

870115-2

**Universidad Autónoma de Guadalajara**

*Incorporada a la Universidad Nacional  
Autónoma de México.*

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



**Construcción de una Cortina de Concreto  
Compactado con Rodillo (CCR) Presa Trigomil.**

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO CIVIL**  
**P R E S E N T A :**  
**Antonio Blas Zúñiga Hernández**

Guadalajara, Jalisco.      Febrero de 1993.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## INDICE :

página

### CAPITULO I.

#### INTRODUCCION .

1.- Localización .....	1
2.- Objetivo .....	5
3.- Descripción de la obra .....	5
4.- División de las estructuras de la presa ..	7
4.1. Glorieta .....	7
4.2. Limpieza de laderas .....	8
4.3. Galerías de exploración, inspección y tratamiento .....	8
4.4. Obra de toma provisional .....	10
4.5. Ataguías .....	12
4.6. Desvío .....	13
4.7. Cortina .....	14
4.8. Vertedor .....	15
4.9. Obra de toma definitiva .....	18
4.10. Tapón de cierre .....	21

### CAPITULO II.

#### EL CONCRETO C. C. R .

1.- Historia .....	23
--------------------	----

2.-	Descripción de los materiales .....	28
3.-	Mezclado .....	30
4.-	Transporte .....	31
5.-	Colocación de los materiales .....	32
6.-	Curado .....	33
7.-	Aspecto económico .....	44
8.-	Concepto de diseño .....	45

### CAPITULO III.

#### P R O G R A M A C I O N .

1.-	Programa de obra .....	48
2.-	Selección de equipo .....	48
3.-	Mano de obra .....	67
4.-	Materiales .....	78

### CAPITULO IV.

#### C O N T R O L D E O B R A .

1.-	Organización de la obra .....	81
2.-	Topografía .....	90
3.-	Administración .....	91
4.-	Maquinaria .....	95
	4.1. Programa de utilización .....	97
	4.2. Inventario físico .....	98
	4.3. Reparación de equipo .....	100

CAPITULO V.

PROCEDIMIENTO C O N S T R U C T I V O .

1.- Preliminares .....	102
2.- Ejecución de los trabajos .....	117
Limpieza de laderas .....	117
Galerías de exploración, inspección, <u>drena</u> je y tratamientos .....	117
Obra de toma provisional .....	118
Ataguías y limpieza del cauce .....	119
Obra de desvío .....	120
Piezas precoladas .....	120
Cortina .....	123
Vertedor .....	126
Obra de toma definitiva .....	126
Tapón de cierre .....	127

CAPITULO VI.

C O N C L U S I O N E S .....	128
-------------------------------	-----

B I B L I O G R A F I A .....	130
-------------------------------	-----

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

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

#### 1.- LOCALIZACION.

El proyecto Trigomil está localizado aproximadamente a 104'22' Latitud Norte y 19'58' Longitud Oeste, sobre el río Ayuquila, del sistema "Ayutla - Ayuquila - San Pedro" y que es afluente del río Armería, que atraviesa hasta el estado de Colima.

La cortina estará ubicada a unos 15 km. aproximadamente, aguas abajo del vaso de Tacotán, en operación actualmente, a unos 2 km. del caserío de Trigomil, del cual toma su nombre y al oeste del poblado de Unión de Tula, Jalisco, municipio al que pertenece.

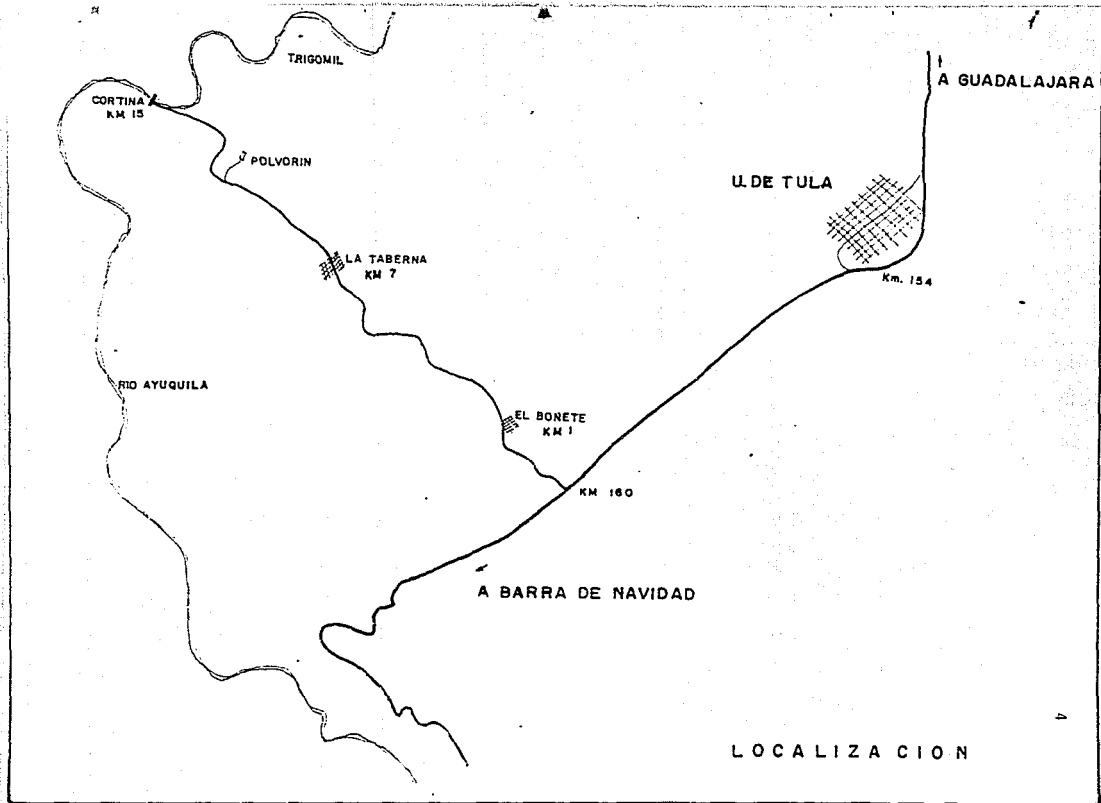
#### ACCESO A LA OBRA:

Partiendo de la carretera Federal No. 180, Guadalajara - Unión de Tula - Barra de Navidad, en el km. 150, punto denominado El Bonete, se desvía a la derecha por una terracería de 14 km. de longitud rumbo al poblado de la Ta--

berna, camino que a 7 km. de este sitio termina en el área del proyecto.







## 2.- O B J E T I V O :

Atendiendo a las necesidades cada vez mayores del -- sector agrícola y a las políticas prioritarias del Gobierno Federal, la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SARH) - ha proyectado una presa de almacenamiento de agua, ubicada en el sitio conocido como Trigomil municipio de Unión de Tula, Jalisco, y a la cual se le ha denominado como Presa de Almacenamiento Trigomil, que beneficiará con irrigación las tierras altas de "El Grullo - Autlán - El Limón" que - en la actualidad no están integradas a el sistema de riego existente. Con ello se duplicará la superficie irrigada.

## 3.- D E S C R I P C I O N D E L A O B R A :

La obra será una cortina de tipo rígido, de gravedad de concreto compactado con rodillo (CCR) de forma semi-trapecial recta con una altura de 100 m. en su profundidad, - una longitud de 270 m. en la corona, un ancho máximo en la base de 78 m. y de 5 m. de ancho en la corona. El volumen total de concretos es del orden de 450,000 m3. entre CCR y convencional.



## D A T O S   P R I N C I P A L E S :

Capacidad total de almacenamiento	350,000 m3.
Elevación de la corona	1,212.30 m.
Elevación del N.A.M.E.	1,209.36 m.
Elevación de la cresta vertedora	1,201.40 m.
Elevación del nivel mínimo de operación	1,164.20 m.
Longitud de la cresta vertedora	75.00 m.
Gasto de diseño del vertedor de demasías	3,655.00 m3/seg.
Gasto de diseño de la obra de toma	30.00 m3/seg.

## 4. DIVISION DE LAS ESTRUCTURAS DE LA PRESA:

## 4.1. G L O R I E T A :

Consiste en una excavación en la margen izquierda, - de 25 metros de ancho, 30 metros de largo y un corte de 60 metros. Con un volumen de 30,000 m3, para el monumento - - mirador - estacionamiento, y que facilita los trabajos durante la construcción de la cortina por ser muy pronunciados los taludes.

#### 4.2. LIMPIEZA DE LADERAS :

La limpieza de las márgenes izquierda y derecha de los taludes entre las trazas de la cortina, de todo material suelto, rocoso y vegetal, así como el despalme, hasta encontrar roca sana, representa un volumen de excavación de unos 60,000 m3 aproximadamente.

#### 4.3 GALERIAS DE EXPLORACION, INSPECCION Y TRATAMIENTO:

Se hicieron 6 galerías (túneles) en las laderas que fueron excavadas en roca, con diámetro de 3.20 m. cada una para exploración y hacer tratamientos de inyección en las laderas, para posteriormente revestirlas de concreto, las cuales también se utilizaron para inspección de filtraciones; el volumen aproximado de excavación es de 2,675.00 m3.



#### 4.4. OBRA DE TOMA PROVISIONAL:

Contiene una Obra de Toma Provisional ubicada sobre la roca de la margen derecha del río, fuera de los límites del agua, y consiste en un cajón de concreto convencional que atraviesa todo el cuerpo de la cortina, de unos 300 m. de longitud, de 3.0 m. de ancho por 3.50 m. de altura, ésta servirá como desvío del río provisionalmente, mientras se hace el definitivo. Después se instaló una tubería de 1.54 m. de diámetro con sus respectivas válvulas y rejillas en la toma dentro del cajón y relleno con concreto para empacar la tubería de acero y funcionó como una Obra de Toma Provisional, durante la construcción.





#### 4.5. ATAGUIAS :

Se construyeron dos ataguías para el primer desvío del río por la Obra de Toma Provisional. Una aguas arriba, otra aguas abajo, para poder limpiar su cauce y construir la estructura de desvío.

Después, éstas se retiraron para encauzar el río por dicha estructura.

Al final de la obra construyeron otras dos ataguías, una aguas arriba, y otra aguas abajo, para desviar el río nuevamente por la obra de toma provisional, para poder colocar el tapón de concreto del propio desvío y así sellar la cortina.

Las dimensiones de estas ataguías fueron aproximadamente de 40 m. de longitud, un ancho medio de 15 m. y una altura de 7 m. para la de aguas arriba, y para la de aguas abajo fué de 25 m. de longitud, un ancho medio de 12 m. y una altura de 3 m.

Los materiales que se utilizaron para la construcción de estas ataguías fueron: arcilla y protección de roca de desperdicios y limpieza de los taludes con un volumen aproximado de 15,000 m<sup>3</sup>.

---

## 4.6. D E S V I O :

Es una estructura de concreto convencional, en el --  
 desplante de la cortina, que forma un cajón de 15 m. de an --  
 cho por 8 m. de altura, atravesando todo el cuerpo de la -  
 cortina por donde circulará el río durante el tiempo de --  
 construcción de la presa. Contiene la losa de desplante, -  
 los muros laterales, dos muros columnas centrales que divi --  
 den el claro en 3 partes iguales y una losa armada en el -  
 techo. Los volúmenes principales de esta obra son:

Escavación en roca	3,200	m3
Concreto en losa inferior	4,910	m3
Concreto en muros	3,415	m3
Concreto en columnas	685	m3
Concreto en losa superior	649	m3
Acero de refuerzo	154.9	Ton.

---

#### 4.7. CORTINA :

Sobre la estructura del desvío y de la obra de toma provisional, que son de concreto convencional, se colocará concreto rodillado, que es un concreto fabricado como el convencional, pero con una granulometría distinta, la cual contiene mayor porcentaje de finos y menos de agua, para obtener un revenimiento cero, lo que hace que tenga una apariencia diferente, y también su colocación difiere del convencional, porque su acarreo y colocación se efectúa en las mismas unidades en que se transportan y colocan los materiales para una presa de materiales graduados.

La resistencia del concreto compactado con rodillos a utilizar será de  $f'_{c} = 180 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días.

La cara inferior de las cortinas, de la cortina está cubierta por una losa de concreto de 1.50 m. x 0.30 m. y 25 cm. de espesor, sobre esta losa se coloca el CIR sobre una capa de concreto convencional de 1.50 m. de espesor. Esta capa de agua está en posición vertical, aunque en la base se lleva una leve inclinación.

La cara de agua abajo cuenta con un espesor de 0.30 m. x 1.50 m. con las capas de CIR solamente expuestas en la parte del-

#### 4.7. C O R T I N A :

Sobre la estructura del desvío y de la obra de toma-provisional, que son de concreto convencional, se colocará concreto rodillado, que es un concreto fabricado como el convencional, pero con una granulometría distinta, la cual contiene mayor porcentaje de finos y menos de agua, para obtener un revenimiento cero, lo que hace que tenga una apariencia diferente, y también su colocación difiere del convencional, porque su acarreo y colocación se efectúa en las mismas unidades en que se transportan y colocan los materiales para una presa de materiales graduados.

La resistencia del concreto compactado con rodillos a utilizar será de un  $F'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ . a los 90 días.

La cara húmeda (aguas arriba) de la cortina está cubierta por unos precolados de 0.90 m. X 0.90 m. y 25 cm. de espesor, entre estos precolados y el CCR lleva una capa de concreto convencional de 1.50 m. de espesor. Esta cara de aguas arriba es prácticamente vertical, aunque en la base lleva una leve inclinación.

La cara de aguas abajo quedó con un talud de 0.80 : 1.00 con las capas de CCR aparente excepto en la zona del

---

vertedor. Antes de la corona se remató con concreto convencional los últimos 7 m. de altura.

Los volúmenes principales de esta obra son:

Concreto rodillado	350,000 m3
Concreto convencional	50,000 m3
Concreto en precolados	2,700 m3
Acero de refuerzo en precolados	300 Ton.

#### 4.8. VERTEDEDOR :

Integrado en el cuerpo de la cortina, va el vertedor que es una estructura de concreto armado convencional, consistente en un cimacio de derrama en la parte superior, la losa armada de escurrimiento rápido con sus respectivos muros laterales y un deflector salto de ski, que descarga -- las excedencias de agua de la presa directamente sobre la roca del lecho del río.

Sus dimensiones son:

Longitud	75.00 m.
Ancho promedio	67.50 m.

Espe <sup>s</sup> or de la losa	0.80 m.
Concreto	6,630 m.
Acero de refuerzo	78 Ton.

---



#### 4.9. OBRA DE TOMA DEFINITIVA:

Es un conducto alojado en el cuerpo de la cortina, - de cota más alta y dimensiones mucho mayores que la de la obra de toma provisional, tiene una longitud aproximada de 110 m. y un diámetro de 2.13 m.

En la cara húmeda de aguas arriba, lleva una estructura de rejillas, y aguas abajo conecta con una tubería de 6 m. de diámetro, y a continuación lleva la estructura de salida, construida en concreto convencional, con su caseta de control, válvulas de operación y obturación, para controlar el gasto.

Como volúmenes principales tiene:

Concreto convencional	1,210 m <sup>3</sup>
Acero de refuerzo	53 Ton.







#### 4.10. TAPON DE CIERRE :

Finalmente al terminarse la construcción de la presa se colocó un tapón gigantesco de concreto en la estructura de desvío, con lo cual quedó terminada la obra y se empezó a embalsar.

Este tapón tiene un volumen aproximado de 10,500 m<sup>3</sup> de concreto.

---

## CAPITULO II

## EL CONCRETO C. C. R.

En años recientes se ha desarrollado un concreto nuevo y económico: el concreto compactado con rodillos (CCR), es similar en cuanto a su concepto, a la tierra estabilizada con cemento, excepto que tiene agregados grandes y se endurece para formar un concreto real. Sus propiedades a largo plazo (90 días) son iguales a las del concreto convencional utilizado en la construcción de presas. El concreto compactado con rodillo debe someterse a un control de calidad, especialmente al mezclarlo, manejarlo y colocarlo. La economía de este concreto estriba principalmente en los procedimientos de colocación, pero también influye considerablemente su mezclado, manejo y transporte.

---

## 1.- HISTORIA :

El concepto de concreto compactado con rodillo que ahora está evolucionando rápidamente, tal vez comenzó en la conferencia de la Engineering Fundation celebrada en Asilomar, California en 1970 y 1972.

En la primera conferencia sobre "Construcción Rápida de Presas de Concreto", el Profesor Jerome M. Raphael presentó una ponencia titulada "La optimización en las presas de gravedad" en la que se expone una extrapolación del suelo cemento, aplicando los conceptos sobre colocación y compactación de un terraplen de materiales granulares enriquecidos con cemento mediante el equipo de movimiento de tierras y compactación. En dicha ponencia postuló que el incremento en la resistencia al esfuerzo cortante del cemento enriquecido con material granular, puede dar como resultado una reducción significativa de la sección transversal de una presa, en comparación con una presa de materiales graduados. Con el uso de métodos de colocación continua similares a los usados en las presas de materiales graduados, puede lograrse un ahorro en tiempo y dinero con respecto a la construcción de las presas de gravedad de concreto.

En la segunda conferencia titulada "Construcción Económica de Presas de Concreto", Robert W. Cannon presentó la ponencia "Construcción de Presas de Concreto Utilizando Métodos de Compactación de Tierras" y en 1972 en el simposium del ACI "Nuevos Métodos de Mezclado y Colocación de Concreto" realizada en Dallas, Texas, Cannon expuso una ponencia titulada "Compactación de Concreto Masivo con Rodillo Vibratorio". En ambas ponencias Cannon mostró los resultados obtenidos de pruebas aplicadas a concretos transportado por camiones, esparcido por un cargador frontal y compactado con rodillo vibratorio. La mezcla de concretos se proporcionó de acuerdo con una extrapolación de una mezcla masiva interior, típica para la construcción de presas; se incrementó en 0.5 m<sup>3</sup>, el agregado grueso y el mortero se redujo en la misma proporción. Esto es básicamente el procedimiento usado en "Las Recomendaciones Prácticas para la Selección de Proportionamientos para Concretos de Cero-Revenimiento" según el ACI 211.3-75.

En Jackson, Missisipi, y en Lost Creek Dam, Oregon, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos llevó a cabo más pruebas con mezclas de concretos similares en una planta central de mezclado convencional, transportando, colocando y compactando con el equipo común de movimiento de tierras.

Los resultados de las muestras obtenidas de estas -- secciones experimentales han indicado que el concreto compactado con rodillo tiene propiedades equivalentes a las del concreto masivo convencional. Datos adicionales pueden revelar algunas diferencias respecto al bajo contenido de agua y a la consistencia del CCR. Existe cierta escasez de unión en las juntas frías, debido, sobre todo, a la segregación de las primeras cargas de concreto colocadas en la capa anterior. Se logró el mejoramiento de las juntas antes de las mezclas de las grandes masas de agregados, al colocar una delgada capa de mortero.

A principios de 1970 se colocaron aproximadamente -- 314,000 m<sup>3</sup> de concreto de CCR en la presa de Tarvela en Pakistán, para reemplazar la roca y sección de terraplén -- deslavado cuando un túnel de desagüe se derrumbó mediante el primer llenado de embalse. El concreto se coló en 44 -- días y se registró un rendimiento de más de 7,600 m<sup>3</sup> diarios con un máximo de 19,000 m<sup>3</sup> por día. Este método de colocación fué el único viable de reparación que pudo emplearse con éxito en un periodo muy restringido, antes de la temporada de lluvias y del llenado del embalse.

La primera colocación estructural de CCR en Estados Unidos tuvo lugar en 1976 en la planta nuclear TVA'S Belle

---

fonte, donde se usaron 6,000 m<sup>3</sup> de CCR para llenar 3 m. la cimentación sobre la que se construiría el edificio de tur bina de aproximadamente 10 m. Esta aplicación efectivamente demostró la factibilidad de este tipo de colocación en áreas confinadas y también el primer intento de colocación-controlada bajo condiciones de construcción normal en un periodo prolongado. El CCR pudo colocarse solamente en un turno por un día, porque lo requirió la capacidad total de la planta de concreto y no fué una actividad crítica del programa de construcción.

El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos ha realizado extensos estudios de la factibilidad del uso de bancos de cantos rodados en el CCR de la presa propuesta, Zintel Canyon cerca de Kenwick, Washington. Las comparaciones de costo entre el CCR y una presa de materia les graduados en el mismo sitio, han indicado una ventaja del 10 al 15% para la del concreto.

En 1978, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, utilizó 7,500 m<sup>3</sup> de CCR al final de la obra de toma en el Chena River Project, Alaska. Se empleó equipo estandar para el movimiento de tierras y la compactación, así como una planta convencional de concreto y un material arenoso bien graduado especificado para la zona -



de transición de la cortina.

Fue considerada la posibilidad de usar CCR en la construcción de la presa de Revelstoke en el río Columbia por la British Columbia Hydro and Power Authority. Los estudios mostraron que se podía tener un ahorro sustancial utilizando este método de colocación; no obstante, la falta de precedentes de su uso en estructuras de esta magnitud y de otros factores relacionados con la seguridad, impidieron la adopción de este método de colocación.

En Japón, la represa aguas arriba de la presa Okawa fue construida con CCR.

En México en el año de 1985, se proyectó la Presa Trigomil, ubicada en el estado de Jalisco. Este proyecto será el primero en importancia que se construya en el país con el procedimiento constructivo de CCR, por ser la cortina más alta en el mundo en su tipo y de mayor volumen de concreto.

Los pruebas de campo y aplicaciones en la construcción han demostrado la factibilidad de CCR como un proceso constructivo para la rápida colocación de losas, tales como capas sencillas de pavimento para carreteras y aeropuer

---

tos, y múltiples capas para presas, cimentaciones, etc...

## 2.- DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES :

El concreto compactado con rodillo es un concreto seco, que ha sido compactado con vibración externa mediante rodillos lisos vibratorios. Difiere del convencional principalmente en su consistencia. Para una consideración efectiva, el CCR deberá ser lo suficientemente seco para soportar el peso del equipo vibratorio pero lo suficientemente húmedo para permitir una distribución adecuada del cemento a lo largo de la masa durante el mezclado y el proceso de vibrado. La consistencia requerida tiene un efecto directo en la proporción de la mezcla.

En la construcción de capas la mezcla regular de CCR puede usarse sobre el concreto colado previamente, previendo que el concreto viejo tenga la suficiente plasticidad para mezclarlo mediante vibración con el concreto fresco.

Las operaciones de producción y procesamiento de los agregados del concreto convencional son costosas y tardadas. En general se tiene que instalar una planta cara para lavar si fuera necesario, triturar y mezclar las mate-

---

rias primas. El CCR normalmente usa las gravas disponibles con un procesamiento mínimo. Sin embargo, si así se desea, se pueden usar los agregados procesados existentes para el concreto convencional. En la presa Tarbela, en Pakistán se usó un método que utilizaba el material adyacente en el lecho del río, sin procesar, para procesar concreto a un índice de producción de 12,000 m<sup>3</sup>, colocándolo sobre las 24 horas del día. En un proyecto propuesto por el grupo de ingenieros de CCR para Kenewick, Washington, se tiene que -- agrupar los materiales por tamaños, provenientes de una fuente seleccionada de grava de préstamo, para hacer un -- mezclado volumétrico en un proceso de mezclado continuo. -- Los grupos por tamaños van de 0 a 1, de 1 a 2 y de 2 a 3 -- pulgadas. El foso contiene finos naturales en forma de sedimentos al 10% de peso, pero no se eliminan; las pruebas de laboratorio a gran escala han demostrado que si se quitan los finos del CCR y se agrega una arena combinada procesada para subsituírlos hacen que aumenten los costos de material y no tienen ningún efecto significativo sobre la calidad de el concreto a largo plazo. Si se quitan los finos, pueden también aumentar los costos, puesto que se requerirán factores más altos del cemento y se necesitará un mayor esfuerzo para compactarlo durante su colocación.

---

### 3.- MEZCLADO :

El CCR se puede mezclar en varias formas, dependiendo de el equipo disponible, se puede resolver por peso como en el caso del concreto convencional y se puede mezclar en una revolvedora estandard. Se puede revolver volumétricamente mediante mezclado continuo; o se puede tomar directamente de la fuente de grava sin controlar su carga y se puede mezclar con cemento y agua, haciendo que los tres ingredientes caigan verticalmente a través de una serie de deflectores.

Las técnicas de procesamiento cargo y mezclado de -- agregados varían considerablemente. Depende principalmente de la calidad de los agregados disponibles y de la calidad exigida para el producto final. El diseñador debe saber -- que se puede obtener un material macizo de buena calidad -- sin los controles restrictivos del concreto convencional.

---

#### 4.- TRANSPORTE :

La movilización del concreto convencional al área de colocación requiere de camiones especializados con capacidades (generalmente de 5 a 7 m<sup>3</sup>). El CCR se puede transportar en camiones de volteo inferior, como los que comúnmente se usan para colocar grava y terracería. La capacidad de estos camiones es de 7 a 25 m<sup>3</sup>. Se usan con éxito los camiones de volteo trasero, pero requieren de un control más cuidadoso debido a la segregación potencial de los materiales cuando se vacían.

Después de vaciarlos, los materiales se dispersan -- con una motoconformadora o con un tractor. Se puede minimizar la segregación causada al vaciarlos, mezclándolos durante las operaciones de dispersión. Si fuera necesario colocar los materiales contra cimbras o entibados, se puede utilizar equipo más pequeño como las apisonadoras de poste neumático. El equipo de dispersión de la compactación inicial deposita el material en capas uniformes de 20 a 30 -- cm. de espesor.

---

## 5.- COLOCACION DE LOS MATERIALES :

Después de dispersar el material, se tiene que consolidar o compactar en una masa apretada que tenga un mínimo de vacíos. En el concreto convencional ésto se logra por vibración interna que es laboriosa, tardada, cara y que requiere supervisión estrecha, así como control de calidad. En el caso de CCR la consolidación se hace mecánicamente - utilizando equipo de compactación vibratorio. Esto aumenta la producción, reduce la mano de obra requerida y facilita el control de calidad. En las áreas estrechas, por ejemplo junto a la cimbras, el tamaño del equipo estará limitado - por el espacio disponible para la maquinaria, (en los E.U. A. se ha tenido éxito al colocar y compactar el CCR en - - áreas confinadas y contra cimbras en condiciones de campo). Se puede usar el mismo tipo de equipo para compactar la -- tierra sobre los muros de retención que para el CCR en estas situaciones. El esfuerzo de compactación requerido es de acuerdo a la profundidas y nivelación de las capas, pero básicamente requiere un trabajo semejante al que se ne cesita para las terracerías selectas. El control de campo indica verificar la densidad cuando ya está colocado o especificado un número mínimo de pasadas para diferentes tipos y tamaños de rodillos vibratorios.

---

Probablemente las juntas entre las capas necesiten una atención especial, dependiendo del grado de hidratación entre las capas contiguas y del tamaño máximo de los agregados. Se recomienda que si la hidratación no ha producido un fraguado inicial rígido en la capa previamente colocada, las colocaciones posteriores no requieren un tratamiento especial. Si transcurre un tiempo prolongado entre la colocación de las capas sucesivas, aproximadamente de 8 a 24 horas, puede necesitarse una de espesor de agregados de  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{3}{4}$  de pulgada, como máximo antes de poner las mezclas de mayor tamaño. Un procedimiento alternativo consistía en escarificar la superficie. Se deben de hacer pruebas de campo completas, a escala, para determinar las técnicas necesarias para obtener un producto con la calidad requerida para la mezcla dada y el equipo disponible.

#### 6.- CURADO :

Después de colocarlo, se debe obtener el curado y -- protección correctos para que el concreto pueda obtener su resistencia máxima sin sufrir las consecuencias de la contracción nociva, debido a un secado precoz o cualquier -- otra reacción adversa. Quizás no sea necesario curar el -- CCR macizo, si el material de la superficie externa del --

gran volumen es crítico para la integridad estructural general. La superficie externa se puede considerar como sacrificial. Si los 30 cm. externos de una presa de 90 metros de espesor no está curado, no hará que la presa falle. El diseño inicial no tiene dimensiones tan precisas. Esta capa externa, si no se cura y protege, tendrá muy pobre calidad estructural, pero su presencia impedirá pérdidas de humedad de la masa interior y la protegerá de las rápidas fluctuaciones de la temperatura cotidiana. Este razonamiento justifica la eliminación del curado deliberado aplicando humedad o membranas. Si fuera necesario se podría utilizar el curado húmedo, pero se tendrían que aplicar con sumo cuidado para que no se deslave el cemento del CCR no hidratado. El método de aplicación de las membranas tiene un cierto grado de dificultad al rociarlas sobre la superficie áspera del CCR y normalmente no se recomendarían.

En cuanto al control de calidad del CCR, se usan diferentes técnicas para alcanzar los mismos objetivos que para el concreto convencional. Los cilindros compresivos no son la solución, puesto que son difíciles de preparar con la mezcla seca y no se pueden considerar como representativos del material de la estructura. En algunos casos -- los cilindros no pueden hidratarse al punto al que se pueden probar, sino hasta después de que se haya completado --



la estructura. Se pueden hacer cilindros para contar con datos históricos, utilizando una sobrecarga y algo de compactación, pero de ninguna manera deben de considerarse como medio de control.

Los núcleos son mejores como fuente de datos históricos, pero, como los cilindros, quizás no se pueden probar sino hasta después de haber completado la estructura. Se puede lograr un mejor control en campo si se verifica la densidad, la humedad y los factores del cemento ya colocado. Si son correctos y si se usa la fuente de agregados y cemento desiguales, las resistencias posteriores deben ser exactamente iguales a las que se diseñaron en un principio y en este caso las pruebas de compresión resultarán redundantes.

La densidad y la humedad se pueden determinar con exactitud con decímetros nucleares utilizados para la colocación de tierras. Las determinaciones del contenido del cemento y un segundo método para verificar la humedad se pueden completar más o menos en 15 minutos, utilizando el sistema Kelly Vaile, para el que se requiere alrededor de \$2,000 US dolares de equipo de laboratorio de campo, empleando las técnicas de titulación con cloruro y flumafotometría. Este sistema se desarrolló en Inglaterra y ha sido

exhaustivamente evaluado por el laboratorio de Investigación de Ingeniería de la Construcción del Ejército de los Estados Unidos (Figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6).

FIGURA 1

RELACION ENTRE LA DENSIDAD RELATIVA Y LA RELACION PASTA/MORTERO.

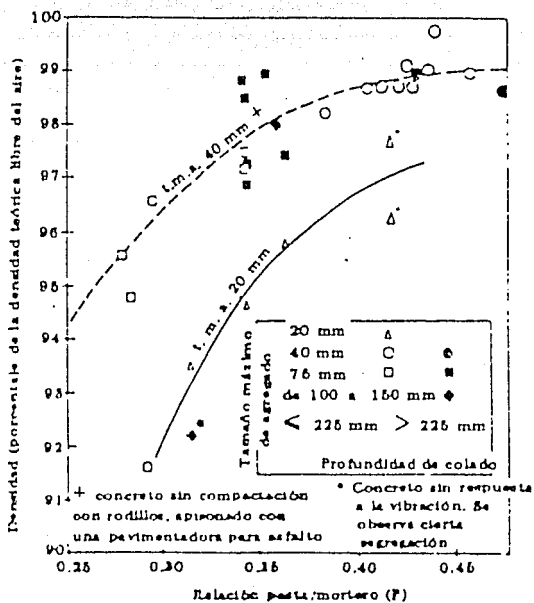


FIGURA 2

RELACION ENTRE LA ADHERENCIA DE LAS CAPAS Y LA RELACION W  
 PASTA/MORTERO.

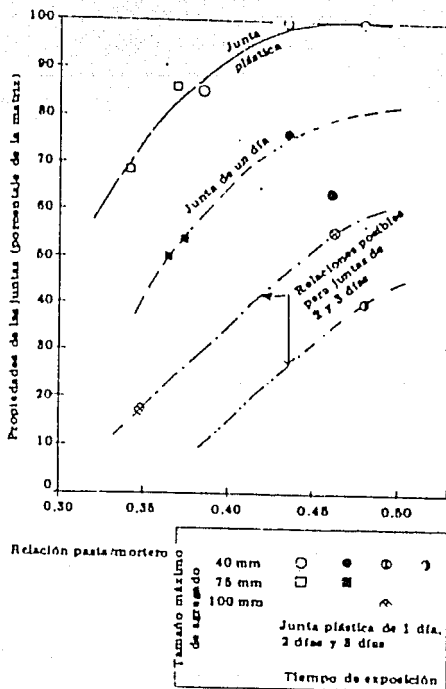
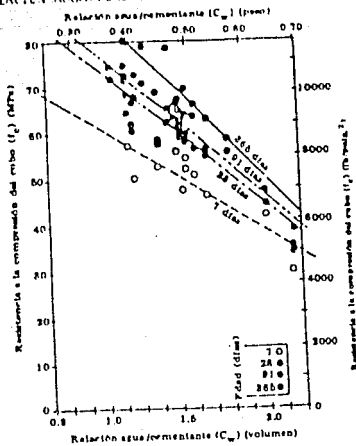


FIGURA 3

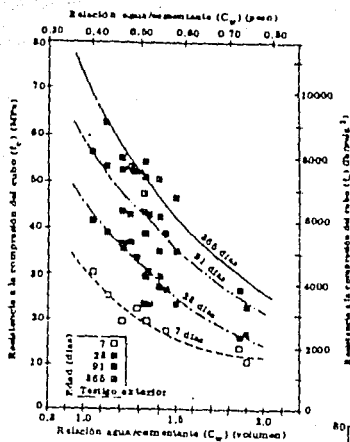
RELACION ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CUBO, A EDAPUS DE HASTA 365 DIAS, Y LA RELACION AGUA/CEMENTANTE.

$$a) C_2 = 0$$



RELACION ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CUBO, A EDADES DE HASTA 365 DIAS, Y LA RELACION AGUA/CEMENTANTE

b)  $C_f = 0.6$



c)  $C_f = 0.8$

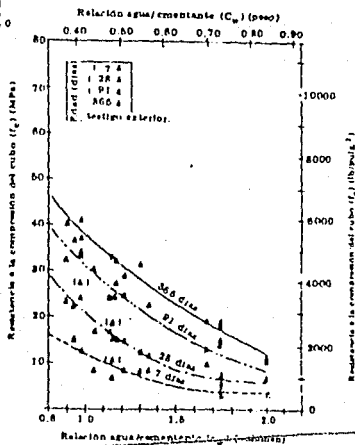


FIGURA 4

RELACION ENTRE LA RESISTENCIA A LA TENSION DIRECTA Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CUBO, A LOS 28 DIAS Y PARA DISTINTAS RELACIONES CEMENTA/ARENA/AUMENTANTE.

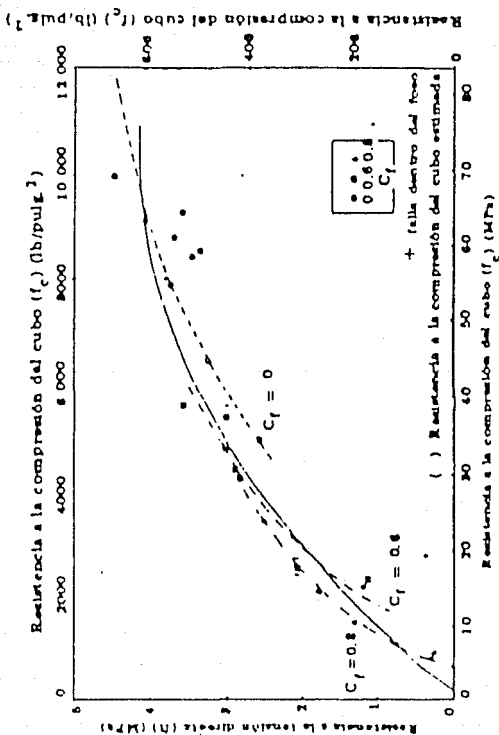
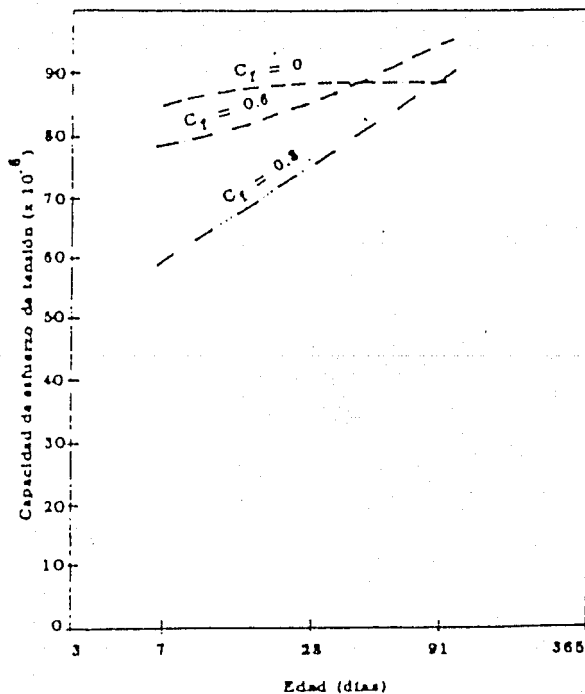






FIGURA 6

INCREMENTO ESTIMADO DE LA CAPACIDAD DE ESFUERZO DE FUNCIÓN ALCANZADA CON LA EDAD EN MEZCLAS APROPIADAS PARA LA COMPACTACION CON RODILLOS, CON DIFERENTES RELACIONES DE CENIZA VOLANTE/CEMENTANTE.



a)  $Z = 0.50$ ,  $P = 0.44$

## 7.- ASPECTO ECONOMICO :

Los ahorros monetarios resultantes del uso de CCR, -  
proviene primordialmente de su rápida colocación con mano  
de obra minimizada. Estos resultados puede mostrar el tiem  
po de construcción requeridos para erigir una presa de ta-  
maño medio a velocidades de producción realista, en una se  
mana de 6 días hábiles, dos turnos por día. El mezclado y-  
el procesamiento de agregados también puede contribuir a -  
los ahorros globales. En vista del aumento del costo de la  
construcción, debido a los gastos generales, la inflación-  
y contratos laborales a largo plazo desconocidos, el hecho  
de que las estructuras de CCR se pueden colocar más rápido  
que el concreto convencional es una gran ventaja. Por ejem  
plo, una estructura de concreto macizo localizado en un --  
clima que sufre inviernos muy crudos, puede tardar en cons-  
truirse dos años calendario con concreto convencional, qui  
zás en ocho meses de colocación activa y cuatro meses de -  
paro. Se necesitará un total de 10 meses para completar --  
las colocaciones, el contratista tendrá que extenderse has  
ta el siguiente año calendario; sin embargo si empleara --  
concreto rolado, posiblemente puede completar todo el pro-  
yecto en seis meses, evitando así los tremendos gastos ge-  
nerales que se generarían durante el periodo de paro por -  
el invierno y eliminaría la segunda temporada de construc-

## 8.- CONCEPTOS DEL DISEÑO:

Una de las consideraciones del diseño más críticas de cualquier estructura de concreto macizo es el esfuerzo térmico desarrollado por la hidratación del cemento. Básicamente, mientras más alto sea el factor del cemento, más alto será el calor inicial generado por la hidratación. -- Cuando la masa se hidrata a temperaturas elevadas y después se enfría a condiciones ambientales promedio, los esfuerzos térmicos pueden producir un agrietamiento estructural significativo. Para mantener este fenómeno bajo control, el concreto macizo convencionalmente colocado se pre-enfría agregando hielo, lo que implica un gran gasto, en el agua de mezclado y congelando los agregados, o se post-enfría con serpentines de refrigeración incrustados. Las alturas de colados generalmente se limitan de 1.50 a 2.30 metros y se requiere de un periodo de espera de tres a diez días entre colocaciones sucesivas. El concreto compactado usa factores de cemento muy bajos del orden de 50 a 150 kg/m<sup>3</sup> y por lo tanto tiene una elevación de la temperatura interna relativamente baja causada por el calor generado por la hidratación del cemento. Puesto que las capas son delgadas como de 25 cm. En lugar de usar coladas pesadas de 1.50 a 2.30 m. la cantidad de masa que produce este calor también se minimiza. El área de cada capa de --

---

CCR es tan grande por cada unidad de volumen de material colocado que permite que el calor se disipe con bastante facilidad, a menos de que se coloquen rápidamente las capas sucesivas que cubren las superficies, que de no ser -- así, quedarían expuestas. La gran área de capa expuesta -- también puede ser nociva. La temperatura del concreto puede distribuirse durante los turnos nocturnos y elevarse -- significativamente cuando se expone al sol durante la tarde del día siguiente. Si la capa de material que continúa se coloca durante la noche siguiente, el calor absorbido durante el día queda atrapado.

Cuando se colocan materiales macizos de CCR, es imperativo hacer una evaluación completa de las propiedades -- térmicas entre las que se incluyen el aumento de temperatura adiabática, la fluencia, las restricciones de los ci-mientos y la capacidad de la deformación bajo tensión.

Recientemente se hizo un estudio de los elementos finitos para una presa de 34.75 metros de altura por 152 metros de largo, construida con CCR, que demostró que usando una mezcla interior de 54 kg/m<sup>3</sup> y una mezcla de 108 kg/m<sup>3</sup>, toda la presa se podría colocar sin las juntas verticales-típicas de las estructuras monolíticas de concreto macizo-convencionales. En este estudio se presupuestó una veloci-

---

dad de colocación continua de 179.40 m<sup>3</sup>/hr sin pre o post-enfriamiento.

---

---

## CAPITULO III

## PROGRAMACION

## 1.- PROGRAMA DE OBRA :

El programa establecido para concurso indica Noviembre de 1987, como fecha de terminación, presentando desfase en la realidad hasta enero de 1992, debido a que el país no contó con el presupuesto necesario para la terminación de la obra.

## 2.- SELECCION DE EQUIPO :

Para la selección de equipo en cuanto a tipo, capacidad y cantidad del mismo, la obra se dividió en las siguientes etapas:

- A).- Limpieza de laderas
  - B).- Excavaciones en roca
  - C).- Desvío y construcción de cortina
-

#### A).- LIMPIEZA DE LADERAS :

Esta limpieza se realizó en ambas laderas desde la elevación máxima de la cortina hasta el nivel de desplante en forma descendente.

El material producto de la limpieza de las laderas estaba compuesto por material común, vegetación, bloques gruesos y medianos, y una capa superficial de roca facturada, materiales que impiden la liga apropiada de la cortina con el terreno.

Al mismo tiempo, se realizaron otros trabajos como son: plataformas para almacén, taller mecánico, comedores, oficinas, caminos de acceso, tanto para la glorieta como para la cortina, así como caminos auxiliares para trasladar a los sitios de trabajo, equipo, materiales y personal.

Para todos los trabajos de remoción de materiales, se requirió de tractores sobre orugas, auxiliándose con equipo menor como son: compresores portátiles de 250 y 600 PCM, track-drill y perforadoras de piso, etc.

Debido a los grandes volúmenes por mover, como por las características del material y las condiciones de car-

---

ga se seleccionó equipo de carga de diferentes tipos y capacidades como son:

- a).- Cargador sobre orugas 977 L Caterpillar
- b).- Cargador sobre neumáticos michigan 45 B
- c).- Cargador sobre neumáticos michigan 85
- d).- Cargador sobre neumáticos caterpillar 988
- e).- Retroexcavadora caterpillar 235

Para seleccionar el equipo de acarreo se tomaron en cuenta las mismas consideraciones que en la carga:

- a).- Camión volteo ligero de 6 m3
- b).- Camión volteo white de 10 m3

También se programó equipo ligero auxiliar:

- a).- Camioneta pick-up, F-150
- b).- Camioneta estacas, F-350 de 3 ton.
- c).- Camión de pasajeros.

Para los caminos de acceso y auxiliares, se programó equipo para su formación y mantenimiento:

- a).- Motoconformadora CM-17
- b).- Pipa de agua de 8 m3



**B).- EXCAVACIONES EN ROCA:**

Estas excavaciones se dividen básicamente en dos partes: excavaciones a cielo abierto y excavaciones en túnel. El equipo utilizado se seleccionó de acuerdo a las siguientes actividades:

- a).- Extracción.
- b).- Carga y acarreo del material.

**EXTRACCION:**

Para la excavación a cielo abierto se utilizaron perforadoras sobre orugas de 3" de diámetro, track-drill y -- compresor de 600 PCM.

**CARGA Y ACARREO DEL MATERIAL:**

En las excavaciones a cielo abierto se utilizó cargador caterpillar sobre neumáticos 988 y camiones de volteo ligeros. En los túneles hubo la necesidad de utilizar motos boogies de 1 m<sup>3</sup> para el acarreo del material y la carga se realizó a mano, debido a que era imposible el acceso para cualquier otro equipo.

**C).- DESVIO Y CONSTRUCCION DE CORTINA:**

La cortina de la presa está compuesta de concreto -- convencional y concreto CCR. Para seleccionar el equipo necesario se programaron las siguientes actividades:

- a).- Obtención de los agregados.
- b).- Fabricación del concreto.
- c).- Transporte y colocación.
- d).- Compactación.

**A).- OBTENCION DE LOS AGREGADOS:**

GRAVA: Para su explotación se utilizó un track-drill de 3" de diámetro y compresor de 600 PCM. Las dimensiones requeridas se controlaron desde las voladuras mediante el diseño de plantillas de barrenación. Posteriormente la roca producto de voladuras se trituró en una trituradora - - Telsmith formada por un primario 36 X 42", un secundario - 1300 S, un terciario 48 FC, cribas y bandas transportadoras.

Se anexa croquis de trituración.

---

INSTALACION PLANTA TRITURACION	
A	ALIMENTADOR VIBRATORIO 48" x 16"
B	TRITURADOR PRIMARIO 36" x 46"
C	TRANSP. DE BANDA 42" x 152 Mts
C'	TRANSP. DE BANDA 36" x 19 Mts
D	CRIBA VIBRATORIA 8' x 24'
E	TRITURADOR SECUNDARIO 1,300-S
F	TRANSP. DE BANDA 36" x 32 Mts
G	TRANSP. DE BANDA RADIAL 24" x 39 Mts
H	TRANSP. DE BANDA 36" x 16 Mts
I	CRIBA VIBRATORIA 7' x 16'
J	TRANSP. DE BANDA 24" x 15 Mts
K	TRANSP. DE BANDA 24" x 15 Mts
L	TRANSP. DE BANDA RADIAL 36" x 39 Mts
M	TRANSP. DE BANDA 30" x 76 Mts
N	TRANSP. DE BANDA RADIAL 24" x 39 Mts

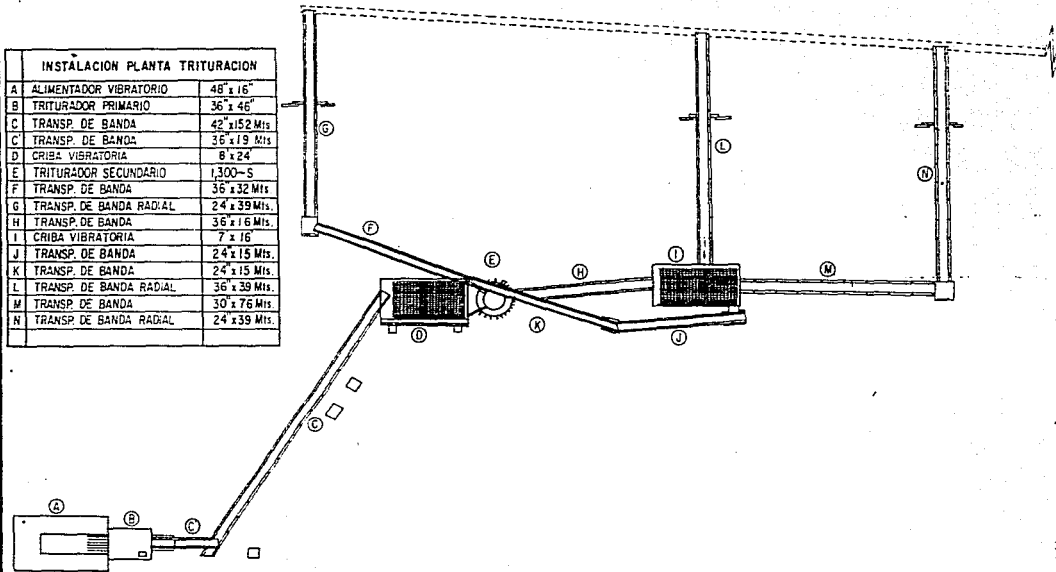
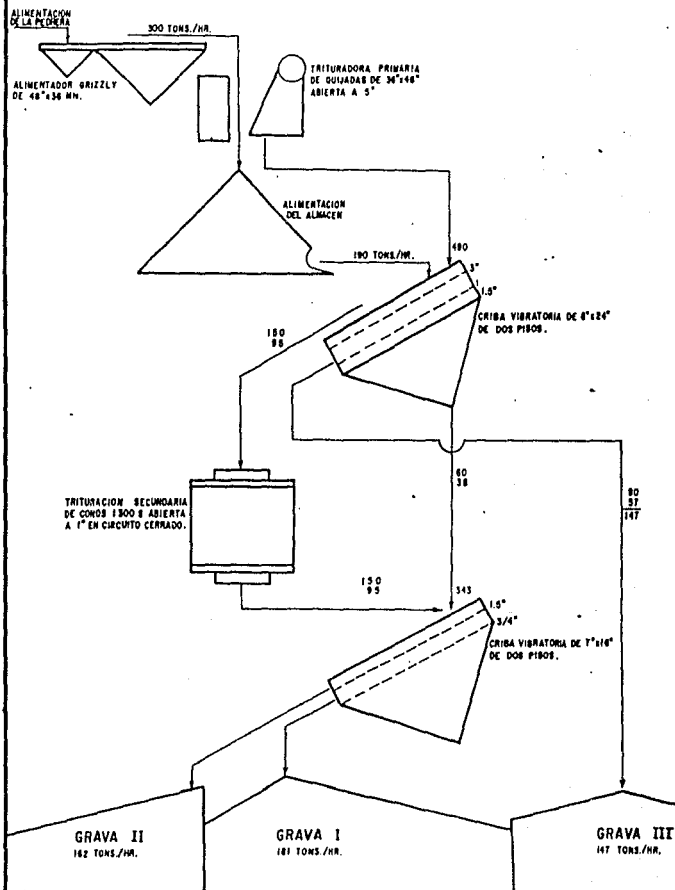
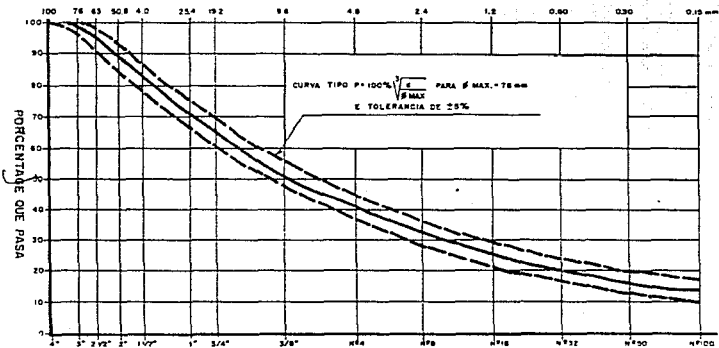


DIAGRAMA DE FLUJO





CURVA TIPO PARA GRANULOMETRIA DE AGREGADOS PARA C.C.R.

**B).- FABRICACION DEL CONCRETO:****CONVENCIONALES**

Se utiliza una planta de concreto Odisa de 75 m<sup>3</sup> por hora y una planta de concreto oru, la cual a su vez tiene un rendimiento de 15 m<sup>3</sup> por hora.

**C.C.R.**

Se utiliza una planta KS-70, así como un sofisticado sistema de alimentación del cual se anexa diagrama para -- mostrar mejor dicho dicho procedimiento.

**C).- TRANSPORTE Y COLOCACION :****CONVENCIONALES**

Se programaron ollas revoledoras sobre camión de 6 m<sup>3</sup> de capacidad.

---

**C.C.R.**

Se diseñó un sistema de tuberías y bandas a lo largo de la ladera y de acuerdo a la ubicación de la planta - -- KS-70, la cual se encuentra en un nivel más alto de la cortina. Para su extendido se utilizarán cargadores sobre ruedas y motoconformadoras CM-17.

**D).- CAPACITACION:**

Se programó equipo vibratorio:

Vibrocompactador CA-25 así como equipo auxiliar menor como bailarinas y rodillos manuales PR-8. Para poderse dar cuenta más ampliamente de la magnitud de la obra, se - relaciona en la tabla No. 14 anexa, todo el equipo utilizado en la construcción de la presa que nos ocupa.

Se anexa programa de utilización de equipo e inventario de maquinaria.

INVENTARIO FISICO DE EQUIPO

MES DE: ABRIL DE 1991

# EDIC.	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA			CARACTERISTICAS DEL MOTOR			
		MARCA	MODELO	SERIE	TIPO	MARCA	MODELO	SERIE
61-42120041	RETROEXCAVADORA ✓	CATERPILLAR	235	33C474	DIESEL	CATERPILLAR	3306	3887178
61-422208115	CARS. S/GRUAS ✓	CATERPILLAR	955L	13183882	DIESEL	CATERPILLAR	3304	78958154
61-422340008	CARS. S/NEUMAT. ✓	MICHIGAN	45B	4189A757HEC	DIESEL	PERKINS	6.354	TJ02811200
61-422340134	CARS. S/NEUMAT. ✓	MICHIGAN	45B	4189A429	DIESEL	PERKINS	6.354	TJ02814827
61-422340135	CARS. S/NEUMAT. ✓	MICHIGAN	45B	4189A434HEC	DIESEL	PERKINS	6.354	TJ02811714
61-422340155	CARS. S/NEUMAT. ✓	MICHIGAN	45B	4189A628HEC	DIESEL	PERKINS	6.354	TJ02811668
61-422340172	CARS. S/NEUMAT. X	CATERPILLAR	968B	50005003	DIESEL	CATERPILLAR	3406	5/P/C
61-422340207	CARS. S/NEUMAT. X	CATERPILLAR	968B	50005926	DIESEL	CATERPILLAR	3409	48416841
61-422340268	CARS. S/NEUMAT. X	TEREX	K-PAC	L3631818	DIESEL	GENERAL MOTOR	71237438	1204-84014
61-425800036	COMPACTADOR MIXTO ✓	I.RAND	SP-5600	5386-6	DIESEL	GENERAL MOTOR	50437081	400171211
61-425800040	COMPACTADOR MIXTO ✓	I.RAND	SP-560	4310	DIESEL	GENERAL MOTOR	50437081	4011200
61-425800056	COMPACTADOR MIXTO X	I.RAND	SP560	5829	DIESEL	GENERAL MOTOR	50437081	35172925
61-425800080	COMPACTADOR MIXTO ✓	DYNAPAC	0425A	6229229	DIESEL	CATERPILLAR	3206	904-9241
61-425800080	TRITURADORA PRIM. ✓	TELSMITH	26145	7533	ELECTRICO	SIEMENS	200 1P	0137026682
61-425800085	TRITURADORA SEC. ✓	TELSMITH	5/H	5/H	ELECTRICO	S/M	5/H	5/H
61-425800100	TRITURADORA SEC. ✓	TELSMITH	13808	9258	ELECTRICO	SIEMENS	5/P/C	6137026682
61-425800100	PLANTA DE CRIBADO ✓	TELSMITH	50716	3189	ELECTRICO	TOSHIBA	1500P	479528
61-425800100	PLANTA DE CRIBADO ✓	TELSMITH	59304	6241	ELECTRICO	TOSHIBA	500P	479528
61-425800105	PLANTA DE CONCRETO ✓	CRU	1040	5/P/C	ELECTRICO	S/M	5/P/C	5/P/C
61-425800145	PLANTA DE CONCRETO ✓	ASTEC	8570	30139700	ELECTRICO	LINCOLN	1250P	3664549
61-425800201	PLANTA CONCRETO ✓	CRU	1040	5/P/C	ELECTRICO	S/M	5/P/C	5/P/C
61-425800200	PLANTA DE LUZ ✓	FENNY	12936	5/P/C	DIESEL	CLARKINS	5/P/C	5/P/C
61-425800251	PLANTA DE LUZ ✓	CATERPILLAR	500405	250470154	DIESEL	CATERPILLAR	0753	4591411



## INVENTARIO FISICO DE EQUIPO

MES DE: ABRIL DE 1991

# EDN.	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA			CARACTERISTICAS DEL MOTOR			
		MARCA	MODELO	SERIE	TIPO	MARCA	MODELO	SERIE
61-AS1180474	PLANTA DE LUZ	CAR	CR000G	S/P/C	DIESEL	CATERPILLAR	S/P/C	0687128
61-AS1180410	PLANTA DE LUZ	DELO	5000G.	39E75	DIESEL	GENERAL MOTOR	71657305	16VA11326
61-AS1180562	PLANTA DE LUZ	CATERPILLAR	500 KMS	59485464	DIESEL	CATERPILLAR	3412	61205197
69-AS1180533	PLANTA DE LUZ	CATERPILLAR	500KMS	59847185	DIESEL	CATERPILLAR	S/P/C	S/P/C
61-AS1180579	PLANTA DE LUZ	CATERPILLAR	500KMS	65865218	DIESEL	CATERPILLAR	3412	61209905
61-AS2202254	COMP. PORTATIL	B. DENVER	SP025	605841165	DIESEL	PERKINS	6.354	3246414169
61-AS2202266	COMP. PORTATIL	B. DENVER	775	605841125	DIESEL	PERKINS	6.354	720096548
61-AS2202278	COMP. PORTATIL	B. DENVER	87000	605841278	DIESEL	PERKINS	6.354	720096548
61-AS2202312	COMP. PORTATIL	B. DENVER	82000	60584218	DIESEL	CUMMINS	44505	28102981
61-AS2202337	COMP. PORTATIL	I. SAND	8700	180771089452	DIESEL	CUMMINS	1	34512275
69-47402448	TRAC. S/DIUSAS	CATERPILLAR	058	25X1976	DIESEL	CATERPILLAR	3086	61904205
61-475020037	GRUA HIDRAULICA	LINK-BELT	80205	45391663	DIESEL	GENERAL MOTOR	50457801	408025072

MAQUINARIA MAYOR 35

INVENTARIO FISICO DE EQUIPO

MES DE: ABRIL DE 1991

# ECON.	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA			TIPO	CARACTERISTICAS DEL MOTOR		
		MARCA	MODELO	SERIE		MARCA	MODELO	SERIE
61-8157A0003	VOLQUETE AUT. PROP.	USA	1526H	BHFB0599	DIESEL	DEUZ	LKSA	987129572
61-8191C0131	TRASP. BANDAS	ENSA	24X18	148578	ELECTRICO	ENSA	7.5 H.P.	100720
61-8191C0135	TRASP. BANDA	ENSA	24X18	KR141887	ELECTRICO	S/M	S/P/C	S/P/C
61-8191C0252	TRASP. BANDA	COISA	24X18	2882111	ELECTRICO	SIEBENS	7.5 H.P.	76880143
61-8191C0254	TRASP. BANDA	COISA	24X18	289918	ELECTRICO	SIEBENS	E212	713A
61-8191C0255	TRASP. BANDA	COISA	24X18	289978	ELECTRICO	SIEBENS	7.5 H.P.	S/P/C
61-8191C0257	TRASP. BANDA	COISA	24X18	289948	ELECTRICO	S/M	S/P/C	S/P/C
61-8191C1034	TRASP. BANDA	TELESMITH	24" X 22	PK783348	ELECTRICO	LINCOLN	15 H.P.	2457988
61-8191C1024	TRASP. BANDA	BARBER G.	24X18	IC487182	ELECTRICO	ASEA	S/P/C	1873
61-8191C1026	TRASP. BANDA	BARBER G.	24X18	IC487184	ELECTRICO	S/M	S/P/C	S/P/C
61-8191C1027	TRASP. BANDA	BARBER G.	24X18	IC487185	ELECTRICO	ASEA	S/P/C	18665
61-8191C1029	TRASP. BANDA	BARBER G.	24X18	IC487186	ELECTRICO	S/M	S/P/C	S/P/C
61-8191C1029	TRASP. BANDA	BARBER G.	24" X 18 1/2	87187	ELECTRICO	GENERAL ELECT	CP 10	25
61-8191D1003	TRASP. BANDA	TELESMITH	24" X 45	FK215X242	ELECTRICO	LINCOLN	20 H.P.	2457631
61-8191D1009	TRASP. BANDA	TELESMITH	24X46	VP12242031	ELECTRICO	LINCOLN	58P	2315687
61-8191D1010	TRASP. BANDA	TELESMITH	24X46	FK215X241	ELECTRICO	LINCOLN	20HP	2457597
61-8191D1011	TRASP. BANDA	TELESMITH	24X46	FK215X243	ELECTRICO	LINCOLN	20HP	2457623
61-8191E0218	TRASP. BANDA	COISA	24" X 18 1/2	S/P/C	ELECTRICO	SIEBENS	7.5HP	76880143-2
61-8191E0214	TRASP. BANDA	ENSA	24" X 18 1/2	S/P/C	ELECTRICO	S/M	S/P/C	S/P/C
61-8191E1005	TRASP. BANDA	TELESMITH	28" X 20 X	PK-88-8-341	NEUMATICO	LINCOLN	20HP	2457603
61-8191E1020	TRASP. BANDA	BARBER G.	20" X 18 1/2	IC489143	ELECTRICO	ASA	15 H.P.	M9042526
61-8191E1051	TRASP. BANDA	BARBER G.	20" X 18 1/2	IC489144	ELECTRICO	ASA	15 H.P.	M9042515
61-8191E0231	TRASP. BANDA	COISA	39X18	12353030	ELECTRICO	S/M	S/P/C	S/P/C

INVENTARIO FISICO DE EQUIPO

MES DE: ABRIL DE 1991

# ECON.	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA			CARACTERISTICAS DEL MOTOR			
		MARCA	MODELO	SERIE	TIPO	MARCA	MODELO	SERIE
61-819161001	TRASP. BANDA	TELSMITH	2615CM	PX-50-337-02	ELECTRICO	LINCOLN	15PP	2497980
61-819161012	TRASP. BANDA	TELSMITH	36750	S/N	ELECTRICO	LINCOLN	15PP	2497979
61-819161053	TRASP. BANDA	WABER G.	36"X18"	10A89148	ELECTRICO	GENERAL ELECT	SCS56-C	270493148
61-819501000	ALIMENT. VIBRAT.	TELSMITH	48X16	0588	ELECTRICO	KELLAND	CSPP	8165441
61-823180188	PERFORAD.S/DRUGAS	ATLAS COPCO	81872	85073A	NEUMATICO	S/M	S/M	S/M
61-823181005	PERFORAD.S/DRUGAS	G. DENVER	RYE412	8499443	NEUMATICO	BARDNER EDWE	1782319	382459
61-823399547	PERF.NEUMAT.PISO	G. DENVER	SS3	383679	NEUMATICO	S/M	S/M	S/M
61-823399561	PERF.NEUMAT.PISO	G. DENVER	S-58	6373	NEUMATICO	S/M	S/M	S/S
61-823399563	PERF.NEUMAT.PISO	G. DENVER	S-58	6-488	NEUMATICO	S/M	S/M	S/M
61-823482598	PERF.NEUMAT.PIERNA	ATLAS COPCO	8E035	89435	NEUMATICO	S/M	S/M	S/M
61-823482660	PERF.NEUMAT.PIERNA	ATLAS COPCO	8E035	008248	NEUMATICO	S/M	S/M	S/M
61-823500208	ASPIRADORA PAVIMENT	ATLAS COPCO	7E341	419690	NEUMATICO	S/M	S/M	S/S
61-826582957	DIRFAC. DE PLACAS	DYNAPAC	CH13	2530081	BAEOLINA	WOLER	K181	712201
61-826582131	DIRFAC. DE PLACAS	DYNAPAC	CH13	2489	BAEOLINA	WOLER	K181	908000
61-831200076	OLLA REVOLVEDORA	WHITE	4964MTD	49640923	DIESEL	CUMMINS	NTC058	18855372
61-831200081	OLLA REVOLVEDORA	WHITE	4964MTD	49641841	DIESEL	CUMMINS	NTC058	28122314
61-831200079	OLLA REVOLVEDORA	WHITE	4964MTD	49641488	DIESEL	CUMMINS	NTC058	28126675
61-831200099	OLLA REVOLVEDORA	WHITE	4964MTD	49641489	DIESEL	CUMMINS	NTC058	28126261
99-831200081	OLLA REVOLVEDORA	OWA	1990	164182900	DIESEL	CUMMINS	6CT8.3	42889921
99-831200082	OLLA REVOLVEDORA	OWA	1990	164182900	DIESEL	CUMMINS	6CT8.0	42889922
61-835282050	TOLVA P/AGREGADOS	COISA	1CM/3	S/SERIE	S/T	S/M	S/M	S/M
61-835282053	TOLVA P/AGREGADOS	COISA	1CM/3	58275	S/T	S/M	S/M	S/M
61-835282084	TOLVA P/AGREGADOS	COISA	1CM/3	58265	S/T	S/M	S/M	S/M

INVENTARIO FISICO DE EQUIPO

MES DE: ABRIL DE 1991

# EQUIP.	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA			CARACTERISTICAS DEL MOTOR			
		MARCA	MODELO	SERIE	TIPO	MARCA	MODELO	SERIE
61-B354-S/N.	SILO PARA CEMENTO	COMPACTO	70 TON.	S/P/C	S/T	S/M	S/N	S/M
61-B354C0029	SILO P/CEMENTO	ODISA	70TONS	S/N	S/T	S/M	S/N	S/N
61-B354C0038	SILO PARA CEMENTO	ODISA	20M/3	S/N	S/T	S/M	S/N	S/N
61-B354C0032	SILO PARA CEMENTO	ODISA	90TONS	S/N	S/T	S/M	S/N	S/N
61-B354D0014	SILO PARA CEMENTO	CARSA	90TONS	T13350345	S/T	S/M	S/N	S/N
61-B354D0027	SILO PARA CEMENTO	ODISA	90TONS	S/M	S/T	S/M	S/N	S/N
61-B354D0029	SILO PARA CEMENTO	ODISA	90TONS	S/N	S/T	S/M	S/N	S/N
61-B354D1000	SILO PARA CEMENTO	TYPI SA	40M/3	S/N	S/T	S/M	S/N	S/N
61-B354D1002	SILO PARA CEMENTO	ODISA	90TONS	S/N	S/T	S/M	S/N	S/N
61-B354D1003	SILO PARA CEMENTO	ODISA	90TONS	S/N	S/T	S/M	S/N	S/N
61-B354D1007	SILO PARA CEMENTO	S/M	90TONS	S/N	S/T	S/M	S/N	S/N
61-B354F0025	SILO PARA CEMENTO	S/M	60TONS	S/N	S/T	S/M	S/N	S/N
61-B354F1004	SILO PARA CEMENTO	S/M	120TONS	S/N	S/T	S/M	S/N	S/N
61-B354F1006	SILO PARA CEMENTO	LINCOLN	135TONS	S/N	S/T	S/M	S/N	S/N
61-B354G0024	SILO PARA CEMENTO	S/M	90TONS	S/N	S/T	S/M	S/N	S/N
61-B361C0060	BOMBA P/CONCRETO	SCHWING	BP42000H	171485000	DIESEL	DEUT	BFL4L913	7734928
61-B369A0011	SOPLADOR P/CEMENTO	B. DENVER	75DLS9	ILEGIBLE	ELECTRICO	REM SA	40HP	4182591718
61-B369A0014	SOPLADOR P/CEMENTO	SYCSA	4.5X9	ILEGIBLE	ELECTRICO	S/M	S/P/C	S/P/C
61-B369A0015	SOPLADOR P/CEMENTO	ODISA	CEL9	S/M	ELECTRICO	FER SA	40HP	390257264
61-B369A0020	SOPLADOR P/CEMENTO	SYCSA	450760	05797	ELECTRICO	SIEMENS	1LA4364	444482
61-B369A0022	SOPLADOR P/CEMENTO	SYCSA	450760	05797	ELECTRICO	SIEMENS	35473	4444-1
61-B369A0023	SOPLADOR P/CEMENTO	SYCSA	4507-60	05797	ELECTRICO	SIEMENS	60CP	E-42003
61-B369B0018	SOPLADOR P/CEMENTO	BETICO	031EP41	65370	DIESEL	PERKINS	4.236	LS02715500

INVENTARIO FISICO DE EQUIPO

MES DE: ABRIL DE 1991

# EDON.	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA			CARACTERISTICAS DEL MOTOR			
		MARCA	MODELO	SERIE	TIPO	MARCA	MODELO	SERIE
61-837180710	VIBRAD. CONC. GAS.	DYNAPAC	MXB	1858	GASOLINA	KOHLER	K201	726117
61-837180711	VIBRAD. CONC. GAS.	DYNAPAC	MXB	1701	GASOLINA	KOHLER	K191	74367
61-837180716	VIBRAD. CONC. GAS.	DYNAPAC	MXB	1707	GASOLINA	KOHLER	K191	741737
61-837241851	VIBRAD. PARED ELECT	BOSCH	18134	F802154843	ELECTRICO	S/M	S/M	S/M
61-837241854	VIBRAD. PARED ELECT	BOSCH	18134	F802154835	ELECTRICO	S/M	S/M	S/M
61-837388982	VIBRAD. CONC. ELECT.	BOSCH	61868	S/SERIE	ELECTRICO	S/M	S/M	S/M
61-837388993	VIBRAD. CONC. ELECT.	BOSCH	61868	S/SERIE	ELECTRICO	S/M	S/M	S/M
61-837388994	VIBRAD. CONC. ELECT.	BOSCH	61868	S/SERIE	ELECTRICO	S/M	S/M	S/M
61-837381813	VIBRAD. CONC. ELECT.	BOSCH	19683	S/SERIE	ELECTRICO	S/M	S/M	S/M
61-837600861	VIBRAD. PARED NEUMA	STV	A84618	ILEGIBLE	NEUMATICO	S/M	S/M	S/M
61-85128839	PLANTA DE LUZ	HOTTONOTOPES	3000G	ILEGIBLE	DIESEL	PERKINS	4-226	LN308N1194
61-851288584	PLANTA DE LUZ	FLAVELEC	3000G	F2098079799	DIESEL	CUMMINS	4839	44426459
61-851288585	PLANTA DE LUZ	FLAVELEC	3000G.	K219080022	DIESEL	CUMMINS	4839	44426459
61-851288583	PLANTA DE LUZ	FLAVELEC	3000G	A011847804A	DIESEL	CUMMINS	481731	44510024
61-852744141	COMPRESOR P/TALLER	SYCSA	S/N	S/N	ELECTRICO	ASA	S/M	HST1241112
61-853140029	TRANSF. POTENCIA	EEPSA	100KVA	9210	ELECTRICO	S/M	99	S/M
61-856240015	CONVERT. ELECT. AF.	BOSCH	ILEGIBLE	ILEGIBLE	ELECTRICO	S/M	S/M	S/M
61-856240043	CONVERT. ELECT. AF.	BOSCH	2KVA	S/P/C	ELECTRICO	S/M	S/M	S/M
61-856240045	CONVERT. ELECT. AF.	BOSCH	2KVA	1200192	ELECTRICO	S/M	S/M	S/M
61-856240046	CONVERT. ELECT. AF.	BOSCH	2KVA	ILEGIBLE	ELECTRICO	S/M	S/M	S/M
61-875100371	BRISA HIJA S/CANTON	FORD	1920	ACSJXA78370	GASOLINA	FORD	70002	ACS37473
61-881140324	TALADRO DE COLUJIA	ARBOGA	EE38	287688	ELECTRICO	S/M	S/M	S/M
61-881240025	TORNO HORIZONTAL	IMER	P400	40723	ELECTRICO	GENERAL ELECT	F8025800	68080

INVENTARIO FISICO DE EQUIPO

MES DE: ABRIL DE 1991

# EDCH.	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA			CARACTERISTICAS DEL MOTOR			
		MARCA	MODELO	SERIE	TIPO	MARCA	MODELO	SERIE
61-8861A0451	SOLDADORA DIESEL	LINCOLN	SHECO	341797	DIESEL	PERKINS	4.236	LD008M4394
61-8861A0573	SOLDADORA DIESEL	LINCOLN	SHECO	348370	DIESEL	PERKINS	4.236	LD008M1076
61-8861A0686	SOLDADORA COMB.	LINCOLN	SHECO	343880	DIESEL	PERKINS	4.236	LD008M1073
61-8861A0611	SOLDADORA DIESEL	LINCOLN	SHECO	343840	DIESEL	PERKINS	4.236	LD008M1073
61-8861A0531	SOLDADORA DIESEL	LINCOLN	SHECO	343891	DIESEL	PERKINS	4.236	LD008M1073
61-8861A0559	SOLDADORA DIESEL	LINCOLN	SHECO	3481799	DIESEL	PERKINS	4.236	LD008M7866
61-8863A0598	SOLDADORA RECT.	MULLER-INFRA	SRIC33	2891062	ELECTRICO	S/M	S/M	S/M
61-8863A0634	SOLDADORA RECT.	ISSA	RS-3700	2552	ELECTRICO	S/M	S/M	S/M
61-8863A0657	SOLDADORA RECT.	ISSA	RS-3300	2551	ELECTRICO	S/M	S/M	S/M
61-8888A0117	EPO. DE LUBRIC.	FORD	1981	AC3JX532214	GASOLINA	FORD	302V3	AC3JX53221
61-8912A1029	LAVADORA PRESTIG	GHELI	DT150F	009491	ELECTRICO	S/P/C	S/P/C	S/P/C
61-8939A0271	BOMBA AGUA A/PRES	BAYNES	414	Y95801	ELECTRICO	S/DEDS	1LA22562	F90115123
61-8939A0272	BOMBA AGUA A.PRES.	BAYNES	414	Y95802	ELECTRICO	S/M	S/M	S/M
61-8942B0224	BOMBA POZO PROF.	PABLO DE ALBA	108	S/SERIE	ELECTRICO	U.S.	60P	04776232
61-8942B0225	BOMBA POZO PROF.	PABLO DE ALBA	108	S/SERIE	ELECTRICO	U.S.	60P	03776232

MAQUINARIA MENOR 107

## INVENTARIO FISICO DE EQUIPO

MES DE: ABRIL DE 1991

# EDON.	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA			CARACTERISTICAS DEL MOTOR			
		MARCA	MODELO	SERIE	TIPO	MARCA	MODELO	SERIE
61-C11300038	AUTOBUS PASAJEROS	DINA	53235	50313131183	DIESEL	CUMMINS	S/P/C	24188852
62-C11300037	AUTOBUS PASAJEROS	FORD	8600	AC2E6R36476	GASOLINA	FORD	333V	AC2E6R3647
6-C11300031	AUTOBUS PASAJEROS	FORD	1991	AC21EC38912	DIESEL	PERKINS	S/P/C	S/P/C
3-C11300002	MICROBUS PASAJEROS	CHEVROLET	1991	380P4232M1190	GASOLINA	CHEVROLET	292	M1190742
5-C11300004	AUTOBUS PASAJEROS	MESA	1975	4150HEK28304972	DIESEL	GENESAL MOTOR	S/P/C	8VA328515
3-C11300005	AUTOBUS PASAJEROS	DODGE	1970	L016423	DIESEL	PERKINS	6.354	ILESTIBLE
61-C11500070	REMOQUE POLV.	BOMANZA	1500	85TC840000022	S/T	S/M	S/M	S/M
61-C11700163	CANTONETA CONSI	VOLKSWAGEN	1965	ZSELD28590	GASOLINA	VOLKSWAGEN	1600	ILESTIBLE
61-C11700173	CANTONETA CARRY AL	FORD	1984	AC2F8639547	GASOLINA	FORD	302V8	AC2F863954
61-C11700195	CANTONETA CARRY AL	FORD	1987	AC2LEY61275	GASOLINA	FORD	302V8	
61-C12100079	PLATAFORMA CAJA BA	MOYABA	70 TONS.	S/P/C	S/T	S/M		
61-C12300431	CANTON REDILLAS	FORD	1980	ACSJBT36216	GASOLINA	FORD	335-2V	ACSJBT3621
61-C12500004	REMOQUE P/CEMENTO	FLEISHAUF	20 KS.	D1C17760	S/T	S/M	S/M	S/M
61-C12500007	REMOQUE P/CEMENTO	FLEISHAUF	20K/3	D1E270901	S/T	S/M	S/M	S/M
61-C12500009	REMOQUE P/CEMENTO	FLEISHAUF	20 KS.	D1E331782	S/T	S/M	S/M	S/M
61-C12500011	REMOQUE P/CEMENTO	FLEISHAUF	20 KS.	S/M	S/T	S/M	S/M	S/M
61-C12500012	REMOQUE P/CEMENTO	FLEISHAUF	20K3	SFC	S/T	S/M	S/M	S/M
61-C12500017	REMOQUE P/CEMENTO	FLEISHAUF	20 M/3	D1E233217	S/T	S/M	S/M	S/M
61-C12500018	REMOQUE P/CEMENTO	FLEISHAUF	20 KC.	D1E270781	S/T	S/M	S/M	S/M
61-C12500024	REMOQUE P/CEMENTO	FLEISHAUF	20 M/3	178750R8FV	S/T	S/M	S/M	S/M
61-C12500025	REMOQUE P/CEMENTO	FLEISHAUF	20 KC.	163900R8FV	S/T	S/M	S/M	S/M
61-C12500028	REMOQUE P/CEMENTO	FLEISHAUF	20K3	S/P/C	S/T	S/M	S/M	S/M
67-C13000318	CANTON PIPA AGUA	DINA	5500	150327620	DIESEL	PERKINS	6.354	TU16002259

INVENTARIO FISICO DE EQUIPO

MES DE: ABRIL DE 1991

# ECON.	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA			CARACTERISTICAS DEL MOTOR			
		MARCA	MODELO	SERIE	TIPO	MARCA	MODELO	SERIE
61-C13300315	CANTON PIPA CORR.	G. DEWEE	1990	C1517MEX07429	DIESEL	MERCEDES B.	0Y066A	3999004269
63-C142A1253	CANTONETA PICK UP	FORD	1986	AC60CS1375	GASOLINA	FORD	302V8	251325
61-C142A1284	CANTONETA PICK-UP	FORD	1987	AC1JEL57376	GASOLINA	FORD	302V8	AC1JL57376
61-C142A1374	CANTONETA PICK-UP	DAISUN	1989	8U72000270	GASOLINA	DAISUN	1600C	MS7B11126
61-C142A1391	CANTONETA PICK-UP	FORD	1990	AC2L6K34536	GASOLINA	FORD	302V8	AC2L6K3453
61-C142A1447	CANTONETA PICKUP	CHEVROLET	1990	300E0316LH133	GASOLINA	CHEVROLET	292	LM125813
61-C142A1465	CANTONETA PICK UP	CHEVROLET	1990	300E0316LH133	GASOLINA	CHEVROLET	350	LM133971
61-C142A1573	CANTONETA PICK UP	FORD	1991	AC2LXK57999	GASOLINA	FORD	302V8	31642
2-C142R0001	CANTONETA PICKUP	DODGE	1989	L945615	GASOLINA	DODGE	360	177181
61-C143A1313	CANTONETA ESTACAS	FORD	1987	AC3JES62056	GASOLINA	FORD	302V8	AC3JES6205
61-C143A1314	CANTONETA ESTACAS	FORD	1987	AC3JEL50465	GASOLINA	FORD	302V8	AC3JEL5046
61-C143A1363	CANTONETA ESTACAS	FORD	1986	AC3JCL55240	GASOLINA	FORD	302V8	AC3JCL5524
61-C143A1402	CANTONETA ESTACAS	FORD	1990	AC3JES58957	GASOLINA	FORD	302V8	AC3JES5895
64-C143R0001	CANTONETA ESTACAS	DODGE	1979	L901549	GASOLINA	DODGE	360	112516E
2-C143R0002	CANTONETA ESTACAS	DODGE	1987	L641846	GASOLINA	DODGE	360	157263
61-C154H0398	CANTON VOLTED	WHITE	4964NTD	49640989	DIESEL	CUMMINS	NTC350	18353541
61-C154H0667	CANTON VOLTED	WHITE	4964NTD	49642024	DIESEL	CUMMINS	NTC350	11822555
61-C154H0668	CANTON VOLTED	WHITE	4964NTD	49642529	DIESEL	CUMMINS	NTC350	11832418
61-C154H0797	CANTON VOLTED	DINA	861K	089221100	DIESEL	CUMMINS	NTC350	43126325
61-C154H0799	CANTON VOLTED	DINA	861K	089221200	DIESEL	CUMMINS	NTC350	43126160
61-C154H0800	CANTON VOLTED	DINA	861K	089221300	DIESEL	CUMMINS	NTC350	43124359
61-C731B1051	TRACTOCANTON	DINA	861K	084232600	DIESEL	CUMMINS	HTC400	43125640

VEHICULOS 45



### 3.- MANO DE OBRA:

Para la construcción de la obra se requiere de la organización de plantillas de personal o departamentos para llevar a cabo las diversas actividades de construcción como son:

- a).- Ingeniería
  - b).- Administración
  - c).- Maquinaria
  - d).- Fabricación de CCR Y liga
  - e).- Trituración
  - f).- Pedrera
  - g).- Obra de toma
  - h).- Colocación de CCR
  - i).- Concretos convencionales
  - j).- Limpieza general
  - k).- Colocación de precolados
  - l).- Planta de concreto convencional
  - m).- Precolados
  - n).- Acarreo de cemento
  - o).- Topografía
  - p).- Servicios generales
-

El total del personal programado en las etapas de la obra fué el indicado en la siguiente plantilla:

A).- INGENIERIA:

Superintendente de maquinaria	1
Jefe de obra construcción	1
Jefe de obra maquinaria	1
Jefe de frente construcción	5
Jefe de frente maquinaria	3
Auxiliar técnico	2
Secretaria de departamento	1
Chofer camioneta	3

TOTAL 17

## B).- ADMINISTRACION

Jefe administrativo	1
Contador	1
Jefe de personal	1
Jefe de almacén	1
Encargado de compras	1
Cajero	1
Auxiliares	3
Capturista de datos	1
Secretaria de sección	5
Checador de materiales	1
Operador de radio	1
Tomador de tiempo	1
Archivista	1
Despachadores	2
Enfermera	1
Choferes	2

TOTAL

---

24

## C).- MAQUINARIA :

Sobrestante de soldador	1
Sobrestante de maquinaria	1
Sobrestante eléctrico	2
Auxiliar técnico de maquinaria	1
Mecanógrafo maquinaria	1
Mecánico diesel	2
Mecánico de gasolina	2
Llantero	2
Oficial eléctrico C.d.	2
Oficial eléctrico CA	2
Oficial soldador	4
Oficial lubricador	4
Oficial tornero	1
Operador de tractocamión	1
Chofer de camión	13
Ayudante general	4
Velador	1

TOTAL

---

44

## D).- FABRICACION DE CCR Y LIGA :

Sobrestante	1
Cabo de oficios	4
Operador planta concreto	2
Operador planta luz	2
Operador de traxcavo	2
Oficial soldador	4
Chofer de camioneta	2
Maniobrista	5
Ayudante general	16
Velador	1
	<hr/>
TOTAL	41

## E).- TRITURACION :

Sobrestante	2
Cabo de oficio	3
Operador trituradora	6
Operador cargador 90-C	2
Oficial soldador	2
Chofer de camioneta	1
Auxiliar técnico	1
Ayudante general	18
Velador	1
	<hr/>
TOTAL	38

## F).- PEDRERA:

Sobrestante	1
Operador de compresor	2
Operador track-drill	2
Ayudante general	2
	<hr/>
TOTAL	7

---

## G).- OBRA DE TOMA :

Sobrestante de concreto	1
Sobrestante de carpinteros	1
Cabo de oficios	2
Cabo de carpinteros	2
Oficial soldador	3
Oficial carpintero	18
Oficial flerrero	4
Oficial albañil	10
Auxiliar técnico	1
Ayudante general	12
Operador bomba de concreto	1

TOTAL

---

55

## H).- COLOCACION DE CCR :

Sobrestante	2
Cabo de oficio	2
Ayudante general	16
Operador planta de luz	2
Operador vibrocompactador	4
Operador de tractocamión	6
Operador ATC	2
Chofer de camioneta	3
	<hr/>
TOTAL	43

## I).- CONCRETOS CONVENCIONALES:

Cabo de oficio	2
Operador de olla revolvedora	4
Oficial albañil	4
Ayudante general	16
Perforista	2
	<hr/>
TOTAL	28

---



## J).- LIMPIEZA GENERAL

Operador compresor	2
Ayudante general	10
	<hr/>
TOTAL	12

## K).- COLOCACION DE PRECOLADOS :

Operador de grúa hidráulica	2
Oficial albañil	2
Ayudante general	4
	<hr/>
TOTAL	8

## L).- PLANTA DE CONCRETO CONVENCIONAL:

Cabo de oficio	2
Operador planta de luz	2
Operador de traxcavo	2
Operador de olla revolvedora	8
Ayudante general	8
Velador	1
	<hr/>
TOTAL	23

---

## M).- PRECOLADOS :

Operador de grua hiab	2
Ayudante general	2
	<hr/>
TOTAL	4

## N).- ACARREO DE CEMENTO :

Sobrestantes de camino	1
Checador de materiales	3
	<hr/>
TOTAL	4

## O).- TOPOGRAFIA:

Jefe de topógrafos	1
Topógrafo	1
Auxiliar de topógrafo	1
Cadeneros	4
	<hr/>
TOTAL	7

---

## P).- SERVICIOS GENERALES :

Cocineras	2
Campamentero	1
Galopinas	2
Afanadoras	4
Veladores	6
Choferes	5
Ayudante general	1
Delegado sindical	1

---

TOTAL	22
-------	----

---

## 4.- MATERIALES :

Para la solicitud o programación de éstos, se tomó como guía el programa general de obra, tanto para la obtención de roca, como de concretos.

## A).- OBTENCION DE ROCA:

Se previó que los materiales (explosivos y artificios) fueran suministrados con suficiente anticipación a su empleo para evitar demoras en su entrega, para lo cual se contó con dos proveedores en la obra.

El siguiente cuadro muestra los consumos anuales para la obtención de roca y excavación del tunel:

CONSUMO POR AÑO MATERIALES					
CONCEPTO	UNIDAD	1986	1987	1988	TOTAL
Godyne 1"	ton	35.8	7.8	6.0	49.1
Godyne 2"	TON	148.7	75.4	63.4	287.5
Agenteexpl.	TON	346.9	458.8	385.5	1191.2
Estopín MS	PZA(mls)	17.0	14.0	11.0	42.0
Cordondet.	km	20.0	20.0	15.0	55.0
Cañuelas	MTS	500.0	500.0	500.0	1500.0
Fulminantes	PZA	1200.0	1200.0	1000.0	3400.0

CONSUMO POR AÑO HERRAMIENTA					
CONCEPTO	UNIDAD	1986	1987	1988	TOTAL
Barras 1 1/2"x3m	PZA	156	78	66	300
Coples 1 1/2"	PZA	188	94	80	362
Zancos 1 1/2"	PZA	50	25	22	97
Brocas 3"x1 1/2"	PZA	239	120	101	460

Se anexa resumen de el programa de materiales para -  
barrenación a cielo abierto y en sección túnel.

REPORTE DIARIO DE EXPLOSIVOS Y ARTIFICIOS

DESCRIPCION	Unidad	Saldo Anterior	Entradas	Salidas	Saldo Actual
Godyne de 1" x 8" (25 kilos)	Caja	29	-0-	-0-	29
Godyne de 2" x 16" (25 kilos)	Caja	212	-0-	-0-	212
Anfomex (25 kilos)	Saco	332	-0-	-0-	332
Carbonitro	Saco				
Mecha Clover (50 Mts)	Mts.	138.8	-0-	6	122.8
Primarcord Reforzado (500 Mts)	Rllo				
E-Cord (500 Mts)	Rllo	4	-0-	-0-	4
Fulminantes No. 6 (100 Pzs)	Pza	90	-0-	6	84
Estopines de 5 Mts M S, 25	"	33	-0-	-0-	33
Estopines de 5 Mts 50	"	75	-0-	-0-	75
" 75	"	109	-0-	-0-	109
" 100	"	127	-0-	-0-	127
" 125	"	180	-0-	-0-	180
" 150	"	108	-0-	-0-	108
" 175	"	103	-0-	-0-	103
" 200	"	42	-0-	-0-	42
" 225	"				
" 250	"	189	-0-	-0-	189
" 275	"				
" 300	"	83	-0-	-0-	83

## C A P I T U L O IV

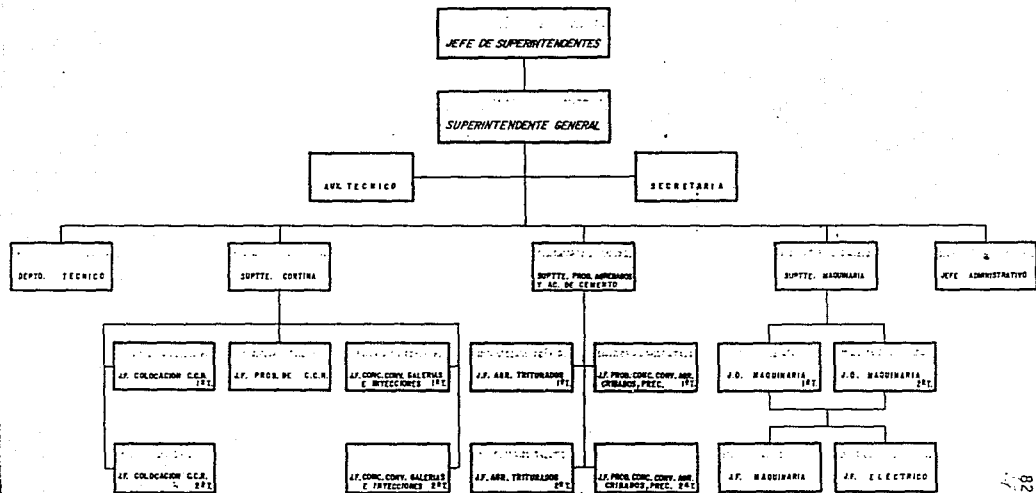
## CONTROL DE OBRA.

## 1.- ORGANIZACION DE LA OBRA:

Para la construcción, control, supervisión, programación, administración y mantenimiento de equipo, se contó con una jefatura de superintendentes, una superintendencia general, una superintendencia de construcción, otra de maquinaria y una de planeación, también con un departamento de administración, así como una ramificación de personal técnico, como se puede ver en el organigrama anexo.

---

OBRA : PRESA TRIGOMIL



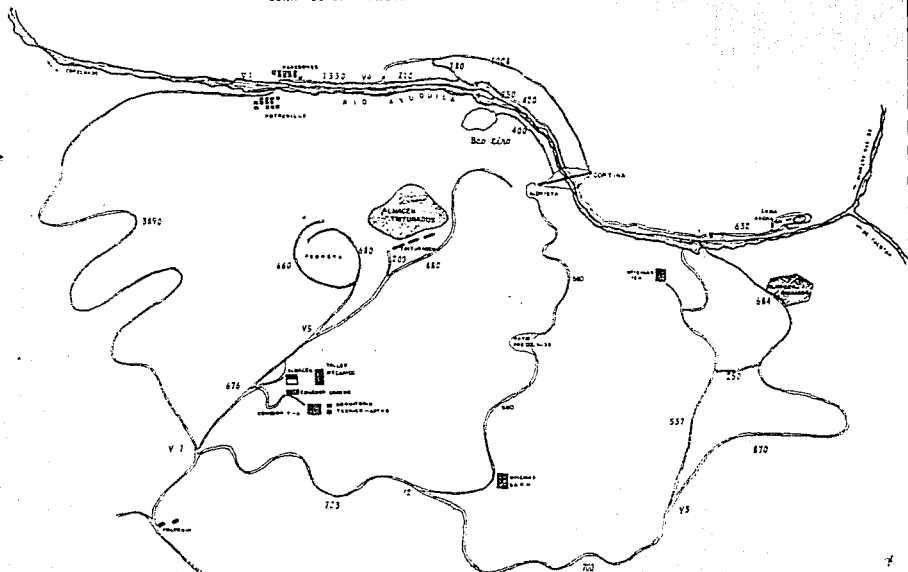


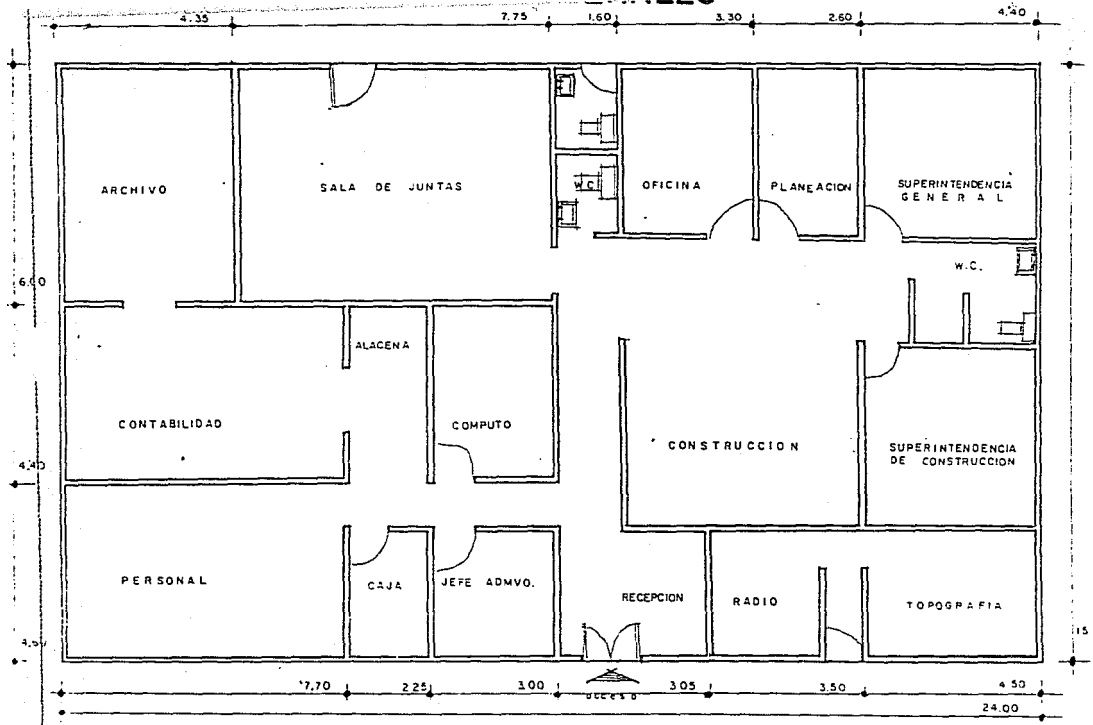
Al inicio de la obra se hizo una distribución del --  
área disponible para la ubicación de oficinas, bodegas, al  
macenamientos de materiales, taller mecánico, comedores y-  
campamentos.

Se anexa croquis de las instalaciones de la obra.

INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS, S.A. DE C.V.

OBRA 86 03 PRESA TRIGOMIL

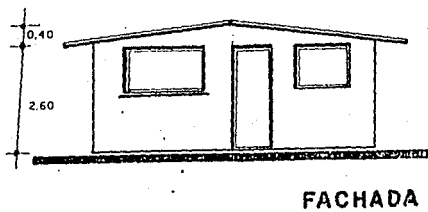
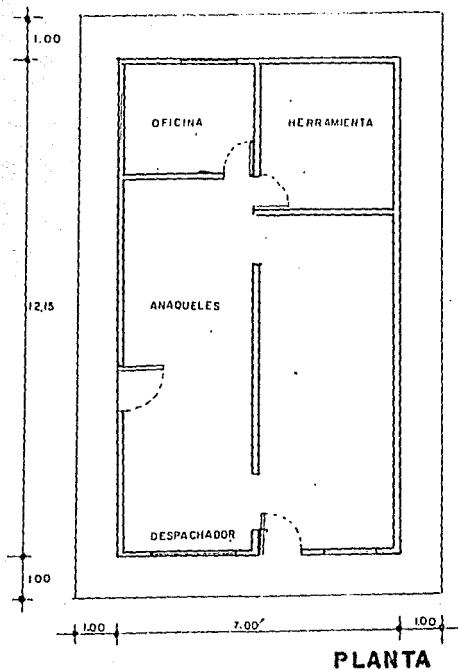




PLANTA

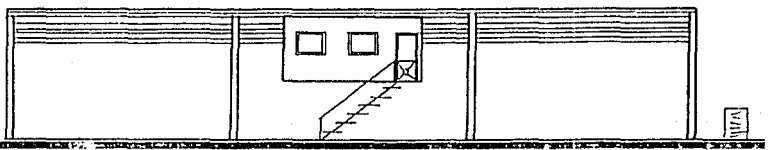
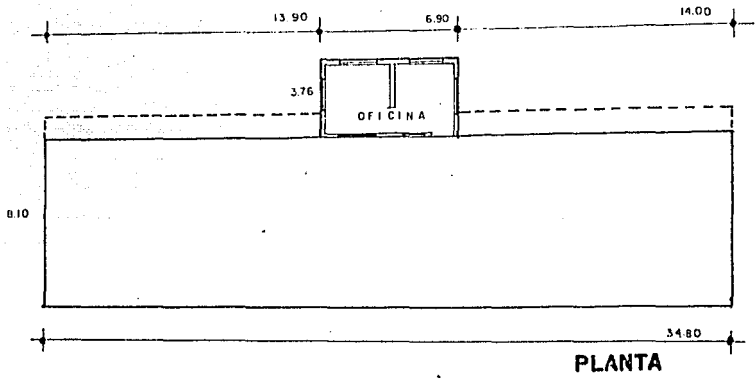
# ALMACEN GENERAL

86

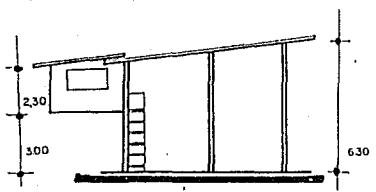


# TALLER MECANICO

87



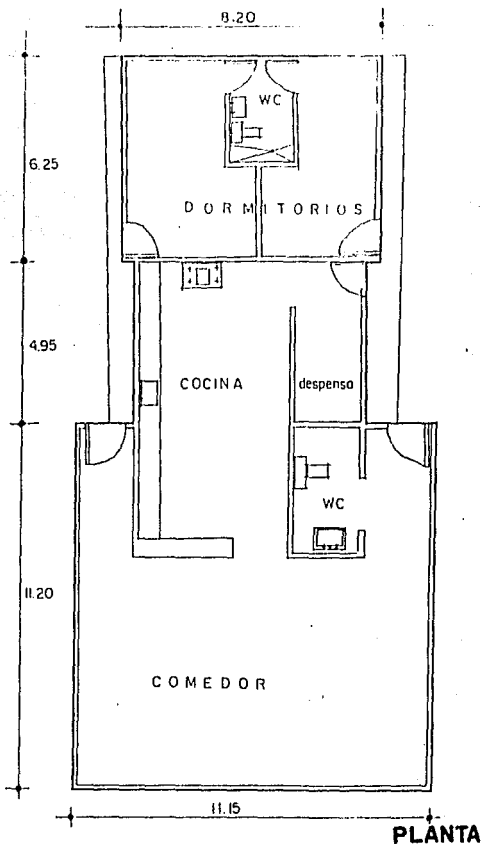
VISTA FRONTAL



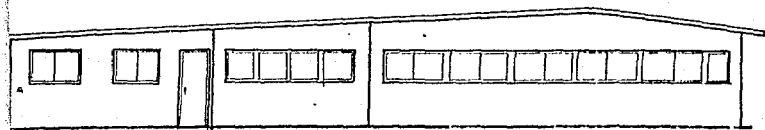
VISTA LATERAL

# COMEDOR TECNICO

88



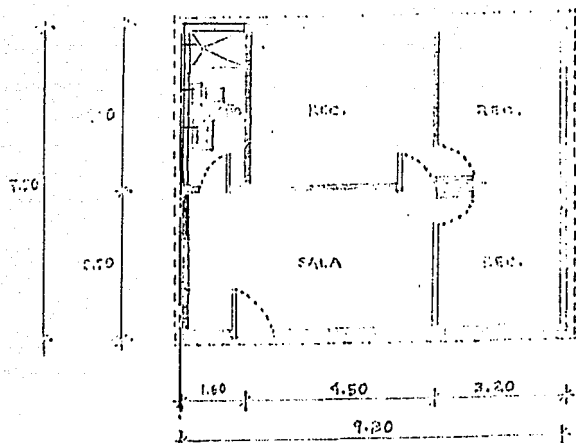
PLANTA



VISTA LATERAL

DORMITORIO INGENIERIA

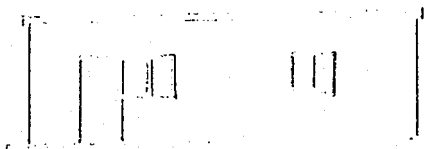
INST. HIDRAULICA



PLANTA

NO. 10 00 01000

N. NORTE



ELEVACION

## 2.- TOPOGRAFIA :

### A) LEVANTAMIENTO DE PRELIMINARES :

Como en toda construcción, es necesario estudiar y registrar el terreno en el cual se construirá dicha obra, ya que cualquier movimiento de material, excavación, limpieza para el desplante, etc., deberá registrarse para su cuantificación y cobro.

### B) TRAZO Y NIVELACION:

Por indicaciones de programa se inició el seccionamiento en la ladera de la margen izquierda que consistió en levantamientos de perfiles en cada estación aguas abajo y aguas arriba hasta rebasar las trazas de desplante de la cortina. Posteriormente se dibujaron las mismas en ambas laderas para registrar los avances en los trabajos de desplante.



## 3.- ADMINISTRACION :

Se describen únicamente las funciones de servicio a la obra; sin tomar en cuenta otras, como son: departamento de personal, almacén, contabilidad, compras, fletes, personal en departamento administrativo.

Jefe administrativo	1
Contador	1
Auxiliar de contabilidad	3
Operador máquina cont.	1
Archivista	1
Cajero	1
Jefe de almacén	1
Secretaria	1
Auxiliar de almacén	4
Capturista de datos	1
Jefe de personal	1
Auxiliar de personal	3
Jefe de tomadores de tiempo	1
Tomadores de tiempo	1
Encargado de compras	1
Auxiliar de compras	2
Chegador de materiales	8
Carpentero	3

Encargada de comedor	1
Galopinas	10
Afanadoras	4
Veladores	15
Choferes	10
Operadora de radio	1
Servicios (peones)	14

TOTAL	90
-------	----

#### OFICINAS E INSTALACIONES:

Las oficinas generales, personal, contabilidad, construcción, son propiedad de la empresa y se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

Oficinas generales: Superintendente general, Administración, Planeación, Jefatura de Superintendencia, Caja, - Radio y Topografía.

Administración: Jefe administrativo, Departamento de Personal, Departamento de Contabilidad y Archivo.

Almacén Central: Un Cuarto de Herramientas en el Ta-

---

lter Mecánico, Gasolinera, Bodega de Cemento y Polvorines.

Taller Mecánico: Existe uno, central, frente al almacén, siendo propiedad de la empresa.

#### CAMPAMENTOS Y SERVICIOS:

El campamento obrero se encuentra en la ciudad de -- Unión de Tula, es un eficio rentado por la empresa que tiene capacidad para albergar a 150 personas con todos los -- servicios.

El campamento técnico se encuentra también en Unión de Tula, es una casa rentada por la empresa con capacidad para 20 personas, cuenta con un comedor totalmente equipado, recámara para visitas, cuarto de TV y juegos.

El servicio de comedor obrero, se encuentra concesio nado a un particular, y el comedor técnico cuenta con personal a cargo de la obra y manejado por la misma. En ambos casos se obtiene la recuperación de costo por medio de lis ta de raya por descuentos a trabajadores por el consumo de alimentos.

**COMUNICACIONES:**

La comunicación dentro de la obra y hacia fuera de ella juega un papel de suma importancia y los medios para lograrlo son de diversas formas.

Las existentes en obra para la comunicación interior son de tipo radio transmisor-receptor de frecuencia modulada, enlazados a una frecuencia común, previamente autorizada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

La comunicación hacia el exterior de la obra se logra por medio de un radio transmisor-receptor de banda lateral única, que enlazado a una frecuencia determinada con una central de radio localizada en México, permite la comunicación con cualquiera de las obras que tengan este medio de comunicación o telefónicamente enlaza cualquier parte - que cuente con este servicio.

La comunicación con el exterior de la obra también - ésta se está logrando desde la obra por medio de un enlace telefónico conectado al radio receptor-transmisor, ubicado en una oficina en Unión de Tula, Jal.

El servicio de radio comunicación es proporcionado -

por el Departamento de Radiocomunicación e Instalaciones - Eléctricas de la empresa, al cual se le presenta un programa de necesidades y éste se encarga de hacer los trámites-jurídicos ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, para que asignen y autoricen frecuencias y así mismo-proporcione el servicio de instalación y mantenimiento de las unidades existentes en la obra.

En la obra existe el siguiente equipo de radiocomunicación:

Un radio de banda lateral único  
 5 radio bases de frecuencia modulada  
 1 enlace telefónico de frecuencia modulada  
 18 radios móviles de frecuencia modulada  
 2 líneas telefónicas

#### 4.- MAQUINARIA :

En la obra, el control de equipo se lleva a cabo como en todas las empresas dedicadas a la construcción, éstas tienen sus formas de clasificar que les permite un mejor análisis.

El agrupar debidamente el equipo, clasificarlos y de signarlo en forma conveniente, es necesario para su mejor cuidado y aprovechamiento, facilitando el control de las funciones productivas que, con las máquinas, se realiza, - así como los servicios que requiere para su mejor rendimiento. Por tanto se agrupan las máquinas de motor diesel, siendo éstas extraordinariamente importantes para la vida de la empresa; se identifican aquellas que puedan dar mayor producción o se pueden ubicar máquinas iguales en determinado frente de trabajo.

El agrupar y clasificar adecuadamente el equipo, ayuda a generalizar su nomenclatura, evitando equivocaciones al tratar de comprar, rentar, vender o transportar equipo entre frentes de la obra o entre obras de la empresa.

Es de gran importancia uniformizar el lenguaje para que todas las personas relacionadas con el control, mantenimiento y producción del equipo estén enterados que en un momento determinado se está tratando de un tipo de máquina específico, evitando así pérdidas de tiempo que se traduce en costo.

Esta agrupación de las máquinas, en forma general, - para controlar el equipo es de la siguiente manera:

---

- a).- Maquinaria mayor
- b).- Maquinaria menor
- c).- Vehículos
- d).- Equipo especializado

#### 4.1. PROGRAMAS DE UTILIZACION:

De acuerdo con el departamento de Construcción, se elaboraron programas de utilización del equipo necesario para la construcción de la obra, los cuales son revisados y actualizados cada tres meses.

Una vez debidamente autorizados los programas se pasaron al departamento de Control Físico de Equipo.

Maquinaria para construcción pesada envía el equipo a la obra, amparado en un control que tiene toda la información técnica de cada máquina que llega a la obra, del cual se tiene que dar acuse de recibo a dicho departamento para que éste a su vez pueda llevar el control técnico administrativo.

---

#### 4.2. INVENTARIO FISICO :

El mantenimiento es la serie de actividades que coordina una persona o grupo de personas encaminado a lograr y asegurar el aprovechamiento más ventajoso del equipo de construcción para el desempeño de sus funciones y que la recuperación de la inversión sea mejor. Esta inversión puede ser entre otras cosas maquinaria.

Se entiende que el mantenimiento debe ser una función integral o parte muy importante de cualquier organización, pues maneja una fase de gran prioridad entre las operaciones de dicha organización. Estas funciones pueden enumerarse de la manera siguiente:

- 1.- Mantenimiento del equipo y maquinaria de la empresa en la obra.
- 2.- Lubricación e inspección del equipo.
- 3.- Reforma del equipo existente.
- 4.- Nuevas instalaciones de equipo.

En la obra el mantenimiento ha sido de tipo preventivo, auxiliado por los diagnósticos elaborados por el personal especializado del taller mecánico existentes en la obra; a estas actividades se les puede denominar como man-



tenimiento predictivo.

La característica principal de este mantenimiento es teórica y se enfoca fundamentalmente a detectar fallas antes de que éstas sucedan para dar tiempo a corregirlas sin perjudicar el equipo, basándose en el análisis estadístico de vidas útiles de piezas de desgaste, de los estudios y análisis realizados por el laboratorio y del diagnóstico -- del campo.

El mantenimiento predictivo está auxiliado de programas de muestras de aceite para el laboratorio, programas de mantenimiento preventivo y programas de diagnóstico.

El aplicar adecuadamente el mantenimiento predictivo, debe tener como consecuencia eliminar problemas, tales como:

a).- Sustituir en forma rutinaria partes costosas solo por estar del lado seguro.

b).- Estimar qué tiempo le queda de vida a los baleros, engranes, motores, etc.

c).- Sacar de servicio al equipo fuera de programa -

---

por fallas imprevistas.

El mantenimiento preventivo se puede considerar como todas las operaciones de ajuste, comprobación, reemplazo de partes o conjunto, lubricación y limpieza que, como rutina a intervalos definidos, son necesarios para asegurar que el equipo está en condiciones apropiadas para su uso. También puede decirse que es la serie de actividades cuyo fin es evitar el desgaste excesivamente prematuro que hacen las reparaciones costosas, originando tiempos muertos.

El mantenimiento preventivo se lleva a cabo auxiliado por:

- 1 Equipo de lubricación (orquesta)
- 1 Equipo de lavado montado en un vehículo
- 1 Vehículo para reparto de combustible
- 6 Plantas de soldar

#### 4.3. REPARACION DE EQUIPO :

La reparación de equipo es uno de los renglones del costo de la obra en los que se debe de poner especial atención.

---

La reparación de equipo o mantenimiento correctivo puede ser programado o por falla súbita.

El mantenimiento correctivo programado se efectúa -- después de cierto lapso de tiempo, que basado en la experiencia se sabe que es el límite óptimo para hacerlo.

El camino seguido para el mantenimiento correctivo - programado, es el pre-establecido por la política de la -- empresa.

En maquinaria mayor, el costo generado por este tipo de reparaciones cargada a la reserva de mantenimiento creado para la correcta operación de todo el sistema, implica también grandes inversiones para la empresa, el cual no deja de ser bastante alto, pero que a la larga se reditúa el asegurar la producción y el avance de colocación de todos los conceptos fuertes de la obra.

---

## CAPITULO V

## PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

## 1.- PRELIMINARES :

El suroeste del estado de Jalisco, en la zona de los municipios de Unión de Tula y de Autlán de Navarro se caracteriza por sus intrincadas serranías.

El aprovechar al máximo los pequeños valles existentes para desarrollos agropecuarios, ha sido preocupación permanente de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

La Secretaría construyó sobre el río Ayutla la presa Tacotán de donde, usando el cauce del río Ayuquila como canal de conducción para cruzar los imponentes cajones de la sierra de la Vainilla, entrega sus aguas en el valle de -- Autlán - El Grullo - El Limón, en donde se ha desarrollado un próspero distrito de riego.

Quince kilómetros aguas abajo de la presa Tacotán, - el río Ayuquila recibe como afluente al río San Antonio -- que aporta en época de lluvia caudales importantes; es justo después de este sitio donde se escogió, empleando en su

---

construcción el novedoso sistema de Concreto Compactado -- con Rodillo, la localización de la boquilla de Trigomil para alojar en ella la primera cortina de gran magnitud que se construye en nuestro país.

Este procedimiento constructivo se está utilizando -- principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica, con magníficos resultados, tanto en lo económico, como en la -- rapidez de construcción.

La presa Trigomil, nombre que se le dió por el lugar donde se construye, beneficiará a tierras del valle que -- aún no están integradas al sistema de riego, duplicando -- con ello la actual superficie irrigada, además controlará las avenidas, evitando así las inundaciones.

Se hace notar que este proyecto es de gran importancia por ser la cortina, en su tipo, la más alta del mundo -- y de mayor volumen de concreto.

El relieve topográfico de la zona, en donde está enclavada la obra, presenta características muy particulares: la boquilla seleccionada para la construcción de la cortina es de inmejorable configuración, una "V" casi perfecta -- en un área estrecha del río en donde fueron aprovechables-

---

los dos grandes taludes de ambas márgenes, rebasando en calidad de características aprovechables a todas las obras - de este género.

La extracción de la roca, para producir los agrega-- dos a utilizar en la elaboración de los concretos, se obtuvo mediante la explotación de un material llamado pórfido-- granfítico localizado en la cima de la montaña, que forma - el macizo de la margen izquierda.

Al ser analizados los procedimientos convencionales-- de construcción, se encontró que debido a lo peculiar del-- proyecto, estos procedimientos podrían llevarse a cabo so-- lo con fuertes inversiones, que ocasionarían sobrecostos - excesivos y a la vez complicaciones técnicas en la elaboración y colocación del concreto convencional y esencialmen-- te en la del concreto compactado con rodillo.

Tomando en cuenta lo anterior, las primeras y más imoportantes decisiones a tomar, giraron en torno al método - más adecuado para emprender la construcción de la obra, -- dentro de los programas establecidos y con costos razona-- bles, proponiéndose y estudiando alternativas de acción -- que hiciesen económicas las instalaciones y con acarreos - mínimos de materiales para la fabricación del concreto como

---

pactado con rodillo, así como el menor uso de camiones para el acarreo de los concretos.

Primeramente se tomó la decisión de manejar los materiales de la siguiente manera: partiendo del banco, que es la parte más alta, se construyeron dos plataformas de explotación de roca y más abajo, una de carga de producto. - En el siguiente nivel, se instaló la toma receptora de roca que alimentó a la trituradora primaria, siendo el equipo de 36 X 46" que ofrecía un rendimiento de 140 m<sup>3</sup>/hr. El producto de éste se transportó por un sistema de bandas a una criba vibratoria de 8 X 24' que mantenía un rendimiento de 240 m<sup>3</sup>/hr y separaba las gravas de tamaño de 3" a 1 1/2" denominándosele a este grava No. 3. Se descargaba la grava No. 3 en una banda transportadora que la enviaba al almacén correspondiente y el producto restante de tamaño menor a 3" constituía el material que pasaría a el triturador secundario 1300 S, con un rendimiento nominal de 140 m<sup>3</sup>/hr descargando éste a una banda transportadora, que llevaba el material a una segunda criba vibratoria de 7 X 16" manteniendo un rendimiento de 180 m<sup>3</sup>/hr y separando la producción de la grava de 1 1/2 a 3/4" denominada grava No. 2, conduciéndose a su vez, mediante su banda transportadora, a el almacén respectivo; el material que no pasaba por la malla de 3/4" se reciclaba hacia el triturador terciario -

48FC, de 140 m<sup>3</sup>/hr de rendimiento, el cual tenía integrada la malla de 3/4" a finos, procesaba lo que sería la grava No. 1, colocándose este material en un tercer almacén y el último sobre los tres balcones en desnivel preparados para su utilización.

Los equipos de trituración se localizaron en las proximidades del banco de roca, en una zona de la ladera de pendientes pronunciadas, diseñando el montaje de los grupos de trituración de acuerdo a la topografía existente.

Los tres tipos de gravas que se producían se almacenaron en la propia ladera, para lo cual paralelamente a -- las instalaciones de las trituradoras, se construyeron los almacenes de agregados para la elaboración de los concretos. El siguiente paso era el transporte de los agregados, incluyendo al conjunto de elementos que intervienen para el manejo y acarreo de éstos, desde su lugar de almacenamiento hasta la planta que elaboraría el concreto.

El procedimiento convencional implicaría lo siguiente:

- carga de los agregados
  - transporte de los agregados
-



- descarga de los agregados en las tolvas receptoras en la planta de concreto.

El movimiento de los agregados sería necesariamente con cargadores frontales, y para el acarreo con camiones era necesario construir un camino de acceso con un desarrollo de cinco kilómetros, con pendientes máximas de 10%, y un ancho de corona de 7 metros, el que permitiría llegar a una plataforma para la descarga en las tolvas receptoras de la planta de concreto.

La construcción del camino implicaría fuertes cortes en material "C" y un desarrollo excesivo por las fuertes pendientes del terreno natural. Como dato de referencia, indicaré que el desnivel entre los almacenes de agregados y la planta de concreto era de 120 metros con una distancia de 400 metros en línea recta.

Por los altos costos que se generarían con este procedimiento, fué necesario implementar nuevos sistemas constructivos, proponiéndose la ejecución de un túnel de recuperación de agregados.

Bajo los almacenes de agregados se excavó y se revestió con concreto armado este túnel, con una longitud de --

---

120 metros y una pendientes del 25%.

El túnel permite la recuperación de los agregados -- con una banda transportadora de 42" montada en el interior de éste, y por medio de alimentadores de plato, distribuidos en la longitud del túnel, permite el seleccionar el -- tipo de agregado a utilizar.

Al término del túnel de recuperación se instaló otra banda de 42", la cual va a nivel de terreno natural y con una pendiente promedio del 25%. La longitud de esta banda es de 80 metros y transporta los agregados ladera abajo -- hasta una tolva receptora, continuando el acarreo por medio de acero de 24" de diámetro, la cual substituye a la banda transportadora en la parte final del acarreo, ya que las pendientes sucesivas son muy fuertes. La tubería con pendientes máximas del 75%, conduce los agregados hasta un repartidor de los mismos, el cual almacenó temporalmente - en las tolvas de la planta de concreto el material a utili zar en su producción.

Cabe mencionar que este sistema de tubería inclinada tuvo que ser cambiado por un nuevo procedimiento de transporte, ya que la fricción de las gravas dentro del mismo - era tan grande que la vida útil del tubo era de tan solo -

---

una semana. El nuevo sistema que se utilizó fué por medio de banda transportadora - tubo vertical, de 24" de diámetro, y así sucesivamente hasta el repartidor. Disminuyendo con ésto la fricción dentro de las tuberías de acero. Este nuevo sistema de carga, transporte y alimentación de agregados permitiría mover 600,000 m<sup>3</sup> de agregados en un lapso de 12 meses.

Para tener acceso a los diferentes frentes de trabajo, fué necesario construir una red de caminos con un desarrollo de aproximadamente 14 kilómetros, en ambas márgenes del río, así como tres vados para cruzarlo.

Uno de los caminos más importantes sería el que llega a la boquilla a nivel de la corona en la margen izquierda. En este lugar se haría una ampliación al final del camino que se le denominaría "la glorieta". Este fué una excavación en material "C" de 25 metros de ancho por 30 metros de largo y por 36 metros de altura, en la elevación - 1,212.30 correspondiente a la corona de la presa.

En esta glorieta se alojaría el monumento y el estacionamiento con mirador. Durante el periodo de construcción fué utilizada para instalar las plantas dosificadoras mezcladoras que se encargarían de producir los concretos -

---

para la presa. Aunado a ésto también se instalaron todos los equipos auxiliares para las dosificadoras como fueron silos de almacenaje en cemento y ceniza con una capacidad para alojar hasta 2,500 toneladas de material, las plantas de luz, las tolvas receptoras de los agregados que provienen del túnel de recuperación, los sopladores para el manejo del cemento y la ceniza, compresores, casetas de control, etc...

El transporte de concreto era el siguiente problema por resolver. Inicialmente se había concebido que el concreto fuera vaciado de las plantas a camiones DUMPCRETE, que lo llevaría hasta su lugar de colocación en la cortina lo cual conduciría a dos alternativas de acarreo: la primera consistente en el acondicionamiento de un camino con una longitud de 9 kilómetros con ampliaciones y abatimiento de pendientes que requerían de grandes cortes. La segunda consistía en un camino de acceso de 3 kilómetros aproximadamente con pendientes máximas del 10% y un ancho de corona de 7 metros. Este camino se alojaría por la ladera de la margen izquierda y tendría cortes en roca en el 100% de su longitud.

En las dos alternativas se tendría que considerar el mantenimiento de los caminos; sin embargo, no importando --

---

cual de ellas se llevaría a cabo, se tenía también como -- uno de los grandes inconvenientes, el tiempo que tardaría en llegar el concreto desde su fabricación, hasta su lugar de colocación, por lo cual este procedimiento de transporte en sus dos formas se deshechó y se decidió por un sistema de tubería de 24" de diámetro que se instaló en la ladera de margen izquierda, y permitiría recibir de manera directa el concreto de la planta y vaciarlo hasta el sitio de su colocación.

Esta tubería tendría una longitud de 90 metros y se instaló en pendientes que variaban del 40 al 65%, contaría con un amortiguador en la parte final del tubo que evitaría la segregación del concreto; además de esto se instalaría una tolva receptora que permitiría conducir el concreto de manera uniforme a través de un transportador de banda de 24" y finalmente, por medio de canalones, hasta el lugar de colocación. Este sistema permitió bajar el concreto desde la planta donde se fabricaba hasta el sitio más alejado de la cortina en tan solo 60 segundos y sin utilizar un solo camión.

La planta dosificadora que se montó en la glorieta para los concretos convencionales del desplante de la cortina, fué equipada con dos ollas revoledoras logrando una

---

producción de 60 m<sup>3</sup>/hr, satisfaciendo con este rendimiento las necesidades de concreto antes de la etapa del concreto compactado con rodillo.

Para el concreto compactado con rodillo hubo necesidad de adquirir un equipo especializado, de fabricación -- extranjera, que produjera de manera continua este concreto y que además satisficiera con los requerimientos de calidad de éste. El equipo es denominado Pug-mill.

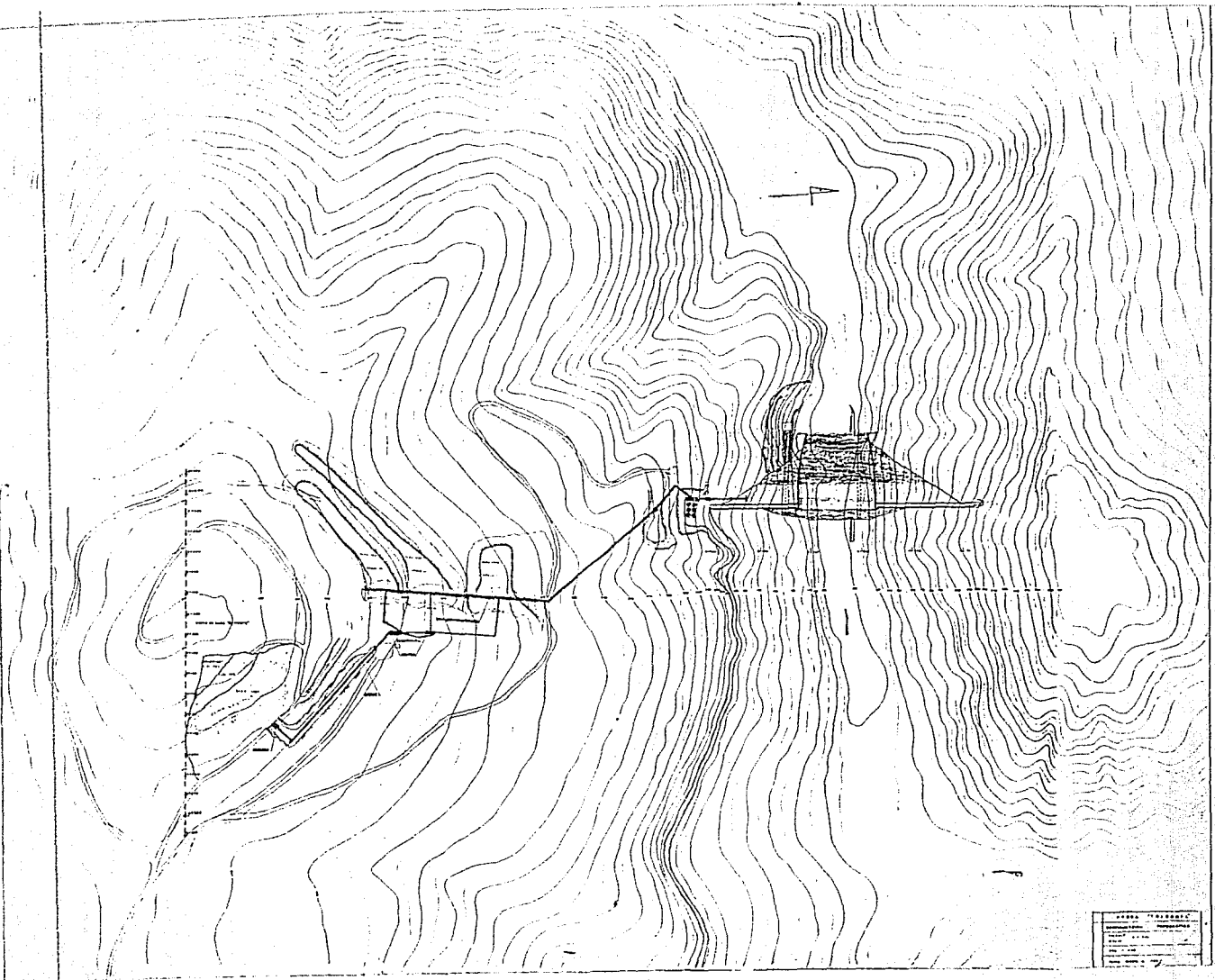
En cuanto al transporte para el concreto compactado con rodillo del pug-mill en la elevación de 1,212 hasta el desplante del cuerpo de la cortina en la elevación 1,121, se pensó en utilizar la misma tubería que se había empleado para el concreto convencional ya que se tenía información de que en otra obra similar en Brasil, el concreto había fluído por tubería de acero de los mismos diámetros y con pendientes muy parecidas a las de Trigomil, sin embargo, al intentarlo la tubería se obstruía ya que fluía muy despacio o simplemente no avanzaba el material. Este resultado llevaría a tratar de mejorar el sistema en diversas formas, como fueron: colocar vibradores de pared a lo largo de la tubería, abrirle ventanas en la parte superior, modificar las pendientes por tramos, impulsar el material manualmente en lugares estratégicos del recorrido, para lo

---

que se tuvo que poner andamio en toda su longitud, aumentar la humedad de la mezcla, etc...

Estos esfuerzos por lograr que bajara el concreto me diante este sistema duraron 45 días, trabajándose las 24 - horas del día sin que diera resultado.

---





La situación en la obra se tornó alarmante, ya que - el impacto económico, por estar prácticamente parada la -- producción con toda su infraestructura instalada de costos altísimos y mano de obra contratada, generaba pérdidas con siderables para la empresa. Ante ésto se tuvieron que con siderar nuevas alternativas para el transporte del concre- to, se volvió a estudiar la posibilidad de hacerlo a tra-- vérs de camiones, instalar un sistema de bandas transportadoras den zig-zag, aumentar considerablemente la pendiente de la tubería y finalmente, un sistema alternativo de banda -- transportadora-tubería vertical, y así sucesivamente.

El grupo de ingenieros que participaron en esta obra tenían que decidir rápidamente cual de las alternativas se debía utilizar, ya que en todas se tenía el gran inconveniente del tiempo que tardaría en instalar el nuevo sistema, en algunas no se contaba con el equipo necesario para llevarlas a cabo y había que conseguirlo, y en otras no se tenía la seguridad de que diera resultado, que sería el ca so de la que finalmente se escogió: el sistema alternativo de banda transportadora colocada horizontalmente - tubería -- vertical y así sucesivamente.

Este sistema tenía que cubrir 120 metros en sentido horizontal y 90 metros en el vertical, se requería de 6 --

bandas transportadoras y 6 tramos de tubería de acero de 24" de diámetro en longitudes de 15 a 20 metros, así como de las estructuras de apoyo para las bandas que eran de 18 metros de altura promedio e instalaciones eléctricas para el funcionamiento de los motores de las bandas; además, -- ningún tipo de grúa podía ayudar para instalar este sistema en la ladera por sus fuertes pendientes y por no tener acceso alguno que llegara a ella, por lo que toda esta instalación tenía que hacerse con maniobras del personal.

La decisión tomada fué la correcta; en tan solo tres semanas se logró instalar todo el sistema y el 15 de febrero de 1991 se colocó la primera capa de concreto compactado con rodillo en la presa Trigomil. El sistema de trans--porte fué un éxito y se utilizó durante toda la construc--ción de la cortina. De esta forma, se aprovechó la topograffa del lugar, utilizando los desniveles existentes para - manejar por gravedad y en forma escalonada, los materiales existentes en el mismo sitio, desde el bando de roca, su - explotación, el proceso de trituración, el transporte de - los agregados triturados, la fabricación de los concretos - y la bajada de los mismos hasta el sitio de su colocación, logrando con ésto, obtener un procedimiento constructivo - que permitiera llevar a cabo la obra de manera adecuada y - en el tiempo establecido.

## 2.- EJECUCION DE LOS TRABAJOS :

De acuerdo con el orden del programa de construcción las actividades desarrolladas fueron las siguientes:

### LIMPIEZA DE LADERAS :

Sobre las márgenes del río y entre trazas de la cortina, se llevó a cabo la limpieza consistente en la remoción de vegetación, roca intemperizada y material suelto, hasta dejar expuesta la roca sana para el correcto empotramiento de la cortina. Para esta actividad se utilizó el equipo tradicional para el movimiento de tierras como son tractores sobre orugas D8K o similar, retroexcavadoras 235 cargadores frontales y camiones de acarreo.

### GALERIAS DE EXPLORACION, INSPECCION, DRENAJE, TRATAMIENTOS :

En cada ladera se excavaron tres túneles-galería con sección de tipo portal de 3.20 metros de diámetro y longitud de 50 metros en cada túnel, que posteriormente fueron revestidos de concreto.

El procedimiento constructivo fué el siguiente: primeramente la sección del trazo para proceder a barrenación de 1" de diámetro, utilizando perforadoras de pierna y a 3 metros de profundidad. La cuña que se utilizó en la plantilla de barrenación fué la llamada "cuatro de espadas". La carga de estos barrenos se hizo con explosivo godyne de -- 1"X8" y los iniciadores fueron estopines utilizando tiem--pos desde 25 hasta 200 milisegundos.

Para la rezaga se utilizó un cargador frontal en las galerías más bajas: 3, 4 y 1. En la 2, 5 y 6 la rezaga fué manual utilizando boogies. El volumen excavado fué de - -- 2,675 m3.

#### OBRA DE TOMA PROVISIONAL:

Estructura ubicada en la margen derecha, desplantada en roca sana fuera de los límites del agua y quedando alojada dentro del cuerpo de la cortina.

Consiste en una estructura de concreto hidráulico reforzado, de sección cajón de 3.50 metros de ancho por 3.50 metros de altura y 300 metros de longitud dentro de la - - cual se colocó una tubería de acero de 1.50 metros de diá-

metro con sus respectivas válvulas y rejillas; después se relleno en cajón con un concreto simple de 150 kg/cm<sup>3</sup> de resistencia, quedando empacada la tubería.

Esta estructura sirvió como desvío provisional del río mientras se construía el definitivo.

#### ATAGUIAS Y LIMPIEZA DEL CAUCE :

Al terminar la obra de toma provisional se construyeron las ataguías aguas arriba y aguas abajo de la cortina. La primera encauzaba el río hacia el desvío provisional y la segunda evitó que el agua regresara al recinto de la cortina quedando con ésta seca el área donde se desplantaría la presa. Los escurrimientos se controlaron con dos cárcamos de bombeo, ésto permitió la limpieza del cauce dentro de las trazas de la cortina de manera escrupulosa para poder colar una plantilla de regularización y desplante del desvío definitivo.

Las dimensiones de la ataguía aguas arriba era de 40 metros de longitud, un ancho medio de 15 metros y una altura de 7 metros. La de aguas abajo de 25 metros de longitud ancho medio de 12 metros y altura de 4 metros. Los materia

---

les que se usaron en su construcción fueron arcillas de un banco ubicado a 2 kilómetros aguas arriba de la cortina.

#### OBRA DE DESVIO :

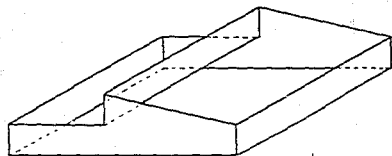
Fué necesario colar todas las oquedades con bloques de concreto hasta formar una superficie regular para desplantar la losa inferior.

Esta obra consiste en un cajón de concreto convencional de 15 metros de ancho por 8 metros de altura, atravesando todo el cuerpo de la cortina en el sentido del río, por donde circularía el río durante la construcción de la presa.

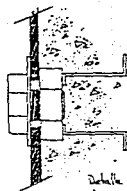
Estructuralmente está formada por una losa de desplante, dos muros laterales, dos muros-columnas centrales que dividen al claro en tres partes iguales y una losa armada superior que a su vez sería el desplante el concreto compactado con rodillo.

#### PIEZAS PRECOLADAS :

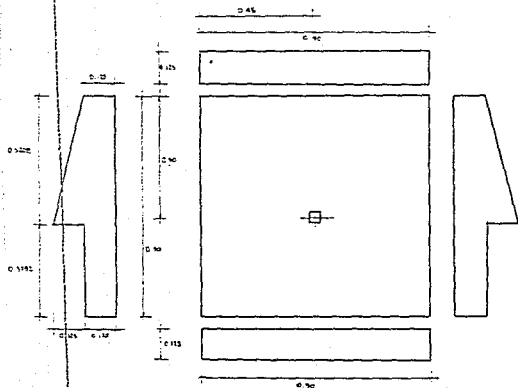
Estas piezas de concreto reforzado de 90 X 90 centímetros y de 25 centímetros de espesor, sirvieron para formar el parámetro de aguas arriba de la cortina. Entre la cara que formara este parámetro y el concreto compactado con rodillo se coló una franja de concreto convencional, que junto con las piezas precoladas formaron una membrana impermeable.



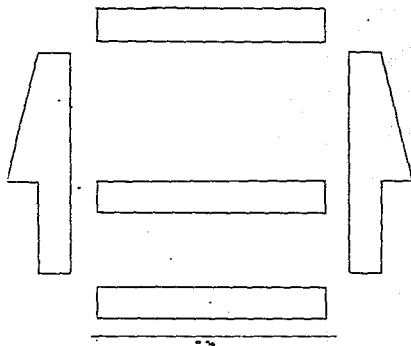
isométrico



Detalle para  
ligadura de cuerdas.



Vista posterior



Vista frontal

HOLDES PARA PRECOLADOS.  
PRESA TRIGONAL



## CORTINA :

Unicamente se ha indicado la preparación para iniciar la etapa de concreto compactado con rodillo, puesto que solo se ha colocado concreto convencional. El desplante para el concreto compactado con rodillo estaba listo, las laderas limpias, los sistemas de fabricación y transporte del concreto compactado con rodillo estaban ya probados, por lo que es aquí donde se inició la construcción del cuerpo de la cortina que es la estructura principal de la presa.

Los materiales que se utilizaron para la fabricación del concreto compactado con rodillo son: grava desde 3" -- hasta finos, cemento, ceniza volante y agua. El revenimiento de la mezcla debe de ser cero, lo que le dá una apariencia similar a la que tienen las bases estabilizadas con cemento.

El procedimiento se pone en marcha, el pug-mill mezcla los materiales y los manda a través del sistema ladera abajo, el material se recibió en camiones volteo de 10 m3 de capacidad, que fueron distribuidos a lo largo de la cortina, un cargador frontal lo extiende dejando una capa uniforme de 30 centímetros de espesor y un rodillo vibratorio

---

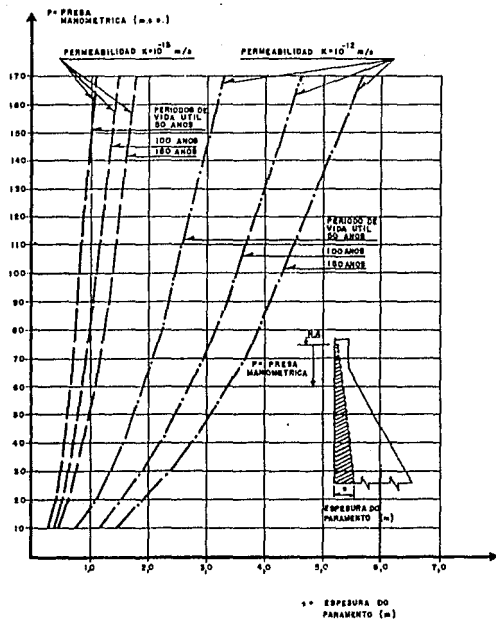
de 10 toneladas de peso lo compacta con 6 pasadas para lograr el 100% de compactación.

El curado de las capas se hizo con un sistema de riego por aspersión. Para el empotramiento o liga entre las rocas de las laderas y el concreto compactado con rodillo se colaba una franja de concreto convencional de 60 centímetros de espesor promedio.

El tratamiento entre capa y capa del concreto compactado con rodillo, antes de que transcurrieran 6 horas, era solamente humedeciendo la capa anterior. Después de pasado este tiempo y para poder colocar una nueva capa de concreto compactado con rodillo, además de humedecer, se tenía que colocar una capa de concreto de liga que varía del concreto compactado con rodillo únicamente en el tamaño de los agregados, que van de 1 1/2" a finos y aumenta el consumo del cemento. Esta capa se dejaba de 8 centímetros de espesor e inmediatamente se le colocaba el concreto compactado con rodillo encima hasta llegar a formar la capa de 30 centímetros de espesor. La capa de aguas abajo guardó la inclinación proyectada, que fué de 0.8 a 1 centímetros, con las capas del concreto compactado con rodillo aparentes.

La parte superior de la cortina se terminó con con--

---



GRAFICA PARA DETERMINAR ESPESOR DE PARAMENTO IMPERMEABLE

creto convencional sobre el concreto compactado con rodillo, que consiste en una estructura de 14 metros de altura por 7 metros de ancho y a lo largo de toda la corona de la cortina, con excepción de la zona vertedora.

#### VERTEDOR :

Es una estructura de concreto reforzada convencional con una  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>, integrada en el cuerpo de la cortina y ubicada en la parte central de ésta, consiste en una cimentación de derrame, losa armada de escurrimiento rápido, un aireador, muros laterales y finalmente una cubeta deflectora o salto de ski que descarga las excedencias de agua de la presa directamente sobre la roca del lecho del río. Esta estructura se fué colando simultáneamente al cuerpo de la cortina de concreto compactado con rodillo.

#### OBRA DE TOMA DEFINITIVA :

Conducto alojado en el cuerpo de la cortina del lado de margen izquierda en la elevación 1,162. La tubería que se colocó fué de acero A-36 y de 3.10 metros de diámetro.

---

Para su construcción se dejó el espacio donde iba -- alojada la tubería sin colocar en esa zona el concreto compactado con rodillo y se coló una plantilla de concreto -- convencional para recibir a la tubería. Una vez soldados los tramos y completada la longitud se arropó con concreto convencional de  $f'c=150$  kg/cm<sup>2</sup>, posteriormente se siguió - colocando concreto compactado con rodillo.

Esta obra de toma cuenta con 2 válvulas de chorro di vergente que controlan el gasto para el riego, además esta estructura cuenta con caseta de operación y control al final de la misma.

#### TAPON DE CIERRE :

Al término de la construcción de la cortina se volvieron a formar las ataguías para desviar el río por la -- obra de toma provisional, pudiendo así, colar los ductos - del desvío definitivo cuyo volumen aproximado fué de 10,500 m<sup>3</sup> de concreto.

Con esta etapa se terminó la construcción de la cortina iniciándose el embalse al cerrar la válvula de la - - obra de toma provisional.

## CAPITULO VI

## CONCLUSIONES.

Dentro de los beneficios que proporciona el concreto compactado con rodillo y que justifican la utilización de este procedimiento constructivo, se tienen las siguientes:

1.- La utilización de los recursos naturales del lugar y la ejecución del proyecto en un tiempo correspondiente al 25% del que normalmente se requiere en presas de diseños tradicionales, originando una reducción en el costo.

2.- También se abate el costo de construcción por no tener que usar cimbra y porque el fraguado es inmediato.

3.- Se obtiene una compacidad mayor en el concreto, reduciéndose la permeabilidad del mismo y, por tanto, las filtraciones, sobre todo al colocarse en capas sucesivas - con espesores de 25 a 40 centímetros, lo cual hace que el calor de hidratación generado por el cemento se reduzca -- considerablemente evitando mayores variaciones volumétricas del concreto, evitándose agrietamientos y dando como resultado una mejor impermeabilidad del mismo.

4.- Finalmente, como el tiempo de construcción se reduce, es posible iniciar a corto plazo la recuperación de la inversión hecha para el proyecto.

El proyecto de la presa Trigomil, representa el inicio de la aplicación en la construcción de un procedimiento novedoso en México, como lo es el concreto compactado con rodillo, que ofrece grandes perspectivas para emplearse con mayor frecuencia no solo en presas, sino también en diversas estructuras como son: carreteras, aeropuertos, rellenos masivos, cimentaciones, diques, etc... por las ventajas que ofrece económicamente y su rapidez de ejecución.

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Concreto Compactado con Rodillo.  
Informe del Comité 207 del ACI, ACI 207.5R - 80.
- 2.- Pavimentación y Losas de CCR: lo más profundo es lo más económico.  
Ernest Shrader y R. McKinnon.
- 3.- Experiencia en Concreto Compactado con Rodillos.  
Ernest Shrader. Enero de 1986.
- 4.- Comité ACI 207, "Roller Compacted Concrete" Detroit, 1980, 22 páginas.
- 5.- Divisao de Controle de Concreto "Aplicacao de concreto adensado controla vibratoria" Reporte RE-03/78, - Itaipu Binanciona 1978, (Traducido al inglés por - - Construction Industry Reserarch and Information Association Library, Londres).
- 6.- Ernest Scharader. K., "Roller Compacted Concrete", Military Engineer Vol. 69, Sept.-Oct. de 1977, pags. 314 a 317.