tratamiento - de las superficies de la roca de cimentación, no se permiti- rá tráfico alguno a través de ellas hasta que no se haya co- locado la primera capa de materiales.

#### ESPECIFICACIONES PARA LOS TRABAJOS DE LIMPIEZA Y TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE LAS LADERAS.

##### Limpieza de las laderas.

Consistirá en la remoción dentro del recinto entre ata----

guías de todos los materiales orgánicos y deletéreos, así como los fragmentos sueltos que se encuentren en peligro de caer.

Todos los materiales así removidos deberán transportarse fuera de las áreas de trabajo y colocarse en " tiraderos " localizados en sitios aprobados por la C.F.E.

### Tratamiento Superficial de las laderas

Este tratamiento se dividirá en 2 zonas:

- a) Contacto entre el corazón impermeable y las laderas.
- b) Contacto entre los respaldos de enrocamiento y las laderas.

- a) Tratamiento superficial en el contacto con el corazón impermeable.

Para el corazón de la Cortina, la configuración propia de las paredes del cañón, impide la realización de excavaciones de importancia para eliminar las salientes de roca. Por lo tanto se deberá hacer todo lo posible para conformar y consolidar las paredes del cañón, removiendo perfectamente, todas las rocas que resulten defectuosas, sueltas o potencialmente inestables.

En el caso de masas rocosas potencialmente inestables, de tamaño considerable o que sirvan de apoyo a otros grandes bloques de roca, queda a juicio de la C.F.E. la decisión de ---

eliminar o no dichas masas. En caso de no eliminarse, se deberá adoptar un procedimiento adecuado para su tratamiento, como sería limpiar los huecos con chorros de aire a alta presión o por medio de otros métodos convenientes aceptados por la C.F.E., para después rellenar con lechada, mortero o concreto y aún en caso necesario, asegurar la masa de roca a las paredes del cañón por medio de anclas.

En algunas otras partes, el tratamiento de las paredes del cañón se hará localmente, debiendo aplicarse los siguientes métodos de tratamiento:

- 1.- Las superficies horizontales con caras adyacentes con altura de 3 m. o menor, pueden permanecer. ( Ver figura No.11 ).
- 2.- Los escalones o irregularidades con altura mayor de 3 m. deberán " costurearse " sin uso de explosivos y ser removidos ( Ver figura No.12 ).
- 3.- Todos los voladizos deberán ser removidos o rellenados con concreto con el fin de evitar vacios o huecos que queden cuando se coloque el material y traigan como consecuencia la formación de conductos por las que el agua pase, pudiendose presentar el fenómeno de " Tubificación " ( Ver figura No.13 ).
- 4.- Los bloques con grietas verticales deberán ser removidos y sustituidos por un chaflán de concreto. ( Ver figura No.14 ).

- 5.- En general deberá evitarse la construcción de chaflanes de concreto que se extiendan a través del ancho total -- del corazón. Si esto es indispensable, deberán excavarse en cada caso dos dentellones en la roca antes de colocar el concreto ( Ver figura No.15 ).
- 6.- Las capas de roca blanda u otro material interestratificado deberán ser cuidadosamente examinadas y tratadas. - Si se encuentra que son más permeables que el material - del corazón o bien, erosionables, dichas capas deberán - ser removidas hasta una profundidad mínima de 15 cm. y - reemplazadas con concreto dental. Otras capas pueden ser dejadas in situ directamente en contacto con el material plástico del corazón, siempre que dicho material de la - cimentación no se haya secado y agrietado.( Ver figura - No.16 ). Puede requerirse inyección posterior como parte del tratamiento de algunas de las capas de material blando.
- 7.- Los voladizos profundos deberán limpiarse cuidadosamente y ser rellenos de concreto.( Ver figura No.17 ).
- 8.- La roca altamente fracturada deberá ser excavada hasta - alcanzar roca sana.( Ver figura No.18 ).
- 9.- En el contacto del corazón con las laderas, se colocará el mismo material procedente del banco Tejería, con un - contenido de agua 2% mayor que el óptimo. El espesor de esta capa deberá ser de 1 m. aproximadamente.

10.- Pudiesen encontrarse filtraciones de agua en algunas de las grietas en el contacto con el corazón. Tales zonas deberán ser cuidadosamente limpiadas y colocarse en ellas un pequeño chaflán de roca triturada sobre el área húmeda. Si tales filtraciones se encuentran próximas a los extremos de Aguas Arriba o de Aguas Abajo del corazón, la roca puede conectarse al extremo del corazón con un tubo de plástico de pequeño diámetro. Subsecuentemente la roca triturada y el tubo de descarga deberán ser inyectadas con lechada de cemento hasta que la lechada sea expulsada a través del tubo de respiración. ( Ver figura No.19 ). Si las filtraciones están localizadas cerca de la porción central del corazón, deberán emplearse dos tubos verticales hacia arriba; ( Ver figura No.20 ). Tan pronto como se coloque la roca triturada, deberán colocarse inmediatamente a su alrededor varias capas de arcilla altamente plástica para soportar la presión y forzar el agua a subir por los tubos verticales. Posteriormente se inyectará lechada a través de uno de los tubos, actuando el otro como línea de retorno.

Inmediatamente aguas arriba y aguas abajo del contacto del corazón con las laderas y la cimentación deberá hacerse un tratamiento de modo que exista una transición gradual en una distancia horizontal de 5 m. a partir de la arista del corazón, hasta llegar al talud natural de la roca.



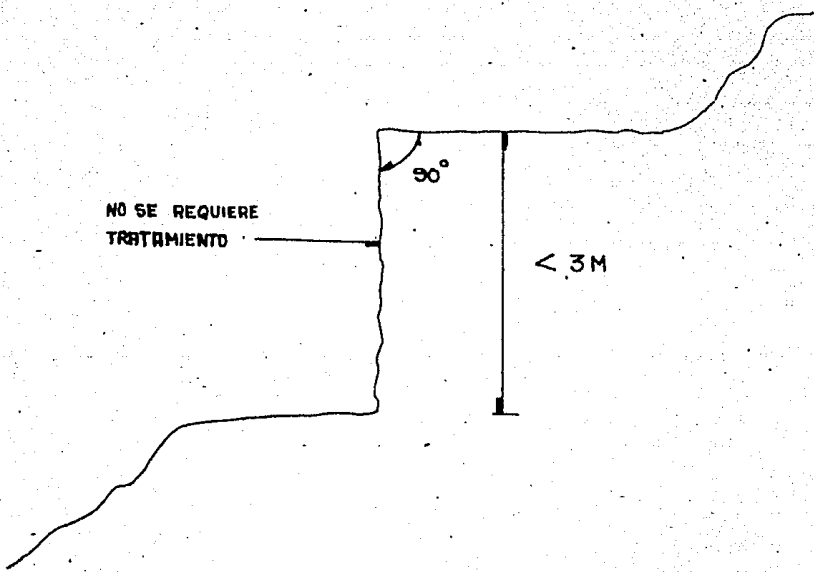
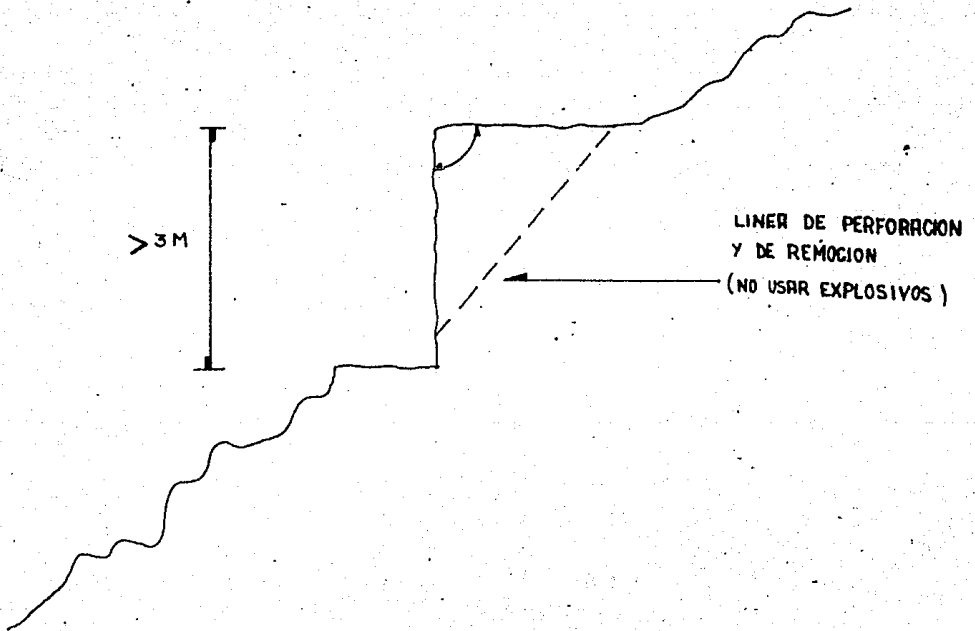


FIGURA NO.11

MDZC	INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOASEN
	ESPECIFICACIONES
REALIZO J. M. OLAC. C. CIVIL P. H. CHICOASEN	MEXICO D. F. 1977



F I G U R A NO.12

ZDZC	INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOASEN
	ESPECIFICACIONES
	REALIZO J. M. OLAC, C. DIR. ING. FCO. HERRERA
	MEXICO D. F. 1977

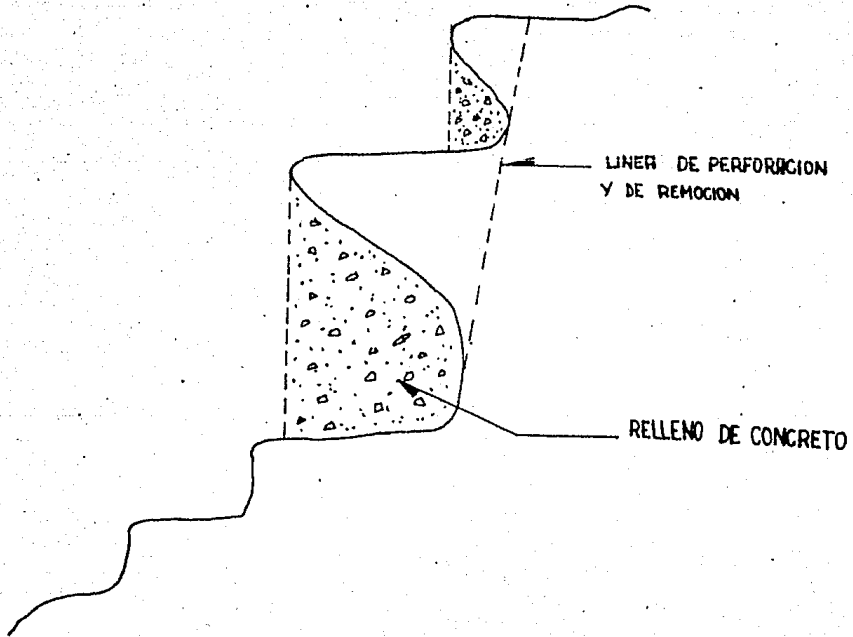


FIGURA NO.13

IDZC	INGENIERIA	
	TESIS PROFESIONAL	
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOASEN	
	ESPECIFICACIONES	
	REALIZO J. M. OLAC, C. C.A. 463, FCG, NOST 1A.	MEXICO D. F. 1977

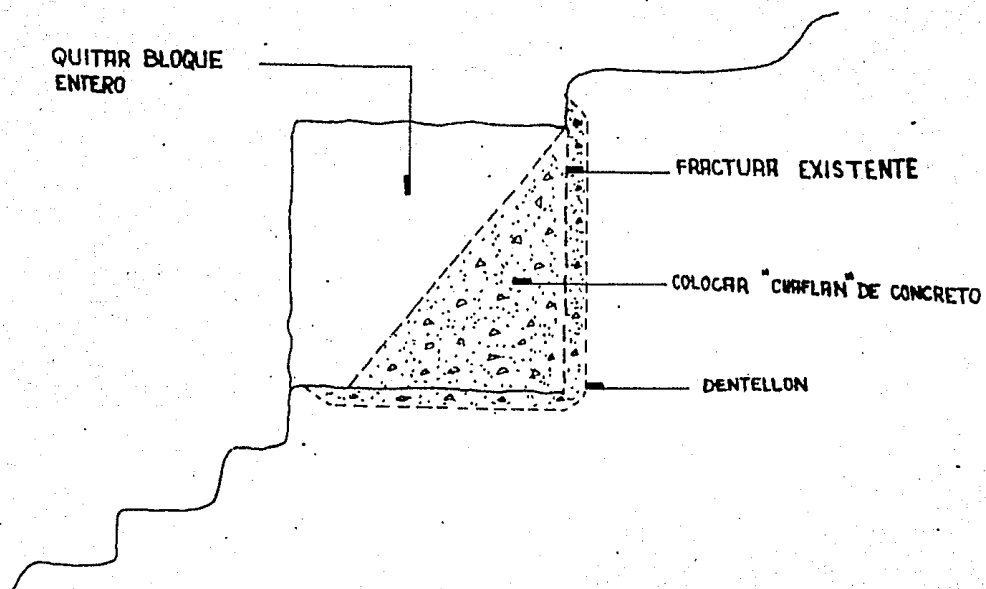
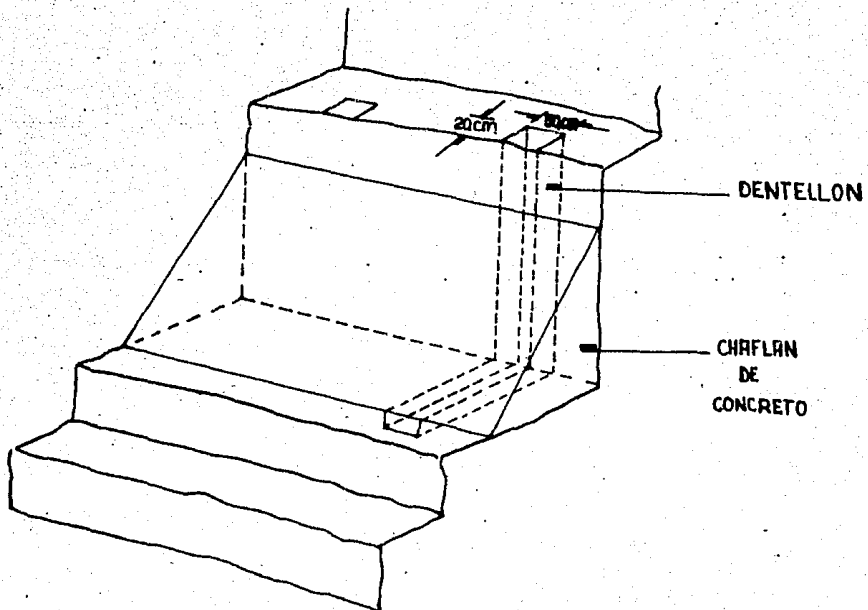


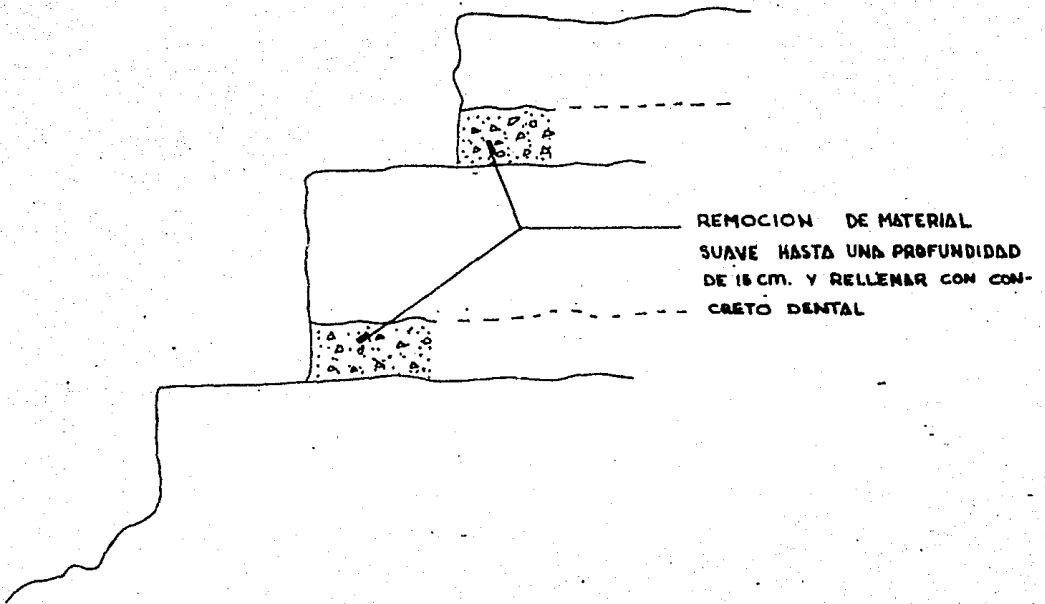
FIGURA NO.14

	<b>INGENIERIA</b>
	TESIS PROFESIONAL
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOASEN
	<b>ESPECIFICACIONES</b>
	REALIZO J. H. OLAC. C. C.R. 100 F.C. 400000
	MEXICO D. F. 1977



F I G U R A NO.15

	<b>INGENIERIA</b>
	TESIS PROFESIONAL
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOASEN
	ESPECIFICACIONES
	REALIZO J. H. OLAC. S. DIR. INS. FCO. MEX. D.F.
	MEXICO D. F. 1977



F I G U R A NO.16

	<b>INGENIERIA</b>
	TESIS PROFESIONAL
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOASEN
	ESPECIFICACIONES
	REALIZO J. M. OLAS, C. DIR. ING. FCG, FONEDA

MEXICO D. F. 1977

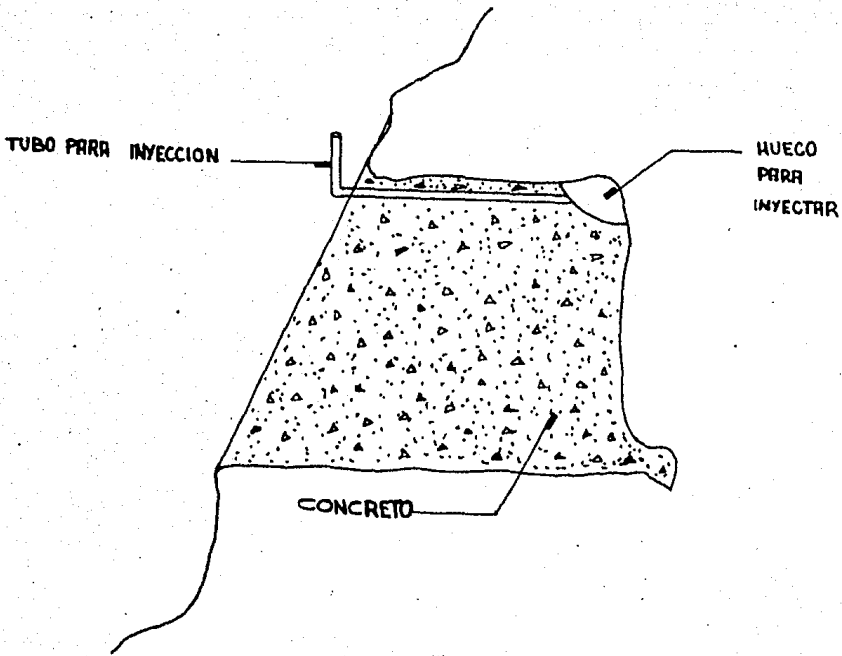
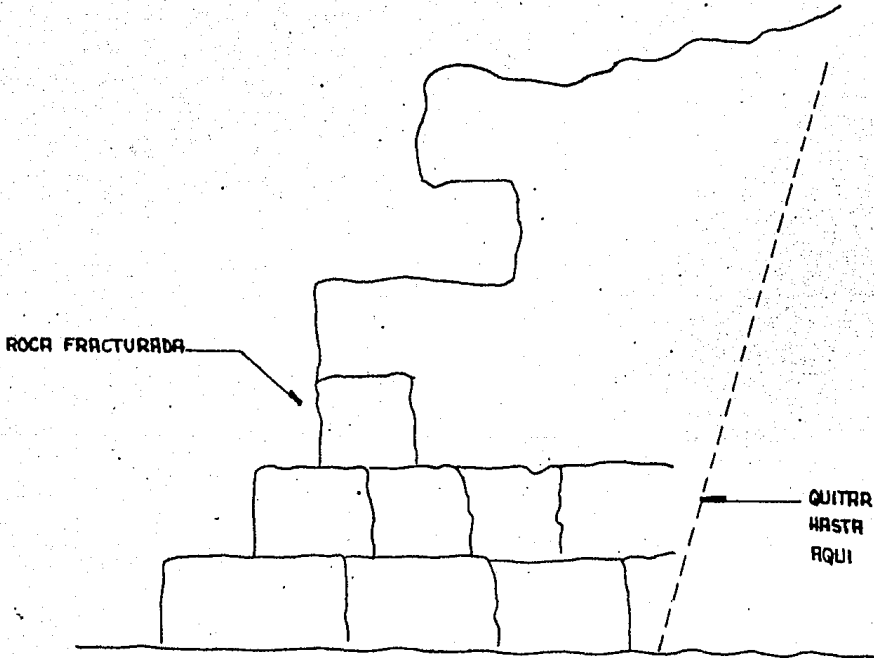


FIGURA NO.17

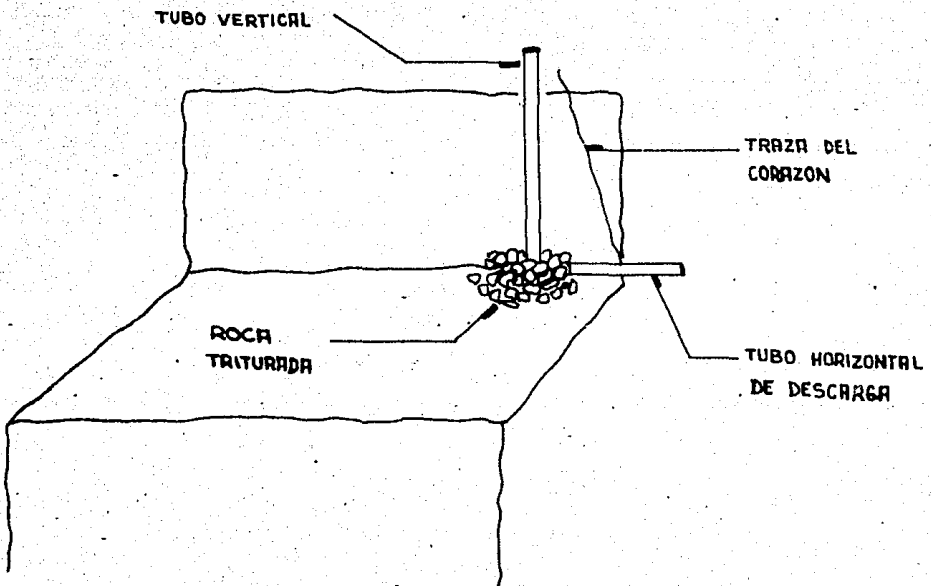
	INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOASEN
	ESPECIFICACIONES
	REALIZO J. M. OLAC, C. LIC. ING. GEO. HOFF SA.
MEXICO D. F. 1977	



F I G U R A NO.18

<b>SDZC</b>	<b>INGENIERIA</b>
	TESIS PROFESIONAL
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOASEN
	<b>ESPECIFICACIONES</b>
	REALIZO J. H. OLAC, C. CIV. ING. FCO. NO. 1234
	<b>MEXICO D. F. 1977</b>





F I G U R A N O . 1 9

	INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOASEN
	ESPECIFICACIONES
	REALIZO J. M. OLAC. C. LIN. ING. FED. ROSERA
	MEXICO D. F. 1977

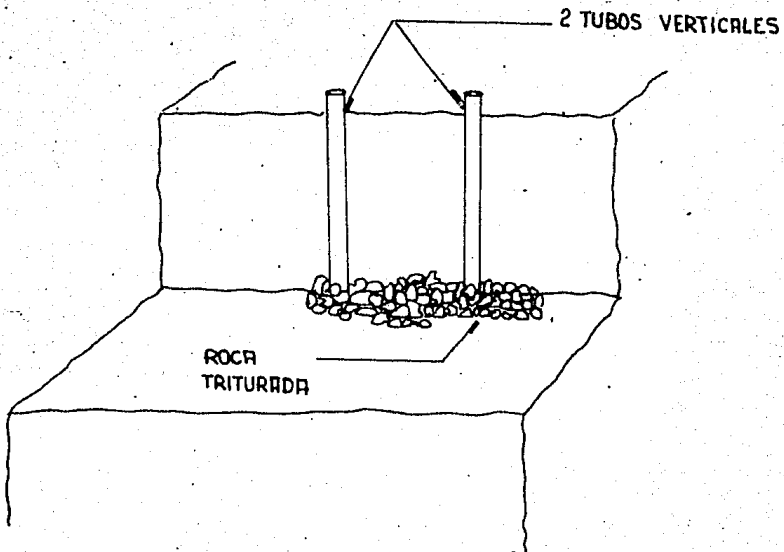


FIGURA NO.20

IDZC	INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOASEN
	ESPECIFICACIONES
	REALIZO J. M. OLAC. C. LIT. INS. FCC. MORELA
	MEXICO D. F. 1977

b) Tratamiento superficial en el contacto entre las laderas y los respaldos de enrocamiento Aguas Arriba y Aguas Abajo.

- 1.- Deberán eliminarse todas las masas rocosas sueltas e inestables en las secciones de enrocamiento.
- 2.- Se podrán hacer excepciones en las masas de roca cuyo tamaño sea tan grande que resulte más conveniente limpiarlas y rellenarlas con mortero o concreto y fijarlas con anclas para roca.

#### ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCION DE LA CORTINA

Las especificaciones que a continuación se describen, cubren tanto el abastecimiento de los materiales como la ejecución de los trabajos relacionados con la construcción de las zonas que formarán la Cortina, dichas zonas son las siguientes:

Zona 1.- Zona que albergará el material No.1, que corresponde al corazón impermeable.

Zona 2.- Zona de material No.2 o filtros.

Zona 3.- Zona de material No.3 o transiciones.

Zona 4.- Zona de material No.4 o enrocamiento compactado

Zona 5.- Zona de material No.5 o enrocamiento acomodado con tractor

Zona 6.- Zona de material No.6 o enrocamiento de gran tamaño

colocado a volteo.

Los trabajos que cubren estas especificaciones incluyen los siguientes conceptos:

Excavación de los materiales impermeables para el corazón de la Cortina, de los bancos y almacenamientos correspondientes indicados en el plano de la residencia " LOCALIZACION DE BANCOS Y ALMACENAMIENTOS ", así como su procesamiento, transporte, colocación y compactación con los equipos adecuados para efectuar estos trabajos.

Extracción, procesamiento y carga de los materiales granulares naturales o mezclados, que formarán las zonas de filtros y transición de la Cortina, de los bancos y almacenamientos que se muestran en el mismo plano, así como el transporte, -- colocación y compactación de dichos materiales, con los equipos correspondientes.

Carga y procesamiento del material producto de la excavación de vertedores, obra de toma, obras subterráneas y canteras, -- incluyendo su transporte, colocación y compactación en la -- Cortina, con los equipos adecuados para efectuar dichos trabajos.

#### TERRAPLENES

Se definirá como terraplenes de la cortina a los materiales arcillosos, granulares y enrocamientos que formarán el corazón, filtros, transiciones, respaldos y protecciones. Los lí

mites aproximados para los diferentes terraplenes se indicarán posteriormente.

#### PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES Y COLOCACION.

Material 1. Corazón impermeable (Zona 1). - La parte inferior de este terraplén, comprendida entre el nivel de desplante - (elevación 144 aprox.) y la elevación 195 aproximadamente -- (1a. etapa), se construirá con el conglomerado marino proveniente del banco "Tejería", (material 1T).

Entre la elevación 195 y la 350 (2a. etapa) se proyecta emplear lútitas alteradas (material 1C) de los bancos "El Zapote", "Auditorio", "Osumacinta" u otros previo tratamiento y almacenamiento.

De la elevación 350 hasta la elevación 405 que corresponde a la corona de la Cortina y constituye la 3a. etapa se proyecta utilizar una arcilla plástica (material 1P) para cuya colocación se requerirá también tratamiento previo y almacenaje. ( Ver plano " SECCION MAXIMA DE LA CORTINA ).

#### COLOCACION

Deberá incrementarse el contenido de agua del material en el almacenamiento, mediante riego por aspersion de manera que se logre alcanzar un valor ligeramente mayor que el óptimo - ( $\leq 2\%$ ), para asegurar que se coloque en el terraplén con el contenido de agua óptimo. Estas determinaciones deberán efectuarse periódicamente por el personal del laboratorio de Me-

cánica de suelos de campo.

Una vez que se haya alcanzado la condición anterior, podrá -  
procederse a la explotación del almacén, atacandolo en rampa  
para que al cargarse se obtenga un mejor mezclado del materi-  
al .

Durante la carga del material en el almacén, los inspectores  
de laboratorio deberán verificar sistemáticamente, la cali-  
dad del mismo, principalmente en lo que se refiere a conteni-  
do de agua y homogeneización.

Al llegar al sitio del corazón de la Cortina, los camiones -  
descargarán el material en los lugares indicados por los ins-  
pectores o encargados del frente, procediendo posteriormente  
a extenderlo de manera que forme una capa de 30 cm. de espe-  
sor en estado suelto, utilizando para ello una motoconforma-  
dora, quedando a juicio del inspector en jefe de la Cortina  
si se requiere o no remezclarlo.

Una vez extendida la capa, se procederá a compactarla con 4  
pasadas de rodillo liso vibratorio de 13.5 ton. de peso está-  
tico; si se emplea un rodillo más ligero, el laboratorio de  
campo definirá el número de pasadas requerido para lograr al-  
canzar el 100% de grado de compactación.

Antes de colocar la siguiente capa deberá escarificarse la -  
superficie de la ya compactada para asegurar la liga entre -  
ellas, y se continuará con la construcción del terraplén en  
la forma antes indicada.

El material del corazón en contacto con los cantiles (1m. de ancho aproximadamente), deberá colocarse con un contenido de agua igual a  $W_o + 2\%$  y compactar con equipo de llantas lastrados y en los lugares de acceso más difíciles con bailarinas.

Las curvas granulométricas resultantes para el material impermeable, deberán estar comprendidas dentro de los límites especificados como se indica en la figura No. 24.

Los taludes con los que debe colocarse este material son simétricos y son: Talud 0.18:1 , (Ver figura No.21).

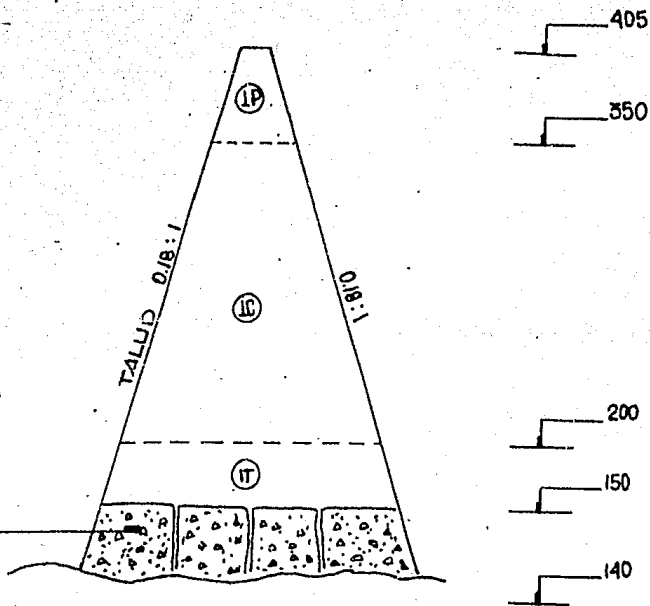
Material 2. Filtros ( Zona 2 ). - Para la construcción de los filtros en la primera etapa, se emplearán los siguientes materiales:

Zona de Aguas Arriba ( 2 TAR ): grava-arena del almacenamiento de Copainalá, eliminando los tamaños mayores de 7.5 cm. - (3"). Las curvas granulométricas resultantes deberán estar comprendidas dentro de los límites especificados como se indica en la figura No.25.

Zona de Aguas Abajo ( 2 TAB ): grava-arena del almacenamiento No.3 (menor de 3") combinado con limo (poco plástico) proveniente del banco "Playón No.5". Las curvas granulométricas resultantes deberán estar comprendidas dentro de los límites especificados como se indica en la figura No.26.

En la segunda y tercera etapas, para ambas zonas se emplearán de preferencia materiales producto de excavaciones en roca -

Losa de concreto  
para uniformizar  
la superficie --  
donde se coloca-  
rá el corazón --  
impermeable.



F I G U R A N O 21

MDZC	INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOASEN
	ESPECIFICACIONES
	REALIZO J. M. OLAC, C. LIC. EN C. P. CO. NOROCCIA
	MEXICO D. F. 1977



procesados por la Planta T-1. (Ver plano SECCION MAXIMA DE - LA CORTINA ).

La especificación anterior, tiene por objeto conservar el mayor volúmen posible de material granular natural para la fabricación de los concretos.

#### COLOCACION

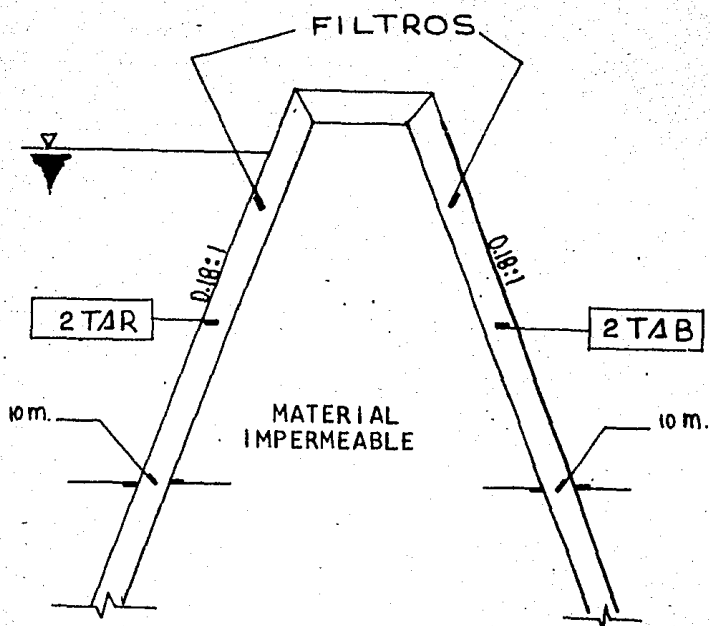
Una vez aceptados los bancos de almacenamiento por el laborautorio, se procederá a iniciar la colocación en las trazas correspondientes.

Para evitar segregación durante el transporte y colocación - de estos materiales, se requiere el empleo de "cajas distri-buidoras" que permitan depositar los filtros sobre el terra-plén desde una altura de caída mínima.\*

El material se colocará en capas de 50 cm. en estado suelto y se compactará con un mínimo de 4 pasadas de rodillo liso autopropulsado, hasta obtener un peso volumétrico seco mayor de  $2\ 000\ \text{Kg}/\text{m}^3$ , el tamaño máximo de las partículas será de - 7.5 cm. (3").

El talud con el que debe colocarse este material es 0.18:1 - como se muestra en la figura No.22.

Material 3. Transiciones ( Zona 3 ).- En la primera etapa, - la transición de Aguas Abajo (3 TAB) se obtendrá del almace-namiento de grava-arena de Copainalá, eliminando por cribado



F I G U R A NO. 22

IDZC	INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOASEN
	ESPECIFICACIONES
	REALIZADO POR: M. OLAC. C. D.F. 103 PCC. MOREIRA. MEXICO D.F. 1977

los tamaños mayores de 15 cm. (6"). En la transición de Aguas Arriba (3 TAR), se utilizará rezaga, eliminando los tamaños mayores de 15 cm. (6"). Las curvas granulométricas resultantes para las transiciones 3 TAR y 3TAB, deberán estar comprendidas dentro de los límites especificados como se indica en la figura No.27.

En las dos etapas subsecuentes, estos materiales se obtendrán del producto de las excavaciones en roca, procesados por la Planta T-1.

#### COLOCACION

Una vez aceptados los bancos de almacenamiento por el laboratorio, se procederá a colocar el material entre las trazas correspondientes.

Para evitar segregación durante el transporte y colocación de este material se recomienda el empleo de "cajas distribuidoras" que permitan depositar el material de transición sobre el terraplén desde una altura de caída mínima.

El material se colocará en capas de 50 cm. de espesor en estado suelto y se compactará con un mínimo de 4 pasadas de rodillo liso vibratorio autopropulsado de 9 ton. de peso estático. El talud con el que debe colocarse este material es de 0.4:1, como se muestra en el plano "SECCION MAXIMA DE LA CORTINA".

Material 4. Enrocamiento Compactado ( Zona 4 ). - Se obtendrá del producto de las excavaciones subterráneas y de las cante

ras o pedreras. Algunos de estos materiales se procesarán en la Planta T-1 y otros serán enviados directamente a la Cortina sin tratamiento previo (principalmente la rezaga de los túneles vertedores).

En este material, el porcentaje de finos (menor malla 200) - deberá ser menor que el 5% y su composición granulométrica - se especifica en la figura No.28.

#### COLOCACION

Una vez aceptados los materiales se procederá a su colocación y tendido dentro de las trazas correspondientes, limitando el espesor de la capa a 50 cm. en estado suelto. A continuación se procederá a compactar dicha capa con 4 pasadas de rodillo liso vibratorio de 13.5 ton. de peso estático o las que defina el laboratorio si se utiliza un rodillo de menor peso. Al colocarse deberá adicionarse un volumen de agua de 350 lts. por metro cúbico de material.

Este material se tenderá hasta la altura o elevación 250.

#### Material 4S. Enrocamiento " Suelto ".

Se colocará en capas de 50 cm. de espesor en estado suelto, posteriormente se compactará con un mínimo de dos pasadas de rodillo liso vibratorio autopulsado de 9 ton. de peso estático, el tamaño máximo de las partículas será de 14", se admite hasta un 5% de finos plásticos o no plásticos.

#### Material 4U. Enrocamiento Compactado Uniforme

Se colocará en capas de 50 cm. de espesor en estado suelto, una vez tendido este material se compactará con un mínimo de 2 pasadas de rodillo liso vibratorio auto propulsado de 9 ton. de peso estático, el tamaño máximo de las partículas será de 25 cm. (10"). En los 10 mts. contiguos a las laderas y a las transiciones se colocará enrocamiento uniforme de 10" a 6". En los dos primeros metros de contacto con las laderas se deberá colocar material No.3 o material de grava-arena en "greña" de acuerdo al croquis de la figura No.23.

El talud con el que se colocará este material es 0.4:1 , como se ilustra en el plano " SECCION MAXIMA DE LA CORTINA".

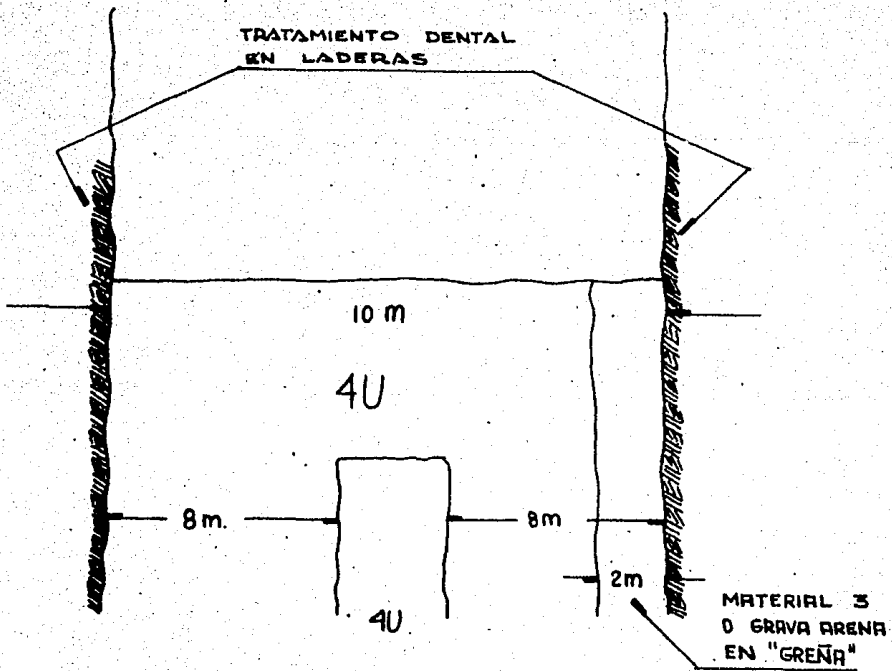
#### Material 5. Enrocamiento Acomodado con Tractor ( Zona 5 )

Se obtendrá este material del producto de las excavaciones subterráneas y de las canteras y será enviado directamente a la Cortina.

#### COLOCACION

Se colocará en capas de 100 cm. de espesor, se compactará con tractor de orugas con un mínimo de 4 pasadas. El tamaño máximo de las partículas será de 30". Se deberá colocar con un talud 2.1:1 , como se muestra en el plano " SECCION MAXIMA DE LA CORTINA ".

#### Material 6. Enrocamiento de gran tamaño ( Zona 6 )



F I G U R A NO. 23

IDZC	INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOASEN
	CROQUIS DE COLOCACION
	REALIZO J. M. OLAC. C. DIR. ING. FCO. NOROÑA
	MEXICO D. F. 1977

Se obtendrá este material de las excavaciones subterráneas y de la explotación de las canteras y será enviado directamente al sitio de la Cortina.

#### COLOCACION

Se colocará a volteo, el tamaño de este material tendrá que ser mayor de  $1 \text{ m}^3$ .

Se procederá a colocar este material a partir de la elevación 375 hasta la corona de la Cortina.

Talud de colocación: 2.1:1 .

FIGURA No.24.- CONGLOMERADO TEJERIA (IT)

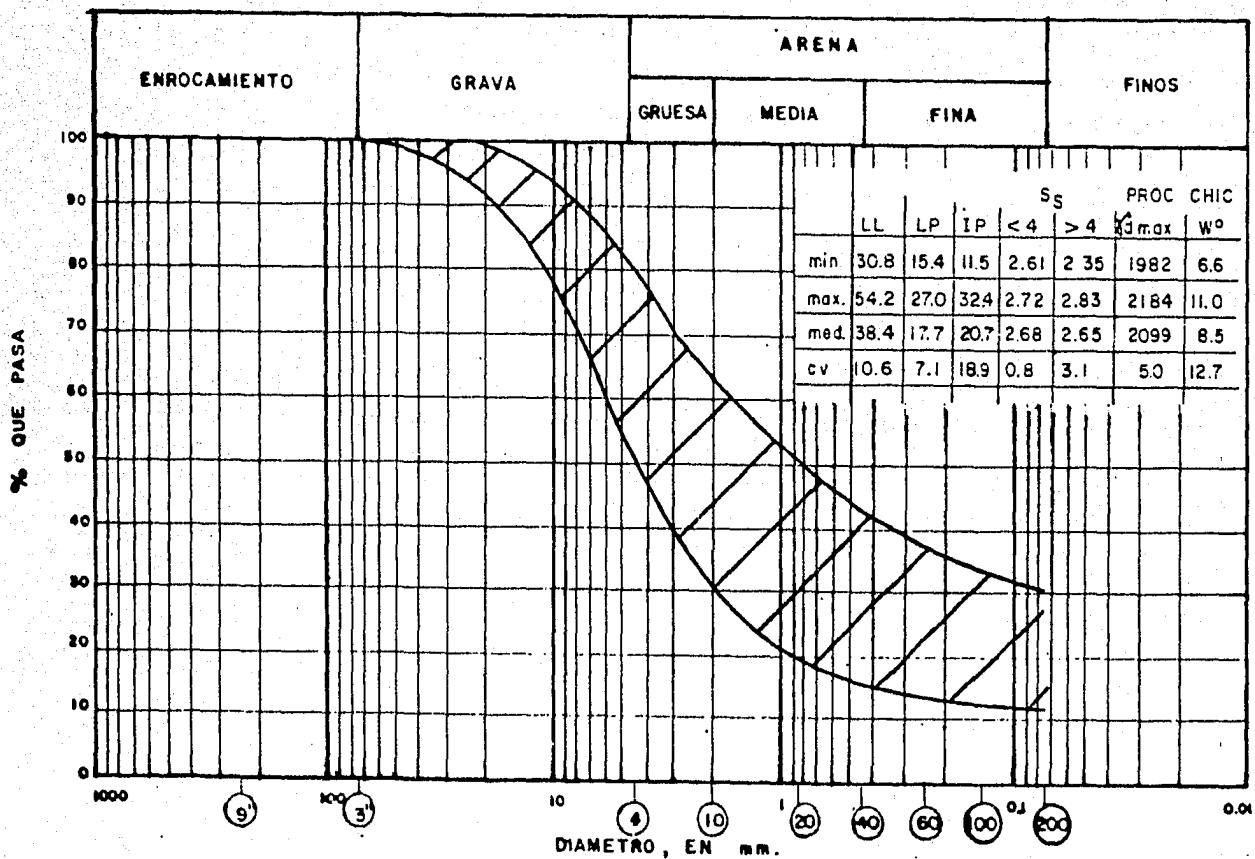








FIGURA NO.27.- TRANSICIONES ( 3 TAR y 3 TAB )

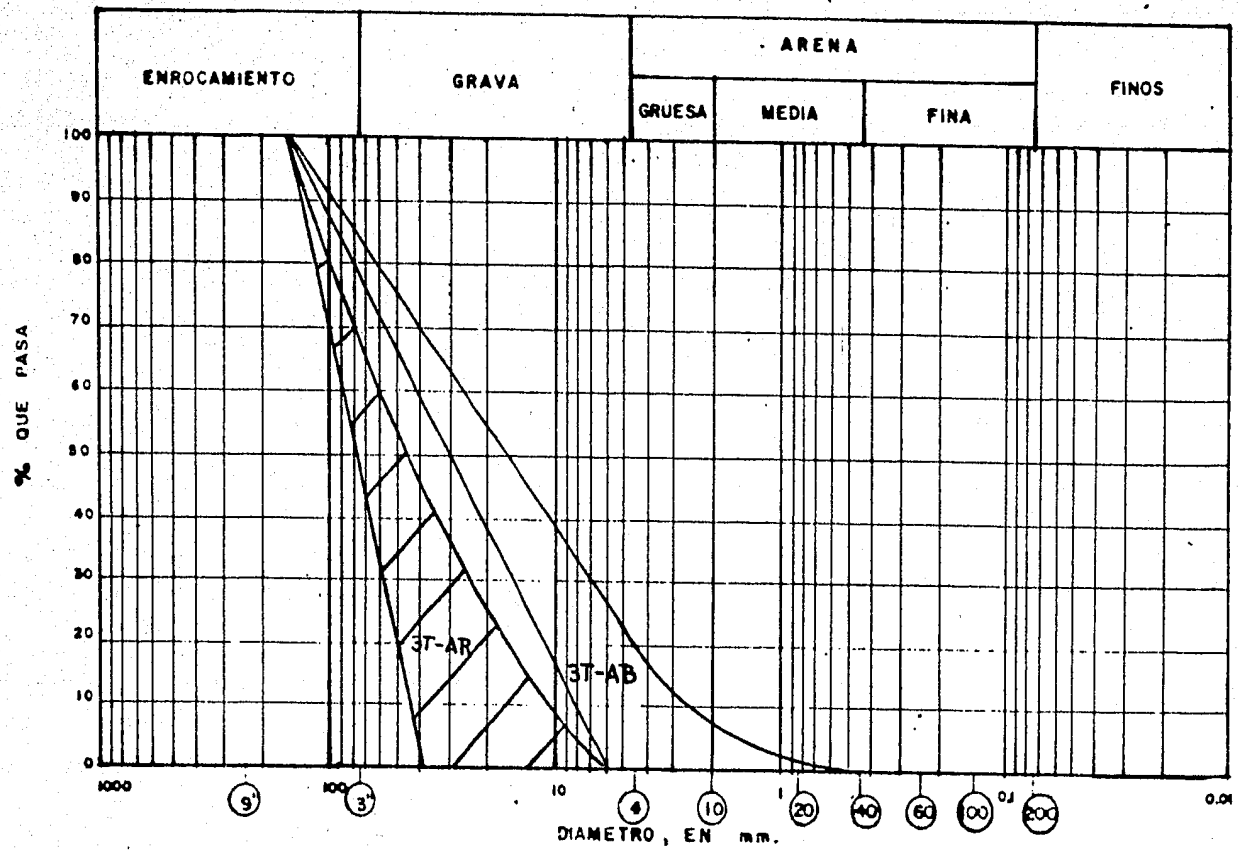
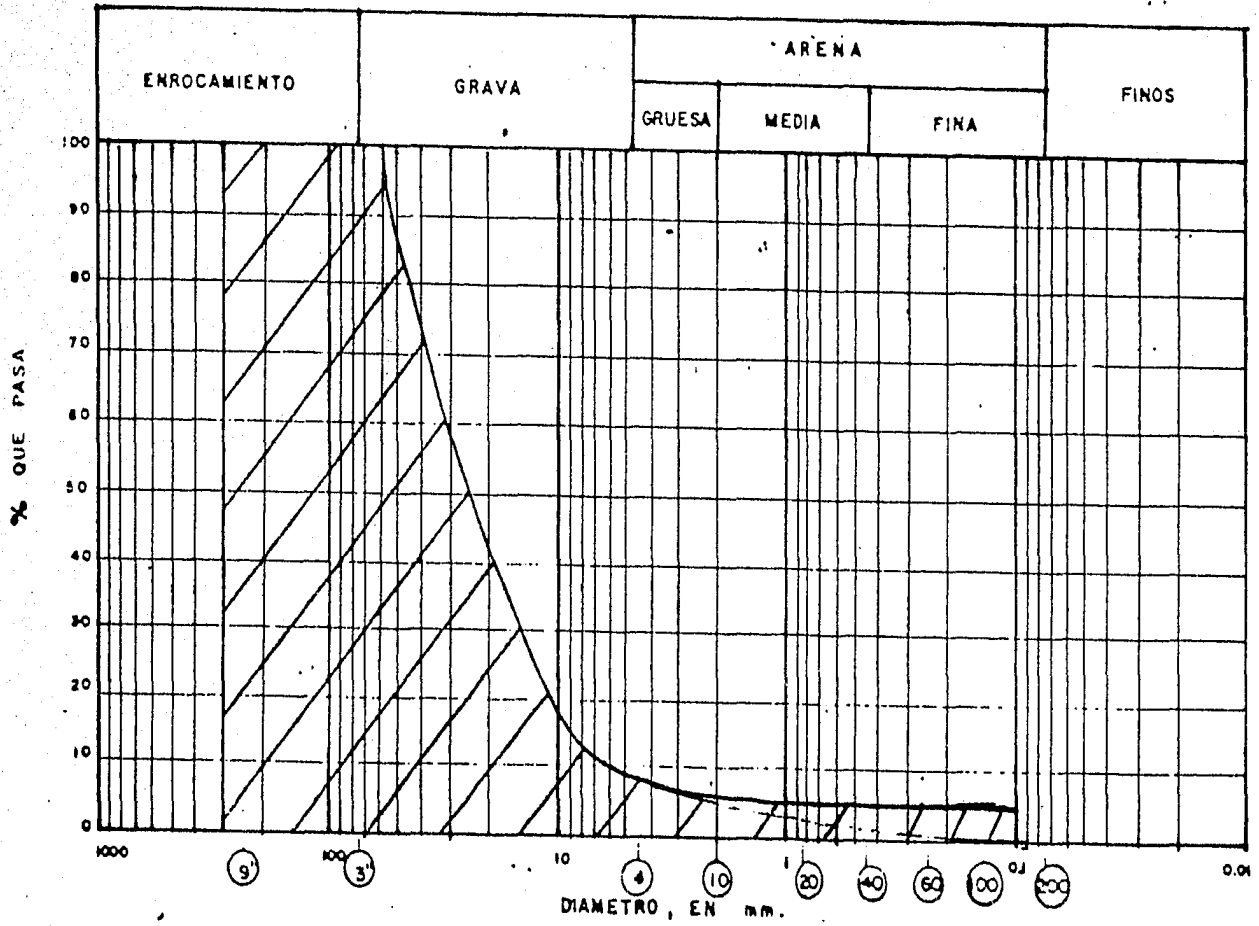


FIGURA No. 28.- ENROCAMIENTOS



### 3.2.2. Selección del Procedimiento de Construcción

1.- Planta de procesamiento de materiales centralizada y transporte por medio de bandas.

La colocación de materiales en una presa siempre ha sido objeto de discusiones enfocadas a saber cual es el mejor sistema o proceso para transportar estos materiales y posteriormente colocarlos en la Cortina.

Existen en la actualidad una serie de procesos definidos para la construcción de presas, más no existe un proceso establecido para ésto, ya que cada presa es un caso particular - porque presenta características singulares que no la hace común a las demás. Tanto su diseño como su planeación y construcción, dependerán exclusivamente de la topografía y geología de la boquilla, es decir, de la forma que presente el sitio donde se ubicará la Cortina, así como de la disponibilidad de materiales requeridos para su construcción.

En Chicoasén no se tienen problemas respecto a la abundancia de todos los materiales necesarios, ni para su colocación durante las primeras etapas de su construcción. Existe solo un problema que se ha solucionado eficientemente y consiste en lo siguiente:

El Proyecto Hidroeléctrico Chicoasén, está localizado Aguas Abajo del majestuoso Cañon del " Sumidero ", sobre el río - Grijalva. Su topografía labrada por miles de años por la per-

severancia del río, hace inaccesible a gran parte de sus laderas cuyos cortes verticales alcanzan en algunas zonas más de 400 m. El problema existente era como efectuar el transporte de materiales a esas elevaciones. Se pensó en diferentes alternativas para su solución, tales como la construcción de lumbreras con salida al recinto, caminos sobre el terraplén de la Cortina, pero viendo que la boquilla es sumamente angosta y demasiado alta se hizo notorio que los caminos tendrían pendientes muy fuertes que acabarían rápidamente con la maquinaria. Todas estas alternativas resultaban muy costosas y por lo tanto resultaban inconvenientes.

Como se mencionó anteriormente, en la zona de la Cortina se tendrán que colocar aproximadamente 15 millones de metros cúbicos de diferentes materiales que formarán el núcleo, filtros, transiciones y enrocamientos. Esta diversidad de materiales que se usarán en la Cortina requieren cierto procesamiento y los cantiles tan estrechos que por un lado hacen una boquilla ideal y por otro lado dificultan su construcción hizo imperiosa la necesidad de construir una Planta de procesamiento de Materiales Centralizada y efectuar el transporte de los materiales por medios menos tortuosos que el tradicional de caminos con fuertes pendientes, por los que deben de transitar camiones. Por tal motivo era imprescindible la colocación de materiales para la Cortina por medio de BANDAS. Estas bandas transportadoras unidas al sistema tradicional de transporte solucionaron el problema del transporte de ma-

materiales.

La amortización de la planta de procesamiento llamada Planta T-1, será de un 40% al término de la obra.

La planta se compone de alimentadores, separadores, trituradoras primarias y secundarias, cribadoras, tolvas de concreto, silos, cárcamos de bombeo, transportadores, bandas, etc.

A continuación se describe el proceso de los materiales en la Planta T-1, así como el cálculo de la potencia de un motor para banda. Esto, unido al plano " ESQUEMA FUNCIONAL -- PLANTA T-1 ", permiten entender fácilmente el funcionamiento de la planta.

DESCRIPCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LOS MATERIALES QUE CONSTITUIRAN LA CORTINA Y LOS AGREGADOS PARA CONCRETO.

#### DIVISION POR ZONAS

- 1.- CAÑADA SECA.- Tolva Natural.
- 2.- CAVERNA.- Separación de grandes bloques y trituración primaria.
- 3.- ZONA CRIBADO ROCA.- Material 4, separación de 10" a 6", de 6" a 2" y menor de 2".
- 4.- ZONA ALIMENTACION Y CRIBADO ALUVION.- Descarga de vagones , separación de material mayor de 10", de 10" a 6" y menor de 6".

- 5.- ZONA ALIMENTACION ARCILLA .- Descarga con vagonetas.
- 6.- ZONA DE SALIDA SILOS.- Tolvas empotradas, Shuts de descarga, alimentadores.
- 7.- FILTROS, GRAVAS Y ARENA PARA CONCRETO.- Arena y Gravas.
- 8.- TRITURACION SECUNDARIA.
- 9.- AGUA INDUSTRIAL.- Cárcamo de bombeo, Tanque de decantación y Bombeo secundario.
- 10.- BANDAS INTERNAS Y EXTERNAS.- B1, B2, B19, B22, B23, B100, B200, etc.
- 11.- CABEZALES DE TRANSFERENCIA
- 12.- BENCH CONVEYORS.- TA-1000 y TA-1400.
- 13.- TOLVAS NOVA.- Tolva de 500 Ton y Tolva de 1000 Ton.

#### D E S C R I P C I O N

- 1.- CAÑADA SECA.- La cañada seca es el lugar donde se inicia el proceso de la roca para formar parte de la Cortina, después de la explotación del banco. En sí la Cañada Seca constituye una tolva natural, donde es tirado el material de enrocamiento para que por medio de un túnel sea introducido a su procesamiento a la Zona de la Caverna.
- 2.- CAVERNA.- A través de un túnel u orificio, por medio de



un alimentador marca COMESSA de 2.50 M x 7.20 M que tiene una tolva en la parte superior, es introducido a la Caverna el material de la Cañada Seca.

Este material es separado por un Grizzly, para evitar que el material mayor de 36" entre al proceso de trituración. Estos grandes bloques resultantes son recibidos en una tolva de concreto protegida para impactos y vaciados por medio de un alimentador HEWITT ROBINS de 96" x 240" a camiones que lo almacenarán en un lugar apropiado para uso posterior.

El material menor de 36" que en una tolva de arco de concreto es almacenado, sale en canales de descarga, a dos alimentadores HEWITT ROBINS de 72" x 240", para pasar a dos cribas Scalpers HEWITT ROBINS y separar el material menor de 10" que pasa a una tolva de recepción, donde se une con el material mayor de 10" que fué pasado a trituración para también reducirlo a menor de 10", por medio de dos trituradoras de quijadas de 1.40 M., marca LOROPARISSINI.

- 3.- ZONA CRIBADO ROCA. - Por medio de una banda (B-1) que se tratará posteriormente, es llevado el material procedente de la Caverna hacia un edificio externo.

En este edificio se reciben todos los materiales que se procesarán para la construcción de la Cortina, y los que servirán para la elaboración de concreto.

Del material que se recibió de la zona de la Caverna, -  
resultarán los siguientes materiales:

Material número 4.- La banda B-1 procedente de la Caver-  
na, descarga en una tolva de concreto en la parte super-  
rior del edificio. Este material sin mayor procesamien-  
to corresponde precisamente al material número 4 de la -  
Cortina. Como es descargado en la parte superior, por -  
medio de un cajón metálico con escalones, es depositado  
a nivel inferior en un silo. Este cajón metálico con es-  
calones se denomina Escalera de Roca, y está situado -  
lateralmente con la tolva de concreto.

Material entre 10" y 6".- En la parte inferior de la -  
tolva de concreto, del material procedente de la Caver-  
na, se encuentran dos alimentadores HEWITT ROBINS de 48"  
x 120", que al vibrar producen material para 2 cribas -  
vibratorias con mallas de 6" y 2", por lo que el mate-  
rial retenido en la malla superior, corresponderá al ma-  
terial de 10" a 6" de roca, y es depositado por medio -  
de shuts a su silo correspondiente. Este material tiene  
dos alternativas de uso:

- a) Enviado directamente a la Cortina como material  
No.4.
- b) Pasar a trituración secundaria para reducirlo a  
material menor de 6" y reingresarlo al edificio  
por medio de bandas para otros fines.

Material entre 6" y 2".- Este material resulta también

del mismo proceso del material anterior, que es el retenido en la malla de 2" y pasa la malla de 6" y descargado por medio de shuts a su silo correspondiente. Este material se descarga a bandas que van a la Cortina y corresponde al material No.3 (transición).

Material menor de 2".- Es el resultado del material proveniente de la Caverna que pasó la malla de 2" y se descarga a una banda que lo lleva a su silo correspondiente. Este material también corresponde a material No.3.

- 4.- ZONA ALIMENTACION Y CRIBADO ALUVION.- El aluvión que es el producto de los acarreos que en alguna ocasión depositó el río en su cauce, es también procesado en esta - Planta de Tratamiento, y su transporte desde los bancos de almacenamiento, hasta el edificio, se efectúa por medio de vagonetas de descarga de fondo, que a través de túneles, llegan por la parte posterior del edificio, - descargan en la parte alta (elev. 234) donde una tolva de concreto recibe el material. Este material es descargado de la tolva por medio de un alimentador HEWITT RO-BINS de 48" x 120" para proporcionar el material a un separador GRIZZLY fijo, cuyas barras están separadas - 10" para eliminar el material mayor , por medio de ca - miones.

El material menor de 10" por medio de un shut y banda, es transportado nuevamente a la parte superior (Banda -

B-2) para depositarlo a una criba vibratoria HEWITT ROBINS de 96" x 192" para separar el material entre 10" y 6" y depositarlo en el mismo silo en que se depositó el material de esas dimensiones, procedente de la Caverna.

El material que pasó la malla de 6" seguirá su procesamiento para la obtención de filtros para la Cortina, y agregados para concreto.

- 5.- ZONA ALIMENTACION DE ARCILLA.- El material que se utilizará como la zona impermeable de la Cortina, es proveniente también de bancos de almacenamiento, y transportado al edificio por medio de vagonetas a través de túneles.

Este material también es descargado en el piso de la elevación 234, aprovechando la descarga de fondo de las vagonetas, y se almacena en un silo de aproximadamente 2 400 m<sup>3</sup>, donde existen dos salidas inferiores para descargar a banda. No sufre ningún procesamiento durante la estancia de este material en el edificio, ya que constituye solamente un silo, el que lo recibe.

- 6.- ZONA DE SALIDA DE SILOS.- Como la estructura que forma los silos, es de concreto, a nivel 216, se encuentra una losa que constituye el fondo de los silos en la cual se encuentra empotrada una pirámide truncada con la base mayor hacia arriba, construída de placa metálica a -

la cual se le adiciona un shut de descarga y se conecta a un alimentador cuyas características son:

- a) Proporcionar un flujo regular controlado.
- b) Interrumpir el flujo en el momento deseado.

Estos alimentadores son de diferente tipo, de acuerdo con el material que van a proporcionar y el flujo requerido y hacen descargar el material en una tolva y en un shut que guía el material en la dirección deseada. Este material pasará posteriormente a las bandas para su transporte hacia la Cortina o hacia los silos de agregados, según el caso.

Los alimentadores utilizados en el edificio y sus características son las siguientes:

- 28 Alimentadores ERIEZ MAGNETICS tipo 105 B, de las siguientes dimensiones: 36" x 72" y 48" x 54" -- que están compuestas por una charola de acero al manganeso que está conectada a un elemento vibratorio de tipo magnético.

Se han usado dos tipos de mando: el inferior y el superior que dependen exclusivamente del espacio de que se dispone para escoger el tipo.

- 2 Alimentadores MEYER para arcilla, que lo constituye un bastidor circular en la parte superior, que rompe los granos de material a su caída.

Este bastidor también protege a un motor que mue

ve una cuchilla en forma de hoz, que va rompiendo el material y acarreándolo hacia el centro, - donde otra cuchilla vertical continúa rompiendo los granos de material para depositarlo en la tolva que descarga en la banda.

1 Alimentador HEWITT ROBINS de 48" x 120" que manejará exclusivamente el material No.4, que es el más grande y cuyo flujo es mayor.

5 Alimentadores ERIEZ MAGNETICS, tipo 70-B (2 piezas) y 75-B (3 piezas) de mando inferior, que están colocados en la parte externa del edificio, - para alimentar la trituración secundaria.

7.- FILTROS, GRAVAS Y ARENA PARA CONCRETO.- Este material - puede provenir del silo de 10" a 6" que llegó de la Caverna, o del retenido en la malla del aluvión de 6" y - fué pasado por las quebradoras de quijadas TELESMTIH para producir un material menor de 6". Por medio de bandas es transportado a un juego de cribas de 3 1/2" y 2" para producir los siguientes materiales:

De 6" a 3 1/2", De 3 1/2" a 2" y menor de 2".

El primer material queda almacenado en un silo, para usarse como transición en la Cortina.

El segundo material de 3 1/2" a 2" queda en un silo, - donde al frente se encuentran 2 quebradoras de cono BA-

BBIT LESS para reingresarlo por medio de bandas al mismo huego de cribas, hacia la zona de arenas.

El tercer material, o sea el menor de 2", continúa por medio de bandas, hacia la zona de arenas también. Con este último material se producirán los agregados pétreos para concreto, por lo que seguiremos el proceso para su obtención.

Por medio de 2 bandas (8 y 9) es llevado el material de 2" arriba de la elevación 241 para pasarlo a 2 juegos de cribas TELESMTIH de 3/4" y No.4 para producir precisamente Grava de 2" a 3/4" a malla No.4 y arena que pasa la malla No.4.

Estos materiales reciben lavado durante el proceso de cribado y los dos primeros son almacenados en los silos del edificio para sacarlos posteriormente por medio de las bandas, ya sea para utilizarse en la Cortina, o en otros silos externos que almacenarán agregados para concreto y filtro (Banda B-19). Este último material dispone de un silo externo con objeto de almacenar cualquier excedente en la etapa inicial y usarlo posteriormente reingresandolo al edificio.

El proceso que sigue la arena, o sea el material que pasó la malla # 4, cae en un cono decantador que en el fondo cuenta con 5 tubos de 6" que llevan el material para depositarlo en tres cribas estáticas con malla # 16

y 2 cribas estáticas con malla # 8 marca LAMEX. El material en suspensión (finos), derrama en el cono anterior, y por medio de una tubería de 8" cae a un tanque de alimentación de 2 bombas de arena, donde también se recibe el material fino menor de la malla # 8 de las cribas estáticas, para por medio de bombeo pasarlo a 2 grandes conos para extracción de limos.

El material retenido en la malla # 8 constituye una arena gruesa que se lleva al silo para concreto o para filtro en Cortina.

El material retenido en la malla # 16, por medio de 2 - bandas (B-11 y B-26), es llevado a una tolva que después es descargada por 3 alimentadores ERIEZ MAGNETICS, modelo 52-A de 36" x 8", a 3 cribas centrifugas SYMONS que separan material entre malla # 4 y # 16 utilizable para concreto, y el material fino menor de la malla # 16 es llevado a un cono marca LAMEX, cuya función es separar material entre malla # 16 y malla # 200, de otros materiales como Limo y Agua. El material de la malla # 16 a # 200 es almacenado en silos, tanto del edificio, como el externo para concretos.

De las cribas estáticas de la malla # 16, el material que logró pasar, se descarga también al cono LAMEX, para también extraer el material fino útil y desperdiciar el Limo y Agua utilizado.



De las bombas que llevan el material fino (menor de la malla # 8) a los dos grandes conos para extracción de limos que antes se trató, se pasa por sedimentación hacia un gusano TELESMITH de 48" x 32", que a la vez separa el material utilizable de malla # 8, a malla # 150, los finos se reciben nuevamente en las mismas bombas. Los grandes conos están desechando todos los limos (menor de malla # 150) y agua sucia, durante este proceso.

8.- TRITURACION SECUNDARIA.- La trituración Secundaria se efectúa por medio de 2 quebradoras de cono BABBIT LESS, modelo BS-704-E, del material del silo de 3 1/2" a 2" para dejarlo a menos de 2" y por medio de 3 quebradoras TELESMITH de tipo de quijadas de 30" x 42" del material del silo de 10" para dejarlo a menos de 6".

Este material producto de la trituración, después de pasar por las quebradoras de referencia, es transportado por medio de bandas para pasar a la cribas vibratorias TELESMITH, donde se recibe todo el material que servirá como agregados para concreto que ya se vió en filtros, gravas y arena para concreto.

Las quebradoras BABBIT LESS están alojadas en una base de concreto al frente del edificio, y constan de una flecha conectada a una polea ligeramente excéntrica, que a la vez es conducida por un motor eléctrico de 125 H.P. En la flecha existe un cono que al girar, va -

moliendo el material contra una copa fija que constituye el cuerpo de la quebradora. Estas quebradoras cuentan con cierto margen para regular la abertura de la quebradora y protecciones para paro, en caso de introducirse partes metálicas en el cuerpo de la misma.

Las quebradoras TELESMTIH, son del tipo de quijadas y están también alojadas al frente del edificio. Constan como las quebradoras de este tipo, de un cuerpo formado por 4 paredes, una muela fija, una muela móvil que está conectada a un excéntrico y a un motor eléctrico de 150 H.P. y en el otro extremo se encuentra un volante que proporciona la inercia necesaria para continuar el movimiento con el menor esfuerzo del motor.

9.- AGUA INDUSTRIAL.- El agua industrial lo constituye:

- a) Cárcamo para bombas.- Es una estructura metálica formada por 6 cajones de 1.50 x 2.00 M y 12.00 M de altura, que fué construida a la orilla del río para alojar 6 bombas VH-PUMP, modelo U-4256, tipo sumergible. Cada bomba suministra 70 lts/seg., a través de una tubería de 6", donde cada tres bombas están conectadas a una tubería de 14" de diámetro.
- b) Tanque de Decantación.- El agua tomada del bombeo del cárcamo, es llevada por 2 tuberías de 14" hasta un tanque de decantación, construido al

pié de las quebradoras.

El tanque de 5 x 4 M de sección y 30 M de largo, recibe el agua bombeada donde se extrae el material en suspensión, por medio de decantación.

- c) Bombeo Secundario.- El Bombeo Secundario lo constituyen 6 bombas, más una de reserva que por medio de una tubería de 24", reciben el agua del tanque para pasarla a un impulsor de bomba centrífuga, movido por un motor de 75 H.P. por bomba, y alimentan por medio de una tubería de 14"- que va a la Cortina; el lugar donde se encuentran las Tolvas NOVA, y otra tubería va a la planta en la zona de filtros, gravas y arena para concreto, donde antes se separa una tubería de 8" de diámetro hacia la Caverna, ya que a la elevación 262 se encuentra un tanque regulador de presión, que además proporciona agua a las quebradoras LORO PARISSINI y al alimentador COMESSA.

- 10.- BANDAS INTERNAS Y EXTERNAS.- Las Bandas Internas y Externas tienen como función llevar el material de un lugar a otro, utilizando la potencia de un motor eléctrico que se conecta a un tambor, mediante un sistema de reducción de velocidad y freno para banda cargada. Este tambor transmite su potencia a una banda que va apoyada en rodillos de diferentes tipos que son recibidos en -

una estructura metálica para posicionarlos. El tambor - está recubierto con una capa de hule que mejorará la - adherencia y protegerá la banda de hule. El ancho del - tambor dependerá del ancho de la banda y su diámetro, - de acuerdo con la superficie de contacto necesario para transmitir la potencia del motor.

En esta obra se utilizarán bandas de 16", 30", 42" 54"- y 60" de ancho y su construcción está de acuerdo con el tipo de material que va a transportar. La velocidad de transporte de las bandas varía de 1.40 a 3.00 m/seg.

Los rodillos donde apoyan las bandas, están formados -- por ternas colocadas en la parte superior y son de dife- rentes tipos:

- a) De impacto, con ángulo de  $35^\circ$  que son utilizados en las zonas de descarga de alimentadores.
- b) De carga, con ángulo de  $35^\circ$  que son utilizados - en lugares para transporte exclusivamente.
- c) De carga, con ángulos de  $20^\circ$  que son utilizados como transición entre los de  $35^\circ$  y los tambores.
- d) De carga Autolineante que poseen un perno en el centro que les facilita pivotear y cuentan ade-- más con 2 roles pequeños superiores, que actúan - cuando la banda tenga tendencia a salirse late -

ralmente.

Los rodillos colocados en la parte inferior son de dos tipos y lo constituyen una sola pieza del ancho de la banda:

- a) De retorno standard
- b) De retorno autolíneable. Estos últimos rodillos son colocados aproximadamente uno por cada 10 rodillos de los anteriores.

Cada banda cuenta con dos cabezales en los extremos, siendo un cabezal de mando donde existe el tambor motriz y el otro corresponde a un tambor de retorno.

Existe un sistema que dá tensión a la banda que de acuerdo con su longitud y necesidad de tensión, puede ser:

- a) De tornillo.- Que es el más sencillo y se utiliza para bandas pequeñas.
- b) De contrapeso.- Por medio de un peso se dá la tensión necesaria, el cuál puede ser dado directamente a la banda con un tambor móvil de contrapeso, o por medio de un carrito que corre sobre el cabezal de retorno, al cual por medio de poleas está conectado un peso.
- c) De malacate.- Este sistema de tensión se utiliza en las bandas grandes, donde el contrapeso resul

taría demasiado grande, y consiste en un malacate conectado a una flecha de tambor, el cual es tensionado hasta producir el efecto deseado en la banda.

### Cálculo de la Potencia de un motor para banda.

El cálculo de la potencia de un motor que moverá una banda, debe considerarse así:

$$\text{Potencia Total en H.P.} = P_1 + P_2 + P_3$$

siendo:

$P_1$  = Potencia necesaria para mover un transportador vacío.

$$P_1 = G \times fr \times L_c \times V \times A$$

Siendo:

$G$  = Peso-metro de componentes de banda en Kg.

$fr$  = Coeficiente de fricción = 0.03

$L_c$  = Longitud corregida =  $L \times 2.18 + 98$

$V$  = Velocidad de la banda en m/seg.

$A$  = Coeficiente =  $4.01 \times 10^{-3}$

$P_2$  = Potencia necesaria para mover la carga horizontalmente.

$$P_2 = Q \times fs \times L_c \times B$$

Siendo:

$Q$  = Capacidad de la banda en ton/hora

$fs$  = Coeficiente de fricción = 0.04

$L_c$  = Longitud corregida

$$B = \text{Coeficiente} = 1.13 \times 10^{-3}$$

$P_3$  = Potencia necesaria para mover la carga verticalmente.

$$P_3 = Q \times H \times C$$

Siendo:

$Q$  = Capacidad de la banda en ton/hora.

$H$  = Desnivel entre los extremos de la banda.

$$C = \text{Coeficiente} = 3.72 \times 10^{-3}$$

La tensión máxima de la banda, dependerá de la potencia del motor y de la velocidad de transporte del material, de modo que:

$$T \text{ max.} = T_e + T_r$$

siendo:

$$T_e = \text{Tensión efectiva} = HP \times 76.05 \times 1/v$$

$T_r$  = Tensión de retorno =  $K \cdot T_e$  en la que  $K$  = Coeficiente para tambores motrices revestidos y ángulo de contacto  $210^\circ$

Con tensor de Contrapeso:  $K = 0.38$

Con tensor de Tornillo:  $K = 0.7$

El peso del contrapeso será =  $T_c = 2 T_r$

Dentro de todo el sistema existen:

23 Bandas internas con una longitud aproximada de 1 100 M.

11 Bandas externas con una longitud total de -

2 200 M.

- 2 Transportadores articulados con una longitud de 60 M. cada uno.

11.- CABEZALES DE TRANSFERENCIA. - Existen 2 estructuras metálicas que tienen como función recibir las bandas externas B-100 y B-200, y al mismo tiempo servir de Cabezal de Mando. Es una estructura que sirve para descargar el material suficientemente alto, para alimentar los transportadores articulados.

Estas estructuras están cimentadas en concreto, en la corona de la Ataguía Aguas Abajo y cuenta dentro de ella con tensores de malacate, tambores de presión, tambores motrices que van conectados a reductores de velocidad y sus respectivos motores.

12.- BENCH CONVEYORS. - Los Bench Conveyors los hemos llamados Transportadores Articulados por su función, y consisten en una estructura metálica que está apoyada en sus dos extremos, siendo uno de ellos algún cabezal de transferencia, y el otro algunas de las Tolvas NOVA que recibirán el material para la construcción de la Cortina.

En sí, consisten en dos armaduras que forman el cuerpo del Transportador Articulado, se encuentran los apoyos de la banda y en los extremos sus respectivos tambores, reductores, motores y tornillos de tensión. En estos -



dos transportadores articulados, el motor se encuentra en la parte posterior, ya que actúa como freno cuando su pendiente es descendente.

Al iniciar la operación en su posición mas baja, el transportador articulado, forma un ángulo de  $-15^{\circ}$  con la horizontal, y al finalizar la operación, o sea después de haber subido la Cortina 30 M., el ángulo que forma con la horizontal será de  $+15^{\circ}$ .

Un transportador articulado tiene banda de 1.40 M. de ancho, cuya capacidad máxima es de 2 500 Ton/hora, y el otro de banda de 1.00 M. de ancho, su capacidad es de 2 000 Ton/hora.

13.- TOLVAS NOVA. - Las Tolvas Nova son el equipo de recepción de materiales en la Cortina para pasar de un sistema de banda a un sistema tradicional de camión donde este último procedimiento ya es adecuado.

Su estructura está compuesta por unos soportes metálicos, a los cuales va unida la estructura de levante hidráulico para efectuar su movimiento vertical a medida que crece la Cortina. Dentro de estas estructuras, se encuentra la Tolva de recepción la cual está protegida con placas de desgaste.

En el fondo de la Tolva, se encuentran dos compuertas movidas hidráulicamente para descarga a camiones.

Existen instaladas 2 Tolvas cuyas capacidades son: 500 y 1000 toneladas respectivamente.

La primera Tolva, recibe alimentación de agua a través de un sistema de inyección que humedece el material en caso necesario.

Cada Tolva es alimentada por un BENCH CONVEYOR que por su sistema de apoyo le facilita su movimiento vertical.

Todo el sistema desde Transportadores Articulados y Tolvas, deberán ser movidos cada 30 M. de altura de la Cortina y como liga, se van aumentando tramos de banda intermedios con sus respectivos Cabezales de Transferencia.

## DESCRIPCION DEL PROCESO DE CONSTRUCCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA MATERIALES QUE SE UTILIZARAN EN LA CORTINA

El Proyecto de la Planta T-1 consta de 3 partes principales;

- 1.- EDIFICIO
- 2.- CAVERNA
- 3.- BANDAS EXTERNAS

### 1.- EDIFICIO

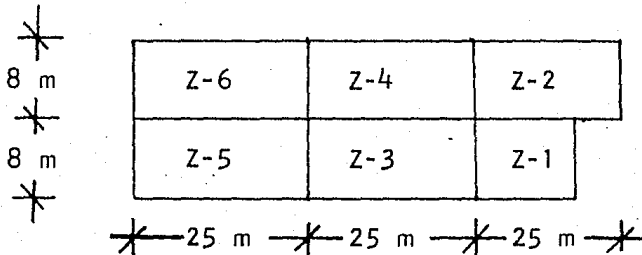
El Edificio tiene las siguientes dimensiones generales.

Largo	75 m.
Ancho	16 m.

Altura Máxima      40 m.  
 Altura Mínima      22 m.  
 Altura promedio    31 m.

La localización es sensiblemente paralela al eje del río sobre la margen izquierda y adyacente a la Ataguía Aguas Abajo de la Cortina.

Para su construcción se dividió el Edificio en 6 zonas - de 25 m. de largo y 8m. de ancho cada una.



Proyecto: En su inicio no se conoció totalmente, por lo tanto la secuencia de construcción estuvo sujeta a la entrega de los datos del Proyecto, por esta razón se fueron resolviendo los problemas del Proyecto durante la construcción, ya que sufrió un sin número de modificaciones.

Cimentación: Consistió en una Retícula de Muros: 3 de los cuales (longitudinales) son paralelos al eje del río y 16 son transversales; los primeros con separación de 8 m. entre ejes y los segundos con separación de 5 m entre ejes. Se desplantó a elevación variable, buscando roca sana, variando las alturas de dichos muros de 1m a

8 m, siendo éste la cota 212.00 m.

El ataque se efectuó, siguiendo la secuencia indicada - anteriormente, esto es, dividida en 6 Zonas y así poder tener un ataque escalonado.

Para la construcción de la Cimentación se efectuó lo si guiente:

Excavación.- El 80% se efectuó con maquinaria, utilizando Tractor D-8, Compresor y Perforadora de piso. El 20% restante se efectuó a mano y con Martillos neumáticos.

Desplante.- Se desplantó sobre roca sana, anclándose -- con varillas de 1 1/2", y 3 m. de profundidad.

Cimbra.- Cimbra de contacto de madera troquelada con se paradores soldados, tipo aparente.

Acero de Refuerzo.- Alta resistencia, grado duro de - 3/4", 1" y 1 1/2" de diámetro.

Concreto.-  $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ , tamaño máximo del agregado 1 1/2", colocación con bomba, compactado con vibradores eléctricos y neumáticos

Estructura: La construcción del Edificio de acuerdo con la información del Proyectista y los proyectos iniciales se planteó utilizar Cimbra Deslizante en 6 etapas, desde su arranque, o sea la elevación 212.00 pero debido a cambios en el proyecto, esta solución se complicó

considerablemente.

El Proyecto inicial considera desplantar los silos desde la elevación 212.00 M., hasta su elevación final (variable). Posteriormente se consideró que el desplante de los silos, fuera la elevación 216.50 para dejar en el sentido longitudinal un espacio libre de 4 M. de altura, lo que suprimía todos los muros transversales entre esas elevaciones, y la construcción de una losa que serviría de fondo de los silos.

Para utilizar la Cimbra Deslizante, ya que se tenía instalada, hubo que hacer una serie de obras provisionales como Columnas y Vanos: los primeros para sustituir los muros eliminados y los segundos para alojar la losa y trabes proyectadas. Una vez librados estos obstáculos se vió que la solución de Cimbra Deslizante era adecuada pero con los cambios necesarios.

Resumiendo: En las zonas 1 y 2 se tuvieron las dificultades expuestas anteriormente, además de las que se tuvieron en la construcción de Losas y Trabes, principalmente en la colocación de Fierro de Refuerzo, Piezas Ahogadas como tolvas, placas, etc., y la colocación del concreto, ya que los únicos espacios libres fueron los orificios de las tolvas, y por la parte superior del Edificio.

Las zonas 3, 4, 5 y 6 fueron proyectadas para efectuar el deslizado a partir de la elevación 218. Por lo tanto

los muros , losas y trabes abajo de esta elevación , -- fueron construidos con Cimbra de contacto de madera, - utilizando Cimbra play .

El fierro de refuerzo es de grado duro, alta resistencia, que en su mayoría fué colocado a mano con ayuda de garruchas y cables.

El concreto fué colocado con bomba, bacha y grúa en su totalidad, con  $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ , tamaño máximo  $1 \frac{1}{2}''$  y  $\frac{3}{4}''$  distribuidos con canalones y trompas, compactado con vibradores eléctricos y neumáticos.

Todos los remates de los muros fueron hechos en segundos colados por la terminación con ángulos, placas, etc necesarios para recibir los equipos que van sobre ellos instalados.

## 2.- CAVERNA

La Caverna está situada aguas abajo del Edificio que se une a éste por un Túnel, el Túnel Banda.

En la Caverna están instaladas 2 Trituradoras primarias de  $1.00 \text{ M} \times 1.40 \text{ M}$  de boca, admitiendo tamaños hasta de 36 pulgadas.

Los materiales que se procesarán, provenientes de la explotación de Pedreras, serán almacenados en la Cañada Seca, posteriormente entrarán a la Caverna para su pro-

cesamiento.

Los trabajos de Concreto en la Caverna, consistieron en la Cimentación del Alimentador COMESSA que está situado en la parte alta de la Caverna, ésto es en la elevación 255. Parte de esta cimentación está en cantiliver.

Construcción de una tolva en arco situada en el tercio superior. Esta tolva almacenará los materiales menores de 36".

Construcción de una tolva para grandes bloques, que recibirá los materiales mayores de 36", situada en el tercio inferior de la altura de la Caverna.

Construcción de la Cimentación del Alimentador HEWITT - ROBINS que moverá de la tolva de los grandes bloques, hacia los camiones, los materiales mayores de 36" que serán sacados del proceso de tratamiento.

Construcción de la Cimentación de las Quebradoras LORO-PARISSINI.

Revestimiento de las paredes de la Caverna en la zona de instalaciones.

Construcción de un Túnel Falso en el acceso a la Caverna, que protegerá dicho acceso.

Su elevación del piso de la Caverna está en la cota 230.00 m y en la parte alta está la cota 255 m.

El proyecto inicial indicaba un volúmen de 500 m<sup>3</sup> en total, fueron colocados 2 500 m<sup>3</sup>

El acero de refuerzo es de alta resistencia, grado duro de 1 1/2 " de diámetro, colocado manualmente y elevado con garruchas y cables.

Cimbra de contacto de madera (Cimbraplay), tipo aparente y la Obra falsa fué hecha con Tubular Dalmine.

Concreto f'c = 250 Kg/cm<sup>2</sup> colocado con bomba en su totalidad y compactado con vibradores neumáticos y eléctricos, transportado en camión revolvedora de 5 m<sup>3</sup>.

Se dejaron colocadas Placas, Angulos, Anclas, etc., para fijar las estructuras metálicas proyectadas.

### 3.- BANDAS EXTERNAS

Los trabajos de concreto, consistieron en: Cimentación de Bandas B-100 y B-200, Túneles Falsos para pasos de dichas bandas en la zona de la Ataguía, Cimentación de Estructuras de Transferencia, Construcción de Tanque - Desarenador para agua industrial, Cimentación de Bandas B-5 y B-6, Cimentación de 5 Quebradoras: 3 Telesmith y 2 Babbitless de conos.

Todos estos trabajos fueron realizados con Cimbra de -- contacto de Cimbraplay, Obra falsa Tubular Dalmine, Acero de Refuerzo de alta resistencia, grado duro, en diá-



metros de  $1/2''$  a  $1 1/2''$ .

Concreto  $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ , el tamaño máximo de los agregados fué de  $1 1/2''$  y  $3/4''$ .

Colocado con bomba en su totalidad y compactado con vibradores neumáticos y eléctricos.

Transportado en camiones revoladora de  $5 \text{ m}^3$ .





### 3.2.3. Tratamiento de Materiales

Es lógico pensar que algunos de los materiales que formarán la Cortina, no podrán colocarse directamente de los bancos de préstamo al sitio de la presa, pues estos deberán ser tratados o procesados ya que las especificaciones de construcción así lo indican. Por ejemplo, los filtros se obtienen de la extracción de material en las Pedreras o de los almacenes de aluvión, naturalmente se puede deducir que el material extraído no tendrá la granulometría especificada, por tal motivo deberá de procesarse en la Planta de Procesamiento de materiales T-1, donde se le dará la granulometría deseada y así ya podrá colocarse en la Cortina.

De los materiales pétreos se puede decir, solo sufren un proceso de trituración y en algunos casos de lavado en la Planta T-1, a diferencia del material impermeable que se le da un tratamiento en los almacenes y posteriormente si así se requiere, otro al colocarse en la Cortina. Los tratamientos y procesamientos indicados por especificación son los siguientes:

#### MATERIAL PETREO

**FILTROS.-** Deberán procesarse en la Planta T-1, hasta obtener un tamaño máximo de 3 pulgadas.

**TRANSICION.-** Este material también será procesado en dicha planta, deberá ser lavado ya que no se per

miten materiales finos, el tamaño mínimo de las partículas será de 3/8" y el máximo de 6".

**ENROCAMIENTO COMPACTADO.**- Será también procesado en la misma planta hasta obtener la granulometría deseada.

Los demás tipos de enrocamiento podrán ser colocados directamente de los bancos a la Cortina ya que su tamaño máximo es mayor de 10" y en la Planta T-1 solo se admite material menor de 10" para procesamiento.

#### **MATERIAL IMPERMEABLE**

**Proceso de Tratamiento.-**

El material impermeable proveniente de los bancos de arcilla será transportado hasta los almacenes mediante camiones de volteo que tirarán el material formando camellones, una vez formado el camellón, por medio de una motoconformadora se procederá a extenderlo formando capas, posteriormente se agregará material pétreo menor de 2" (por especificación) con el fin de formar una estructura o "esqueleto" cuando se coloque este material en la Cortina.

Ya colocado el agregado o material pétreo, con la misma motoconformadora se extenderá y mezclará con el material arcilloso con el objeto de homogeneizarlos, posteriormente se volverán a formar capas de 25 cm de espesor de material ya homogéneo para proceder al tratamiento de agua, consistente

en riego por aspersión hasta lograr la humedad óptima de  $W_o = 11\%$ . Ya realizada esta operación, se irá almacenando este material que posteriormente será "cortado" en rampa con el fin de que cada extracción que se realice abarque material de todas las capas. Resumiendo: El material arcilloso será mezclado con grava menor de 2" en un 20%, extendido con motoconformadora y regado por aspersión hasta alcanzar la humedad óptima igual a  $W_o = 11\%$ .

#### TRATAMIENTO DE LA ROCA. - CONCRETO DENTAL.

Se hará conforme a las especificaciones de construcción -- (" Tratamiento Superficial de Laderas " ), en los lugares - indicados por la Residencia de Mecánica de Suelos, previo estudio.

El tratamiento de la roca, abarca desde la limpieza de las laderas, es decir, desde la remoción de todos los materiales orgánicos y deletéreos, así como de fragmentos de roca suelta que se encuentren en peligro de caer, hasta el anclaje de grandes bloques de roca y la colocación del concreto dental.

#### Concreto Dental. -

Consiste en limpiar la superficie de la roca a base de chiflones de aire o agua a compresión según el caso, retirando todo el material suelto con herramienta de mano, procediéndose de inmediato a la colocación del concreto para lograr una superficie regular en las paredes del cantil.

El fin del concreto dental es el de uniformizar las paredes del fondo del cauce o de las laderas mediante colados de concreto simple para rellenar grandes huecos y calafateo con mortero para redondear aristas y pequeñas salientes de roca. También se utiliza el concreto dental para proporcionar taludes positivos a los cantiles de la boquilla.

Es conveniente advertir que la colocación del concreto dental debe efectuarse hasta que se haya llegado a la roca firme o sana, o en su defecto cuando se hayan anclado debidamente los grandes bloques inestables de roca.

El tratamiento de la roca se hará en las siguientes zonas:

Zona 1.- En el contacto entre el corazón impermeable y el fondo del cauce, laderas y cantiles

Zona 2.- En el contacto entre los respaldos de enrocamiento y las laderas.

Una vez tratada la roca, se procederá a colocar los materiales en la Cortina.

### 3.2.4. Trabajos Previos a la Colocación de Materiales

Limpieza del Recinto

Anclaje de Rocas

Losa de Desplante

Tapete de Consolidación

Dentro de los factores que integran el Proceso Constructivo de la Cortina se encuentra uno sumamente importante: La Cimentación de la Cortina.

Para la construcción de esta Cortina se pensó inicialmente en una Cimentación consistente en un contacto de Arcilla-Roca, pero mediante estudios de geología realizados en el sitio, se determinó que las fracturas existentes en las rocas eran muy grandes, por lo que deberían de tratarse mediante rellenos de lechadas o morteros de concreto y estudiar otro tipo de Cimentación.

Finalmente se determinó que la Cimentación sería a base de una Losa de Desplante de concreto en la Zona Impermeable, inyectando posteriormente un Tapete de Consolidación para impermeabilizar todavía más esa zona, por lo tanto, los trabajos a seguir serían:

#### Limpieza del Recinto

Se deberán remover todos los fragmentos de roca inestables, mediante medios manuales o mecánicos (según se indique), de acuerdo a las especificaciones de construcción a fin de cimentar la Cortina en roca firme de desplante.

#### Anclaje de Rocas

Cuando un bloque de roca sea demasiado grande, será más conveniente estabilizarlo mediante anclas para roca, en las especificaciones de construcción se indica el proceso a seguir.



### Losa de Desplante

Consistirá en una Losa de concreto, desplantada en toda la zona donde se colocará el material impermeable, antes de colocar esta losa, se habrá llegado mediante excavaciones hasta la roca firme o sana, o al menos a donde la roca tenga una permeabilidad máxima de  $K = 2$  Unidades Lugeón.

Se define una Unidad Lugeón como el gasto de 1 lt/min/m. originado por una presión de  $10 \text{ Kg/cm}^2$ .

### Tapete de Consolidación

Se colocará un Tapete de Consolidación después de colada la Losa de Desplante, con el fin de impermeabilizar las zonas del contacto Concreto-Roca. El tapete tendrá 10 M. de espesor y se ejecutará en 2 etapas como mínimo y una tercera o cuarta etapa en zonas donde lo amerite. Se realizará mediante inyecciones de lechadas o morteros de concreto.

La separación de barrenos para la inyección del tapete, será en dos direcciones ortogonales de la forma siguiente:

1a etapa	separación:	10.00 m.
2a etapa	"	5.00 m.
3a etapa	"	2.50 m.
4a etapa	"	1.25 m.

Finalmente se inyectará también una pantalla impermeable a lo largo de la boquilla de la Cortina, para la realización de ésta, se construirán Galerías por las que se harán las inyecciones.

### 3.2.5. Procesos de Construcción

Realizados los trabajos previos al inicio de la colocación de materiales, tales como Limpieza del Recinto, Anclaje de Rocas, Concretos Dentales, Losa de Desplante y Tapete de Consolidación, descritos en el inciso anterior, se tiene ya la superficie lista para empezar a colocar los materiales que formarán el cuerpo de la Cortina.

Para la construcción de la Cortina se ha decidido utilizar el sistema de transporte de materiales por medio de Bandas complementado con equipos auxiliares tales como Palas Mecánicas, Empujadores, Cargadores, Camiones y Vagonetas de carga. Del mismo modo se decidió utilizar solo una Planta de Tratamiento de Materiales Centralizada (Planta T-1), en donde los materiales que requieran tratamiento serán seleccionados, triturados, lavados, acumulados y separados en silos según su calidad y tamaño. Dicha Planta no solo dará el tratamiento indicado a los materiales, sino que a la vez servirá para almacenar materiales que posteriormente deban ser transportados por medio de las bandas.

La Planta de Procesamiento de Materiales T-1, producirá solamente: Material 2 (filtros), Material 3 (transición), Material 4 (enrocamiento compactado) y Material 4U (enrocamiento compactado uniforme), ya que el tamaño máximo de estos materiales es menor de 10", y como se mencionó en incisos anteriores, a la planta solo pueden entrar en procesamiento materiales menores de 10".

Solo se procesará en esta planta material proveniente de la extracción de roca en la Pedrera o Cantera No.1, situada - aguas abajo de la Cortina o de los almacenes del aluvión extraído del río.

La Planta T-1 se encuentra ubicada en el pie del talud -- aguas abajo de la Cortina.

El proceso de esta Planta es el siguiente:

Toda la roca proveniente de la Cantera o Pedrera No.1, será descargada por camiones Terex de 35 toneladas cortas de capacidad en una cañada cercana llamada " Cañada Seca ". Desde esta cañada que operará como una gran tolva natural, la roca será conducida por un alimentador vibratorio que la introducirá a una caverna artificial, donde mediante un proceso de clasificación y trituración, el material será seleccionado en dimensiones menores de 25 cm. (10"). De la caverna, con una banda que pasa a través de un túnel lateral, la roca será transportada hasta la Planta de Tratamiento que se encuentra al pie de la Cortina, aguas abajo. Todos los materiales serán seleccionados y acumulados por separado según su tamaño, en los silos correspondientes, construidos en la misma Planta.

El material que proviene de los almacenes de aluvión, será transportado directamente a la Planta de Tratamiento, mediante Vagonetas Terex de 70 toneladas cortas de capacidad, con descarga de fondo, donde se les dará también tratamiento y

serán acumulados en los silos según su tamaño.

El material impermeable o arcilla, mientras la altura de la Cortina permita transportar este material por medios tradicionales, se hará de este modo. Conforme la Cortina alcance una altura en la que ya resulte difícil el acceso de camiones a ésta, el transporte se hará por medio de las bandas, es decir en el primer caso la arcilla será transportada por camiones y vagonetas de carga de 35 y 70 toneladas de capacidad respectivamente, del almacén " Tejería " ubicado a 4 Km. del sitio, hasta la Cortina directamente. En el segundo caso el transporte o acarreo de arcilla se realizará exclusivamente con vagonetas con descarga de fondo, del mismo almacén a la Planta T-1, en donde será descargado en el silo correspondiente y transportado a la Cortina por medio de las bandas.

Resumiendo: La Planta T-1, procesará únicamente material procedente de la Cantera No.1 y de los almacenes de aluvión, y transportará estos materiales al igual que la arcilla desde los silos hasta la Cortina por medio de 2 líneas de bandas.

Conforme se eleve la Cortina se aumentarán tramos al sistema de bandas y las tolvas se subirán al nivel conveniente mediante gatos hidráulicos.

Se ha pensado que para acelerar la colocación de los materiales en la Cortina, es necesario construir otros medios de acceso a los materiales aparte de las bandas transportadoras.

De este modo se pensó que por medio de la Ataguía de Aguas Arriba se podría colocar materiales, así como por medio de la construcción de lumbreras que tuvieran salida a la Cortina.

Considerando ésto, se han construido 2 lumbreras y se tiene planeado construir otra, por las que se puedan introducir materiales a la Presa.

Los medios de acceso o entrada de materiales son los siguientes:

Lumbrera No.1 .- Localizada Aguas Arriba del eje de la Cortina ( 100 mts. aprox.) en la margen izquierda, en esta lumbrera de 2.40 m. de diámetro, se depositará la roca proveniente de la excavación de los Túneles Vertedores. Se espera una capacidad máxima de 10 000 m<sup>3</sup>/día sueltos, y una capacidad sostenida de 8 000 m<sup>3</sup>/día, sueltos, en operación.

Lumbrera No.2 .- Se localiza en la margen derecha, Aguas Abajo del eje de la Cortina, en esta lumbrera se depositará material proveniente de la excavación en la Obra de Toma, tiene un diámetro de 2.40 m., la capacidad esperada es de 7 000 m<sup>3</sup>/día sueltos máxima, y una capacidad sostenida de 5 000 m<sup>3</sup>/día.

Lumbrera No.3 .- En proyecto, se localizará en la margen izquierda, muy cerca del eje de la Cortina, Aguas Arriba, se piensa depositar el material proveniente de la Cantera No.3, consiste en un shut de 6 m. de diámetro. La capacidad de es

ta lumbrera dependerá exclusivamente del ritmo de descarga y extracción, se considera una capacidad de 15 000 m<sup>3</sup>/día.

Entrada Directa .- Se introducirá por este medio, la roca -- proveniente de la excavación en la Casa de Máquinas.

Planta T-1 .- Se colocarán materiales por medio de esta planta, los procedentes de la Cantera No.1, de los almacenes de aluvión y de los almacenes de arcilla.

Es conveniente aclarar, que los materiales colocados mediante las lumbreras, de la Ataguía Aguas Arriba o directamente no sufrirán ningún tratamiento a excepción de la arcilla que será tratada directamente en los almacenes.

La colocación de materiales se realizará en 7 periodos, de los cuales 5 coinciden intencionalmente con los cambios de - bandas que deberán efectuarse en el sitio. En el inciso 3.2.2. se mencionó que los transportadores articulados " Bench Conveyors ", en los cuales se apoyan las bandas que dan salida al material proveniente de la Planta T-1 hacia las Tolvas No va, tienen la facilidad de ser articulados en ambos extremos es decir, pueden efectuar un movimiento vertical en uno de - sus extremos, y formar un ángulo de  $\pm 15^\circ$  respecto a la horizontal, o mejor dicho de la posición horizontal ( $0^\circ$ ), puede un extremo subir o bajar 15 m. respectivamente, por medio de gatos hidráulicos como se muestra en la figura No.29.

Considerando lo anterior, se han programado los cambios de - bandas cada 30 m. de elevación de la Cortina aproximadamen-

te, lo que dió por resultado 5 cambios de bandas dentro de - de 7 periodos, los dos periodos restantes, son el periodo de inicio, el cual comprende desde el nivel de la Losa de Desplante hasta la elevación 200, y el periodo final que comprende desde la elevación 342 hasta la 405.

Los periodos de colocación de materiales son los siguientes:

Periodo de Inicio.- Comprende de la elevación 140-150 aproximadamente ( nivel de la Losa de Desplante ) a la elevación - 200, se efectuará del mes de enero al mes de junio de 1977.

Periodo No.1.- Comprende de la elevación 200 a la 229, se -- efectuará del mes de julio al mes de noviembre de 1977, al - llegar a la elevación 229 se realizará el primer cambio de - bandas.

Periodo No.2 .- De la elevación 229 a la 257, comprendido en - tre el el mes de diciembre de 1977 y el mes de marzo de 1978. El segundo cambio de bandas se efectuará al llegar a la elevación 257.

Periodo No.3 .- Comprende de la elevación 257 a la 287, se - efectuará del mes de abril al mes de julio de 1978. Al llegar a la elevación 287, se ejecutará el tercer cambio de bandas.

Periodo No.4 .- De la elevación 287 a la 314, se llevará a - cabo entre los meses de agosto y octubre de 1978. Al llegar a la elevación 314, se hara el cuarto cambio de bandas.

Periodo No.5 .- Se realizará este periodo en los meses de noviembre de 1978 y enero de 1979. Comprende de la elevación 314 a la elevación 342. En esta última elevación se ejecutará el quinto cambio de bandas. Este cambio será el último que se realice.

Periodo Final .- Se llevará a cabo del mes de febrero al mes de julio de 1979, comprende de la elevación 342 a la 405 que coincide con la corona de la Cortina.

Las producciones así como los requerimientos de material en cada periodo se muestran esquemáticamente en los " ESQUEMAS DE PRODUCCION Y ENTRADA DIARIA DE MATERIALES A LA CORTINA "; en ellos se indican también la procedencia y el destino de los materiales.

Es conveniente mencionar que durante cada cambio de bandas se parará totalmente la actividad en la construcción de la Cortina.

En el plano " SECCION MAXIMA DE LA CORTINA " , puede observarse las elevaciones en las que se ejecutarán los cambios de bandas.



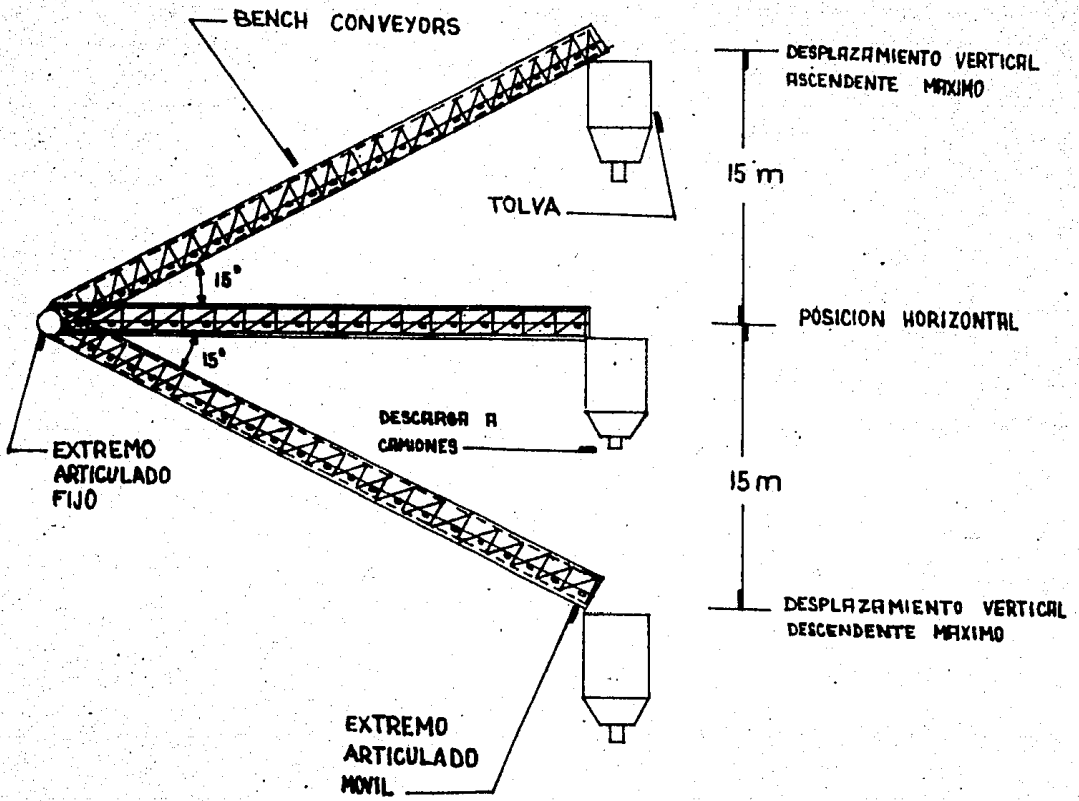
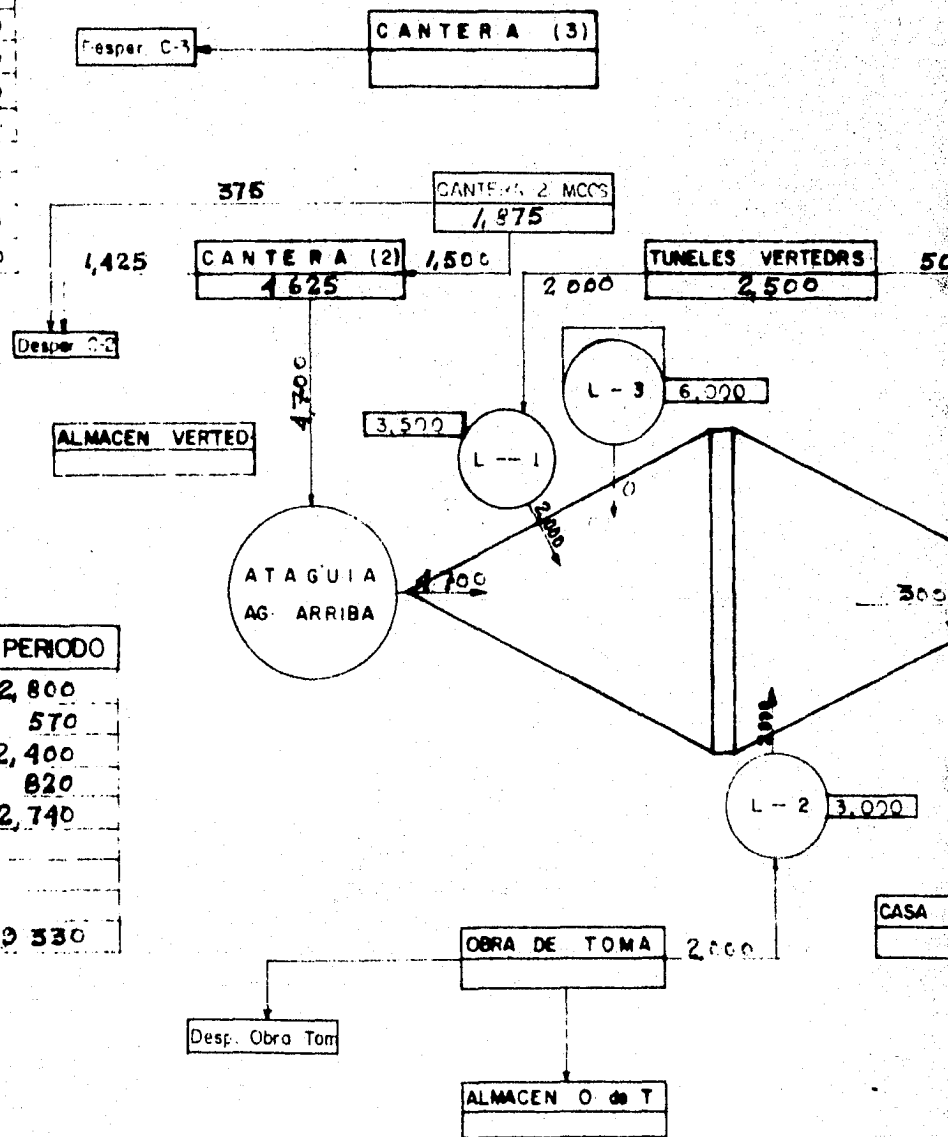


FIGURA NO. 29

	<b>INGENIERIA</b>
	TESIS PROFESIONAL
	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CORTINA P. H. CHICOASEN
	TRANSPORTADORES ARTICULADOS
	REALIZO J. M. OLAC. C. CEN. ING. ECO. NOROCC.
MEXICO D. F. 1977	

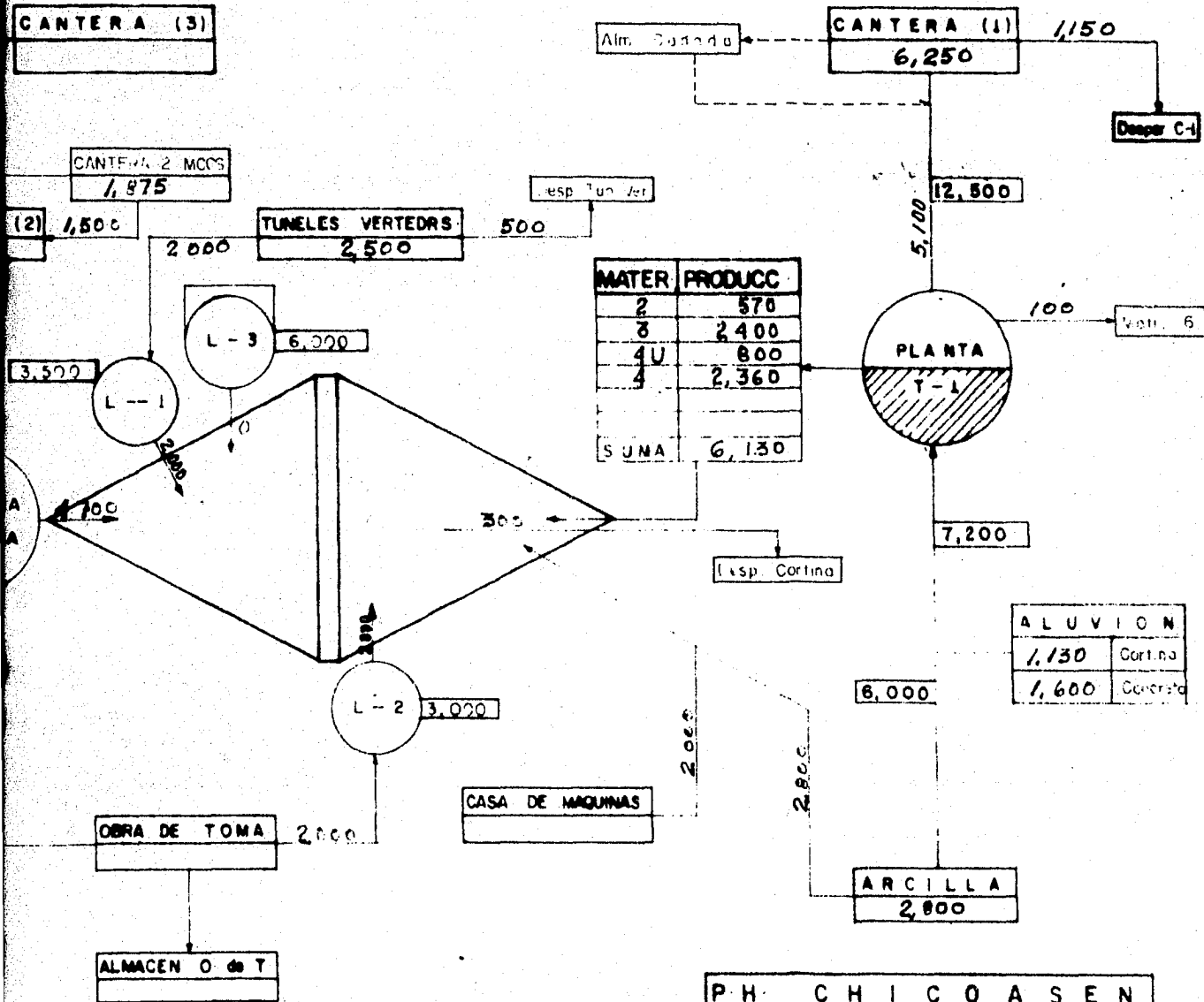
PROCEDECIA	PRODU.	COLOC.
Cantera (1)	5,000	5,000
Cantera (2)	3,700	3,200
Cantera (3)		
Tuneles Vertederos	2,000	1,700
Obra de Toma		2,000
Casa de Maquinas		2,000
Almacen		
Aguvia		1,130
Arquilla		2,800
Cantera (4)	1,500	1,500
S U M A		19,330

## ESQUEMA DE PRODUCCION Y DIARIA DE MATERIALES A LA



REQUERIMIENTO DE PERIODO	
Arquilla	2,800
Filtros	570
Transición	2,400
Material 4	820
Material 4	12,740
Material 5	
Material 6	
S U M A	19,330

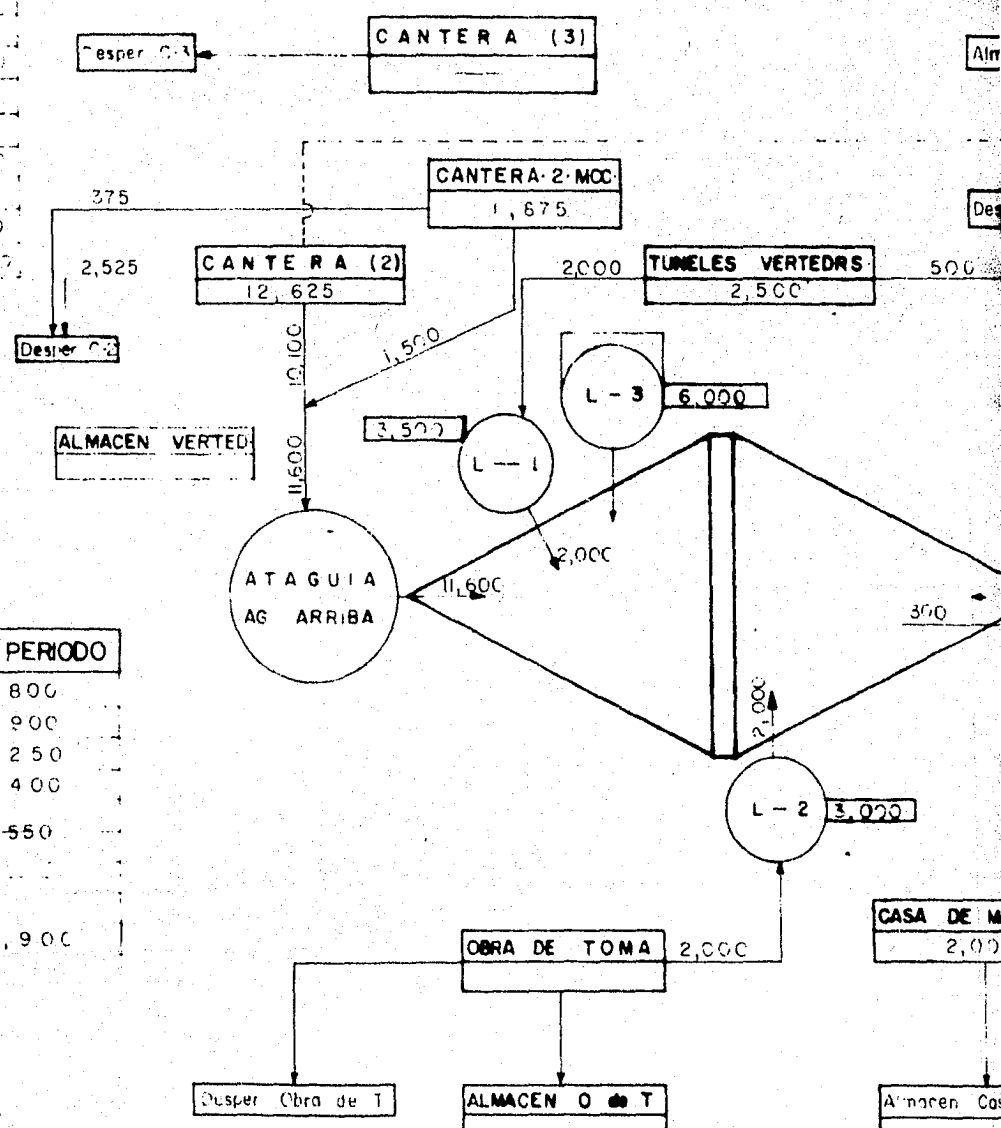
**ESQUEMA DE PRODUCCION Y ENTRADA DIARIA DE MATERIALES A LA CORTINA.**



**P H C H I C O A S E N**  
 PERIODO Num 1 (Uno)  
 ELEVACIONES 200 - 229  
 FECHAS Julio - Noviembre /77

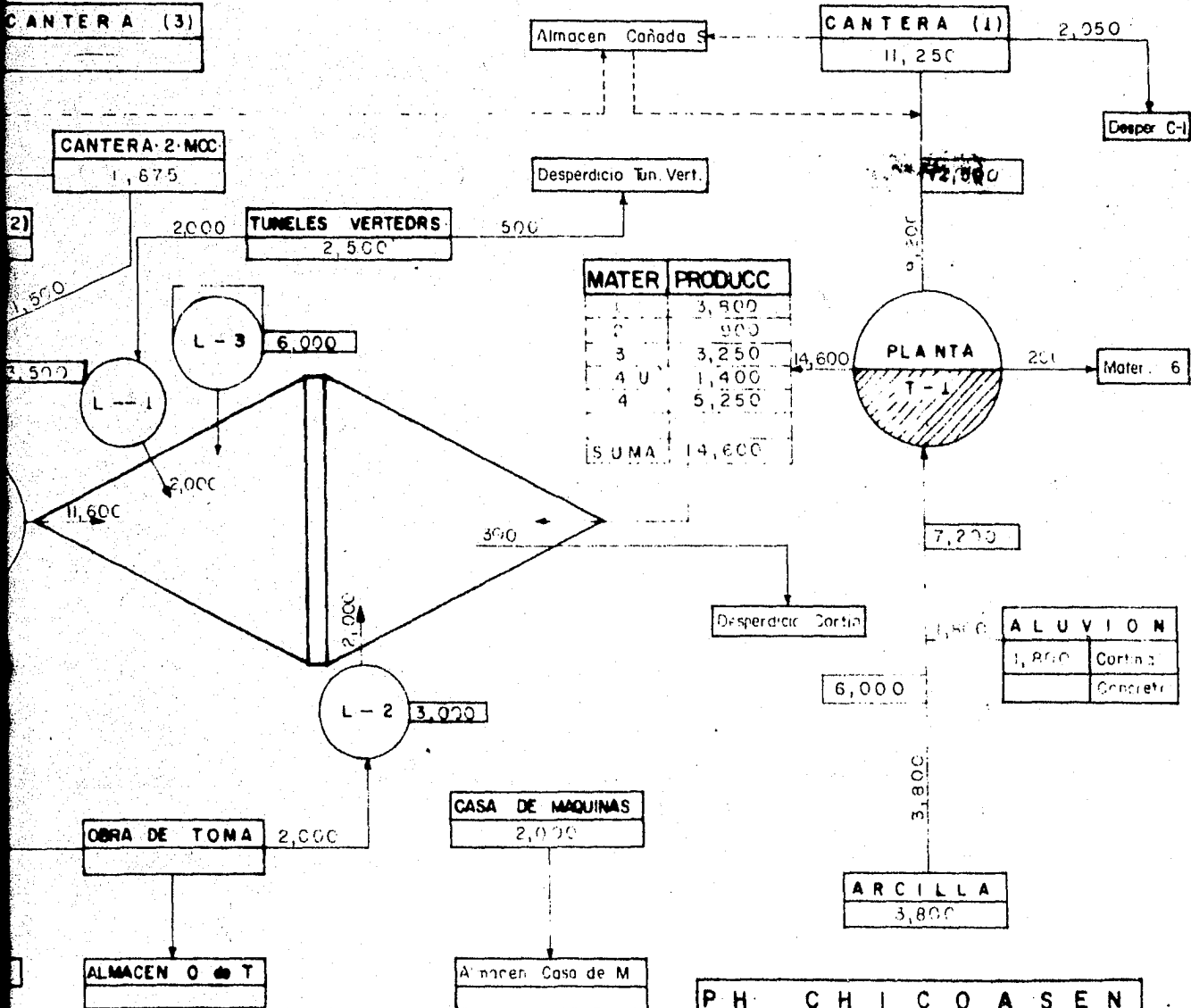
PROCEDENCIA	PRODUCCION	COLOC.
Cantera (1)	9,000	9,000
Cantera (2)	10,100	10,100
Cantera (3)	—	—
Tuneles vertederos	2,000	1,700
Obra de Toma	—	2,000
Tras de Máquinas	—	—
Almacén	—	—
Ataguia	—	1,800
Arquilla	—	3,800
Cantera (2) MCCA	1,500	1,500
S U M A	29,900	29,900

**ESQUEMA DE PRODUCCION Y ENTREGA DIARIA DE MATERIALES A LA CO**



REQUERIMIENTO DE PERIODO	
Arquilla	3,800
Filtros	900
Transición	3,250
Material 4 U	1,400
Material 5	20,550
Material 6	
S U M A	29,900

**ESQUEMA DE PRODUCCION Y ENTRADA  
DIARIA DE MATERIALES A LA CORTINA**



MATER	PRODUCC
1	3,800
2	3,900
3	3,250
4 U	1,400
4	5,250
<b>SUMA</b>	<b>14,600</b>

ALUVION	
1,800	Cortina
	Concreto

**P H C H I C O A S E N**

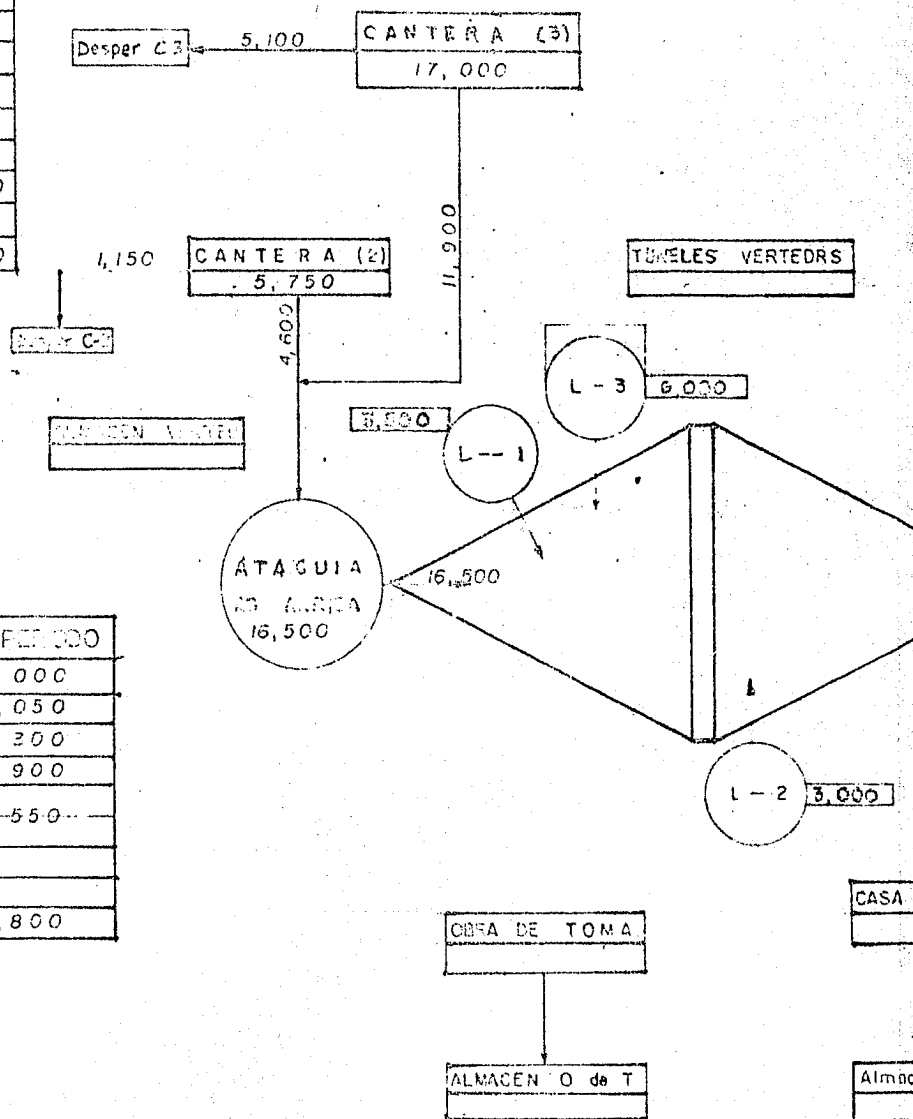
PERIODO Num: 2 (Dos)

ELEVACIONES 229 - 257

FECHAS Diciembre/77 - Mar/78

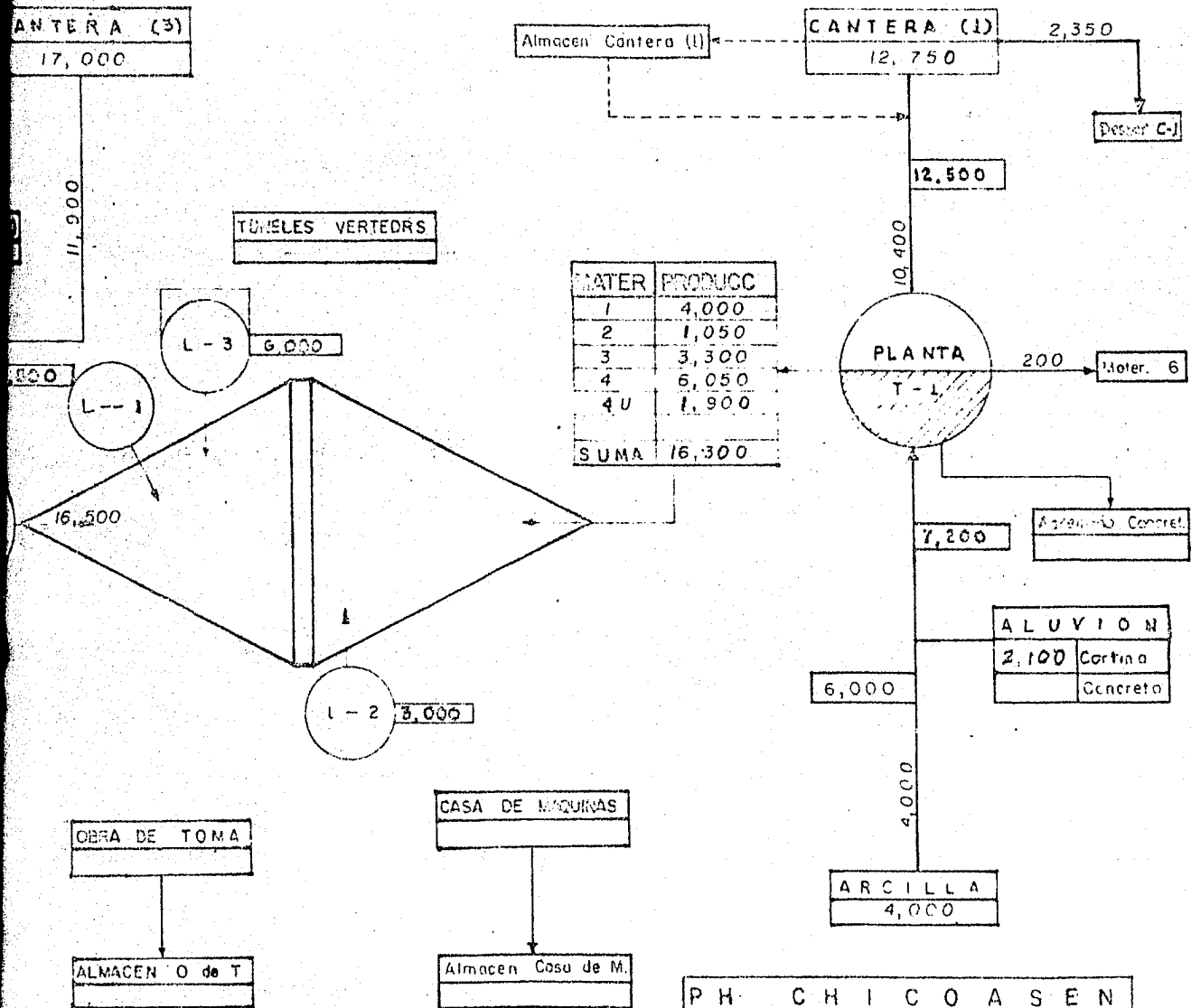
PROCELENCIA	PRODUC	COLCC
Cantera (1)	10,200	10,200
Cantera (2)	4,600	4,600
Cantera (3)	13,600	11,900
Túneles Vertedores	---	---
Ora de Toma	---	---
Casa de Mquinas	---	---
Almacen	---	---
Aluvión	---	2,100
Arcilla	---	4,000
<b>S U M A</b>		<b>32,800</b>

ESQUEMA DE PRODUCCION Y  
DIARIA DE MATERIALES A LA



REQUERIMIENTO DE PERIODO	
Arcilla	4,000
Filtros	1,050
Transición	3,200
Material 4 U	1,900
Material 4)	22,550
Material 5)	
Material 6	
<b>S U M A</b>	<b>32,800</b>

ESQUEMA DE PRODUCCION Y ENTRADA  
DIARIA DE MATERIALES A LA CORTINA.



PH CHICOASEN

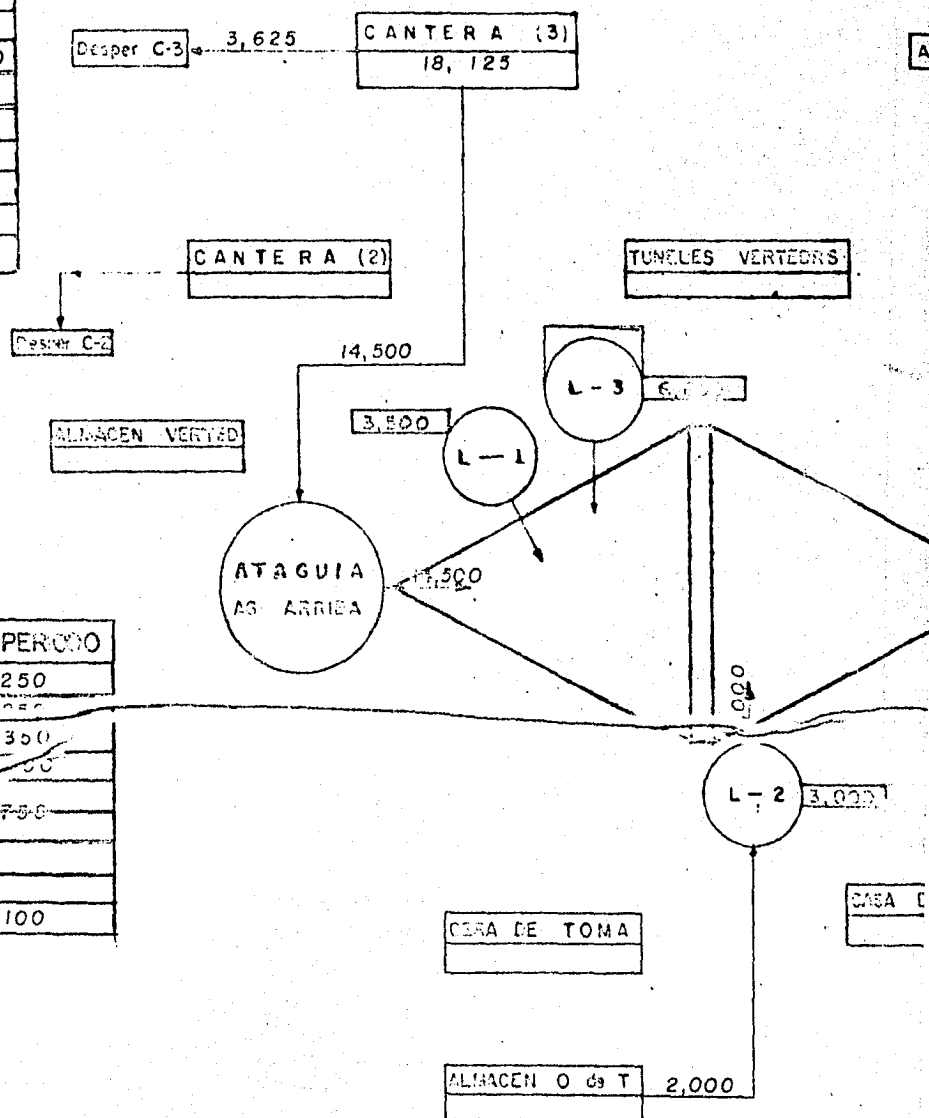
PERIODO Num 3 (Tres,

ELEVACION 257 - 287

W ... Julio /

PROCEDENCIA	PRODUC	COLOC
Cantera (1)	10,900	10,900
Cantera (2)		
Cantera (3)	14,500	14,500
Tuneles Verredores		
Obra de Toma		2,000
Casa de Maquinas		
Almacen		
Aluvion		2,450
Arcilla		4,250
S U M A		34,100

ESQUEMA DE PRODUCCION Y E  
DIARIA DE MATERIALES A LA



REQUERIMIENTO DE PEROSO	
Arcilla	4,250
Filtro	1,250
Transición	3,350
Material 4	1,500
Material 5	22,750
Material 6	
S U M A	34,100



QUEMA DE PRODUCCION Y ENTRADA  
 DE MATERIALES A LA CORTINA.

RA (3)  
 125

Almacen Cantera (1)

CANTERA (1)  
 13,625

2,525

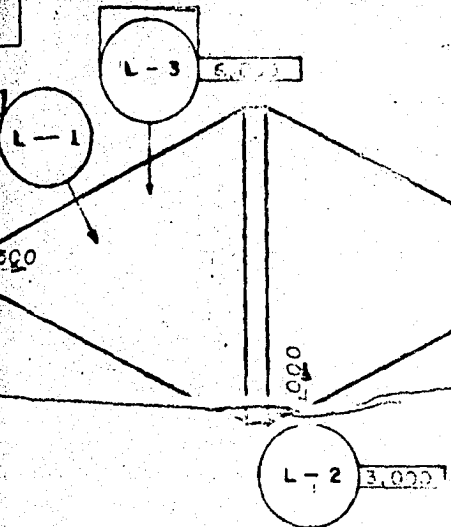
TUNEL VERTEDRS

MATER	PRECIO
1	9,250
2	1,250
3	3,350
4 U	2,500
4	6,250
SUMA	17,600

PLANTA  
 T-1

200

MATERIAL 6



2,500

11,100

7,200

Almacen Cantera

ALUVION

2,450 Cortino  
 Concreto

5,000

4,250

ARCILLA  
 4,250

CERA DE TOMA

CASA DE MAQUINAS

ALMACEN O de T 2,000

P.H. CHICOASEN

PERIODO Nom. 4 (Cuatro)

ELEVACIONES 287 — 314

FECHAS Ago. — Octubre/70

PROCEDECIA	PRODUC	COLOC
Cantera (1)	12,500	12,500
Cantera (2)		
Cantera (3)	11,500	11,500
Tuneles Verradores		
Ctra de Tamo		2,000
Casa de Maquinas		
Almacen		
Aluvion		2,600
Arcilla		3,800
S U M A		32,400

ESQUEMA DE PRODUCCION Y ENTREGA DIARIA DE MATERIALES A LA C

Desper C-2

2,875

CANTERA (3)  
14,375

Almoc

CANTERA (2)

TUNELES VEREDRS

Desper C-2

11,500

ALMACEN VERED

3,500

L-1

L-3 6,000

ATAGUIA  
AS. ARRIBA

11,250

2,000

L-2 3,000

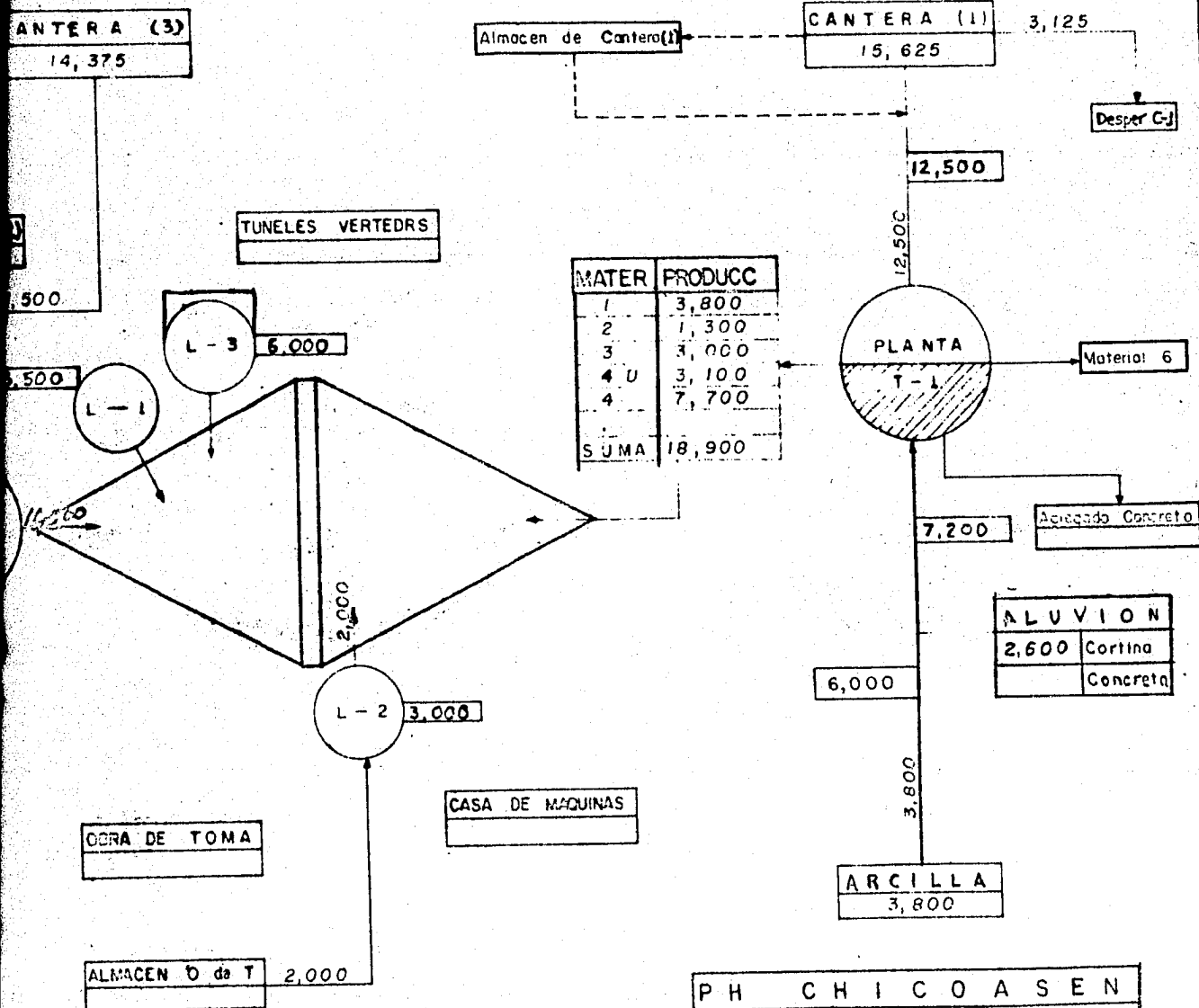
REQUERIMIENTO DE PERIODO	
Arcilla	3,800
Filtros	1,300
Transición	3,000
Material A U	3,100
Material 4)	2,250
Material 5)	2,250
Material 6)	
S U M A	32,400

CASA DE TOMA

CASA DE

ALMACEN O da T 2,000

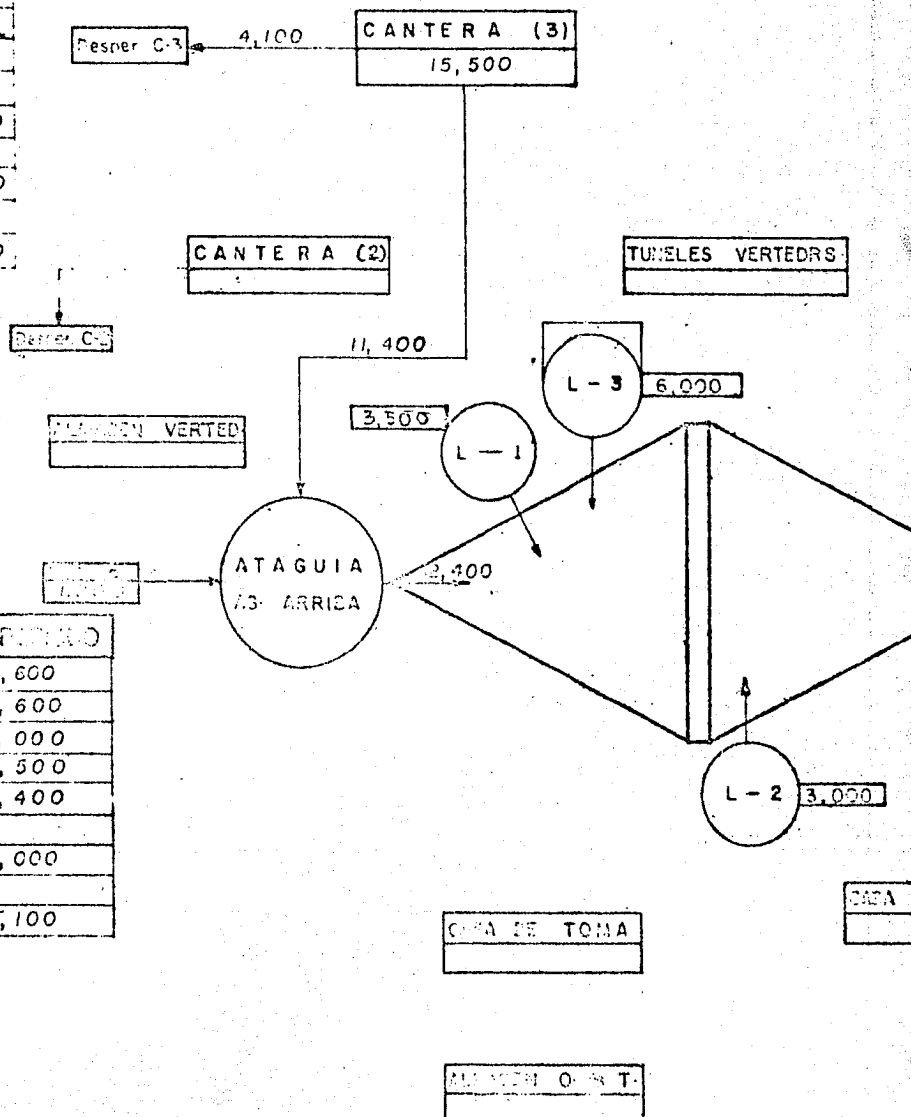
ESQUEMA DE PRODUCCION Y ENTRADA  
DIARIA DE MATERIALES A LA CORTINA.



PH CHICOASEN  
 PERIODO Num 5 (Cinco)  
 ELEVACIONES 314 — 342  
 FECHAS Noviembre 78 — En. 79

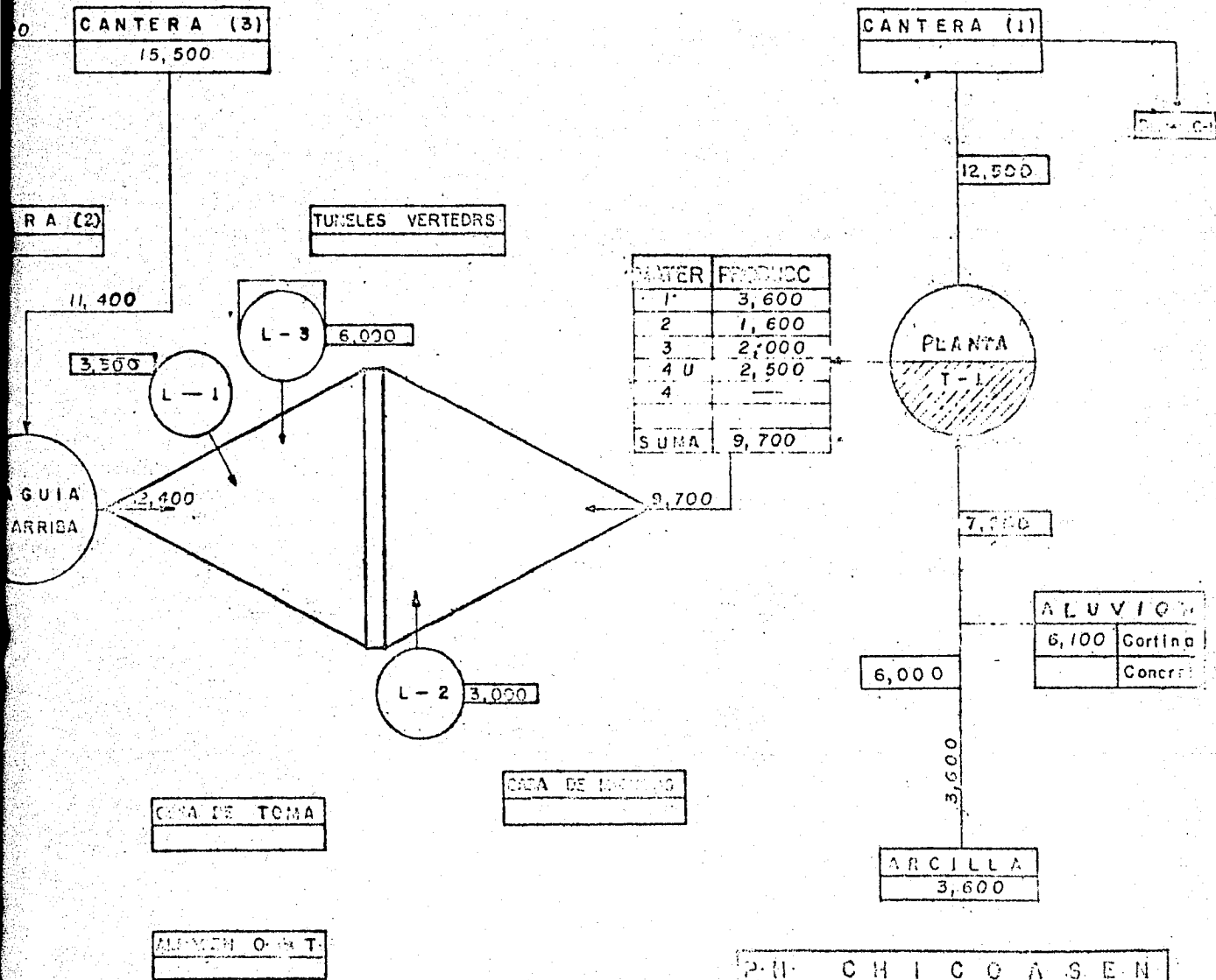
PROCEDENCIA	PRODUCCION	COLOC
Cantera (1)		
Cantera (2)		
Cantera (3)	12,400	11,400
Tuneles Vertedores		
Casa de Toma		
Casa de Maquinas		
Almacen Mat. 6		1,000
Aluvion		6,100
Arcilla		3,600
S U M A		22,100

ESQUEMA DE PRODUCCION Y  
DIARIA DE MATERIALES A LA



REQUERIMIENTO DE MATERIA	
Arcilla	3,600
Filtros	1,600
Transición	2,000
Materia 4 U	2,500
Materia 4	11,400
Materia 5	
Materia 6	1,000
S U M A	22,100

ESQUEMA DE PRODUCCION Y ENTRADA  
DIARIA DE MATERIALES A LA CORTINA



P-I- CHIC O A S E N  
 PERIODO Num 6 (Seis)  
 ELEVACIONES 342 - 405  
 FECHA S. Febrero - Julio / 7.

### 3.2.6. Equipos de Transporte, Colocación y Compactación de Materiales.

Dentro de los Procesos de Construcción, se encuentra la forma en que se realizará el Movimiento de Materiales, dicho movimiento consta desde la Extracción de materiales en los bancos de préstamo, la carga de éstos a los camiones, el transporte o " acarreo ", ya sea a los almacenes, Planta T-1, o directamente a la Cortina, la colocación de material en ésta y finalmente la compactación materiales en la Cortina.

Se define a continuación la forma en que se hace este Movimiento de Materiales, haciendolo individualmente por cada material que integrará la Cortina.

#### ARCILLA

En el periodo de inicio, el movimiento de este material se realizará de la siguiente manera:

La arcilla o material impermeable, será extraído de los bancos de préstamo por medio de un tractor de orugas equipado con cuchilla y cargadores frontales de 6 1/2 o 9 Yd<sup>3</sup>, que colocarán en camiones de volteo de 6 m<sup>3</sup> de capacidad, estos camiones lo acarrearán hasta los almacenes, en donde se les dará el tratamiento requerido. Ya tratado el material se procederá a cargarlo en las vagonetas y camiones de carga de 70 y 35 ton. de capacidad mediante cargadores frontales, del almacén será transportado el material directamente a la Corti-

na, donde se depositará formando camellones de 1 m. de altura aproximadamente en estado suelto, a continuación mediante motoconformadoras, se extenderá formando capas de 25 cm. de espesor, en estado suelto, estas capas se compactarán al 100 % por medio de un rodillo liso vibratorio de 13.5 ton. de peso estático mediante 4 pasadas. Se podrá usar también para la compactación, un compactador " Patas de cabra ". Después de compactarse el material, con una motoconformadora se procederá a escarificar el material a una profundidad de 10 cm., con el fin de que al poner la otra capa de material haya unaliga entre ambas capas y no queden huecos que puedan producir filtraciones posteriormente. Ya escarificado el material se humedecerá mediante riego por aspersión o pipas con el fin de conservar la humedad óptima que se requiere.

En las zonas de difícil acceso a los compactadores, la compactación del material se realizará por medios manuales, tales como las llamadas " Bailarinas ".

La colocación y compactación de este material se hará a lo largo del eje de la Cortina, es decir transversalmente al sentido del río, con el fin de evitar oquedades por las que pueda filtrarse el agua y forme canales, ocasionando que con el tiempo se pueda presentar el fenómeno de Tubificación.

En caso de compactar la arcilla mediante el compactador " Patas de cabra ", no será necesario la escarificación del material.

En los periodos restantes, el proceso es similar, con la úni-

ca diferencia que el acarreo de material, será de los almacenes a los depósitos o silos de la Planta T-1, de donde será transportado mediante las bandas hacia las Tolvas Nova, ubicadas en la Cortina.

#### MATERIAL 2, 3, 4, 4U, 4S

Estos materiales serán extraídos de la Pedrera o Cantera No. 1. La extracción en este banco se hará mediante banqueos de 15 m de espesor, por medio de una Pala eléctrica el material extraído será cargado en camiones de 35 ton. de capacidad que lo transportarán a la Cañada Seca ( donde se inicia el procesamiento de materiales por la Planta T-1 ), ya procesados los materiales serán almacenados en los silos correspondientes para ser transportados hacia las Tolvas Nova. De este lugar el material será acarreado mediante camiones de carga a los diferentes lugares de colocación ( Aguas Arriba o Aguas Abajo ). Posteriormente el material ya clasificado se tirará y será tendido por tractores de orugas equipados con cuchilla.

La compactación difiere según el material y se describe a continuación:

**Material 2. Filtros.-** Será colocado en capas de 50 cm. de espesor y compactado mediante 2 pasadas con rodillo liso vibratorio de 9 ton.

**Material 3. Transición.-** Su colocación se hará en capas de 50 cm. de espesor, se compactará con rodillo liso vibratorio



de 9 ton., mediante 2 pasadas.

Material 4. Enrocamiento Compactado.- Se colocará en capas de 50 cm., y será compactado mediante 4 pasadas de rodillo liso vibratorio de 13.5 ton., al colocarse este material se agregará un volúmen de 350 lts por metro cúbico de material.

Material 4U. Enrocamiento Compactado Uniforme.- Se tenderá también en capas de 50 cm. y se compactará mediante 2 pasadas de rodillo liso vibratorio de 9 ton. de peso.

Material 4S. Enrocamiento "suelto" natural.- Mismo proceso que el material 4U .

#### MATERIAL 5. ENROCAMIENTO ACOMODADO CON TRACTOR.

Se extraerá de las Canteras 2 y 3 mediante banqueos de 15 m. de espesor. Con Pala eléctrica será cargado a camiones de carga de 50 ton. de capacidad que lo conducirán a la Cortina por medio de la Ataguía Aguas Arriba. También provendrá este material de la Obra de Toma, Túneles Vertedores, que será transportado de estos lugares a las respectivas lumbreras por medio de camiones de carga de 6 M<sup>3</sup> de capacidad, posteriormente, de las lumbreras, será cargado en camiones de 35 ton. de capacidad que lo tirarán en los lugares indicados, donde se tenderán mediante tractores de orugas equipados con cuchilla en capas de 1 m. de espesor, se compactará con tractor mediante 4 pasadas.

#### MATERIAL 6. ENROCAMIENTO DE GRAN TAMAÑO

Se transportará del almacén " Caverna " a la Cortina mediante camiones de 50 ton. de capacidad, en donde se colocará a volteo.

### 3.2.7. Control de Obra

Es indispensable en todo Procedimiento Constructivo, el llevar un control estricto y adecuado de todas las actividades realizadas en una obra de construcción. El Control de Obra no es sino la verificación de que los resultados obtenidos, sean los deseados.

Un Control de Obra debe presentar ciertas características tales como:

- 1.- Que sea veraz
- 2.- Que sea oportuno
- 3.- Que sea preciso

Entre los controles que integran la construcción, se pueden enunciar a 4 más importantes:

- 1.- Control de Producción
- 2.- Control de Maquinaria
- 3.- Control de Mano de Obra
- 4.- Control de Costo

1.- Control de Producción.

Un control de producción llevado al día, permitirá ver con -

presición y sin pérdida de tiempo, cual es la producción -- conque se cuenta en la fecha que se requiera. También reportará inmediatamente atrasos en la obra, es decir, se podrá - observar mediante este control, si los avances programados - se están llevando a cabo eficaz y eficientemente.

Para llevar este control, se deberá de contar con una serie de reportes de avance de obra, que se llevarán, tanto a diario como mensualmente

#### Reportes necesarios en el Control de Producción

Se deberá llevar un Reporte Diario de Movimientos de Materiales, en donde se indique el tipo de material, su procedencia y su destino, ya sea el de colocarse en la Cortina o el de almacenarse en los lugares correspondientes, deberán estar - indicados también el día y el mes del reporte, así como el - volúmen total acumulado.

De igual manera se llevará un Reporte Mensual de Movimiento de Materiales en la Cortina, en este reporte se indicarán - los volúmenes colocados compactos, tanto parcial como acumulados de cada material.

Del mismo modo se llevará un Reporte de los rendimientos obtenidos, es decir, del volúmen colocado diariamente. Estos - datos se vaciarán posteriormente en las " GRAFICAS DE COLOCACION DE MATERIALES ", que deberán hacerse por cada material, y una Gráfica de todos los materiales acumulados. Estas grá-

ficas reportarán los avances obtenidos día con día, así como el avance acumulado de materiales. Dichas gráficas se harán por cada mes transcurrido. En el anexo No.1 se muestra como deben ser estas gráficas.

Se deberá hacer también una gráfica que reporte los avances obtenidos mensualmente, es decir, se debe graficar el volúmen de todos los materiales acumulados mensuales.

Esta gráfica tendrá las siguientes características:

En el eje de las abcisas se pondrán los 30 meses que requiere la construcción de la Cortina, y en el eje de las ordenadas se pondrán los volúmenes acumulados de todos los materiales, así como la altura que vaya alcanzando la Cortina. Esto es con el fin de observar como avanza el programa real en comparación con el avance programado. ( Ver anexo No.2 ).

Por último se deberán graficar los volúmenes de material extraído de las Pedreras o Bancos de préstamo.

### Control de Equipo

Es conveniente llevar un Control del Equipo con que se cuenta. En este control se anotarán los equipos usados y el número de horas trabajadas por cada máquina.

Por especificación, todo tipo de maquinaria trae indicados los ajustes y el mantenimiento necesario que se le debe proporcionar conforme a las horas de uso. El control oportuno -

de la maquinaria evitará grandes gastos en reparaciones mayores, ya que éstas se podrán prevenir si se realiza el mantenimiento indicado en las especificaciones de maquinaria.

Se llevará un reporte donde se indiquen las máquinas utilizadas por cada frente de trabajo, en este reporte se anotará - el tipo de máquina, la marca y la capacidad de la misma, así como el número de máquinas necesarias en cada frente.

También se llevará un reporte mensual de maquinaria mayor y menor respectivamente, donde se indique, la máquina utilizada, las horas trabajadas, el costo horario y el costo total de las horas trabajadas por mes.

#### Control de Mano de Obra

El realizar este control, permitirá observar el número de -- trabajadores en cada frente y por ende el costo total de la mano de obra.

#### Control de Costo

El Control de Costo, se llevará por cada frente de trabajo, en él se indicarán los costos originados por Mano de Obra, - Materiales y Maquinaria.

## C A P I T U L O   I V

COSTOS Y ANTEPRESUPUESTO

4.1.      PRECIOS UNITARIOS

4.2.1.    MANO DE OBRA

4.2.2.    MAQUINARIA

4.2.3.    MATERIALES

4.2.4.    INDIRECTOS

4.2.5.    UTILIDAD

4.3.      ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

4.4.      RESUMEN DEL ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

4.5.      COSTOS

4.5.      ANTEPRESUPUESTO

#### 4.1. PRECIOS UNITARIOS

La elaboración de Precios Unitarios, es una etapa dentro del Proceso Constructivo en general, que se inicia con la investigación de la factibilidad de realizar una obra, y que termina con la construcción de la misma.

Para el cálculo de Precios Unitarios, es necesario apoyarse en especificaciones, ya que estas son precisamente las que definen la obra que se requiere y la forma en que debe ejecutarse. También se deben tomar en cuenta, tanto los recursos humanos, como los de maquinaria y materiales, así como la disponibilidad de los mismos.

Los elementos que componen un Precio Unitario son:

$$\begin{array}{r}
 \text{COSTOS DIRECTOS} \\
 + \\
 \text{COSTOS INDIRECTOS} \\
 + \\
 \hline
 \text{UTILIDAD} \\
 \hline
 \text{PRECIO UNITARIO}
 \end{array}$$

Los Costos Directos lo integran los Materiales, la Obra de Mano y el Equipo.

Así mismo, los Costos Indirectos lo forman: La Administración en obra, Administración central, el Financiamiento, los Impuestos, las Fianzas y Seguros, los imprevistos y finalmente todos los cargos que no influyen directamente sobre la obra, pero que sí se deben tomar en cuenta.

La Utilidad, generalmente se considera como un porcentaje de la suma de los Costos Directos y los Indirectos.

#### 4.2.1. MANO DE OBRA .- Salarios

Con el fin de obtener una mejor eficiencia en el trabajador y por ende una mayor producción, se ha considerado que es conveniente motivar al trabajador con alguna bonificación; dicha bonificación consiste en pagar 2 horas extras por día.

Se ha considerado que se trabajarán 2 turnos de 8 horas efectivas cada uno, sin tomar alimentos; realizando los cambios de turno en el frente de trabajo.

#### DETERMINACION DE FACTORES APLICABLES AL SALARIO NOMINAL - PARA OBTENER EL SALARIO REAL.

Dias no laborables al año:

Domingos	52
Vacaciones	9
Dias festivos	7
Dias de costumbre	5
Dia del sindicato	<u>1</u>
	74

Los dias festivos son:

1o. de enero, 5 de febrero, 21 de marzo, 1o. de mayo, 16 de septiembre, 20 de noviembre, 1o. de diciembre (cada 6 años) y 25 de diciembre.



Los días de costumbre son:

3 de mayo, 5 de mayo, 1o. de septiembre, 2 de noviembre, y -  
12 de diciembre.

Días trabajados al año :  $365 - 74 = 291$  días.

Días pagados al año:	365.00
Prima Vacaciones $0.25 \times 9 =$	2.25
Aguinaldo:	<u>15.00</u>
Total	382.25

#### PRESTACIONES

##### a) Salario Mínimo.

Días pagados al año	382.25
Cuota IMSS:	
$0.1968 \times 382.25 =$	75.23
Impuesto 1 % Suplementario:	
$0.01 \times 382.25 =$	3.82
IMSS : Guarderías 0.5%	
$0.05 \times 382.25 =$	1.91
Días de enfermedad a cargo de la Empresa, Días de lluvia, etc. ( Ley Federal del Trabajo ) :	12.00
Cuota Sindical Patronal 2 %	
$0.02 \times 382.25 =$	<u>7.65</u>
Total	482.86

Factor para Salario Mínimo =  $482.86 / 291 = 1.659$

b) Salarios Mayores al Mínimo.

Dias pagados al año		382.25
Cuota IMSS:	$0.15937 \times 382.25 =$	60.92
Impuesto 1 % Suplementario:	$0.01 \times 382.25 =$	3.82
IMSS : Guarderías 0.5%	$0.05 \times 382.25 =$	1.91
Dias de enfermedad a cargo de la Empresa, Dias de lluvia, etc. ( Ley Federal del Trabajo ) :		12.00
Cuota Sindical Patronal 2 %	$0.005 \times 382.25 =$	<u>7.65</u>
Total		468.55

$$\text{Factor para Salarios Mayores al Mínimo} = 468.55 / 291.00$$

$$= 1.61$$

## TIEMPO EXTRA

a) Turno Diurno.

<u>Horas trabajadas por semana:</u>	$10 \times 6 =$	60
Horas normales de trabajo:	$8 \times 6 =$	48
Horas dobles :		9
Horas triples		<u>3</u>
Total		60 Horas

Dias al año sin horas extras:

Vacaciones

9

Días festivos	7
Días de costumbre	5
Días de sindicato	1
Domingos	<u>52</u>
Total	74

$$\text{Factor Diurno} = \frac{(9 \times 2 + 3 \times 3) \times 291}{6 \text{ días} \times 8 \text{ horas} \times 365} = 0.44845$$

b) Turno Nocturno

Horas normales de trabajo :	7 x 6 = 42
Horas dobles :	9
Horas triples :	<u>9</u>
Total	60 Horas

$$\text{Factor Nocturno} = \frac{(9 \times 2 + 3 \times 3) \times 291}{6 \text{ días} \times 7 \text{ horas} \times 365} = 0.8542$$

$$\text{Factor Promedio} = (0.4484 + 0.8542) / 2 = 0.651$$

PRESTACIONES DE LA LEY QUE GRAVAN HORAS EXTRAS

$$\text{Impuesto Suplementario } 1 \% = 0.01$$

$$\text{Cuota Sindical } 2 \% = \underline{0.02}$$

$$\text{Factor} = 0.03$$

$$\text{Factor Tiempo Extra} = 0.651 \times 1.03 = 0.671$$

En el Anexo No. 3, se muestran los salarios por categorías que se pagan en la obra.

#### 4.2.2. Maquinaria

##### EQUIPO.

La construcción de una gran presa, como es la de Chicoasén origina una serie de actividades tales como son: el movimiento de grandes volúmenes de materiales, así como su extracción transporte y colocación en los sitios apropiados, ya sea para su almacenamiento y tratamiento, o para colocarlos directamente en la Cortina.

Problema de muchas décadas, ha sido realizar todas estas actividades en poco tiempo y al menor costo posible; en Chicoasén se ha pensado detenidamente en estos problemas durante su planeación, y para resolverlos, se han adquirido los más modernos equipos de construcción, como son maquinaria, plantas de tratamiento, etc.

A continuación se describe la maquinaria pesada con la que se cuenta para la construcción de la Cortina.

##### a) Maquinaria de Carga

- 3 Palas eléctricas marca P&H mod. 1900 AL, de 12 Yd<sup>3</sup> de capacidad.
- 4 Cargadores de llantas marca International mod. H-400 de 11 Yd<sup>3</sup> de capacidad.
- 5 Cargadores de llantas marca Michigan mod. 275-B de 6 Yd<sup>3</sup> de capacidad.

b) Maquinaria de Transporte

- 16 Vagonetas de descarga de fondo marca Euclid mod. B-70 con capacidad de 70 ton. cortas.
- 25 Camiones de descarga trasera marca International mod. 350, con capacidad de 50 ton. cortas.
- 34 Camiones de descarga trasera marca Terex mod. R-35, - capacidad de 50 ton. cortas

c) Maquinaria de Terracerias

- 4 Tractores de orugas marca Komat-su mod. D-155, con motor de 320 H.P.
- 8 Tractores empujadores de llantas marca Michigan mod.- 280.
- 1 Compresor portatil marca Chicago neumatic mod. 441 A2
- 1 Motoconformadora marca Huber mod. D-10 con cuchilla de 6 pies.
- 2 Compactadores Pettibone mod. C-250.
- 15 Apisanadoras neumáticas marca Ingersoll Rand.

d) Maquinaria de Maniobras.

- 1 Grúa montada sobre camión marca Clark mod. Lima 700TC con pluma de celosía de 200' y con capacidad máxima de 75 ton. cortas.

- 2 Grúas montadas sobre camión, marca PyH mod. T-750 con pluma hidráulica de 75 ton. de capacidad máxima.
- 1 Grúa marca PyH mod.W-350 con pluma hidráulica y capacidad de 35 ton. cortas.
- 2 Grúas autopropulsadas con pluma hidráulica de 18 ton. cortas de capacidad máxima.

e) Maquinaria de Pedrera

- 11 Perforadoras montadas sobre orugas, marca Ingersoll - Rand, mod. VL-14 y Track mod. CM-350 .
- 5 Compresores portátiles marca Ingersoll Rand mod.DXL-750P, con motor diesel de 750 P.C.M. de capacidad.
- 3 Compresores estacionarios marca Ingersoll Rand tipo - paquete de tornillo mod. 300 VC de 1 450 P.C.M. de capacidad con motor electrico.
- 5 Perforadoras neumáticas de piso marca Ingersoll Rand. con capacidad de 100-120 P.C.M.

f) Maquinaria Rentada

- 1 Compactador Ingersoll Rand mod. SPA-54
- 1 Compactador Dynapac mod. CA 25 PD.
- 2 Motoconformadoras marca Caterpillar.
- 1 Tractor International mod. TD-25
- 2 Compresores marca Garder-Denver

## 1 Compresor Ingersoll Rand.

También se cuenta con un equipo menor, el cual se describe a continuación junto con sus respectivos Costos Hora Maquina , los cuales se han calculado sin incluir la operación, por la única razón de que están sujetos a cambio en cualquier instante.

COSTOS HORA MAQUINA

( Sin incluir operación )

DESCRIPCION DE EQUIPO	C . H . M .
Bomba para agua de 2" Ø con motor de gasolina	\$ 10.83
Bomba para agua de 4" Ø con motor de gasolina	22.18
Bomba para agua de 6" Ø con motor de gasolina	42.94
Bomba para concreto mod. P-80D, con 2 motores diesel de 110 H.P. cada uno.	266.72
Bomba para concreto mod. P-60D , con motor diesel de 145 H.P.	206.69
Cargador frontal mod.977 con motor diesel de 190 H.P.	337.49
Cargador frontal mod.955 con motor diesel de 130 H.P.	244.40
Cargador frontal mod. M-275 con motor diesel de 380 H.P.	787.59

Cargador frontal mod. 175 B, con motor diesel - de 280 H.P.	\$ 504.44
Compactador autopropulsado mod. 815 con motor - diesel de 170 H.P.	339.65
Compactador mod. CH-60 vibratorio con motor die sel de 60 H.P.	151.09
Compactador mod. CH-44 vibratorio con motor die sel de 37.5 H.P.	81.69
Compresor mod. DR-600 con motor diesel de 250 - H.P	248.32
Compresor mod. DR-250 con motor diesel de 105 H.P.	136.47
Camión pipa mod. F-600 con capacidad de 8 000 lts con motor de gasolina de 200 H.P.	123.00
Camión volteo mod. F-600 de 6 m <sup>3</sup> , con motor de gasolina de 200 H.P.	113.87
Camión volteo de 10 m <sup>3</sup> . Motor diesel de 250 H.P.	241.29
Camión volteo mod. R-22, motor diesel de 233 HP.	454.38
Camión volteo mod. R-35. Motor diesel de 394 H.P.	665.69
Cargador Terex mod. 72-81. Motor diesel 465 H.P.	1 184.87
Chalán autopropulsado con capacidad de 50 Ton.	361.46
Draga de arrastre mod. LS-408 de 2.5 Yd <sup>3</sup> . Motor	



diesel de 190 H.P.	\$	911.02
Draga de arrastre mod. LS-108 de 1.5 Yd <sup>3</sup> , motor diesel de 163 H.P.		502.17
Jumbo estructura		336.87
Grúa sobre camión de 125 ton. con motor - diesel de 160 H.P.	1	177.21
Grúa sobre camión de 20 ton. con motor die sel de 190 H.P.		563.49
Motoconformadora, motor diesel de 170 H.P.		265.82
Pisoneta neumática		5.44
Perforadoras montadas en estructuras Jumbo		497.62
Perforadora Mod. CM-350/VL-140 sobre orugas		171.83
Perforadora Mod. JR-300 con pierna.		17.69
Perforadora J-40 de piso		7.95
Planta trituradora	2	072.47
Planta de concreto		499.03
Planta de luz de 500 KW		415.34
Planta de luz de 300 KW		245.62
Planta de luz de 125 KW		98.94
Planta de luz de 30 KW		36.91
Ripper para tractor D-8 de un diente		69.26
Ripper para tractor D-8 de 3 dientes		81.59
Retroexcavadora HC-300 de 1.53 m <sup>3</sup>	1	025.57
Retroexcavadora LS-5000 de 1.5 Yd <sup>3</sup>		500.40
Rompedora Mod. PB-GB de 60 LB		6.44

	164
Revolvedora Mod. 115 R-20 de 2 sacos	\$ 56.46
Soldadora Mod. DC-300 eléctrica	22.76
Soldadora Mod. SVA-300 con motor de gasolina	34.56
Tractor Mod. D-8	559.09
Ventilador Joy de 36"	30.46
Vibrador Mod. EP-55 con motor neumático	6.90
Vibrador Mod. MV-200 con motor eléctrico	6.01
Compresor Mod. 1 200 P.C.M.	387.02
Cargador frontal Mod. M-85 con motor diesel de 221 H.P. y 3 Yd <sup>3</sup> de capacidad	387.90
Cargador frontal Mod. 988 con motor diesel de 325 H.P. y 6 Yd <sup>3</sup> de capacidad	707.06
Bomba para concreto Mod. P-40D con motor diesel de 60 H.P.	142.14
Camioneta estacas Mod. F-350 con motor de gasolina de 185 H.P.	90.88
Camión redilas Mod. F-600 con motor de gasolina de 200 H.P.	108.47
Sierra con motor eléctrico de 5 H.P.	7.91
Cepillo con motor eléctrico de 5 H.P.	7.91
Bomba para agua de 4" Ø con motor eléctrico de 10 H.P.	8.29
Bomba para agua de 6" Ø con motor eléctrico de 30 H.P.	20.88

Bomba para agua de 4" Ø con motor eléctrico de 30 H.P.	\$ 19.63
Bomba neumática de sumidero Mod. CP-20	8.94
Grúa Hidráulica de 18 ton. con motor diesel de 140 H.P.	403.30
Bomba para agua de 2" Ø. Motor eléctrico 5 HP.	5.59
Tractor camión GGI-G3	169.48
Camión revolver de concreto	275.25
Perforadora montada sobre guías alimentadoras y brazos hidráulicos	191.35
Plataforma Trayler de 20 ton.	48.34
Compresor portátil 900	281.03

#### COSTOS HORARIOS DE MAQUINARIA

El cálculo de estos costos incluye los cargos fijos, los consumos y la operación.

EQUIPO	C. H. M.
Tractor orugas Komat-su D-155	\$ 845.78
Tractor ruedas Michigan	925.78
Cargador International (Pay loader) 11 Yd <sup>3</sup>	1 671.18
Cargador Michigan 275-B, 6 1/2 Yd <sup>3</sup>	991.36

Pala 12 Yd <sup>3</sup> , marca PyH, eléctrica (1 900 AL)	\$ 2 707.73
Draga 2 1/2 Yd <sup>3</sup>	887.18
Camiones pesados 50 ton, International	1 264.75
Camiones pesados 35 ton, Terex	901.98
Vagonetas Euclid de 70 ton. de capacidad	1 514.76
Compactadores lisos	917.75
Compactador Pata de cabra, Dynapac	786.80
Motoconformadora Huber	591.83
Compresores estacionarios 1 450	476.84
Compresores portátiles 750	339.67
Compresores portátiles 600	300.47
Grúas de 18 ton. B.G. autopropulsada	400.70
Grúa de 35 ton. PyH autopropulsada	691.54
Grúas de 75 ton. Clark-Lima autopropulsada	976.09
Track-drills	318.80
Perforadoras de piso	160.36
Bailarinas	158.16
Tornapipas (Vagonetas Euclid)	1 639.87
Pipas Chevrolet 8 000 lts.	220.80
Camión volteo Chevrolet 6 m <sup>3</sup>	220.80
Camión redilas 8 ton. Chevrolet	180.49
Camionetas PICK-UP	126.71
Combis Volkswagen	131.04
Camión estacas 3 ton.	139.96

Para calcular el Costo Horario del equipo ocioso, solo hay que restar los gastos de mantenimiento, combustibles y lubricantes del Costo Horario Activo.

COSTO HORARIO OCIOSO = COSTO HORARIO ACTIVO - ( Gastos de --  
de Mantenimiento + Combustibles + Lu-  
bricantes ).

#### 4.2.3. Materiales

Como parte complementaria de un Costo Directo, está la de -  
los materiales. Es requisito indispensable en la construcción  
el conocer ampliamente los materiales en todos sus aspectos;  
este conocimiento es de enorme utilidad, ya que permite se -  
leccionar los materiales óptimos adecuados para las condicion  
es de trabajo, de servicio, calidad y para las limitaciones  
económicas.

### ANALISIS DE MATERIALES

#### PRECIO DE ADQUISICION ENTREGADOS EN EL SITIO DE LA OBRA

DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO DE ADQUISICION
Manguera para aire de alta presión de 3"Ø	m.l.	\$ 543.55
Conexiones para manguera de alta presión de 3" Ø	jgo.	1 820.00
Manguera para aire de alta presión de 2 1/2" Ø	m.l.	431.30
Conexiones para manguera de alta presión de 2 1/2" Ø	jgo.	1 620.00
Manguera para aire de alta presión de 2" Ø	m.l.	375.70

Conexiones para manguera de alta presión de 2" Ø	jgo.	\$ 1 510.00
Manguera para aire de alta presión de 3/4" Ø Tipo "88"	m.l.	130.65
Manguera para aire de alta presión de 3/4" Ø Tipo "50"	m.l.	90.30
Vástago de uña de 3/4"	pza.	45.76
Manguera de alta presión de 1/2" Ø Tipo "88"	m.l.	97.40
Manguera de alta presión de 1/2" Ø Tipo "50"	m.l.	61.34
Conexiones para manguera de alta presión de 1/2" Ø	jgo.	338.00
Manguera para succión de agua de 6" Ø x 6.10 m.	tramo	12 540.00
Manguera para descarga de agua de 6" Ø x 15.24 m.	tramo	12 307.90
Juego de nipples y abrazaderas para mangueras de succión o descarga de agua de 6" Ø	jgo.	446.00
Manguera para succión de agua de 4" Ø x 6.10 m.	tramo	3 898.20

Manguera para descarga de agua de 4" Ø x 15.24 m.	tramo	\$ 7 110.20
Juego de nipples y abrazaderas para mangueras de succión o descarga de agua de 4" Ø	jgo.	193.60
Manguera para succión de agua de 2" Ø x 6.10	tramo	2 088.70
Manguera para descarga de agua de 2" Ø	tramo	2 673.70
Juego de nipples y abrazaderas para mangueras de succión o descarga de agua de 2" Ø	jgo.	77.40
Barras hexagonales de 10 pies	pza.	3 426.00
Cople rosca 1 3/4"	pza.	612.00
Zanco rosca 1 3/4"	pza.	1 415.00
Broca tipo "X" de 3" Ø, para equipo de extensión	pza.	2 417.00
Barras redondas de 10 pies	pza.	2 529.28
Cople rosca 1 1/2"	pza.	459.00
Zanco rosca 1 1/2"	pza.	1 335.36
Broca tipo "X" de 3" Ø para equipo de extensión	pza.	2 250.00
Barras hexagonales de 10 pies	pza.	1 745.00

Barras hexagonales de 12 pies	pza.	\$ 1 818.00
Cople rosca 1 1/4"	pza.	406.00
Broca tipo "cruz" de 1 7/8" $\emptyset$ , para equipo de extensión	pza.	1 212.00
Barrenas de acero integral hexagonal de 7/8" con punta tipo pincel, zanco de 4 1/4" y de 0.80 m. de longitud	pza.	736.00
Igual a la anterior pero de 1.60 de long.	pza.	805.00
Igual a la anterior pero de 2.40 de long	pza.	935.00
Barrenas de acero integral hexagonal de 7/8" con punta tipo pincel, zanco de 4 1/4" y de 3.20 de longitud	pza.	1 071.00
Igual a la anterior pero de 4.00 de L.	pza.	1 378.00
Igual a la anterior pero de 4.80 de L.	pza.	1 528.00
Igual a la anterior pero de 5.60 de L.	pza.	1 704.00
Igual a la anterior pero de 6.40 de L.	pza.	1 975.00
Barra para Stenuick 2 x 70 doble	pza.	2 409.68
Barra para Stenuick 2 x 70 convertible	pza.	1 868.88
Martillo para Stenuick ASS	pza.	18 080.40
Martillo para Stenuick KS	pza.	21 229.52
Broca para Stenuick 85 ASS	pza.	3 418.00
Broca de diamante Bx impregnada	pza.	2 327.00
Explosor	pza.	8 372.50
Galvanómetro	pza.	1 046.50
Estopines eléctricos de retardo MS	pza.	11.02



			171
Estópinas eléctricos de tiempo	pza.	\$	11.88
Cápsulas (fulminantes) No.6	pza.		0.77
Mecha Clover	m.		1.14
Cordón detonante Primacord reforzado	m.		2.69
Super Mexamón D	kg.		4.87
Dinamita Gelatina 60%	kg.		16.12
Dinamita Gelamex Nos. 1 y 2	kg.		14.63
Dinamita Toval	kg.		14.56
Duramex G	kg.		14.56
Alambre TW-20	m.		0.89
Alambre TW-14	m.		2.00
Cable eléctrico 500 MCM	m.		244.00
Cable eléctrico 350 MCM	m.		171.18
Cable eléctrico 250 MCM	m.		131.39
Cable eléctrico 4/0	m.		90.99
Cable eléctrico 3/0	m.		73.54
Cable eléctrico 2/0	m.		59.59
Cable eléctrico 1/0	m.		48.81
Cable eléctrico 2 AWG	m.		30.82
Cable eléctrico 4 AWG	m.		21.25
Cable eléctrico 6 AWG	m.		14.75
Cable eléctrico 8 AWG	m.		9.28
Cable eléctrico 10 AWG	m.		5.47
Cordón eléctrico de uso rudo 3x8 AWG	m.		57.09
Cordón eléctrico de uso rudo 3x10 AWG	m.		27.48
Cordón eléctrico de uso rudo 2x10 AWG	m.		15.60
Bastidor para 4 carretes	pza.		52.00

Aisladores	pza.	\$	5.20
Switch 400 amp 600 volts	pza.		6 400.00
Switch 200 amp 600 volts	pza.		3 000.00
Switch 100 amp 600 volts	pza.		2 000.00
Sockets de hule para intemperie	pza.		4.60
Focos de 500 Watts	pza.		22.80
Focos de 200 Watts	pza.		13.00
Focos de 150 Watts	pza.		9.36
Lámpara de cuarzo de 500 Watts	pza.		600.00
Filamento de cuarzo de 500 Watts	pza.		260.00
Cinta de aislar	pza.		7.26
Varilla para anclaje de 1" $\emptyset$	kg		9.00
Dispositivo expansor para anclas de 1" $\emptyset$	pza.		94.50
Placa estructural	kg.		5.15
Tuerca hexagonal de 1" $\emptyset$	pza.		16.76
Anclas BBRV 100 ton x 25 m.	pza.		8 144.24
Oxígeno	kg.		51.80
Acetileno	m <sup>3</sup>		20.00
Soldadura	kg.		64.58
Alambrón de 1/4"	kg.		5.72
Alambre recocido	kg.		9.60
Clavo con cabeza en medidas de 2" a 4"	kg.		15.00
Malla de acer diseño 44-88	m <sup>2</sup>		22.88
Madera	p.t.		4.75
Triplay 5/8" x 4' x 8'	pza.		280.80
Aditivo Gunite Sika	kg.		19.50
Tubería de ventilación en tramos de 6m	tramo		325.00

			173
Conexión	pza.	\$	75.00
Tubería de 1" Ø, negra roscada	m.l.		28.50
Cople de 1" Ø	pza.		20.30
Tuerca unión universal de 1" Ø	pza.		185.60
Válvula de compuerta de 1" Ø, roscada ( 10.5 kg/cm <sup>2</sup> )	pza.		636.00
Tubería de 2" Ø, negra roscada ced.40	m.l.		44.15
Cople de 2" Ø	pza.		33.15
Tuerca unión universal de 2" Ø	pza.		394.70
Válvula de compuerta de 2" Ø roscada ( 10.5 kg/cm <sup>2</sup> )	pza.		1 075.00
Tubería de 4" Ø galvanizada, roscada	m.l.		160.00
Cople de 4" Ø	pza.		61.00
Tuerca unión universal de 4" Ø	pza.		660.00
Válvula de compuerta de 4" Ø roscada	pza.	4	933.00
Tubería de 6" Ø para brida	m.l.		274.63
Brida de 6" Ø	pza.		139.65
Válvula de compuerta de 6" Ø bridada ( 8.8 kg/cm <sup>2</sup> )	pza.	5	056.00
Tubería de 8" Ø para brida	m.l.		372.97
Brida para tubería de 8" Ø	pza.		218.40
Válvula de compuerta de 8" Ø, bridada ( 8.8 kg/cm <sup>2</sup> )	pza.	8	521.00

4.2.4. Indirectos

## 1.- ADMINISTRACION EN LA OBRA

Personal Técnico.	4.00 %
Personal Administrativo.	3.00 %
Personal en tránsito.	1.00 %
Cuota patronal del Seguro Social e impuesto sobre remuneraciones para el personal anterior.	0.50 %
Pasajes y viáticos .	0.50 %
Depreciación, mantenimiento o rentas del campamento, oficinas del campo, talleres, almacén, instalaciones para los mismos, mobiliario, etc.,	0.50 %
Vehículos para el personal técnico y administrativo y para transportes del personal obrero, vehículos para almacén, vehículos para maniobras, etc.,	0.50 %
Transportes, fletes y maniobras de maquinaria, equipo, mobiliario, etc.,	1.00 %
Gastos de oficina de campo.	0.50 %
Construcción y conservación de caminos de acceso a los bancos de préstamo y a los sitios de trabajo, así como montaje y desmantelamiento de las plantas de construcción y equipos mecánicos.	<u>0.50 %</u>
Suma Parcial	12.00 %

## 2.- ADMINISTRACION CENTRAL

Personal Directivo.	1.50 %
Personal Técnico.	0.75 %
Personal Administrativo.	1.00 %
Pasajes y viáticos.	1.00 %

Cuota patronal del Seguro Social e impuesto adicional sobre remuneraciones pagadas para el personal anterior.	0.25 %
Consultores y asesores.	1.00 %
Estudios e investigaciones	0.50 %
Depreciación, mantenimiento y rentas - de oficina central, mobiliario, etc.,	0.25 %
Vehículos para el personal directivo - técnico y administrativo.	0.25 %
Gastos de oficinas centrales.	<u>0.50 %</u>
Suma Parcial,	7.00 %

TOTAL CARGOS INDIRECTOS: 12.00 + 7.00 = 19.00 %

#### 4.2.5. Utilidad

La utilidad en todos los casos, será del 10 % de la suma de los Costo Directos y de los Costos Indirectos.

#### 4.3. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Se hace el Análisis del Precio Unitario de las siguientes -- actividades:

Extracción, Carga y Acarreo del material proveniente de los bancos de roca.

##### 1.0. EXTRACCION

##### 1.1. Equipo

##### 1.1.1. Barrenación Primaria

- 1.1.2. Barrenación Secundaria
- 1.1.3. Precorte
  
- 1.2. Materiales
  - 1.2.1. Explosivos Barrenación Primaria
  - 1.2.2. Explosivos Barrenación Secundaria
  - 1.2.3. Explosivos Precorte
  
- 1.3. Mano de Obra
  
- 2.0 CARGA Y ACARREO 1er. Kilómetro
  - 2.1. Acarreo 1er. Kilómetro
  
- 3.0 INDIRECTOS, UTILIDAD Y PRECIO UNITARIO
  
- 4.0 PRECIO UNITARIO EXTRACCION
  
- 5.0 PRECIO UNITARIO CARGA Y ACARREO 1er. Kilómetro
  
- 6.0 PRECIO UNITARIO DE SOBRECARRERO M<sup>3</sup>-KM.
  
- 1.0 EXTRACCION
  - 1.1 Equipo.

La extracción de material en los Bancos de Roca, mejor conocidos como Pedreras o Canteras, se realizará mediante banquetes o capas de 15 m. de espesor cada una, se ejecutarán 2 extracciones diariamente al efectuar los cambios de turno.

#### 1.1.1 Barrenación Primaria

La barrenación primaria se hará mediante un Track Drill cuyo rendimiento es de 12 m.l. por hora.

Rendimiento: 12 m.l./hora.

Coeficiente de barrenación (Cb.) = 0.1

Coeficiente de eficiencia (Ce.) = 0.7

Turno: de 8 horas.

Metros lineales de barrenación por turno:

8 horas x 0.7 x 12 m/hora = 67.20 m.l. por turno.

Volúmen Movido:

El volúmen movido es igual a los metros lineales de barrenación por turno, dividido entre el coef. de barrenación.

Volúmen Movido =  $67.20/0.1 = 672 \text{ m}^3/\text{turno}/\text{máquina}$

Costo Horario Conjunto:

El track drill es accionado por medio de un compresor de 750 P.C.M.

Track Drill	\$ 318.80
Compresor 750 pcm	<u>339.67</u>
Total	\$ 658.47 /hora

Costo  $\text{m}^3$ :

\$  $658.47/67.2 =$

\$ 9.80/m<sup>3</sup>

### 1.1.2 Barrenación Secundaria

La barrenación secundaria se hará por medio de 6 perforadoras de piso.

Rendimiento: 4 m/hora.

Coefficiente de barrenación =  $1/(1.2 \times 1.5) = 0.56$

Coefficiente de eficiencia = 0.7

Metros lineales de barrenación por turno:

8 horas  $\times$  0.7  $\times$  4 = 22.4 m.l. por turno

Volúmen Movido:

V.M. =  $22.40/0.56 = 40.32 \text{ m}^3/\text{turno}/\text{máquina}$

Volúmen Total Movido:

Como son 6 perforadoras por turno

V.T.M. =  $40.32 \times 6 = 241.92 \text{ m}^3/\text{turno}/\text{conjunto}$

Costo Horario Conjunto:

6 perforadoras de piso =  $6 \times 113.81 = \$ 682.86$

1 compresor 750 pcm 339.67

Total \$ 1 022.53 /hora

Costo  $\text{m}^3$

$(8 \text{ horas} \times \$ 1 022.53)/241.92 \text{ m}^3 = \$ 33.81/\text{m}^3$

Costo Barrenación

85 % de barrenación primaria:





1.1.1.-	85% Barrenación Primaria \$ 9.80	\$	8.33
1.1.2.-	15% Barrenación Secundaria \$ 33.81		5.07
1.1.3.-	Barrenación por Precorte		<u>3.17</u>
	Total	\$	<u><u>16.57/m<sup>3</sup></u></u>

## 1.2. Materiales

### 1.2.1. Explosivos. - Barrenación Primaria

#### Consumos:

40 % Toval x 400 grs. = 160 grs

60 % Supermexamón x 400 grs. = 240 grs

#### Costo:

Kg. de Toval : \$ 20.80

0.160 Kg x 20.80 = \$ 3.33

Kg. de Supermexamón : \$ 7.60

0.240 Kg x 7.60 = \$ 1.82

\$ 5.15/m<sup>3</sup>

#### Estopines:

Se utiliza un estopín por cada 180 m<sup>3</sup>

Costo estopín: \$ 20.00

\$ 20.00/180 = \$ 0.11/m<sup>3</sup> \$ 0.11/m<sup>3</sup>

#### Alambre TW-20

Costo : (40 m. x \$ 0.90)/180 m<sup>3</sup> = \$ 0.20/m<sup>3</sup>

Cinta de aislar: 1 rollo por cada 180 m<sup>3</sup>

Costo : \$ 10.00/180 m<sup>3</sup> = \$ 0.06/m<sup>3</sup>

Total \_\_\_\_\_ \$ 5.52/m<sup>3</sup>

1.2.2. Explosivos.- Barrenación Secundaria

Consumo: Se utilizan 500 grs por metro cúbico

Costo Dinamex : \$ 22.28 Kg

$0.5 \text{ Kg} \times \$ 22.28 = 11.14/\text{m}^3$                       \$ 11.14/ $\text{m}^3$

Alambre TW-20:

10 metros por cada barreno de 3 m.

Coefficiente de barrenación = 0.56

1 Barreno de 3 m. =  $3.00/0.56 = 5.4$

Alambre TW-20 =  $10/5.4 = 2 \text{ m}/\text{m}^3$

Costo =  $2 \times 0.90 = \$ 1.80$                                       \$ 1.80/ $\text{m}^3$

Estopín:

Se utiliza uno por barreno

Costo =  $\$ 15.90/5.4 = \$ 2.94$                                       \$ 2.94/ $\text{m}^3$

Total \_\_\_\_\_ \$ 15.88/ $\text{m}^3$

1.2.3. Explosivos.- Precorte

Por barreno : 12  $\text{m}^2$

Consumo: Se utilizan 6 Kg de Dinamex por cada 12  $\text{m}^2$

Costo Dinamex : \$ 22.28 Kg

$6.0 \text{ Kg} \times \$ 22.28 =$                                       \$ 133.68

Cordón reforzado Primacord:

Se utilizan 25 mts.

Costo : \$ 6.10 m. :  $25 \times 6.10 = \$ 152.50$

Estopines:

Se utiliza 1 por cada  $60 \text{ m}^2$  y un  
barreno ocupa solo  $12 \text{ m}^2$ , por lo  
tanto: Corresponde  $1/5$  de estopín  
por barreno

$$\text{Costo estopín : } \$ 20.00/5 = \quad \$ 4.00$$

Cinta de aislar:

4 rollos por barreno

$$\text{Costo: } \$ 10.00 \times 4 = \quad \underline{40.00}$$

$$\text{Total} \quad \quad \quad \$ 330.18$$

$135 \text{ m}^2$  de precorte equivalen a  $5\,000 \text{ m}^3$  de roca.

Costo por  $\text{m}^2$ :

$$\$ 330.18/12 \text{ m}^2 = \$ 27.52$$

Costo por  $\text{m}^3$ :

$$(\$ 27.52 \times 135 \text{ m}^2)/5\,000 \text{ m}^3 = \underline{\hspace{2cm}} \$ 0.74/\text{m}^3$$

#### RESUMEN COSTO EXPLOSIVOS

1.2.1. Barrenación Primaria 85 %

$$0.85 \times \$ 5.52 = \quad \$ 4.69$$

1.2.2. Barrenación Secundaria 15 %

$$0.15 \times \$ 15.88 = \quad \$ 2.38$$

1.2.3. Precorte

$$\underline{\$ 0.74}$$

$$\text{Total} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad \underline{\underline{\$ 7.81/\text{m}^3}}$$

1.2.4. Costo Acero Barrenación

## TRACKS

La barra de 3.60 m. tiene una duración de  
800 m. de barrenación y un costo de \$ 1 181.20

Costo por metro :  $\$ 1\,181.20/800 \text{ m.} = \$ 1.48/\text{m}$

Costo por  $\text{m}^3$ :

Coefficiente de barrenación = 0.1

Costo  $\text{m}^3 = \$ 1.48 \times 0.1 = \$ 0.15$       \$ 0.15/ $\text{m}^3$

Zanco      0.10/ $\text{m}^3$

Caple      \$ 0.10/ $\text{m}^3$

Broca: Costo: \$ 1 061.04

Duración: 800 m.

$\$ 1\,061.04/800 \text{ m.} =$       1.33/ $\text{m}^3$

Mangueras: Se usan 2 de 30 m. c/u  
por cada 60 000  $\text{m}^3$

Costo =  $(2 \times 6\,288.55)/60\,000 =$       0.21/ $\text{m}^3$

Conexiones, etc,      0.05/ $\text{m}^3$

Lámparas, etc,      0.05/ $\text{m}^3$

Tubería      0.20/ $\text{m}^3$

Costo Acero de Barrenación \_\_\_\_\_ \$ 2.19/ $\text{m}^3$

## RESUMEN COSTO ACERO DE BARRENACION

85 % Barrenación Primaria:  $0.85 \times \$ 2.19 =$       \$ 1.86/ $\text{m}^3$

15 % Barrenación Secundaria:  $0.15 \times \$ 2.19 = \$ 0.33/m^3$   
 Total \_\_\_\_\_ \$ 2.19/m<sup>3</sup>

## COSTO TOTAL MATERIALES:

\$ 7.81 + \$ 2.19 = \$ 10.00 \_\_\_\_\_ \$ 10.00/m<sup>3</sup>

1.3. Mano de Obra

## Por Pedrera:

1/2 Ingeniero Jefe de obra (30 000) =	\$ 15 000.00
2 Ingenieros _____ (23 000) =	46 000.00
3 Sobrestantes _____ (18 000) =	54 000.00
2 Pobladores _____ (11 000) =	22 000.00
1 Topógrafo _____ (17 000) =	17 000.00
2 Ayudantes Topógrafo _____ (16 000) =	32 000.00
2 Ayudantes _____ ( 8 000) =	16 000.00
2 Albañiles _____ ( 8 000) =	16 000.00
2 Ayudantes _____ ( 8 000) =	16 000.00
1 Soldador _____ (11 000) =	11 000.00
1 Ayudante _____ ( 8 000) =	8 000.00
7 Peones _____ ( 6 000) =	42 000.00
2 Checadores _____ ( 8 000) =	<u>16 000.00</u>
TOTAL	\$ 311 000.00

PRODUCCION MEDIA MENSUAL : 100 000 m<sup>3</sup>

Costo Mano de Obra ( no maquinaria ) :

\$ 311 000.00/100 000 = \$ 3.11/m<sup>3</sup>

## RESUMEN TOTAL EXTRACCION

EQUIPO	\$ 16.57/m <sup>3</sup>
MATERIALES	10.00/m <sup>3</sup>
MANO DE OBRA (sin equipo)	<u>3.11/m<sup>3</sup></u>
Total	\$ 29.68/m <sup>3</sup>

Se considera un 15 % de desperdicio en bancos, por lo tanto:

$$\$ 29.68 / 0.85 = \$ 34.91 / m^3$$

$$\underline{\text{COSTO DE EXTRACCION}} = \underline{\underline{\$ 34.91 / m^3}}$$

## 2.0 CARGA Y ACARREO

Para la carga y acarreo del material, se toman en cuenta ciclos, tanto de cargadores como de camiones de acarreo, también se consideran los coeficientes, ya sea de abundamiento o de reducción, así como el coeficiente de eficiencia al calcular volúmenes de acarreo.

Del banco a la Cortina existe un coeficiente de reducción que afecta el Costo de Extracción de la siguiente manera:

$$\text{Coeficiente de Reducción} = 1.2$$

$$\text{Costo Directo Extracción} = \$ 34.91 / 1.2 = \$ 29.09 / m^3$$

2.1. Carga y Acarreo 1er. Kilómetro.2.1.a. Equipo





En una hora:  $50 \times 5 = 10$  viajes

\* Se consideran 10 minutos de tiempos muertos en cada hora.

Volúmen Movido:

$$\text{Volúmen} = 10 \times 20 \text{ m}^3 = 200 \text{ m}^3/\text{hora sueltos}$$

Se calcula que el camión de 50 ton. tiene un volúmen de  $20 \text{ m}^3$ .

Volúmen por turno:

$$200 \times 8 \times 0.7 = 1\ 120 \text{ m}^3/\text{turno}$$

Número de camiones necesarios.

$$2\ 240/1\ 120 = 2 \text{ camiones}$$

#### COSTO HORARIO CONJUNTO

1 Cargador 11 Yd <sup>3</sup>	\$ 1 671.18	_____	\$ 1 671.18
2 Camiones pesados de 50 ton			
Costo de cada camión:	\$ 1 264.75	_____	\$ <u>2 549.50</u>
			\$ 4 420.68

#### Costo Carga y Acarreo:

$$1\text{er. Kilómetro} = (4\ 420.68 \times 8)/2\ 240 = \$ 15.07/\text{m}^3 \text{ abundados}$$

Desperdicio 15 %

$$\text{Costo} = \$ 15.07/0.85 = \$ 17.73/\text{m}^3$$

#### Compactos en Cortina

$$\text{Coeficiente Abundado: } 1.5 ; \$ 17.73 \times 1.5 = \$ 26.60/\text{m}^3$$

En una hora:  $50^*/5 = 10$  viajes

\* Se consideran 10 minutos de tiempos muertos en cada hora.

Volúmen Movido:

$$\text{Volúmen} = 10 \times 20 \text{ m}^3 = 200 \text{ m}^3/\text{hora sueltos}$$

Se calcúla que el camión de 50 ton. tiene un volúmen de  $20 \text{ m}^3$ .

Volúmen por turno:

$$200 \times 8 \times 0.7 = 1\,120 \text{ m}^3/\text{turno}$$

Número de camiones necesarios.

$$2\,240/1\,120 = 2 \text{ camiones}$$

#### COSTO HORARIO CONJUNTO

1 Cargador  $11 \text{ Yd}^3$  \$ 1 671.18 \_\_\_\_\_ \$ 1 671.18

2 Camiones pesados de 50 ton

Costo de cada camión: \$ 1 264.75 \_\_\_\_\_ \$ 2 549.50

\$ 4 420.68

#### Costo Carga y Acarreo:

1er. Kilómetro =  $(4\,420.68 \times 8)/2\,240 = \$ 15.07/\text{m}^3$  abundados

Desperdicio 15 %

$$\text{Costo} = \$ 15.07/0.85 = \$ 17.73/\text{m}^3$$

#### Compactos en Cortina

Coefficiente Abundado: 1.5 ;  $\$ 17.73 \times 1.5 = \$ 26.60/\text{m}^3$

Coeficiente Reducción: 1.2 ; \$ 26.60/1.2 = \_\_\_\_\_ \$ 22.17/m<sup>3</sup>

COLOCADO EN CORTINA:

2.1.b. Mano de Obra

1 Sobrestante terraceria por turno		
	2 x 18 000.00	\$ 36 000.00
10 Bandereros (peones)		
	20 x 6 000.00	120 000.00
2 Checadores		
	4 x 8 000.00	<u>32 000.00</u>
	Total	\$ 188 000.00

Costo por metro cúbico:

\$ 188 000.00/Producción mensual

Producción mensual = 100 000 m<sup>3</sup>

Por lo tanto:

Costo m<sup>3</sup> = \$ 188 000.00/100 000m<sup>3</sup> = \$ 1.88/m<sup>3</sup>

2.1.c. Materiales

Se consideran \$ 1.50/m<sup>3</sup> de materiales tales como cascos, lámparas, picos, palas, etc.

Materiales \_\_\_\_\_ \$ 1.50/m<sup>3</sup>

RESUMEN COSTO CARGA Y ACARREO

Costo Carga y Acarreo 1er. Km.	\$ 22.17/m <sup>3</sup>
Costo Mano de Obra	1.88/m <sup>3</sup>

Costo Materiales	\$ <u>1.50/m<sup>3</sup></u>
Total	\$ <u><u>25.55/m<sup>3</sup></u></u>

COSTO CARGA Y ACARREO \$ 25.55/m<sup>3</sup>

### 3.0 INDIRECTOS Y UTILIDAD, PRECIO UNITARIO

Para el cálculo del precio unitario se considerará:

Indirectos : 30 %

Utilidad : 10 % de ( Costos Directos + Indirectos

Precio Unitario = 1.10 x ( C. Directos + C. Indirect

### 4.0 PRECIO UNITARIO EXTRACCION

Costos Directos	\$ 29.09
Indirectos 30 %	<u>8.72</u>
	\$ 37.81
Utilidad 10 %	<u>3.78</u>
<u>Precio Unitario</u>	\$ 41.59 /m <sup>3</sup>

### 5.0 PRECIO UNITARIO CARGA Y ACARREO 1er. Kilómetro

Costos Directos	\$ 25.55
Indirectos 30 %	<u>7.66</u>
	\$ 34.21
Utilidad 10 %	<u>3.78</u>
<u>Precio Unitario</u>	\$ 37.63/m <sup>3</sup>

## 6.0 PRECIO UNITARIO DE SOBRECARRERO M<sup>3</sup>- KM

Se supone un sobrecarreio medio de 2 kms del 1er.km.

Velocidad Cargado : 25 km/hora

Velocidad Vacio : 30 km/hora

Capacidad del camión:

Camión International de 50 ton o 20 m<sup>3</sup> abundados

Compactos en Cortina : 16 m<sup>3</sup>

Tiempo de ida (cargado):

$$t = (1 \times 60)/25 = 2.4 \text{ minutos}$$

Tiempo de regreso (vacío):

$$t = (1 \times 60)/30 = 2.0 \text{ minutos}$$

Total ciclo:

$$\text{ciclo} = 4.4 \text{ minutos}$$

Número de viajes en una hora:

$$\# = 50/8.8 = 5.7 \text{ viajes}$$

Volúmen movido por hora:

$$\text{Vol} = 5.7 \times 16 = 91.20 \text{ m}^3 \text{ compactos en Cortina}$$

Costo Horario camión:

$$\text{C.H.M.} = \$ 1\,264.65$$

Costo por metro cúbico:

$$\$ 1\,264.65/91.20 = \$ 13.87/\text{m}^3$$

$$\text{Costo m}^3\text{-km} : \$ 13.87/2 = \underline{\underline{\$ 6.93}}$$

Costo Directo	\$ 6.93
Indirectos 30%	<u>2.08</u>
	\$ 9.01
Utilidad 10%	<u>0.90</u>
<u>Precio Unitario</u>	<u>\$ 9.91 M<sup>3</sup>- KM</u>

ANALISIS DEL PRECIO UNITARIO DEL TRATAMIENTO DEL MATERIAL  
IMPERMEABLE PARA LA CORTINA

El análisis del precio unitario comprende desde la extracción del material impermeable en los bancos de préstamo, - así como la carga de éste y su acarreo hasta el almacén "Tejería", y finalmente el mezclado y tendido del material.

EXTRACCION.- La extracción se hace mediante un tractor Caterpillar D-7

Costo Hora Máquina : \$ 505.36/hora

Conservación:

Filtro Aceite \$ 223.20

Filtro Combustible 160.00

Cambio de Aceite 400.00

\$ 783.20

Esta cantidad dividida entre  
100 horas que dura el cambio:

\$ 783.20/100 = \$ 7.83/hora

## Combustible:

Diesel : 350 lts/8 horas = 43.75 l/h

Precio Diesel : \$ 0.65 : 43.75 x 0.65 = \$ 28.44/hora

## Operación:

Operador : \$ 250.00/(8 x 0.7) = \$ 44.64

Ayudante : \$ 125.00/(8 x 0.7) = \$ 22.32

Bonificación al operador  
por hora: = 20.00

\$ 86.96 \$ 86.96/hora

Factor de rendimiento = 0.7 \$ 628.59/hora

Rendimiento Tractor : 100 m<sup>3</sup>/hora

Costo m<sup>3</sup> = \$ 628.59/100 = \$ 6.28/m<sup>3</sup>

## CARGA DE MATERIAL IMPERMEABLE:

Máquina : Traxcavo 955 L

Costo Hora Máquina : \$ 280.00/hora

## Conservación:

Filtro Aceite \$ 213.00

Filtro Combustible \$ 127.00

Cambio Aceite \$ 400.00

\$ 740.00

Cantidad dividida entre 100 horas:

\$ 740.00/100 horas = \$ 7.40/hora

## Operación:

Operador: \$ 250.00 / (8 x 0.7) = \$ 44.64

Ayudante: 125.00 / (8 x 0.7) = 22.32

Bonificación al operador  
por hora: \$ 20.00

\$ 86.96    \$ 86.96/hora

Total : \$ 390.61/hora

Rendimiento Traxcavo : 100 m<sup>3</sup>/hora

Costo Carga material por m<sup>3</sup>: \$ 390.61/100

Costo metro cúbico = \$ 3.90/m<sup>3</sup>

#### ACARREO DEL MATERIAL IMPERMEABLE A 1 Km.

El acarreo de este material se hace mediante camiones de volteo de 6 m<sup>3</sup> de capacidad.

Costo Hora Máquina: \$ 113.87/hora

Consumo:

Se observó que se realizan  
5 viajes en una hora

Gasolina:

5 viajes x 2 km x 0.4 = 4 lts

Maniobras: 1 lts

5 lts

Precio Gasolina: \$ 2.81

5 lts x 2.81 = \$ 14.05/hora

Total \$ 127.92/hora

Rendimiento:



Factor de abundamiento : 1.3

5 viajes de  $6 \text{ m}^3 = 30 \text{ m}^3$

$30 \text{ m}^3 / 1.3 = 23.07 \text{ m}^3/\text{hora}$

Costo Acarreo =  $\$ 127.92 / 23.07 = \$ 5.54/\text{m}^3$

MEZCLADO Y TENDIDO DEL MATERIAL IMPERMEABLE EN EL ALMACEN  
" TEJERIA".

Se realiza por medio de una motoconformadora Caterpillar 120

Costo Hora Máquina: \$ 250.00/hora

Conservación:

Filtro Acéite \$ 213.00

Filtro Comb. 127.00

Cambio Aceite 400.00

\$ 740.00

Cantidad dividida entre 100 horas  
que dura el cambio :

\$ 740.00/100 = \$ 7.40 \$ 7.40/hora

Combustible :

Diesel; 120 lts/8 horas = 15 lts/h

Precio Diesel: \$ 0.65 lt

15 lts x \$ 0.65 = \$ 9.75 \$ 9.75/hora

Operación :

Operador: \$ 240.00/8 = \$ 30.00

Ayudante: 125.00/8 = 15.63

Bonificación al operador por hora	=	\$ 20.00	
		\$ 65.63	\$ <u>65.63/hora</u>
	Total :		\$ 332.78/hora

Rendimiento:

Motoconformadora: 120 m<sup>3</sup>/hora

Factor Rendimiento: 0.8

Rendimiento real : 96 m<sup>3</sup>/hora

Costo Mezclado y Tendido:

$$\$ 332.78 / 96 = \$ 3.46/m^3$$

RESUMEN:

Extracción \$ 6.28/m<sup>3</sup>

Carga \$ 3.90/m<sup>3</sup>

Acarreo \$ 5.54/m<sup>3</sup>

Mezclado y Tendido \$ 3.46/m<sup>3</sup>

Costo Directo \$ 19.18/m<sup>3</sup>

Indirectos 30% 5.75

\$ 24.93

Utilidad 10% 2.49

\$ 27.42

Precio Unitario por m<sup>3</sup> de Extracción, Carga  
Acarreo, Mezclado y Tendido del material impermeable : \_\_\_\_\_ \$ 27.42/m<sup>3</sup>

#### 4.4. RESUMEN DEL ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Los precios unitarios que a continuación se describen, serán enunciados por las diferentes zonas de materiales de la Cortina, también se describen las especificaciones que integran dichos precios.

##### 1.- ZONA 1 DE LA CORTINA

###### MATERIAL IMPERMEABLE

El material para la zona impermeable se tomará del banco arcilloso " Tejería " y de los bancos de lutitas, arcilla y --grava situados a inmediaciones de la obra.

El precio unitario incluye todos los cargos por maquinaria, herramientas, materiales y mano de obra requeridos para: desmonte y despalde de los bancos de préstamo, la excavación y carga del material, su acarreo en el 1er. kilómetro hacia los bancos de almacenamiento provisional, la operación de mezclado mecánico para homogeneizar el material, la impregnación con agua para lograr la humedad óptima, la carga del material en dichos bancos, el acarreo en el 1er. kilómetro hacia la entrada de la planta de tratamiento de los materiales, el prorrateo del costo de adquisición y operación ( deduciendo el valor de rescate), de dicha planta de tratamiento, que se distribuye proporcionalmente entre todo el volúmen de la Cortina, el acarreo en el 1er. kilómetro entre la salida de la planta de tratamiento hacia el sitio de la colocación de definitiva del material en la Cortina, el humedecimiento adi-

cional si se requiere, el extendido y la compactación del material impermeable hasta lograr el grado de consolidación mecánicamente ( ver concepto 1-a), o bien por medios manuales (ver concepto 1-b). El precio incluye así mismo un cargo del 19% sobre el costo directo por concepto de costo indirecto - según se detalla en el inciso (4.2.4)

La cantidad para fines de estimación de trabajo será el volumen en  $m^3$  medidos en el sitio del material ya consolidado a satisfacción de la residencia con aproximación a la unidad.

Concepto 1-a. Material impermeable para la zona 1 de la Cortina, compactados mecánicamente con rodillo vibratorio, rodillo " Patas de cabra ", o cualquier otro equipo designado.

PRECIO UNITARIO \$ 43.50/ $m^3$

Concepto 1-b. Material impermeable para la zona 1 de la Cortina, compactado con pisón neumático manual -- ("Bailarinas") en los sitios de contacto entre el corazón de arcilla y las laderas o cauce.

PRECIO UNITARIO \$ 187.27/ $m^3$

## 2.- ZONAS 2 y 3 DE LA CORTINA

ZONA 2.- Material para filtros

Zona 3.- Material de transición

El material para las zonas 2 de filtros en la Cortina se extraerá de los bancos de Chicoasén y Copainalá. Dicho material

será excavado y acarreado a los bancos de almacenamiento temporal que se determinen.

El material para las zonas 3 de transición en la Cortina se proyecta extraer del almacenamiento temporal denominado Almacenamiento 1, 2, 3, 4, y 5, así como de las Pedreras.

Los precios unitarios para ambas zonas no incluyen el acarreo previo de los materiales hasta los bancos de almacenamiento temporal.

El precio unitario incluye en ambos casos: el cargo por prorrateo del costo de adquisición y operación (deduciendo el valor de rescate), de la planta de tratamiento de los materiales de la Cortina y los cargos por equipo, herramientas, materiales y mano de obra requeridos para:

La carga en los bancos de almacenamiento temporal, el acarreo en el 1er. kilómetro hacia la Tolva del sistema de bandas de la planta de tratamiento, el acarreo en el 1er. kilómetro entre la salida de dicha planta hacia el sitio de la colocación definitiva del material en la Cortina, el extendido en capas con espesor determinado en las especificaciones de construcción, la compactación con rodillo vibratorio pesado hasta lograr el grado de consolidación estipulado y la adición de agua durante la compactación según especificaciones de construcción.

El precio incluye además el cargo del 19% sobre el costo directo por concepto de costo indirecto.

Concepto 2-a. Material para las zonas 2 ( filtros ) de la Cortina, compactados con rodillo liso vibratorio o cualquier otro equipo pesado que se designe.

PRECIO UNITARIO \$ 30.24/m<sup>3</sup>

Concepto 2-b Materiales para las zonas 3 de la Cortina ( -- transición ), compactado con rodillo liso vibratorio o cualquier otro equipo pesado que se designe.

PRECIO UNITARIO \$ 30.24/m<sup>3</sup>

### 3.- MATERIAL PARA LAS ZONAS 4 DE LA CORTINA

Para esta zona de la Cortina se utilizará el material procedente de la excavación en la Pedrera No.1 y demás sitios determinados por la Residencia, cuyo precio unitario de explotación, carga y acarreo se analizó en el inciso 4.3.

El precio unitario para el material de las zonas 4 incluye el cargo por prorrato del costo de adquisición y operación (deduciendo el valor de rescate), de la planta de tratamiento de los materiales de la Cortina y los cargos por equipo, herramienta, materiales y mano de obra requeridos para:

Carga del material en el sitio de los bancos de préstamo o almacenamiento temporal, el transporte en el 1er. kilómetro entre dichos sitios hacia las tolvas en la entrada de la planta de tratamiento, el acarreo del material en el 1er. ki

lómetro entre la salida de dicha planta hacia el sitio de su colocación definitiva en la Cortina, el extendido en la misma y el acomodo de los fragmentos rocosos hasta dejarlos dentro de las líneas y niveles de proyecto por medio de tractor, la aplicación de 300 lts de agua por  $m^3$  de material y la consolidación por medio de rodillo vibratorio pesado hasta lograr la compactación especificada.

El precio incluye el cargo del 19% sobre el costo directo -- por concepto de costo indirecto. La cantidad de trabajo para fines de estimación, será el número de  $m^3$  de material colocado y consolidado medido en su sitio definitivo en la Cortina.

Concepto 3. Material para la zona 4 de la Cortina, compactado con rodillo liso vibratorio o cualquier otro equipo pesado que se designe.

PRECIO UNITARIO      \$ 32.67/ $m^3$

#### 4.- MATERIAL PARA LAS ZONAS 5 y 6 DE LA CORTINA

Consiste esencialmente en fragmentos de roca cuyo tamaño máximo se ha fijado en 1.00 m. para la zona 6 y 0.80 m. para la zona 5

El material de la zona 5 provendrá de las excavaciones en la Obra de Toma y el material para la zona 6 provendrá de la excavación de la Pedrera No.1 ó No.2.

El precio unitario para el material de las zonas 5 y 6 inclu

ye el cargo por prorratio del costo de adquisición y operación (deduciendo el valor de rescate), de la planta de tratamiento de los materiales de la Cortina y los cargos por equipo, herramientas, materiales y mano de obra requeridos para:

Selección de la roca en los bancos de préstamo para separar los tamaños adecuados, la carga de la misma a los camiones de transporte, el acarreo en el 1er. kilómetro, entre los bancos citados y el sitio de colocación definitiva de la roca en la Cortina, el acomodo y " empareje " de las rocas con tractor para dejar los taludes razonablemente ajustados a los planos de proyecto.

El precio incluye además el cargo del 19% sobre el costo directo por concepto de costo indirecto.

La cantidad de trabajo para fines de estimación será el número de  $m^3$  de material colocado definitivamente en el sitio de la Cortina dentro de las líneas y niveles de proyecto.

Concepto 4.a. Material para la zona de enrocamiento en el talud Aguas Abajo de la Cortina acomodado con tractor.

PRECIO UNITARIO \$ 35.33/ $m^3$

Concepto 4.b. Material para la zona 6 de enrocamiento en la parte superior del talud de Aguas Arriba acomodado con tractor.

PRECIO UNITARIO \$ 35.33/ $m^3$



#### 4.5. COSTOS

Para obtener el Costo Total de la construcción de la Cortina se sumarán los costos totales de cada actividad que requiera ésta.

Se analizan a continuación los costos de cada una de las actividades que integran los Procedimientos Constructivos empleados en la construcción de la Cortina.

Es necesario advertir que estos costos que al final constituirán el Antepresupuesto, están sujetos a modificarse en cualquier momento, ya que la construcción de una Cortina tan grande como es ésta, siempre sufrirá cambios en sus Procesos de Construcción; debido a factores tales como el tiempo, el económico y otros, y cualquier cambio en dichos procesos traerá como consecuencia una modificación en los Costos Totales.

De los costos que se tomaron en cuenta, están los siguientes:

Costo de la Extracción de los materiales en los bancos de préstamo.

Costo del Acarreo de los materiales a los almacenes de tratamiento.

Costo del Acarreo de los materiales de los bancos de préstamo o almacenes, al sitio de la Cortina o a la Planta de tratamiento.

Costo de la colocación de los materiales en el sitio de la Cortina.

Costo de los caminos internos en la obra.

Costo de Oficinas de Planeación y Control.

Costo de Talleres

Costo de Plantas de Tratamiento.

Costo de Administración.

El costo de todas las actividades que se enumeren será la suma del costo por:

Equipo Mayor

Equipo Menor

Mano de Obra

Materiales

**COSTO DE LA EXPLOTACION DEL BANCO PEDRERA NO.1 Y TRANSPORTACION A LA CAÑADA SECA.**

Volúmen Banco Pedrera No.1 : 4 900 000 m<sup>3</sup>

Volúmen Cortina : 5 380 000 m<sup>3</sup>

Coeficiente = Volúmen Cortina/Volúmen Banco

$$\text{Coeficiente} = \frac{5.38 \times 10^6 \text{ m}^3}{4.90 \times 10^6 \text{ m}^3} = 1.22$$

Elevación del banco: 290

Turnos: 2 de 8 horas

Días efectivos: 25 días/mes

Longitud de acarreo: 0.5 Km. a la Cañada seca

El material proveniente de este banco será colocado en la Cortina de la siguiente manera:

Material para filtros	280 000 m <sup>3</sup>
Material para transición	300 000 m <sup>3</sup>
Enrocamiento (material 4)	4 430 000 m <sup>3</sup>
Enrocamiento (material 5)	<u>370 000 m<sup>3</sup></u>
Total	5 380 000 m <sup>3</sup>

#### COSTO EQUIPO MAYOR

No. Máximo de Unidades	EQUIPO	Costo de c/unidad por hora	Número de horas totales	COSTO	TOTAL
1	Pala 12 yd <sup>3</sup>	\$ 2 707.73	5 225	\$ 14 147 889	.25
2	Cargador 11Yd <sup>3</sup>	1 671.18	4 200	7 018 956	.00
14	Track-drilles	318.80	58 875	18 769 350	.00
3	Compresor est.	476.84	18 375	8 761 935	.00
9	Compresor port.	300.47	29 275	8 796 259	.00
3	Tractor Komat-su	845.78	12 775	10 804 839	.00

8	Camión 50 ton.	\$ 1 264.75	36 650	\$ <u>46 353 087.50</u>
	<u>SUMA COSTO EQUIPO MAYOR</u>			\$ 114 652 316.50

## COSTO EQUIPO MENOR

No. Máximo de Unidades	EQUIPO	Costo mensual por unidad	COSTO TOTAL
1	Pipa 8 000 lts	\$ 21 400.00	\$ 385 200.00
2	Camión redilas	21 700.00	781 200.00
2	Pick-up	16 100.00	644 000.00
1	Volkswagen	14 000.00	280 000.00
30	Perforadoras de piso	15 300.00	5 589 000.00
2	Soldadoras	20 000.00	720 000.00
2	Bombas 4"	5 000.00	180 000.00
2	Bombas 6"	8 000.00	<u>280 000.00</u>
	<u>SUMA COSTO EQUIPO MENOR</u>		\$ 8 867 400.00

## COSTO MANO DE OBRA

No. Máximo de Personas	CATEGORIA	Costo mensual p/persona	COSTO TOTAL
2.5	Ingenieros	\$ 22 400.00	\$ 1 120 000.00
1	Trazador	20 000.00	400 000.00
4	Ayudantes de trazador	10 500.00	840 000.00
3	Sobrestantes	21 000.00	945 000.00

No. Máximo de Personas	CATEGORIA	Costo mensual p/persona	COSTO	TOTAL
6	Cabos	\$ 11 750.00	\$	1 057 500.00
2	Eléctricistas	14 000.00		504 000.00
3	Mecánicos de campo	13 000.00		585 000.00
30	Perforistas	7 920.00		2 890 000.00
12	Choferes	11 750.00		2 538 000.00
85	Operadores	17 250.00		19 147 500.00
12	Ayudantes	9 000.00		1 314 000.00
40	Peones	3 500.00	\$	<u>1 907 500.00</u>
<u>SUMA COSTO MANO DE OBRA</u>			\$	<u>33 249 300.00</u>

## COSTO MATERIALES

Materiales	Unidad	Costo/Unidad	COSTO	TOTAL
Explosivos y Artificios	2 160 ton	\$ 20 000.00/ton	\$	43 200 000.00
Acero de barrenación	1 080 m.l.	2 000.00/ml.		2 160 000.00
Varios (mangueras, tuberías, etc.,	18 lotes	50 000.00/lote		<u>900 000.00</u>
<u>SUMA COSTO MATERIALES</u>			\$	<u>46 260 000.00</u>

## RESUMEN:

EQUIPO MAYOR	\$	114 652 316.50
EQUIPO MENOR		8 867 400.00
MANO DE OBRA		33 249 300.00

MATERIALES	\$ <u>46 260 000.00</u>
COSTO TOTAL PEDRERA No.1	\$ <u>203 029 016.50</u>

COSTO DE LA EXPLOTACION DEL BANCO PEDRERA No.2 Y TRANSPORTACION A: ATAGUIA AGUAS ARRIBA, LUMBRERÁS Y CAÑADA SECA.

Volúmen Banco Pedrera No.2 : 2 920 000 m<sup>3</sup>

Volúmen Cortina: 3 320 000 m<sup>3</sup>

Coefficiente = Volúmen Cortina/Volúmen Banco = 1.22

Elevación del banco : 365

Turnos: 2 de 8 horas

Dias efectivos: 25 dias/mes

Horas efectivas: 15 horas/dia

Longitud de acarreo promedio: 2 Kms.

Distribución del material proveniente de este banco:

Material para filtros: 300 000 m<sup>3</sup>

Material para transición: 200 000 m<sup>3</sup>

Enrocamiento (mat.# 4): 2 820 000 m<sup>3</sup>

Total 3 320 000 m<sup>3</sup>

El costo total de esta actividad se obtiene sumando los costos de : Equipo Mayor, Equipo Menor, Mano de Obra y Materiales.

## COSTO EQUIPO MAYOR

No. Máximo de Unidades	EQUIPO	Costo de c/unidad por hora	Número de horas totales	COSTO	TOTAL
1	Pala de 12 Yd <sup>3</sup>	\$ 2 707.73	5 100	\$ 13 809 423.00	
1	Cargador 11Yd <sup>3</sup>	1 671.18	700	1 169 826.00	
9	Track-drilles	318.80	34 875	11 118 150.00	
3	Compresor est.	476.84	16 875	8 046 675.00	
4	Compresor port.	300.47	7 285	2 188 923.95	
2	Tractor Komat-su	845.78	7 900	6 681 662.00	
12	Camión 50 ton.	1 264.75	44 300	<u>56 028 425.00</u>	
<u>SUMA COSTO EQUIPO MAYOR</u>				<u>\$ 99 043 084.95</u>	

## COSTO EQUIPO MENOR

No. Máximo de Unidades	EQUIPO	Costo mensual unidad	COSTO	TOTAL
1	Pipa 8 000 lts	\$ 21 400.00	\$ 385 200.00	
2	Camión redilas	21 700.00	781 200.00	
2	Pick-up	16 100.00	579 600.00	
1	Volkswagen	14 000.00	280 000.00	
20	Perforadoras de piso	15 300.00	4 055 000.00	
2	Soldadoras	20 000.00	720 000.00	
2	bombas de 4"	5 000.00	<u>180 000.00</u>	
<u>SUMA COSTO EQUIPO MENOR</u>				<u>\$ 6 981 000.00</u>

## COSTO MANO DE OBRA

No. Máximo de Personas	CATEGORIA	Costo mensual p/persona	COSTO TOTAL
2.5	Ingenieros	\$ 22 400.00	\$ 1 120 000.00
1	Topógrafo	20 000.00	400 000.00
4	Ayudantes de Topógrafo	10 500.00	840 000.00
2	Sobrestantes	21 000.00	756 000.00
4	Cabos	11 750.00	846 000.00
2	Eléctricistas	14 000.00	504 000.00
2	Mecánicos de campo	13 000.00	468 000.00
20	Perforistas	7 920.00	2 098 000.00
12	Choferes	11 750.00	2 538 000.00
64	Operadores	17 250.00	18 975 000.00
6	Ayudantes	9 000.00	972 000.00
30	Peones	3 500.00	<u>1 386 000.00</u>
<u>SUMA COSTO MANO DE OBRA</u>			<u>\$ 30 903 800.00</u>

## COSTO MATERIALES

Materiales	Unidad	Costo/Unidad	COSTO TOTAL
Explosivos y Artificios	1 330 ton.	\$ 20 000.00/ton	\$ 26 600 000.00
Acero de barrenación	720 m.l.	2 000.00/ml.	1 440 000.00
Varios	18 lotes	30 000.00/lote	<u>540 000.00</u>
<u>SUMA COSTO MATERIALES</u>			<u>\$ 28 580 000.00</u>



## RESUMEN:

EQUIPO MAYOR	\$ 99 043 084.00
EQUIPO MENOR	6 981 000.00
MANO DE OBRA	30 903 800.00
MATERIALES	<u>28 580 000.00</u>
<b>COSTO TOTAL PEDRERA No. 2</b>	<b><u>\$ 165 507 885.00</u></b>

## COSTO DE LA COLOCACION DE LOS MATERIALES EN LA CORTINA

Volúmen Cortina: 14 410 000 m<sup>3</sup>  
 Dias efectivos : 25 dias/mes  
 Turnos: 2 de 8 horas  
 Horas efectivas: 15 horas/dia  
 Longitud de acarreo: 1 Km. promedio

## COSTO EQUIPO MAYOR

No. Máximo de Unidades	EQUIPO	Costo de c/unidad por hora	Número de horas totales	COSTO	TOTAL
3	Compactador Pata de Cabra	\$ 786.80	13 186	\$ 10 374	744.00
2	Compactador li so vibratorio	917.75	12 600	11 563	650.00
1	Tractor Komat-su	845.78	6 004	5 078	063.00
8	Empujadores Michigan	925.78	35 221	32 606	897.00
2	Motoconformadoras	591.83	10 200	6 036	666.00
1	Grúa 60 ton.	976.09	2 100	2 049	789.00

8	Camiones Terex R-35	\$ 901.98	36 243	\$ 32 690 461.14
4	Vagonetas Euclid B-70	1 514.76	13 100	19 843 356.00
4	Compresores móviles	300.47	25 200	7 571 844.00
4	Compactadores li- sos vibratorios (pesados)	917.75	16 642	<u>15 273 195.50</u>
<u>SUMA COSTO EQUIPO MAYOR</u>				\$ 143 088 066.80

## COSTO EQUIPO MENOR

No. Máximo de Unidades	EQUIPO	Costo mensual unidad	COSTO TOTAL
30	Bailarinas	\$ 4 733.43	\$ 2 442 000.00
1	Camión mante- nimiento	16 000.00	384 000.00
2	Volkswagen	9 000.00	432 000.00
2	Pick-up	11 000.00	528 000.00
2	Camión redilas	16 000.00	768 000.00
1	Grúa H1-AB	25 000.00	600 000.00
6	Bombas de 4"	5 000.00	445 000.00
2	Soldadoras	20 000.00	<u>960 000.00</u>
<u>SUMA COSTO EQUIPO MENOR</u>			\$ 6 559 000.00

## COSTO MATERIALES

Materiales	Unidad	Costo/Unidad	COSTO TOTAL
Varios (man- gueras, tubos,	24 lotes	\$ 30 000.00/lote	\$ 1 080 000.00

SUMA COSTO MATERIALES \$ 1 080 000.00

**COSTO DE MANO DE OBRA**

No. Máximo de Personas	CATEGORIA	Costo mensual p/persona	COSTO TOTAL
4	Ingenieros	\$ 22 500.00	\$ 2 160 000.00
6	Sobrestantes	21 000.00	3 024 000.00
6	Cabos	11 833.00	1 704 000.00
60	Peones	3 500.00	4 305 000.00
1	Cabo maniobras	15 000.00	360 000.00
4	Maniobristas	12 000.00	1 152 000.00
2	Mecánicos aire	13 000.00	624 000.00
2	Eléctricistas	14 000.00	672 000.00
2	Tuberos (plo- meros)	12 000.00	576 000.00
12	Ayudantes	9 000.00	2 592 000.00
4	Soldadores	12 000.00	1 152 000.00
80	Operadores	17 266.00	24 500 000.00
20	Choferes	11 750.00	<u>5 640 000.00</u>
	<u>SUMA COSTO MANO DE OBRA</u>		\$ 48 461 000.00

**RESUMEN:**

EQUIPO MAYOR	\$ 143 088 066.80
EQUIPO MENOR	6 559 000.00
MATERIALES	1 080 000.00
MANO DE OBRA	<u>48 461 000.00</u>

COSTO COLOCACION MATERIALES                      \$ 199 188 066.80

COSTO DE LA EXPLOTACION DE LA ARCILLA

Explotación en Bancos de préstamo " La Costilla " y tratamiento, así como la transportación al almacén Tejería.

Volúmen Banco        : 1 400 000 m<sup>3</sup>  
 Dias efectivos        : 25 dias/mes  
 Horas efectivas      : 15 horas/dia  
 Turnos                 : 2 de 8 horas  
 Longitud de acarreo : 1 Km. promedio

COSTO EQUIPO MAYOR

No. Máximo de Unidades	EQUIPO	Costo de c/unidad por hora	Número de horas totales	COSTO	TOTAL
4	Cargador 6 Yd <sup>3</sup>	\$ 991.36	9 750	\$ 9 665 760.00	
3	Tractor D-8	559.00	7 450	4 214 860.00	
3	Motoconformadora	940.00	5 750	<u>5 405 000.00</u>	
<u>SUMA COSTO EQUIPO MAYOR</u>				<u>\$ 19 285 620.00</u>	

COSTO EQUIPO MENOR

No. Máximo de Unidades	EQUIPO	Costo mensual unidad	COSTO	TOTAL
12	Camión volteo	\$ 14 616.66	\$ 2 806 400.00	

8	Pipas 8 000 lts	\$ 21 400.00	\$ 1 540 000.00
4	Bombas 6"	7 000.00	<u>294 800.00</u>
	<u>SUMA COSTO EQUIPO MENJR</u>		\$ 4 461 200.00

Nota. - Los camiones considerados en este estudio son para -  
acarreos internos en los almacenamientos de "La Cos-  
tilla". Para el caso de acarreo de otros bancos de -  
arcilla, será un presupuesto nuevo no incluido en es-  
te estudio.

#### COSTO MANO DE OBRA

No. Máximo de Personas	CATEGORIA	Costo mensual p/persona	COSTO TOTAL
3	Ingenieros	\$ 22 500.00	\$ 720 000.00
6	Sobrestantes	21 000.00	1 344 000.00
6	Cabos	11 750.00	752 000.00
18	Peones	3 500.00	609 000.00
22	Operadores	17 250.00	4 312 000.00
40	Choferes	11 750.00	6 345 000.00
8	Bomberos	9 000.00	756 000.00
2	Eléctricistas	14 000.00	532 000.00
1	Soldador	12 000.00	228 000.00
18	Ayudante	9 000.00	<u>1 638 000.00</u>
	<u>SUMA COSTO MANO DE OBRA</u>		\$ 17 236 500.00

## COSTO MATERIALES

Materiales	Unidad	Costo/Unidad	COSTO TOTAL
Varios ( palas, pisos, tuberías etc,.	19 lotes	\$ 50 000.00	\$ <u>950 000.00</u>
<u>SUMA COSTO MATERIALES</u>			\$ 950 000.00

## RESUMEN:

EQUIPO MAYOR	\$ 19 285 620.00
EQUIPO MENOR	4 641 200.00
MANO DE OBRA	17 236 500.00
MATERIALES	<u>950 000.00</u>
<u>COSTO EXPLOTACION ARCILLA</u>	<u>\$ 42 113 320.00</u>

## COSTO DEL ACARREO DE LA ARCILLA DE LOS ALMACENES DE TRATAMIENTO A LA CORTINA O A LA PLANTA DE TRATAMIENTO T-1

Volúmen Banco :	2 800 000 m <sup>3</sup>
Volúmen Cortina :	2 200 000 m <sup>3</sup>
Dias efectivos :	25 dias/mes
Turnos:	2 de 8 horas
Horas efectivas:	15 horas/dia
Longitud de acarreo:	4 Kms promedio

## COSTO EQUIPO MAYOR

No. Máximo de Unidades	EQUIPO	Costo de c/unidad por hora	Número de horas totales	COSTO	TOTAL
2	Cargador 6Yd <sup>3</sup>	\$ 991.36	9 400	\$ 9 318	784.00
2	Tractor Komat-su	845.78	5 200	4 398	056.00
6	Camión 35 ton.	901.98	25 540	23 036	569.20
4	Vagonetas 70 ton	1 514.76	13 100	<u>19 843</u>	<u>356.00</u>
<u>SUMA COSTO EQUIPO MAYOR</u>				\$ 56 596	<u>765.20</u>

## COSTO EQUIPO MENOR

No. Máximo de Unidades	EQUIPO	Costo mensual unidad	COSTO	TOTAL
1	Volkswagen	\$ 14 000.00	\$	336 000.00
2	Pick-up	16 100.00		<u>772 800.00</u>
<u>COSTO EQUIPO MENOR</u>			\$	<u>1 108 800.00</u>

## COSTO MANO DE OBRA

No. Máximo de Personas	CATEGORIA	Costo mensual p/persona	COSTO	TOTAL
2	Ingenieros	\$ 22 500.00	\$	1 080 000.00
2	Sobrestantes	21 000.00		966 000.00
2	Cabos	11 750.00		540 500.00
1	Eléctricista	14 000.00		322 000.00
3	Choferes	11 750.00		810 750.00
18	Operadores	17 250.00		6 313 500.00
8	Peones	3 500.00		<u>644 000.00</u>

SUMA COSTO MANO DE OBRA \$ 10 676 750.00

COSTO MATERIALES

Material	Unidad	Costo/Unidad	COSTO TOTAL
Varios	23 lotes	\$ 50 000.00/lote	\$ <u>1 150 000.00</u>
<u>SUMA COSTO MATERIALES</u>			\$ 1 150 000.00

RESUMEN:

EQUIPO MAYOR	\$ 56 596 765.20
EQUIPO MENOR	1 108 800.00
MANO DE OBRA	10 676 750.00
MATERIALES	<u>1 150 000.00</u>
<u>COSTO ACARREO ARCILLA</u>	<u>\$ 69 532 315.20</u>

COSTO DE CAMINOS INTERNOS EN LA OBRA

COSTO EQUIPO MAYOR

No. Máximo de Unidades	EQUIPO	Costo de c/unidad por hora	Número de horas totales	COSTO TOTAL
2	Tornapipas	\$ 1 639.87	9 600	\$ 15 742 752.00
3	Motoconformadoras	591.83	14 400	<u>8 522 352.00</u>
<u>COSTO EQUIPO MAYOR</u>				\$ 24 265 104.00



## COSTO EQUIPO MENOR

No. Máximo de Unidades	EQUIPO	Costo mensual unidad	COSTO TOTAL
2	Tanques 30 000 lts.	\$ 16 500.00	\$ 792 000.00
6	Pipas	15 500.00	2 232 000.00
2	Bombas 6"	7 000.00	<u>336 000.00</u>
<u>COSTO EQUIPO MENOR</u>			\$ 3 360 000.00

## COSTO MANO DE OBRA

No. Máximo de Personas	CATEGORIA	Costo mensual p/persona	COSTO TOTAL
2	Ingenieros	\$ 22 500.00	\$ 1 080 000.00
2	Sobrestantes	21 000.00	1 008 000.00
20	Señaleros	3 500.00	1 680 000.00
20	Peones	3 500.00	<u>1 680 000.00</u>
<u>COSTO MANO DE OBRA</u>			\$ 5 448 000.00

## COSTO MATERIALES

Materiales	Unidad	Costo/Unidad	COSTO TOTAL
Varios	24 lotes	\$ 50 000.00/lote	\$ <u>1 200 000.00</u>
SUMA COSTO MATERIALES			\$ 1 200 000.00

## RESUMEN:

EQUIPO MAYOR	\$ 24 265 104.00
EQUIPO MENOR	3 360 000.00
MANO DE OBRA	5 448 000.00
MATERIALES	<u>1 200 000.00</u>
<u>COSTO CAMINOS INTERNOS EN LA OBRA</u>	<u>\$ 34 273 104.00</u>

#### COSTO DEL PERSONAL DE PLANEACION Y CONTROL

- 4 Ingenieros
- 2 Secretarias
- 6 Auxiliares
- 2 Choferes
- 2 Dibujantes
- 2 Operadores copiadora

COSTO DEL PERSONAL DE PLANEACION Y CONTROL \$ 6 100 000.00

#### COSTO DEL PERSONAL DE LA ADMINISTRACION

- 1 Administrador
- 1 Jefe de servicio
- 11 Auxiliares de contabilidad
- 9 Auxiliares administrativos
- 2 Auxiliares abastecimientos
- 24 Secretarias oficinistas
- 15 Tomadores de tiempo
- 25 Choferes
- 5 Jefes de campamento
- 1 Encargado de comedor

18 Cocineras y ayudantes

9 Despachadores

40 Veladores

COSTO TOTAL DEL PERSONAL DE ADMINISTRACION \$ 32 827 000.00

COSTO DEL PERSONAL DE LA PLANTA T-1

17 Ingenieros

28 Sobrestantes

17 Mecánicos

58 Ayudantes de operador

52 Operadores

24 Eléctricistas

38 Montadores

2 Topógrafos

6 Plomeros

21 Albañiles

8 Perforistas

3 Compresoristas

4 Almacenistas

6 Cadeneros

150 Peones

8 Administrativos

20 Choferes

34 Ayudantes de mecánico

33 Ayudantes Eléctricistas

34 Ayudantes de soldador

14 Veladores  
3 Dibujantes

COSTO DEL PERSONAL DE LA PLANTA T-1                      \$ 113 187 000.00

#### 4.6 ANTEPRESUPUESTO

Para el cálculo del Antepresupuesto, se tomaron en cuenta - los Costos de Producción ( Extracción, Carga, Transportación y Colocación de los materiales en la Cortina), los de la planta de tratamiento T-1, los del Departamento de Planeación y - Control, los de Administración y finalmente los de los Talleres.

#### PRODUCCION

Mano de Obra	\$ 145 975 350.00
Amortización de Equipo	488 448 357.30
Materiales:	79 220 000.00
Subcontratos ( arcilla, concretos dentales, filtros, etc.)	60 000 000.00
Asesorias	8 000 000.00
Imprevistos 3 %	<u>8 794 400.00</u>
	\$ 790 438 107.30

#### PLANTA DE TRATAMIENTO T-1

Mano de obra operación                      33 607 000.00

Materiales y refacciones operación	\$ 32 200 000.00	
Amortización Plantas (obra civil 100 % , equipo 40 %)	282 000 000.00	
Mano de obra, montajes faltantes	79 580 000.00	
Materiales; montajes faltantes	60 000 000.00	
Subcontratos (ICA , Jeffrey y otros)	15 250 000.00	
Asesorías (ICEVAD y otros )	25 000 000.00	
Imprevistos	<u>7 579 770.00</u>	
SUBTOTAL		\$ 535 216 770.00

DEPARTAMENTO DE PLANEACION Y CONTROL

Mano de Obra	\$ 6 100 000.00	
Materiales	645 000.00	
Imprevistos 1 %	<u>61 000.00</u>	
SUBTOTAL		\$ 6 806 000.00

ADMINISTRACION

Mano de Obra	\$ 32 827 000.00	
Gastos de Adminis-		

tración; (Papelería ,  
mantenimiento equipo,  
acondicionamiento de  
locales, etc,) \$ 4 265 000.00

Gastos Generales (Viá  
ticos, gastos complemen  
tarios etc,) 5 900 000.00

Amortización de insta  
laciones, campamentos,  
comedor, oficinas, etc) 15 000 000.00

Imprevistos 1 % 1 465 000.00

SUBTOTAL

\$ 59 457 000.00

### TALLERES

Mano de obra operación  
(Pailería, mecánica, -  
maquinaria y herramien  
tas.) 144 587 000.00

Materiales y refaccio  
nes, operación maquina  
ria 103 216 000.00

Asesorías 2 300 000.00

Ampliaciones (Talleres  
pailería, mecánica, ma  
quinaria y herramientas) 10 000 000.00

Materiales de talleres  
(Pailería, maquinaria  
y herramientas) 103 788 000.00

Amortizaciones instala  
ciones; ( 50%del valor -  
total ) 15 000 000.00

Imprevistos 3 % \$ 9 947 000.00

SUBTOTAL \$ 388 838 000.00

GRAN TOTAL \$ 1 780 755 877.00

ANTEPRESUPUESTO DE LA CORTINA  
(CONSTRUCCION EXCLUSIVAMENTE):

\$ 1 780 755 877.00

## C A P I T U L O   V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Cortina del Proyecto Hidroeléctrico Chicoasén, será construida por la Comisión Federal de Electricidad, por administración directa, es decir no se recurrirá a compañías contratistas para realizarla.

Dicha Cortina será la más alta de América Latina dentro de las presas de materiales graduados.

Se utilizará para su construcción, un nuevo Proceso Constructivo en México, que es el Tratamiento de Materiales mediante una Planta Centralizada ( Planta T-1 ), y el transporte de los mismos por medio de Bandas. Este proceso fue utilizado en la construcción de una presa en Pakistán dando buenos resultados.

Es importante indicar, que este proceso es desconocido aún por un gran número de ingenieros en México, y sería conveniente que la Comisión Federal de Electricidad lo propagara ampliamente al término de la obra, ya que es demasiado interesante para permanecer desapercibido dentro de la ingeniería.

Los Procesos Constructivos indicados en este trabajo, no están exentos de modificarse, ya que al construirse la Cortina es decir sobre la marcha, podrán cambiarse si es necesario, según se denote la eficiencia de ellos.



Se podrán estudiar otras alternativas que convengan más a la -  
Residencia de Construcción, así como nuevas planeaciones de la  
obra.

La Planta de Procesamiento de Materiales T-1, es un sistema no  
vedoso en México y por tal motivo se desconoce la eficiencia -  
de dicha planta, por lo que habrá que prestarle especial aten-  
ción.

Debido al desconocimiento del proyecto total basado en la plan  
ta, ya que fué éste entregado en partes, casi en forma simultá  
nea a la construcción de las mismas, no fué posible una correc  
ta planeación de los recursos necesarios en la construcción.

Del mismo modo, la mano de obra especializada principalmente,-  
fué necesario traerla de diversos lugares de la República Mexi-  
cana con un porcentaje alto de inadaptabilidad a la zona, te--  
niendo que efectuar movimientos grandes de personal para absol  
ver las deserciones. La calidad naturalmente fue baja pues no-  
fué posible hacer la selección necesaria, teniendo que susti--  
tuir calidad por cantidad, ya que el programa de construcción-  
exigió un ritmo de trabajo acelerado.

De igual manera, con la maquinaria y materiales sucedió lo mis  
mo, ya que por carecer de datos del proyecto adecuados para la  
programación, fué necesario tener un gran número de máquinas -  
en reserva, y en algunos casos no tener el equipo necesario --  
adecuado, haciendo movimientos de emergencia que siempre resul  
taban costosos.

La construcción de la Cortina piensa concluirse en el mes de julio de 1979, pero ha sufrido modificaciones de la planeación original, ya que inicialmente se pensaba terminar en Diciembre de 1978.

Debido a las razones antes expuestas, se realizó una planeación de la obra sumamente rápida, en la que se determinaban rendimientos " records " o irreales, lo cual lógicamente no fue posible realizarlo, y dió como resultados fallas y atrasos en la obra.

Actualmente se estudia una nueva planeación de la obra en la que se determina que esta obra quedará concluida en el mes de diciembre de 1979.

De lo anterior, se puede concluir que todo proyecto deberá ser planeado detenida y acertadamente, tomando como factor primordial los recursos reales con los que se cuenta, con el fin de poder llevarlo a cabo sin ningún contratiempo.

Finalmente podemos decir que los costos analizados en este trabajo, no serán los reales que se tengan al término de la obra, ya que las constantes alzas en los precios y salarios, modificarán de manera importante el Antepresupuesto calculado.

## BIBLIOGRAFIA

## PRESAS DE TIERRA Y ENROCAMIENTO

Raúl J. Marsal y Daniel Resendis N.

## ESTIMACION DE LOS COSTOS DE CONSTRUCCION

R. L. Peurifoy. ED. DIANA

## METODOS, PLANEAMIENTO Y EQUIPOS DE CONSTRUCCION

R. L. Peurifoy. ED. DIANA

## HIDRAULICA GENERAL

Gilberto Sotelo Avila. ED. LIMUSA

## MECANICA DE SUELOS

Eulalio Juárez Badillo y Alfonso Rico Rodríguez. ED. LIMUSA

## FACTORES DE CONSISTENCIA DE COSTOS Y PRECIOS UNITARIOS

Apuntes de la sección de construcción de la -  
Facultad de Ingeniería . U.N.A.M.

## LEY FEDERAL DEL TRABAJO

## LEY DEL SEGURO SOCIAL

## PROYECTO HIDROELECTRICO CHICOASEN

Folleto Ilustrado . Comisión Federal de Electricidad

## PROYECTO HIDROELECTRICO CHICOASEN

Tesis Profesional. Manuel Trueba. Fac. de Ingeniería 1976

## DATOS PROPORCIONADOS POR LA C.F.E.

PLANOS

# SECCION MAXIMA

DE LA

MATERIALES (SECCION M)	ESPESES	ANCHO	PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD	PROFUNDIDAD
1. CEMENTO	1000 kg/m <sup>3</sup>	10	10	10	10	10	10
2. ARENADO	1500 kg/m <sup>3</sup>	10	10	10	10	10	10
3. PAVIMENTO IMPACTADO	1000 kg/m <sup>3</sup>	10	10	10	10	10	10
4. ENGRASADO IMPACTADO	1000 kg/m <sup>3</sup>	10	10	10	10	10	10
5. ENGRASADO IMPACTADO	1000 kg/m <sup>3</sup>	10	10	10	10	10	10
6. ENGRASADO IMPACTADO	1000 kg/m <sup>3</sup>	10	10	10	10	10	10
7. ENGRASADO IMPACTADO	1000 kg/m <sup>3</sup>	10	10	10	10	10	10

PROFUNDIDAD  
 1. 1000 kg/m<sup>3</sup>  
 2. 1500 kg/m<sup>3</sup>  
 3. 1000 kg/m<sup>3</sup>  
 4. 1000 kg/m<sup>3</sup>  
 5. 1000 kg/m<sup>3</sup>  
 6. 1000 kg/m<sup>3</sup>  
 7. 1000 kg/m<sup>3</sup>

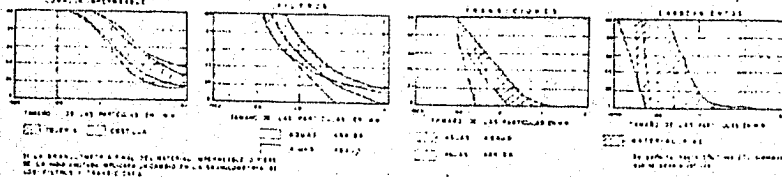
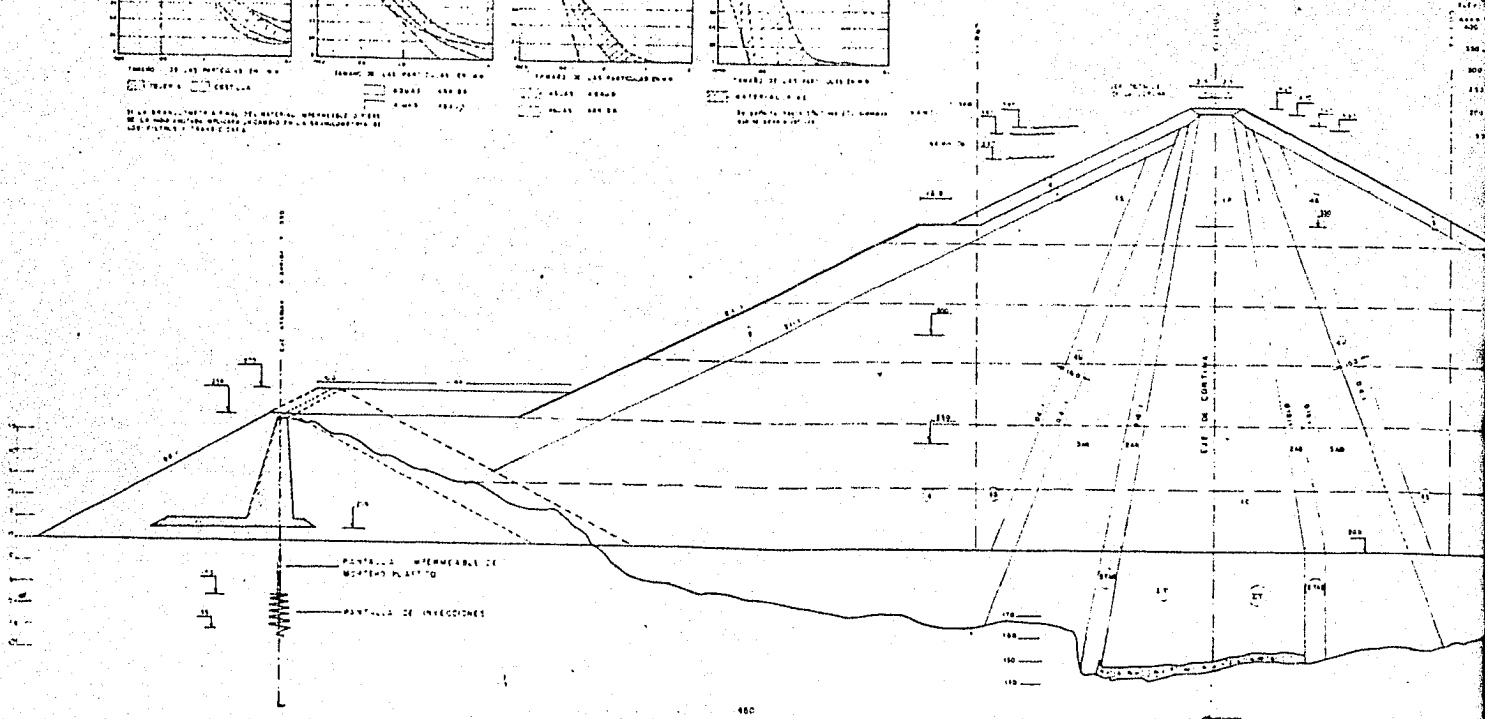


FIG. 10.20  
 FIG. 10.21  
 FIG. 10.22  
 FIG. 10.23



MONITOREO INTERMEDIO DE  
 MONITOREO PLANTADO  
 MONITOREO DE INYECCIONES









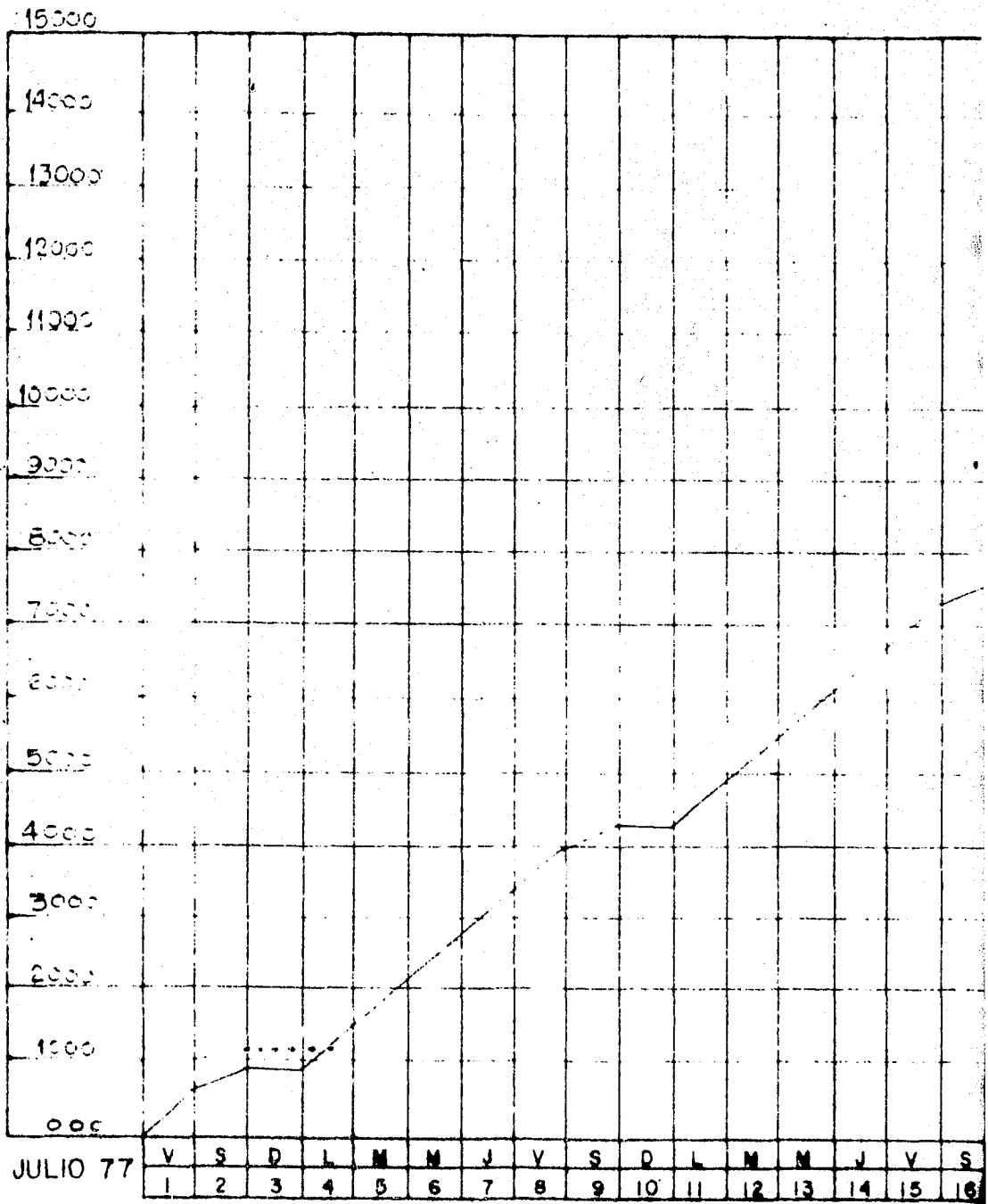
A N E X O   N O . 1

GRAFICAS DE COLOCACION DE MATERIALES

# GRAFICA DE COLOCACION DE MATERIAL

PROYECTO HIDROELECTRICO CHICOASEN

SUPER



Rendimiento Medio Diario 608.51 m³

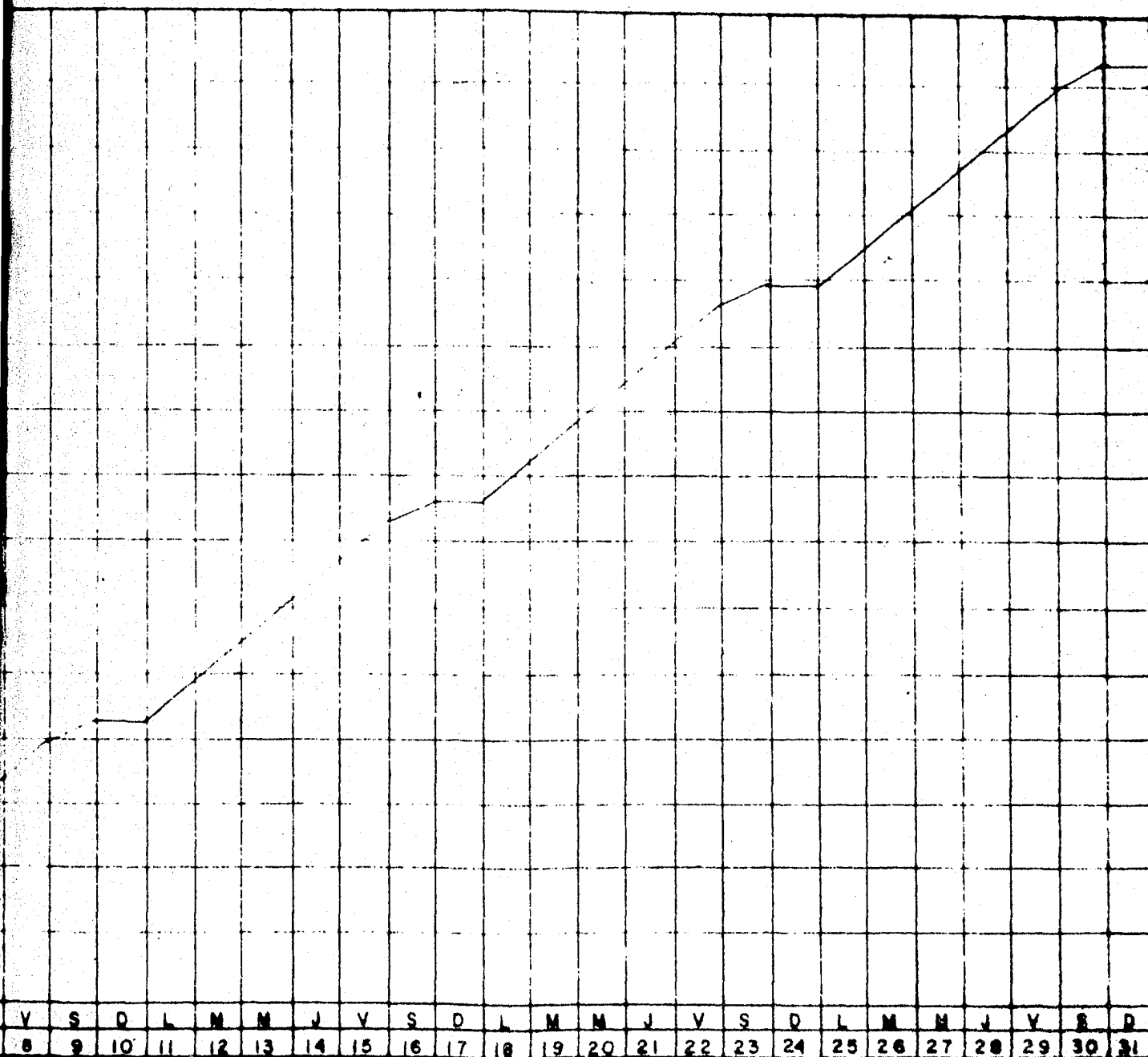
CACION DE MATERIAL : "X"

CHICOASEN

SUPERINTENDENCIA

CONSTRUCCION

CORTINA

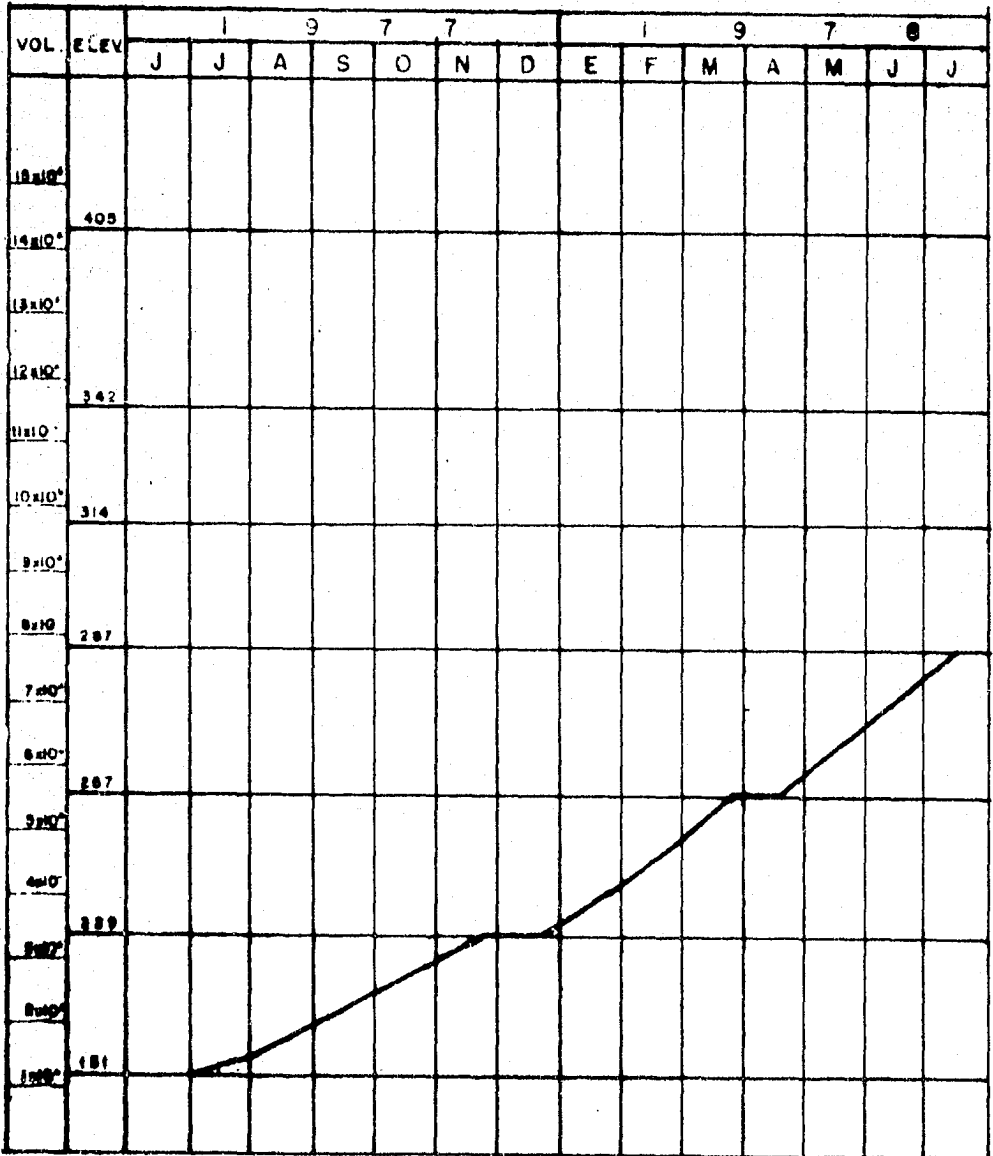


to Medio Diario

608.51 M<sup>3</sup>

planeacion y control

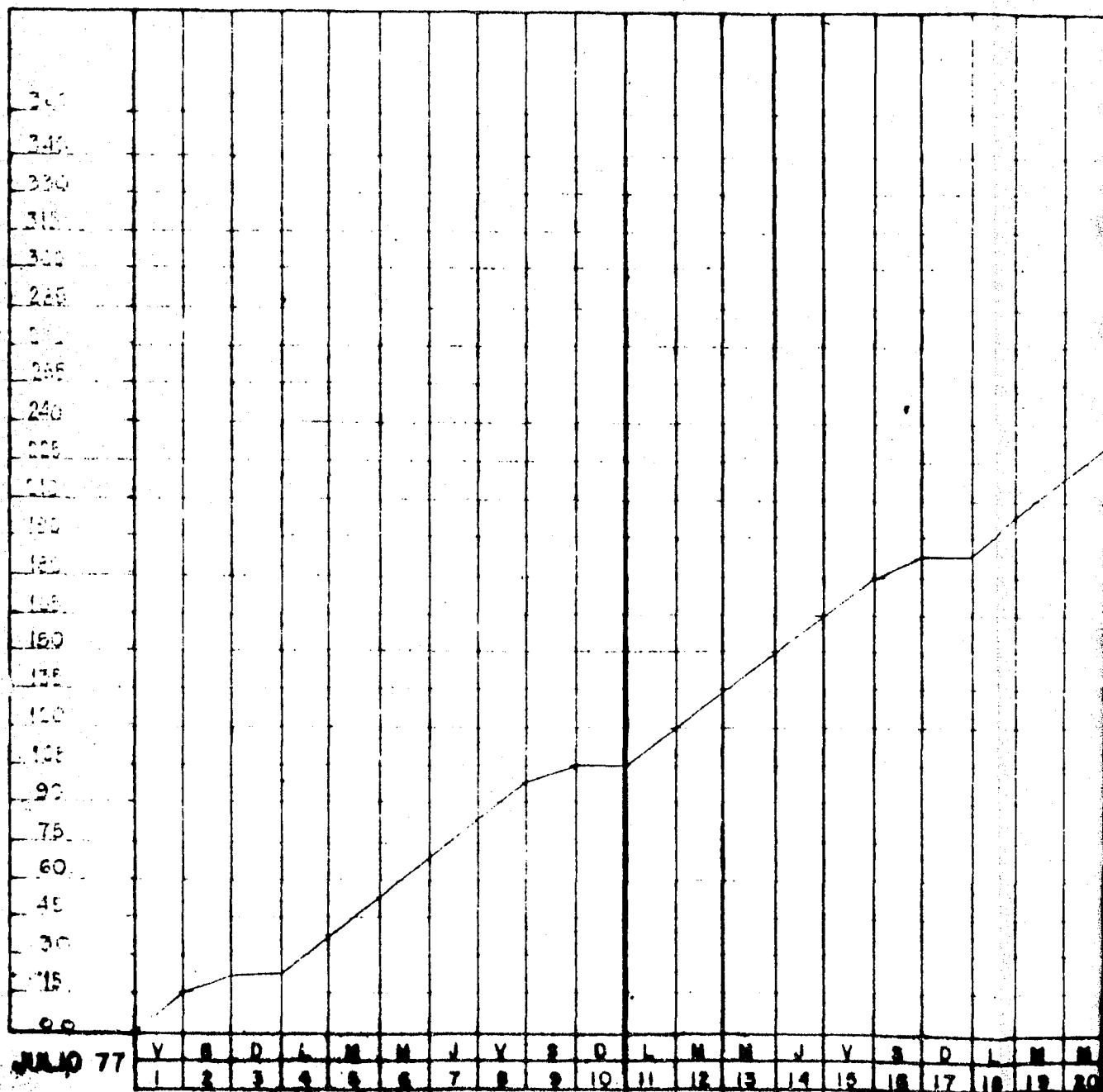
# COLOCACION DE MATERIALES EN CORTINA



# GRAFICA DE COLOCACION DE MATERIAL ACI

PROYECTO HIDROELECTRICO CHICOASEN

SUPERINTENDENCIA

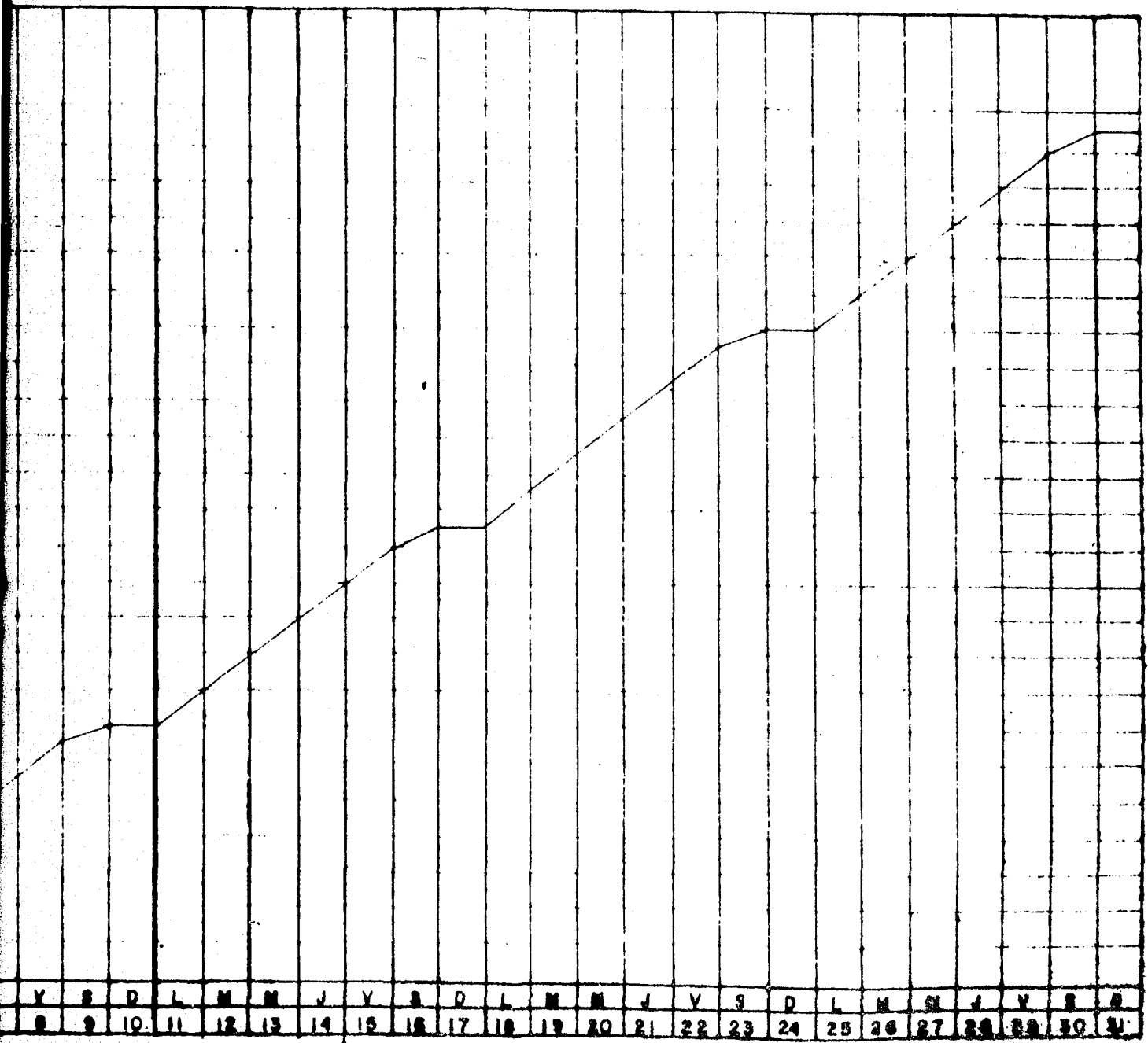


JULIO 77

Rendimiento Medio Diario - 15,000 m³

LOCACION DE MATERIAL ACUMULADOS

D CHICOASEN SUPERINTENDENCIA CONSTRUCCION CORTINA



Medio Diario 15,000 m³

planificación y control







A N E X O   N O . 3

SALARIOS POR CATEGORIAS

PROYECTO HIDROELECTRICO CHICOASEN

S A L A R I O S

ADMINISTRATIVO

AUXILIAR ADMINISTRATIVO	" A "	\$ 251.68
" "	" B "	212.41
" "	" C "	173.19
AUXILIAR DE CONTABILIDAD	" A "	212.44
" "	" B "	188.04
" "	" C "	173.19
AUXILIAR DE COSTOS	" A "	212.41
" " "	" B "	188.04
" " "	" C "	173.19
TOMADOR DE TIEMPO	" A "	188.04
" " "	" B "	165.05
" " "	" C "	133.92
AUXILIAR DE ALMACEN	" A "	212.41
" " "	" B "	188.04
" " "	" C "	173.19
ENCARGADO DE BODEGA	" A "	165.05
" " "	" B "	148.83
" " "	" C "	125.84
DESPACHADOR	" A "	125.84
"	" B "	117.70
"	" C "	108.20

AUXILIAR DE ABASTECIMIENTOS	" A "	\$ 212.41
" " "	" B "	188.04
" " "	" C "	173.19
OFICINISTA SECRETARIA	" A "	170.50
" "	" B "	155.59
" "	" C "	139.37
TAQUIMECANOGRAFA	" A "	148.83
"	" B "	137.99
"	" C "	125.84
TORNERO	" A "	175.89
"	" B "	148.83
"	" C "	121.77
INYECTISTA	" A "	285.45
"	" B "	267.85
"	" C "	246.40
ASOLADOR	" A "	285.45
"	" B "	267.85
"	" C "	246.40
CABO GALERIAS	" A "	285.45
" "	" B "	267.85
" "	" C "	246.40
AYUDANTE ESPECIALIZADO	" A "	202.95
" "	" B "	171.60
" "	" C "	135.30

CABO PERFORISTA	" A "	\$ 185.35
" "	" B "	144.76
CABO DE EXCAVACION	" A "	122.46
" " "	" B "	105.54
BARRETERO	" A "	116.38
"	" B "	98.78
COMPRESORISTA	" A "	125.84
"	" B "	116.28

OPERADORES

OPERADOR	" AA "	229.90
"	" A "	196.18
"	" B "	162.36
"	" C "	128.53

MECANICOS DIESEL

MECANICO	" A "	202.95
"	" B "	169.12
"	" C "	135.30

MAESTRO MECANICO DIESEL

MAESTRO MECANICO	" A "	270.60
" "	" B "	236.77
" "	" C "	202.95

AYUDANTE DE MECANICO

AYUDANTE DE MECANICO	" A "	\$ 135.30
" " "	" B "	121.00
" " "	" C "	107.80
<u>MAESTRO TORNERO</u>		
MAESTRO TORNERO	" A "	243.54
" "	" B "	216.48
" "	" C "	189.42
MAESTRO CARPINTERO	" A "	148.83
" "	" B "	140.69
" "	" C "	133.92
CARPINTERO	" A "	117.70
"	" B "	101.47
"	" C "	94.71
AYUDANTE DE CARPINTERO	Peón	86.57
PLANTERO	" A "	148.83
"	" B "	133.92
"	" C "	125.84
AYUDANTE DE PLANTERO	" A "	101.47
" " "	" B "	94.71
" " "	" C "	86.57
SOBRESTANTE GENERAL	" A "	345.01
" "	" B "	297.66
SOBRESTANTE DE CUADRILLA	" A "	248.93

SOBRESTANTE DE CUADRILLA	" B "	\$ 219.17
CABO LIMERO	" A "	221.87
" "	" B "	204.32
LIMERO	" A "	192.11
" "	" B "	165.05
AYUDANTE DE LIMERO	" A "	154.22
" " "	" B "	133.92
CABO MONTADOR	" A "	212.41
" "	" B "	188.04
MONTADOR	" A "	196.18
" "	" B "	173.10
AYUDANTE MONTADOR	" A "	128.53
" "	" B "	109.61
VIENTERO	" A "	109.61
" "	" B "	94.71
OPERADOR DE MALACATE	" A "	94.71
" " "	" B "	78.48
ARMADOR	" A "	173.19
" "	" B "	148.83
CHECADOR DE MATERIALES	" A "	117.70
" " "	" B "	109.61
" " "	" C "	101.47

## LABORATORIO

AYUDANTE DE LABORATORIO	" A "	\$ 212.41
" " "	" B "	188.04
" " "	" C "	173.19
LABORATORISTA	" A "	148.83
"	" B "	140.69
"	" C "	133.99
AYUDANTE DE LABORATORISTA	" A "	101.47
" " "	" B "	94.71
PEON DE LABORATORIO		55.49

## VARIOS

PERFORISTA	" A "	125.84
"	" B "	117.70
"	" C "	105.54
AYUDANTE PERFORISTA	" A "	94.71
" "	" B "	86.57
" "	" C "	55.49
LANCHERO	" A "	140.69
"	" B "	125.84
"	" C "	109.61
AYUDANTE DE LANCHERO ( PEON )		86.57
BOMBERO	" A "	125.84
"	" B "	117.70
"	" C "	94.71

AYUDANTE DE BOMBERO ( PEON )		\$ 86.57
MAESTRO ALBAÑIL	" A "	148.83
" "	" B "	125.84
" "	" C "	117.70
ALBAÑIL	" A "	109.61
" "	" B "	94.71
" "	" C "	86.57
TOPOGRAFO	" C "	235.40
" "	" D "	188.04
NIVELADOR	" A "	173.19
" "	" B "	154.22
SECCIONADOR	" A "	156.97
" "	" B "	133.92
CADENERO	" A "	117.70
" "	" B "	105.54
" "	" C "	93.88
ESTADALERO	" A "	117.70
" "	" B "	105.54
" "	" C "	96.08
INSTRUMENTERO	" A "	101.47
" "	" B "	94.71
PEON ESPECIAL	" A "	101.47
" "	" B "	94.71
" "	" C "	86.57



PEON ESPECIAL	" D "	\$ 70.34
PEON		58.19

INSPECCION

SOBRESTANTE	" A "	204.32
"	" B "	188.04

INSPECTOR DE CONCRETO Y TERRACERIA	" A "	235.40
" " " "	" B "	196.18
" " " "	" C "	156.97
" " " "	" D "	140.69

INSPECTOR AUXILIAR	" A "	165.05
" "	" B "	156.97
" "	" C "	140.69

INSPECTOR DE MAMPOSTERIA	" A "	140.69
" " "	" B "	133.92
" " "	" C "	125.84

LAVANDERA	" A "	86.57
"	" B "	66.27
"	" C "	55.49

INTENDENCIA

JEFE DE VELADORES		115.00
VELADOR	" A "	105.54
"	" B "	94.71
"	" C "	86.59

JEFE DE MOZOS		101.47
---------------	--	--------

MOZO	" A "	\$ 78.48
"	" B "	66.27
"	" C "	55.49

### HOSPITAL

MEDICO	" A "	392.37
"	" B "	313.88

PASANTE DE MEDICINA	" A "	266.53
" " "	" B "	235.40

ENFERMERA	" A "	133.92
"	" B "	125.84
"	" C "	117.70

### TOPOGRAFIA

TOPOGRAFO	" A "	313.18
"	" B "	274.67

PLOMERO	" A "	125.84
"	" B "	117.70
"	" C "	101.47

AYUDANTE DE PLOMERO (PEON)		86.57
----------------------------	--	-------

### TRANSPORTES

MECANICO	" AA "	212.41
MECANICO DE TALLER	" A "	188.04
" " "	" B "	173.19
" " "	" C "	140.69

CHOFER MECANICO	" A "	\$ 188.04
" "	" B "	173.19
" "	" C "	148.83
ENGRASADOR	" A "	125.84
" "	" B "	101.47
PEON DE TALLER		86.57

COMEDOR

ENCARGADA DE COMEDOR	" A "	123.14
" " "	" B "	98.78
COCINERA	" A "	92.01
" "	" B "	86.57
AYUDANTE DE COCINERA	" A "	78.45
" " "	" B "	67.65

ESCUELA

DIRECTOR		219.47
PROFESOR		173.19
EDUCADOR		140.69
MOZO DE ESCUELA (PEON)		55.49

TALLERES

MAESTRO DE TORNO		235.40
AYUDANTE DE TORNO		101.47
MECANICO ELECTRICISTA		196.18

ELECTRICISTA	" A "	\$ 148.83
"	" B "	133.92
"	" C "	125.84
AYUDANTE SOLDADOR		101.47
MAESTRO HERRERO		148.83
HERRERO	" A "	125.84
"	" B "	117.70
"	" C "	101.47
MAESTRO PLOMERO		148.83
RADIO OPERADOR	" A "	148.83
" "	" B "	137.99
" "	" C "	125.84
<u>OFICINA TECNICA</u>		
AUXILIAR RESIDENTE	" AA "	387.20
" "	" A "	353.15
" "	" B "	313.88
" "	" C "	274.67
DIBUJANTE	" A "	188.04
"	" B "	173.19
"	" C "	148.83
CALCULISTA	" A "	156.97
"	" B "	148.83
"	" C "	133.92

OPERARIO COPIAS	" A "	\$ 105.54
" "	" B "	94.71
" "	" C "	86.57

CAMPAMENTO

INTENDENTE 173.19

JEFE DE CAMPAMENTO " A " 148.83

" " " " B " 125.84

" " " " C " 117.70

CAMPAMENTERO " A " 109.61

" " B " 102.24

" " C " 94.71

JARDINERO " A " 101.47

" " B " 94.71

" " C " 86.57

PEON 55.49

RECAMARERA 67.65