

300615

14
Zej.



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

PROYECTO PRESA DE ALMACENAMIENTO
"TRIGOMIL" CONSTRUIDA CON CONCRETO
COMPACTADO CON RODILLOS,
EDO. DE JALISCO.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

Víctor Hugo Ortuño Sagredo

Director de Tesis:
ING. JORGE BRAMBILA MICHEL

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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 GENERAL

INTRODUCCION

CAPITULO I

ANTECEDENTES PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA 'TRIGOMIL'.

LA.- UNIDAD DE RIEGO "EL GRULLO - AUTLAN"	1
IA.1.- LOCALIZACION GEOGRAFICA Y POLITICA	1
IA.2.- OBRA CONSTRUIDA	2
IA.3.- CUENCA Y DREN PRINCIPAL	3
IB.- PROBLEMATICA PRESENTADA	4
IB.1.- DEFICIENCIA DE PLANEACION	4
IB.2.- SOLUCIONES PLANTEADAS	5
IC.- SOLUCION AL PROBLEMA	6
IC.1.- LOCALIZACION TECNICA	7
IC.2.- IMPACTO EN LAS ACTIVIDADES AGRICOLAS	7
IC.3.- PRESUPUESTO TENTATIVO DE LA PRESA	12
IC.4.- INVERSIONES	12
IC.5.- BENEFICIOS	13
IC.6.- EVA. ECO. POR EL METODO BENEFICIO- COSTO	14

CAPITULO II

ESTUDIOS TECNICOS DE FACTIBILIDAD Y ELECCION DEL TIPO DE PRESA.

II.A.- FACTIBILIDAD HIDROLOGICA	18
II.A.1.- PRECIPITACIONES MEDIAS	18
II.A.2.- CLIMATOLOGIA	19
II.A.3.- REGIMEN DE ESCURRIMIENTO	19
II.A.4.- AVENIDA MAXIMA PROBABLE	22
II.B.- GEOLOGIA DE LA BOQUILLA	23
II.C.- TOPOGRAFIA DE LA BOQUILLA	23
II.D.- SISMOLOGIA	24
II.E.- BANCOS DE MATERIALES	24
II.E.1.- DESCRIPCION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LOS MATERIALES	25

II.F.- ELECCION DEL TIPO DE PRESA	26.
II.G.-ESTRUCTURAS RELEVANTES DEL PROYECTO	27
II.G.1.- CORTINA	27
II.G.2.- VERTEDOR	30
II.G.3.- OBRA DE TOMA PROVISIONAL	31
II.G.4.- OBRA DE DESVIO	31
II.G.5.- OBRA DE TOMA DEFINITIVA	31
II.G.6.- GALERIAS DE EXPLORACION	33
II.H.- DATOS GENERALES DEL PROYECTO	34
II.I.- CAPACIDAD DE LA PRESA	35

CAPITULO III

SELECCION DE ALTERNATIVAS.

III.A.- POSIBLES METODOS CONSTRUCTIVOS	37
III.B.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS	38
III.B.1.-CORTINA DE CONCRETO CONVENCIONAL	38
III.A.2.- CORTINA DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO	39
III.C.- DIFERENCIA Y SIMILITUDES	41
III.D.- RELACION DE AMBAS PROPUESTAS	43

CAPITULO IV

PRODUCCION Y ESPECIFICACIONES DEL CCR.

IV.A.- DEFINICION DEL CCR	49
IV.B.- HISTORIA DEL CCR EN MEXICO	50
IV.C.- ESPECIFICACIONES TECNICAS	51
IV.C.1.-RELATIVAS A MATERIALES	52
IV.C.2.-PROPORCIONAMIENTO	55
IV.C.3.-MUESTRAS Y PRUEBAS DE LABORATORIO	55
IV.C.4.-MEZCLADO	56
IV.C.5.-TRANSPORTE	56
IV.C.6.-COLOCACION	56
IV.C.7.-INTERVALO DE TIEMPO ENTRE MEZCLADO Y COLOCACION	58
IV.C.8.-TEMPERATURA DE COLADO	59
IV.C.9.-COMPACTACION DEL CCR, DE LIGA Y CONCRETO CONVENCIONAL	59
IV.C.10.-PROTECCION DE LOS CONCRETOS	59

IV.D.- CONSISTENCIA DEL CCR	61
IV.E.- AGREGADOS PARA FORMAR EL CCR.	62
IV.E.1.- CENIZAS VOLANTES PARA EL CCR.	62
IV.E.2.- CEMENTO Y PUZOLANAS PARA EL CCR.	63
IV.F.- PROPIEDADES MECANICAS	64
IV.F.1.-RESISTENCIA A LA COMPRESION	64
IV.F.2.-RESISTENCIA A LA TENSION	65
IV.F.3.-CORTANTE	66
IV.F.4.-DURABILIDAD DEL CCR.	67
IV.F.5.-ELASTICIDAD	67
IV.F.6.-PERMEABILIDAD	68

CAPITULO V

PROCESO CONSTRUCTIVO

V.A.- ORGANIZACION DE LA OBRA	70
V.B.- PLANEACION GENERAL DE LA OBRA	71
V.B.1.-PRODUCCION DE AGREGADOS	72
V.B.2.-TRANSPORTE DE AGREGADOS A LA DOSIFICADORA	72
V.B.3.-PRODUCCION DEL CCR.	73
V.B.4.-COMPACTACION	73
V.5.5.-TRANSPORTE DEL CCR A LA CORTINA	73
V.C.-PROGRAMA DE EJECUCION	74
V.D.-DOSIFICACION	75
V.E.-BORDOS DE PRUEBA	75
V.E.1.-TIEMPO DE DURACION PARA LA CONSTRUCCION DEL B.DE P.	77
V.E.2.-PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	77
V.E.3.-LA COMPACTACION SERA DE DOS TIPOS	80
V.E.4.-OBTENCION DE NUCLEOS	81
V.E.5.-RESULTADOS OBTENIDOS	82
V.F.- CONTROL DE CALIDAD	84
V.F.1.-TERRACERIAS	84
V.F.2.-CORTINA DE LA PRESA TRIGOMIL	86

CONCLUSIONES.

PROYECTO FRESA DE ALMACENAMIENTO "TRIGOMIL" CONSTRUIDA CON
CONCRETO COMPACTADO CON RODILLOS, EDO. DE VALISCO.

INTRODUCCION

En la evolución de la humanidad, el hombre dejó de ser nómada y se estableció en comunidades, siempre cerca de una fuente de abastecimiento de agua, existencial para su supervivencia, por ello los primeros asentamientos humanos, se dieron en las riberas de los ríos, los lagos o manantiales.

Al formar asentamientos, cambiaron su régimen de vida de cazadores y recolectores de frutas, por generadores de una cultura incipiente, para asegurar su abasto de alimentos.

Paralelamente al crecimiento de las poblaciones, crecieron las necesidades de disponibilidad de agua, tanto para usos domésticos, como para la agricultura.

Fue así como en los casos de comunidades que se desarrollaban en las riberas de los ríos, con marcados periodos de crecientes y estiajes, nació la necesidad de almacenar el agua cuando se disponía de ella, para poderla utilizar el resto del año.

Así se crearon los embalses formados por barrajes de troncos y ramas o de materiales pétreos, que tenían que construirse periódicamente. (Algunas de ellas perduran hasta nuestros días, como el caso de SADD- EL-CAFARA en Asia Menor.).

Posteriormente, se usó la mampostería de Roca juntada con mortero de cal, para construir las cortinas y formar embalses permanentes como ocurrió en México en la época colonial.

Posteriormente, con el advenimiento del cemento y la elaboración del concreto hidráulico, se dispuso de una nueva tecnología en el diseño y construcción de presas con cortinas de sección gravedad.

Por 1950, se introdujo en México una nueva tecnología en el diseño y construcción de cortinas de sección de gravedad que consiste en la colocación a volteo, de enrocamiento hasta tamaño de un metro de diámetro, más o menos graduado, en cajones pre-construidos con mampostería tradicional, con objeto de hacerlos estancos y posteriormente, inyectarle mortero de cemento previamente elaborado con una mezcla muy fluida, formando lo que se llama colcreto o mampostería inyectada.

Este procedimiento permite avances muy rápidos en la construcción a cambio de incrementar considerablemente el consumo de cemento por metro cúbico, que las hacen más costosas con respecto a otra soluciones.

Así, se ha continuado hasta nuestros días, construyendo cortinas de sección gravedad de mampostería junteada con mortero de cemento, de concreto hidráulico y de colcreto.

De manera paralela, tanto el desarrollo como la evolución de la tecnología de diseño y construcción de cortinas con sección de gravedad, se presentó un avance considerable en las cortinas de terracerías, tomando como apoyo el gran desarrollo que han tenido, tanto la Mecánica de Suelos-como la de Rocas, como la fabricación de maquinaria y equipo de construcción, logrando así, una disminución en el costo y tiempo de colocación.

Al comparar los procedimientos de construcción de cortinas de concreto hidráulico y de terracerías, se llegaría a la conclusión de que las de terracerías presentarían procesos más simples y continuos, que daría como resultado equipo más eficiente y mayor economía.

Las cortinas de sección de gravedad, presentan la gran ventaja en el caso que el embalse pueda rebasarlas vertiendo sobre ella, sin que les ocasione daños y que forman parte de la cortina, las obras de excedencia y de toma, lo que reduce el área de trabajo, costos, ya que integra las estructuras. Por otro lado, el manejo del cemento y la elaboración del concreto y su colocación requieren un cuidado muy especial.

La construcción de cortinas de terracerías o de materiales graduados es más simple, en cambio las obras de excedencias y de toma, se construyen por separado, debiendo tener un mayor bordo libre, ya que no se puede permitir que el agua llegue a rebasarlas, por que ocasionaría su destrucción parcial o total, con las consecuencias inherentes al caso.

Por lo anterior, se buscó aplicar las técnicas de construcción de cortinas de terracerías, a las de concreto, utilizando mezclas de concreto hidráulico, con un mínimo de contenido de cemento y agua y nulo revenimiento, colocándolas con el equipo de construcción empleado en terracerías, obteniéndose las ventajas de ambos procedimientos y una economía considerable.

A esta tecnología se le califica como nueva y novedosa porque está relacionada con el hecho de que está en fase de continuo perfeccionamiento e investigación, sin haber llegado a su completa madurez.

A esta técnica se le ha denominado "CONCRETO COMPACTADO CON RODILLOS" (CCR), que en inglés se denomina "ROLLED COMPACTED CONCRETE" (RCC).

Los antecedentes, datan de la época de los años 1960, cuando se construyó la presa "ALPA - GERA en Italia, en forma un tanto heterodoxa entre CCR y Terracerías.

La primera presa cuya cortina de 49 m de altura, se construyó totalmente de Concreto Compactado con Rodillos (CCR), fue la de Willow Creek en el estado de Oregón, EUA, en el año de 1982.

Posteriormente, se han construido un número de presas con cortinas de CCR, en Japón, Estados Unidos de América, Pakistán, etc. Ya que es evidente la conclusión de un Equipo de Técnicos del Cuerpos de Ingenieros del Ejército de EUA, en que "grandes cantidades de concreto de buena calidad, pueden ser coladas a elevadas proporciones de producción y con ahorros extraordinarios".

México no podía quedarse al margen de tan importantes avances en la construcción de presas y es así como la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos a través de la Comisión Nacional del Agua, decidió se diseñara la primer presa a nivel experimental, para control de avenidas La Manzanilla, obra de pequeñas dimensiones que no significaría grandes riesgos.

Ahora con la edificación de la presa TRIGOMIL, la presa más grande del mundo en su tipo, con esto, se inicia una nueva época en la Ingeniería Hidráulica Mexicana, gracias

a una técnica segura, eficiente y barata, que permite reducir los tiempos de construcción.

CAPITULO I

ANTECEDENTES PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA "TRIGOMIL".

I.A.- UNIDAD DE RIEGO "EL GRULLO - AUTLAN", EDO. DE JALISCO.

La unidad de riego "EL GRULLO - AUTLAN", en el distrito de riego # 94, localizado en el estado de Jalisco, fisiográficamente se encuentra localizada en la sub provincia de la zona montañosa del suroeste del país, la cuál forma parte de la provincia denominada Sierra Madre del Sur.

De acuerdo a la clasificación de Koeppen, el clima predominante en la zona es semicálido, subhúmedo y con lluvias en verano.

El relieve del área que domina la unidad de riego es sensiblemente plano, con pendientes de 1.5%, en tanto que en la zona de Autlán y El Limón, las pendientes son algo mas pronunciadas, 3% como máximo.

I.A.1.- LOCALIZACION GEOGRAFICA Y POLITICA.

La unidad de riego políticamente se encuentra localizada en ambas márgenes del río Ayuquila y en la margen derecha del río Tuxcacuesco en los municipios de Autlán, El Grullo y El Limón en la porción occidental del estado de Jalisco.

Geográficamente, se localiza entre los paralelos 19°41' y 19°51' de latitud norte y los meridianos 104°05' y 104°24' de longitud oeste del meridiano de Greenwich. (Ver gráfica # 1-1)

I.A.2.- OBRA CONSTRUIDA.

Para el aprovechamiento de las aguas del río Ayuquila, la unidad de riego "EL GRULLO - AUTLAN" disponen del conjunto de obras hidráulicas más importantes de la región. Lo integran la presa almacenadora Tacotán, con una capacidad total de 148.9 millones de m³, la presa derivadora El Corcovado, una red de canales de 176 km en su mayor parte no revestidos, red de drenaje con longitud de 105 km y una red de caminos de 156 km con dicho sistema de distribución de denominan 9,648 hectáreas (ha), superficie que corresponde a la unidad de riego.

En cuanto a vías de comunicación, la zona dispone de la carretera Guadalajara - Barra de Navidad que atraviesa la unidad de riego, así como de sus ramales pavimentados Autlán - Ingenio Melchor Ocampo y Puente Corcovado - El Grullo. Además se tiene un camino que enlaza El Grullo con El Limón.

No existe comunicación ferroviaria en la zona; se cuenta con aeropista de corto alcance en Autlán y El Grullo.

Existen agencias de correos y de telégrafos sólo en Autlán y El Grullo. ambas poblaciones, además cuentan con servicio telefónico.

Para satisfacer la demanda de energía eléctrica, la región cuenta con la subestación Mexquitan, situada en el poblado del mismo nombre, a unos 7 km de Autlán. Dicha subestación tiene una capacidad de 5,000 kv y está alimentada por una línea de 60 kv que parte de la subestación Acatlán.

Por otra parte, en los municipios que integran el área del proyecto, se cuenta con 65 planteles educativos, en su mayoría públicos. De éstos, 51 imparten el ciclo primario completo, 13 el secundario y 1 el bachillerato.

En lo que a asistencia social se refiere, operan tres centros de salud a cargo de la SSA, localizándose uno en Autlán sin servicio de hospitalización y los otros dos restantes en las poblaciones de El Grullo y El Limón, de 12 y 6 camas respectivamente.

Así mismo, el seguro social tiene instalada en Autlán una clínica-hospital con capacidad de 6 camas. Por su parte, el ISSSTE dispone de una clínica en la localidad de Autlán y de un consultorio médico en El Grullo.

1.A.3.- CUENCA Y DREN PRINCIPAL.

El río Ayuquila, que es el dren principal del área del proyecto nace en la Sierra Madre Del Sur, a unos 2,600 m sobre el nivel del mar (M.S.N.M.) y escurre hacia el sur, tomando sucesivamente los nombres de río San Pedro Atenco y Ayutla. Llega con este último nombre, a la presa Tacotán y recibe aguas abajo de dicho aprovechamiento, por la margen izquierda, las aportaciones del arroyo La Trinidad, y por la derecha, las de los denominados Tepospizaloya y San Antonio. Cerca del límite norte del municipio de Autlán, toma la dirección sureste, con el nombre de río Ayuquila, cruza la unidad de riego, para unirse con el río Tuxcacuesco, en los alrededores del poblado de Talimán. Aquí nace el río Armería que escurre en dirección sur por el estado de Colima, desembocando al Océano Pacífico, en el sitio denominado Boca de Pascuales.

El área que drena el río Ayuquila hasta su confluencia con el Tuxcacuesco suma 3,560 km, de esta superficie corresponden, desde su inicio hasta el sitio de la presa Tacotán, 1,170 km, entre esta regulación y la presa derivadora el Corcovado, 1,360 km, y de ahí hasta su confluencia con el Tuxcacuesco, el área drenada asciende a 1,030 km (VER GRAFICA # 1-2).

I.B.- PROBLEMATICA PRESENTADA.

El sistema de riego está operando en forma deficiente y la mayor parte de los canales de conducción y distribución se encuentran sin revestir, lo cual propicia filtraciones, resultando ciertas áreas con altas concentraciones de sales; se cuenta además con un drenaje inadecuado y escasos en la red de caminos.

En el Valle de Autlán, el riego es principalmente por bombeo y existe el inconveniente que los mantos freáticos se abaten día tras día, encontrándose el agua cada vez más profunda y por lo tanto siendo más cara su obtención.

I.B.1.- DEFICIENCIA DE PLANEACION.

Originalmente, se planteó el riego de 18,264 ha, contando únicamente con la presa de almacenamiento Tacotán y la derivadora El Corcovado. En virtud de que se sobreestimó el régimen de escurrimiento del río Ayuquila, dicho proyecto sólo domina el 50% del área establecida.

1.B.2.- SOLUCIONES PLANTEADAS.

Dentro las soluciones planteadas para satisfacer las necesidades del riego inicialmente considerado, se encuentran la construcción de la presa Trigomil, sobre el río Ayuquila, la cual operará en conjunto con el sistema existente.

La superficie que es factible de regar con ambas presas en operación, optimizando las obras de conducción existentes y sobreelevando la derivadora El Corcovado, es de 13,374 has, con una lámina de agua de 1.64 m, la superficie que regaría la presa Trigomil sería de 4,892 has bajo la misma lámina de riego; cabe señalar, que la lámina de riego utilizada actualmente en el distrito de riego es superior a la propuesta; sin embargo se considera ésta como óptima.

Se tomó igualmente en consideración que la superficie factible de regar por gravedad es de 13,312 has, por lo que cualquier superficie adicional a ésta, solamente podrá ser regada por bombeo e incluso rebombeo.

Finalmente, se tomó en consideración el proporcionar auxilio en épocas de estiaje a las zonas bajo riego aguas abajo de la presa El Corcovado, localizadas en el estado de Colima. Este auxilio será del orden de 48.5 M m³; incluidos retornos de riego, quedando con esto controlado este río en su totalidad y sin arrojar volúmenes de agua o excedentes al mar.

I.C.- SOLUCION AL PROBLEMA.

Por lo anterior, se tiene la necesidad de construir la presa Trigomil, ya que hay la factibilidad de incorporar al riego 8,636 ha con tierras de buena calidad, clasificándolas según su actitud agrícola de 1a. a 6a. clase, siendo factores determinantes la textura superficial, permeabilidad, relieve, salinidad, drenaje superficial, manto freático elevado y tendencia al encharcamiento.

Con base a lo anterior, los suelos de 1a. cubren una superficie de 3,643 ha (19.9%), los de 2a. 9,506 ha (52.1%), de 3a. 5,115 ha (28.00%), algunas de las cuales se encuentran como se mencionó anteriormente con riego por bombeo.

El almacenamiento de la presa Trigomil es suficiente para garantizar las demandas de gasto y poder regar la superficie citada con riego por gravedad.

La cortina de la presa está diseñada con una altura de 100 m, una longitud de 220 m y una capacidad de 324 millones de metros cúbicos.

Para que el sistema tenga un funcionamiento adecuado se han revestido canales principales y en zona de riego, construido estructuras, excavado drenes y establecido caminos de servicios e intercomunicación.

producción agrícola posible en función al rendimiento y el decremento del costo de producción por hectárea.

I.C.2.1.- SITUACION ACTUAL.

La situación actual en la unidad El Grullo - Autlán y su ampliación, presentan dos formas de explotación agrícola; una bajo riego y otra en condiciones de temporal.

Bajo condiciones de riego se explotan 9,648 ha en dos ciclos agrícolas; el Otoño-Invierno con 2,957 que conforma el 30.6% de superficie, el Primavera-Verano en 1,007 ha representando el 10.4% de superficie y cultivos perennes en una superficie de 5,684 ha aunando el 59% restante.

El ciclo Otoño-Invierno tiene como cultivo predominante el maíz con 1,895 ha, formando el 64.1% de la superficie de este ciclo, le siguen en orden de importancia el sorgo en 377 ha. (12.8%), el melón en 295 ha (10.0%), tomate de cáscara en 168 ha (5.7%), sandía en 96 ha (3.2%), jitomate en 91 ha (3.0%), cártamo en 21 ha y el frijol en 14 ha (1.2% para los dos cultivos).

En el ciclo Primavera-Verano se manejan 1,007 ha de las cuales el sorgo ocupa 474 ha representando el 47.1%, el tomate de cáscara en 403 ha aunando el 40% y finalmente el maíz bajo una superficie de 130 ha, señalando el 12.9% sobre el total del ciclo.

La superficie más importante es la ocupada por los cultivos perennes, entre los cuales sobresale la caña de azúcar que ocupa el 93.8% de esta superficie con 5,331 ha y el 55.2% de la superficie total bajo riego. Se encuentra igualmente 208 ha con mango

(93.7%), limón en 91 ha (1.6%) y alfalfa en 54 ha (0.9%) sobre el total de superficie con cultivos perennes.

Se encontraron además, segundos cultivos en 457 ha, siendo el más importante el maíz con 264 ha, el arroz en 173 ha y el sorgo en 20 ha, representando el 57.8%, 37.8% y el 4.4% respectivamente.

Los rendimientos encontrados bajo condiciones de riego no son optimos; sin embargo, el volumen de producción fue de 421,389 toneladas, de los cuales se destaca el cultivo de caña de azúcar con 399,829 toneladas, esto es el 94.9% del volumen total.

El valor de la producción en condiciones de riego es de \$1,237.51 millones de pesos, bajo costos de producción de \$969.2 millones, lo cual arroja una utilidad aparente de \$268.3 millones de pesos, de los cuales el ciclo Otoño - Invierno aportó \$106.8 millones, el ciclo Primavera - Verano \$12.5 millones, los segundos cultivos \$18.1 millones de pesos y los cultivos perennes \$130.9 millones de pesos, la utilidad por hectárea fue de \$26,551.45 millones.

La situación actual bajo condiciones de temporal, permite la existencia de 2 ciclos agrícolas; el de Primavera - Verano con 7,586 ha, los cuales conforman el 87.8% de la situación temporalera, y el de Otoño - Invierno con 776 ha, aunando el 9.0%, además de cultivos perennes en 274 ha representantes del 3.2%.

El ciclo fuerte temporalero, Primavera - Verano, contempla un patrón de cultivo con base en maíz (5,90b ha), sorgo forrajero(776 ha) y frijol (109 ha) los cuales representan el 77.8% , 10.5%, 10.3% y el 1.4% respectivamente en el ciclo.

El ciclo Otoño - Invierno de temporal compromete 616 ha de maíz, 104 ha de melón y 56 ha de sandía formando el 79.4%, 13.4% y el 7.2% en el orden acostumbrado sobre el total del ciclo.

Con respecto a los cultivos perennes bajo temporal, se tienen 104 ha de caña, 46 ha de mango, 36 ha de alfalfa y 16 ha de limón, las cuales conforman el 64.2%, 16.8%, 13.1% y el 5.9% de la superficie dedicada a perennes.

Los rendimientos bajo temporal distan de ser buenos, el volumen de producción es de 77,560.5 toneladas, de las cuales el sorgo forrajero, el maíz y la caña aportan el mayor volumen, destacando el primero con el 60% del volumen total temporalero (CUADRO 1-1 Y 1-2).

1.C.2.2.- SITUACION FUTURA.

Para la programación agrícola en situación futura se consideró básicamente el patrón de cultivos actuales, atendiendo a la experiencia de los productos de la zona, así como a los tipos de suelos existentes, con la variante de incorporar tres cultivos más, calabacita, chile y pepino.

Se manejarán igualmente dos ciclos agrícolas: el Otoño - Invierno con 7,693 ha y los cultivos de maíz (5,077 ha) cártamo (538 ha), frijol (461 ha), jitomate (539 ha), tomate de cáscara (154 ha), calabacita (230 ha), melón (463 ha) y la sandía (231 ha). Se consideró la tradición agrícola de los productores y la necesidad de granos básicos en la región, por lo que el mayor peso de superficie se carga al cultivo de maíz con el 66%. Los restantes cultivos representan el 7%, 6%, 7%, 2%, 3%, 6%, y 3% respectivamente.

Para el ciclo Primavera - Verano se proponen cultivos en 3,296 ha manejando un patrón con base en maíz (1,672 ha), sorgo (989 ha), chile (99 ha), pepino (131 ha) y arroz (400 ha) tomando el 50.8%, 30.1%, 3.1%, 4.0% y el 12.1 en el orden acostumbrado.

La superficie propuesta para cultivos perennes será de 7,275 ha, destacando la caña de azúcar con 6,500 ha, siendo en orden de importancia el mango en 458 ha, limón en 246 ha y la alfalfa en 71 ha. En forma porcentual representan el 89.3%, 6.3%, 3.4% y el 1%. Se proponen además 3,077 ha de segundos cultivos con 2,203 ha de maíz (71.2%) y sorgo en 874 ha (28.8%).

Para el caso de que los rendimientos propuestos sean alcanzados, el volumen de producción ascenderá a 813,133 toneladas, de las cuales la caña de azúcar seguirá siendo el principal aportador con 715,000 toneladas o sea el 87.9% sobre el total (VER CUADRO I-3).

I.C.3.- PRESUPUESTO TENTATIVO.

El costo aproximado de la presa "TRIGOMIL", asciende a 5'006,584 miles de pesos a precios de Junio de 1984 programándose su realización a dos años; el desglose del presupuesto se puede apreciar en el cuadro I-4.

De las obras que complementan la rehabilitación y ampliación de la unidad de riego, solamente se encuentra concluida y operando la presa derivadora denominada "El Corcovado", y las restantes obras se encuentran en etapa de construcción.

Entre los trabajos que se están realizando al canal principal, se tiene programado a concluirse en dos años, los sistemas de distribución, drenaje y caminos, así como las obras complementarias en cuatro años y la planta de bombeo en los dos últimos años del programa de inversiones.

En las obras mencionadas anteriormente se han invertido \$2'454,828 miles de pesos y para la terminación del proyecto se tienen programados \$10'056,317 miles de pesos a invertirse en cuatro años, de los cuales \$2'317,500 corresponden al primer año, \$4'515,765 al segundo, \$1'755,867 en el tercero y \$1'467,185 en el cuarto año, costos en los cuales se encuentran incluidos: ingeniería y administración, indemnizaciones, asistencia técnica, adquisición de materiales y la maquinaria y equipo de conservación.

I.C.4.- INVERSIONES.

El costo total del proyecto incluye las inversiones erogadas hasta el año 1984 y las inversiones que faltan por ejercer en 1985 para la terminación total de las obras. El

importe erogado hasta 1984 fué de \$2'454,828 miles de pesos a precios corrientes y el importe faltante será del orden de \$10'056,317 miles de pesos a precio de junio de 1984.

I.C.4.1.- INVERSIONES EJERCIDAS.

Los costos erogados hasta el año de 1984 han sido los siguientes: presa derivadora con un importe de \$2,065; canal principal \$1'227,876; sistema de distribución \$321,253; sistema de drenaje \$94,591; sistema de caminos con un importe de \$94,097; adquisición de equipo de maquinaria y equipo de conservación por \$ 6,990; indemnizaciones por afectación con un monto de \$440,137, ingeniería, administración y adquisición de materiales con un monto de \$440,137 y \$150,446 respectivamente. En total se erogó \$2'454,828 a precios corrientes (todas las cantidades son en miles de pesos).

I.C.4.2.- INVERSIONES POR EJERCER.

El faltante de las obras para poder concluir el proyecto, se iniciaron el 1985, considerándose un periodo de construcción restante en cuatro años, pero hasta la fecha no concluida, con un importe total de \$ 10'056,317 miles de pesos a junio de 1984.

I.C.5.- BENEFICIOS.

Se describe una relación de los beneficios obtenidos actualmente y los beneficios futuros, al término de la obra.

I.C.5.1.- SITUACION ACTUAL.

La situación actual en la unidad El Grullo - Autlán contempla 9,648 ha físicas bajo riego y 8,636 bajo temporal, con un valor de producción total de \$1,803.4 millones, con costos de producción del orden de \$454.04 millones. La utilidad aparente por hectárea es de \$24,832.85 (VER CUADRO I-1 Y I-2).

I.C.5.2.- SITUACION FUTURA.

El volumen de producción se incrementará sensiblemente, como efecto de la incorporación al riego de las superficies temporales y de una mejora en los sistemas de distribución de agua redundando igualmente en los rendimientos esperados.

La situación futura permitirá obtener un valor de producción de \$3,825.8 Millones bajo costos de producción de \$1,424.0 Millones lo cual permite deducir una utilidad aparente de \$2,401.8 Millones, con una utilidad por hectárea de \$131,501.73 miles anuales (VER CUADRO I-3).

I.C.6.- EVALUACION ECONOMICA POR EL METODO "BENEFICIO - COSTO".

El método utilizado se deriva de la teoría beneficio-costo, la cual permite el análisis de los siguientes indicadores; valor presente neto, relación beneficio-costo y tasa interna de retorno.

Para este análisis se tomó en consideración un horizonte de planeación de 50 años; el horizonte de construcción faltante se considera de cuatro años.

1.C.6.1.- FLUJO DE COSTOS.

Los conceptos que intervienen en este análisis son los costos de inversión que faltan por ejercer (precios a junio de 1984) la distribución anual será de: 2,303,100; 4,843,365; 1,483,816; 812,396 miles de pesos para el primero, segundo, tercero y cuarto año respectivamente.

Las inversiones que faltan por ejecutarse son las siguientes: la presa Trigomil será construída en el año 1 y 2 con una inversión de 1,502,000 y 3,504,564 miles de pesos respectivamente; las obras básicas contemplan los costos del canal principal, sistema de distribución, drenaje, caminos, siendo éstos de 339,700; 404,463; 936,393; 492,938 miles de pesos para los años 1, 2, 3 y 4; en el orden acostumbrado.

Las plantas de bombeo tendrán un costo de 130,000 y 507,000 M de pesos, en el año 1 y 2, la reposición del equipo será de \$32,500 y \$126,750 miles cada diez años.

Las obras complementarias igualmente se manejaran en cuatro años, correspondiendo para los años 1 y 2 un valor de \$7,800 Millones cada uno, para el año tres será de \$10,000 Millones y de 8,000 Millones para el año 4.

La maquinaria y equipo de conservación tendrá una erogación de \$65,000 Millones para el año 1 y 2 y de \$70,500 Millones para el tercer año, en tanto que para el cuarto año será de \$30,374 Millones, la reposición se realizará a cada cinco años con valor de \$11,700, 11,700, 16,290 y 5,467 miles de pesos.

Para el concepto de indemnización se estimó una erogación de 15,600, 15,600, 6,500 y 7,211 miles de pesos para los años del 1 al 4 respectivamente.

Se consideró los costos de operación, mantenimiento, conservación y asistencia técnica por un monto de 12,900, 100,818, 247,455 y 155,162 miles de pesos para los primeros cuatro años, siendo fija hasta la culminación del horizonte de planeación en 234,020 miles de pesos a partir del quinto año.

Finalmente se consideró ingeniería, administración y adquisición de materiales por un valor de 230,100; 230,100; 192,968 y 168,711 miles de pesos durante los primeros cuatro años (Ver cuadro I-6).

I.C.6.2.- FLUJO DE BENEFICIOS.

El flujo de beneficios es la substracción de la situación actual a la situación futura comprometerá beneficios por 1 268,729, 1 529,833, 2 038,615, 2 236,440 miles de pesos en los años del 1 al 4, y a partir del quinto año y hasta el final del horizonte será de 2 401,748 miles de pesos.

El flujo neto ascenderá a 814,685; 1 075,789, 1 584,571 y 1 782,396 miles de pesos en los años 1, 2, 3 y 4 respectivamente, en tanto que en el quinto año será de \$ 1 947,704 miles y permanecerá constante a lo largo del horizonte (Ver cuadro I-7 y I-8).

1.C.6.3.- RESULTADOS DE LA EVALUACION ECONOMICA.

Los resultados obtenidos en la evaluación económica con los flujos de costos y beneficios, y utilizando tasas de descuento del 15, 20, 25, 30 y 35% arrojó una tasa interna de retorno del 22.88% la cual muestra claramente la rentabilidad de éste proyecto (ver cuadro I-9).

**PROYECTO DE REHABILITACION Y AMPLIACION DE LA UNIDAD
AUTLAN - EL GRULLO
DEL DISTRITO DE RIEGO No. 94, JAL.
SITUACION ACTUAL EN CONDICION DE RIEGO**

CULTIVO	SUPERF.	RENDIM.	PRODUCC.	PRECIO M.	VALOR DE LA	COSTO UNIL.	COMO TOTAL	BENEFICIOS
	HAS	TON/HAS	TON	€/TON	PRODUCCION	€/TON	€/PRODUCC.	€/€
OTONO - INVIERNO	2,957				339'035,974		653'747,967.0	106'846,007.0
FRUJOL	14	0.0	11.3	44,000	492,800	14,195.00	490,400.0	12,390.0
MAIZ	1,095	3.2	6,064.0	33,500	172'834,000	51,973.00	33'493,340.0	74'325,650.0
SOYAS	377	2.9	1,055.6	21,000	22'167,400	50,496.00	19'016,992.0	3'150,408.0
TONATE DE CASCARA	168	7.0	1,176.0	15,000	17'640,000	31,760.00	18'345,400.0	1'294,600.0
JITONATE	91	7.0	637.0	27,000	17'199,000	170,270.00	15'494,570.0	1'704,430.0
SANDIA	36	7.0	252.0	13,160	12'204,664	109,200.00	10'456,000.0	1'748,664.0
MELON	590	7.0	4,130.0	23,914	47,333,050	50,673.00	31'798,005.0	23'535,045.0
CARTAMO	21	0.3	15.5	38,500	727,450	13,700.00	604,500.0	123,000.0
PRIMAVERA - VERANO	1,007				73'230,230		65'739,454.0	12'490,776.0
MAIZ	130	3.0	454.0	33,500	14'073,000	51,150.00	8'464,700.0	7'464,600.0
SOYAS	474	2.9	1,327.2	21,000	27'871,000	50,496.00	23'325,104.0	3'545,896.0
TONATE DE CASCARA	403	6.0	2,418.0	15,000	36'270,000	31,550.00	34'679,450.0	1'590,550.0
SEGUNDOS CULTIVOS	457				41'465,460		23'366,114.0	15'099,346.0
ARROZ	172	2.3	397.9	29,400	11'699,260	46,059.00	8'214,034.0	3'484,226.0
MAIZ	244	3.2	1,033.2	29,500	23'591,300	53,150.00	14'045,160.0	14'543,040.0
SOYAS	20	2.9	58.0	21,000	1'176,000	50,496.00	1'029,400.0	466,600.0
PERENNES	5,634				627'231,000		697'361,695.0	130'846,305.0
CANA	5,321	75.0	399,825.0	2,000	799'650,000	126,375.00	673'173,025.0	126'477,975.0
ALFALFA	34	55.0	2,970.0	3,000	8'910,000	114,067.00	5'159,619.0	2'750,381.0
RAMOS	203	4.0	812.0	15,000	12'180,000	57,720.00	12'025,760.0	474,240.0
LITON	91	4.0	364.0	17,000	6'188,000	55,212.00	5'024,360.0	1'163,640.0
TOTAL	12,125				1,237'527,634		1,097'225,232.0	260'302,404.0

CUADRO I-1

**PROYECTO DE REHABILITACION Y AMPLIACION DE LA UNIDAD
AUTLAN - EL GRULLO
DEL DISTRITO DE RIEGO No. 94, JAL.
SITUACION ACTUAL EN CONDICION DE TEMPORAL**

CULTIVOS	SUPER. HAS	RENDIA. TON/HAS	PRODUCC. TON	FRECIA. N. A/TON	VALOR DE LA PRODUCCION \$	COSTO UNIC. DE PRODUCC. \$/HA	COSTO TOTAL DE PRODUCC. \$	UTILIDAD APARENTE \$
PRIMAVERA - VERANO	7,536				475'575,400.0		343'332,837.0	132'242,563.0
MAIZ	5,906	2.2	12,993.2	26,500.00	332'005,200.0	41,133.0	242'673,468.0	127'433,732.0
SORGO - GRANO	295	2.2	1,749.0	21,000.00	34'723.00.0	40,559.0	13'104,255.0	3'665,745.0
SORGO FORRAJERO	776	28.0	46,560.0	1,400.00	15'164,000.0	58,465.0	33'104,896.0	25'999,104.0
FRUJOL	185	8.7	76.0	44,000.00	3'047,200.0	28,803.0	3'351,496.0	95,700.0
OTOÑO - INVIERNO	776				35'511,741.0		37'374,976.0	21'216,768.0
MAIZ	616	2.5	1,540.0	26,500.00	43'130,000.0	44,723.0	15'705,064.0	13'164,905.0
HELON	104	4.0	416.0	22,924.00	9'536,114.0	64,105.0	6'667,000.0	2'669,114.0
SANDIA	56	5.0	280.0	16,166.00	5'265,360.0	37,805.0	4'622,650.0	162,680.0
PERENNES	274				24'946,000.0		34'515,644.0	7'330,056.0
NANGO	46	3.0	136.0	15,000.00	2'270,000.0	43,600.0	3'014,000.0	55,200.0
LINDO	16	3.0	48.0	17,000.00	516,000.0	48,122.0	673,952.0	142,846.0
ALFALFA	36	40.0	1,440.0	3,000.00	4'100,000.0	75,567.0	3'375,212.0	1'414,788.0
CAÑA	176	70.0	12,320.0	2,000.00	24'640,000.0	107,600.0	15'921,660.0	5'668,320.0
TOTAL	8,626				565'934,144.0		360'192,707.0	155'741,437.0

CUADRO I-2

**PROYECTO DE REHABILITACION Y AMPLIACION DE LA UNIDAD
AUTLAN - EL GRULLO
DEL DISTRITO DE RIEGO No. 94, JAL.
SITUACION FUTURA**

CULTIVO	SUPER. CULTIVO. HAS	RENDIM. TON/HAS	PRODUCC. TON	FRECIO M. RURAL \$/TON	USO DE LA PRODUCCION %	COSTO UNIT. DE PRODUCC. \$	COSTO TOTAL DE PRODUCC. \$	BENEFICIOS OBTENIDOS \$
OTOÑO - INVIERNO	7,693				1,394'842,344		539'435,522	804'553,462
MAIZ	5,077	4.50	22,847	28,500	651'125,250	54,604	277'224,509	373'902,742
CARTAMO	536	1.70	915	38,500	35'232,100	33,870	15'222,050	16'550,240
FRIJOL	461	1.50	692	44,000	30'426,000	41,315	19'045,215	11'379,785
Jitomate	539	25.00	13,475	27,000	363'525,000	323,520	152'272,250	211'252,750
TOMATE DE CASACA	154	15.50	2,387	15,000	35'155,000	112,621	18'624,250	12'500,750
CALABACITA	230	8.00	1,840	24,167	44'467,200	120,640	27'730,200	16'674,000
MELON	483	14.50	6,714	22,324	150'900,274	182,423	47'421,849	105'478,433
SANDIA	251	20.00	4,620	15,162	51'908,440	120,920	25'125,520	55'282,920
PRIMAVERA - VERANO	3,296				473'600,272		189'251,865	284'348,205
MAIZ	1,677	5.50	8,652	28,500	251'540,650	56,220	94'250,940	159'289,710
SORGO	593	4.50	4,451	21,000	35'400,500	54,100	23'504,500	39'905,500
CHILE	96	6.00	792	65,600	35'120,200	56,760	5'575,240	45'545,960
PEPINO	121	16.50	2,162	11,415	24'675,225	33,545	18'944,725	13'730,500
ARROZ	400	4.00	1,600	29,400	47'040,000	52,605	21'042,000	25'998,000
SEGUNDOS CULTIVOS	3,077				415'355,150		174'126,060	244'229,090
MAIZ	2,203	5.50	11,676	28,500	332'763,150	56,220	123'952,620	208'810,430
SORGO	874	4.50	3,933	21,000	82'592,000	54,100	47'283,400	35'308,600
PERENNES	7,523				1,542'755,000		474'037,849	1,068'717,151
NAPO	458	5.00	2,294	15,000	54'960,000	69,900	23'014,200	22'945,800
LINDO	346	10.00	3,460	17,000	41'220,000	70,752	17'404,992	24'415,008
ALFALFA	71	75.00	5,325	3,000	15'975,000	123,657	9'780,357	7'194,643
CANA DE AZUCAR	6,500	110.00	715,000	2,000	1,430'000,000	63,975	415'037,500	1,014'962,500
TOTAL	21,341				3,225'768,547		1,424'050,659	2,401'747,708

CUADRO I-3

PRESA TRIGOMIL, JAL.
C O R T I N A
PRECIOS DE JUNIO DE 1984

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	IMPORTE
DESMONTE, DEGRAPAJE Y DES- VERJE. CON PROPOSITOS DE CONSTRUCCION.	HA	15.47	29,715.40	459,744.80
EXCAVACION EN CUALQUIER MATERIAL, EXCEPTO Poca PARA EL DESPLANTE DE LA CORTINA, CON ACAPFEO LIBRE DE 1 Km.	m3	2,797	458.45	1,280,445.65
EXCAVACION EN Poca PARA AJUSTAR LAS ESTRUCTURAS.	m3	25,168	535.26	13,372,662.00
COLOCACION DE FIERRO DE REFUERZO.	Kg	92,029	22.26	2,049,775.2
CARGA, DESCARGA Y ACAPFEO EN EL PRIMER Km DE:				
CEMENTO EN SACOS.	TON	115,319	1,365.20	157,442.72
FIERRO DE REFUERZO	TON	92	1,365.20	125,605.76
SOBRECARRO DE FIERRO DE REFUERZO EN LOS 1m SUBSE- CUENTES AL PRIMERO.	TON-Km	13,800	31.65	436,654.95
SOBRECARRO DE CEMENTO EN SACOS EN LOS Km SUBSECUEN- TES AL PRIMERO (150 Kg).	TON-Km	17,297,850	31.65	547,476.95
<u>ADQUISICIONES</u>				
CEMENTO	TON	115,319	6,750	778,392.30
FIERRO DE REFUERZO	TON	92	78,000	7,176,000.00
INGENIERIA Y ADMON. (10%)				385,777
S U B - T O T A L				4,353,551
IMPREVISTOS (15%)				653,033
COSTO TOTAL				5,006,584

**PROYECTO DE REHABILITACION Y AMPLIACION DE LA UNIDAD
DE RIEGO AUTLAN - EL GRULLO, JAL.
PROGRAMA DE INVERSIONES**

(MILES DE PESOS)

CONCEPTO	EJECUTADO HASTA 1984	PROGRAMADO 1985	INVERSIONES A PRECIOS DE JUNIO DE 1984			IMPORTE TOTAL 1986-1988
			1986	1987	1988	
PRESA DE ALMACENAMIENTO.	-	1'582.000	3'504.584	-	-	3'504.584
PRESA DE DERIVACION.	2.065	-	-	-	-	-
CANAL PRINCIPAL.	1'227.876	65.000	59.800	-	-	59.800
SISTEMA DE DISTRIBUCION.	321.253	250.000	308.263	917.968	400.064	1'634.295
SISTEMA DE DRENAJE.	94.591	13.000	13.000	16.900	13.000	42.900
SISTEMA DE CANINOS.	94.097	11.700	23.400	1.525	21.874	46.800
PLANTAS DE BOMBEO.	-	-	-	130.000	507.000	637.000
OBRAS COMPLEMENTARIAS.	115.344	7.800	7.800	10.000	8.000	25.000
MAQUINARIA Y EQUIPO DE CONSERVACION.	65.000	65.000	65.000	90.500	30.374	235.874
INDENIZACIONES POR AFECTACION DE OBRAS.	7.829	15.600	15.600	6.500	7.211	29.311
INGENIERIA Y ADMINIS- TRACION.	440.137	214.500	214.500	186.468	161.500	563.468
ADQUISICION DE MATERIALES.	150.446	160.000	195.000	140.550	104.000	447.550
OPERACION, MANTIENI- MIENTO, CONSERVACION Y ASISTENCIA TECNICA.	6.990	12.900	100.810	247.455	155.162	511.435
T O T A L :	2'454.028	2'317.500	4'515.765	1'755.067	1'467.185	7'738.017

CUADRO I-5

PROYECTO AUTLAN EL GRULLO
 FLUJO DE BENEFICIOS
 (Miles de pesos)

~ AÑO	SITUACION ACTUAL	SITUACION FUTURA	FLUJO NETO DE BENEFICIOS
0	454,044	454,044	0
1	454,044	1' 269,723	814,679
2	454,044	1' 529,633	1' 074,589
3	454,044	2' 036,615	1' 584,571
4	454,044	2' 236,440	1' 782,396
5	454,044	2' 401,748	1' 947,704
6	454,044	2' 401,748	1' 947,704
7	454,044	2' 401,748	1' 947,704
8	454,044	2' 401,748	1' 947,704
9	454,044	2' 401,748	1' 947,704
10	454,044	2' 401,748	1' 947,704
11	454,044	2' 401,748	1' 947,704
12	454,044	2' 401,748	1' 947,704
13	454,044	2' 401,748	1' 947,704
14	454,044	2' 401,748	1' 947,704
15	454,044	2' 401,748	1' 947,704
16	454,044	2' 401,748	1' 947,704
17	454,044	2' 401,748	1' 947,704
18	454,044	2' 401,748	1' 947,704
19	454,044	2' 401,748	1' 947,704
20	454,044	2' 401,748	1' 947,704
21	454,044	2' 401,748	1' 947,704
22	454,044	2' 401,748	1' 947,704
23	454,044	2' 401,748	1' 947,704
24	454,044	2' 401,748	1' 947,704
25	454,044	2' 401,748	1' 947,704
26	454,044	2' 401,748	1' 947,704
27	454,044	2' 401,748	1' 947,704
28	454,044	2' 401,748	1' 947,704
29	454,044	2' 401,748	1' 947,704
30	454,044	2' 401,748	1' 947,704

CUADRO I-7

PROYECTO ATILAN EL GRULLO
FLUJO DE BENEFICIOS
(Miles de pesos)

~ ANO	SITUACION ACTUAL	SITUACION FUTURA	FLUJO NETO DE BENEFICIOS
21	454,844	2' 401,743	1' 947,704
22	454,844	2' 401,743	1' 947,704
23	454,844	2' 401,743	1' 947,704
24	454,844	2' 401,743	1' 947,704
25	454,844	2' 401,743	1' 947,704
26	454,844	2' 401,743	1' 947,704
27	454,844	2' 401,743	1' 947,704
28	454,844	2' 401,743	1' 947,704
29	454,844	2' 401,743	1' 947,704
30	454,844	2' 401,743	1' 947,704
31	454,844	2' 401,743	1' 947,704
32	454,844	2' 401,743	1' 947,704
33	454,844	2' 401,743	1' 947,704
34	454,844	2' 401,743	1' 947,704
35	454,844	2' 401,743	1' 947,704
36	454,844	2' 401,743	1' 947,704
37	454,844	2' 401,743	1' 947,704
38	454,844	2' 401,743	1' 947,704
39	454,844	2' 401,743	1' 947,704
40	454,844	2' 401,743	1' 947,704
41	454,844	2' 401,743	1' 947,704
42	454,844	2' 401,743	1' 947,704
43	454,844	2' 401,743	1' 947,704
44	454,844	2' 401,743	1' 947,704
45	454,844	2' 401,743	1' 947,704
46	454,844	2' 401,743	1' 947,704
47	454,844	2' 401,743	1' 947,704
48	454,844	2' 401,743	1' 947,704
49	454,844	2' 401,743	1' 947,704

CUADRO I-8

PROYECTO AUTLAN-EL GRULLO, JAL.

PRESA TRIGOMIL

INDICADORES ECONOMICOS

(MILES DE PESOS)

TASAS	U.P.R.	U.P.C.	U.P.N.	B/N	T.L.R.
15	9'559,222	7'187,650	2'371,572	1.33	
20	6'581,400	6'066,167	515,241	1.00	22,88
25	4'050,081	5'236,079	- 377,990	0.93	
30	3'755,143	4'505,509	- 830,366	0.82	
35	2'999,863	4'050,154	- 1'050,291	0.74	

CUADRO I-9

CAPITULO II

ESTUDIOS TECNICOS DE FACTIBILIDAD Y ELECCION DEL TIPO DE PRESA

II.A.- FACTIBILIDAD HIDROLOGICA.

El presente análisis tiene por objeto determinar la factibilidad técnica hidrológica de construir la presa Trigomil sobre el río Ayuquila, en el estado de Jalisco, con el fin de incrementar el dominio de la superficie actual de riego, esto con base en el uso potencial del suelo de la zona.

Para este propósito se procedió a realizar el análisis hidrométrico del río Ayuquila y de esta forma rehacer el régimen virgen de escurrimiento hasta la presa Tacotán y conocer las aportaciones en los tramos Tacotán - Corcovado, Trigomil - Corcovado y Tacotán - Trigomil, tomando como base los datos observados en las estaciones hidrométricas Tacotán, Tacotán II, Tacotán D.A. y El Corcovado.

II.A.1.- PRECIPITACIONES MEDIAS.

Para poder generar las aportaciones al tramo Tacotán - Trigomil se procedió a determinar mediante el método de los polígonos de Thiessen en un periodo de 38 años (1943-1980), los valores de precipitación media para la cuenca del río Ayuquila hasta la presa Tacotán, así como para las cuencas parciales de los tramos Tacotán - El Corcovado y del tramo Tacotán - Trigomil, encontrándose precipitaciones medias anuales de:

Presa Tacotán..... 870 mm.

CUENCAS PARCIALES.

Tacotán - Corcovado..... 802 mm.

Tacotán - Trigomil..... 805 mm.

II.A.2.- CLIMATOLOGIA.

Así mismo, para estimar los valores medios anuales de temperatura y precipitación en la zona de riego se consideraron los datos de las estaciones climatológicas Autlán y El Grullo, con un periodo de 33 años (1948-1980), obteniéndose un valor promedio aritmético de 23.8 C para la temperatura y de 745.3 mm para precipitación (ver cuadro II-1 Y II-2).

II.A.3.- REGIMEN DE ESCURRIMIENTO.

El escurrimiento hasta el sitio de la presa Tacotán se obtuvo de los datos observados en las estaciones Tacotán y Tacotán II en un periodo de 38 años (1945-1980) determinándose un escurrimiento anual de 184.4 M m³.

Para estimar la aportación en el tramo Tacotán - El Corcovado, se complementaron los datos de la estación El Corcovado con base en los de Tacotán, mediante una correlación de datos simultáneos de (1955-1980 a 1943-1980), obteniéndose un valor medio anual de escurrimiento de 158.3 M m³.

Una vez obtenidas las aportaciones del tramo Tacotán - El Corcovado se determinaron las respectivas para el tramo Tacotán - Trigomil, ponderando las áreas, precipitaciones y pendientes dentro de la cuenca general, correspondiendo un valor medio anual de 126.8 M m³.

En base a los aportes obtenidos de los tramos Tacotán - El Corcovado y Tacotán - Trigomil se obtuvo el aporte del tramo Trigomil - El Corcovado restando el segundo al primero, arrojando un resultado promedio anual de 31.4 M m³.

VOLUMENES ESCURRIDOS ANUALES

Al tramo Tacotán 184.4 M m³.

Tacotán - El Corcovado 158.3 M m³.

Tacotán - Trigomil 126.8 M m³.

Trigomil - El Corcovado 31.4 M m³.

En base al plan de cultivos manejado para el presente proyecto y considerando una eficiencia del 53%, se estimó una lámina bruta de 1.64 m.

La distribución mensual del patrón de cultivos es la siguiente:

DISTRIBUCION DE LA DEMANDA EN %

MES	DEMANDA
ENERO	8.60
FEBRERO	10.90
MARZO	12.30
ABRIL	11.40
MAYO	4.80
JUNIO	4.30
JULIO	6.40
AGOSTO	9.40
SEPTIEMBRE	8.60
OCTUBRE	9.00
NOVIEMBRE	6.80
DICIEMBRE	7.50
TOTAL	100.00
L.B.(m)	1.64
EFICIENCIAS (%)	53.00

Se procedió a la simulación del funcionamiento de la presa Tacotán así como de la presa Tacotán - El Corcovado y del sistema Tacotán - Trigomil.

Los resultados del funcionamiento para la presa Tacotán muestran que es posible dar riego a 9,512 ha con un porcentaje de aprovechamiento del 80%; del funcionamiento de la presa Tacotán en conjunto con el tramo Tacotán - El Corcovado, efectuado con el fin de establecer una comparación con los logros que acarrearía la construcción de la presa Trigomil, se obtuvo una superficie factible de riego de 13,372 ha alcanzando un porcentaje de aprovechamiento del 68.7%; finalmente, la simulación del sistema Tacotán - Trigomil se realizó variando la capacidad de conservación para la presa

Trigomil en un rango de 50 a 350 M m³, de los resultados obtenidos, el que presenta un máximo aprovechamiento de la corriente corresponde a una capacidad de 250 M m³, con la cual se podrán regar las 18,264 ha de proyecto.

Se consideró además, las necesidades de agua, para las zonas de riego establecidas en el estado de Colima, para lo cual se efectuó un análisis en el que se consideraron superficies de 18,264; 16,000; 14,427 ha para el proyecto Autlán - El Grullo.

Para dicho análisis se estimó que cuando la demanda media anual factible de proporcionar por el sistema sea mayor a los requerimientos, los volúmenes enviados a Colima serán la diferencia de estos en la época de estiaje de acuerdo a la distribución de la demanda en Autlán - El Grullo, considerando además los retornos de riego, estimados en un 20% de la demanda, de la nueva superficie en Autlán - El Grullo, los resultados de dicho análisis muestran que con la capacidad de conservación de 250 M m³ se puede auxiliar al edo. de Colima durante la época de estiaje, siendo considerado el caso en el cual se puede proporcionar un volumen de 48.5 M m³, incluidos los retornos de riego (ver cuadro II-3).

II.A.4.- AVENIDA MAXIMA PROBABLE.

El cálculo de la avenida máxima probable hasta el sitio de la presa Trigomil se realizó sin considerar la regulación en la presa Tacotán; y empleando diferentes métodos se obtuvo en promedio un gasto de 4,394 m³/s para un periodo de retorno de 10,000 años por lo que se aproximó dicho gasto a 5,000 m³/s.

El tránsito de la avenida máxima probable se efectuó considerando 75 m de longitud para la cresta vertedora, ya que no puede ser mayor debido a la geometría que presenta la boquilla, obteniéndose un gasto máximo de salida de 4,352.65 m³/s.

II.B.- GEOLOGIA DE LA BOQUILLA.

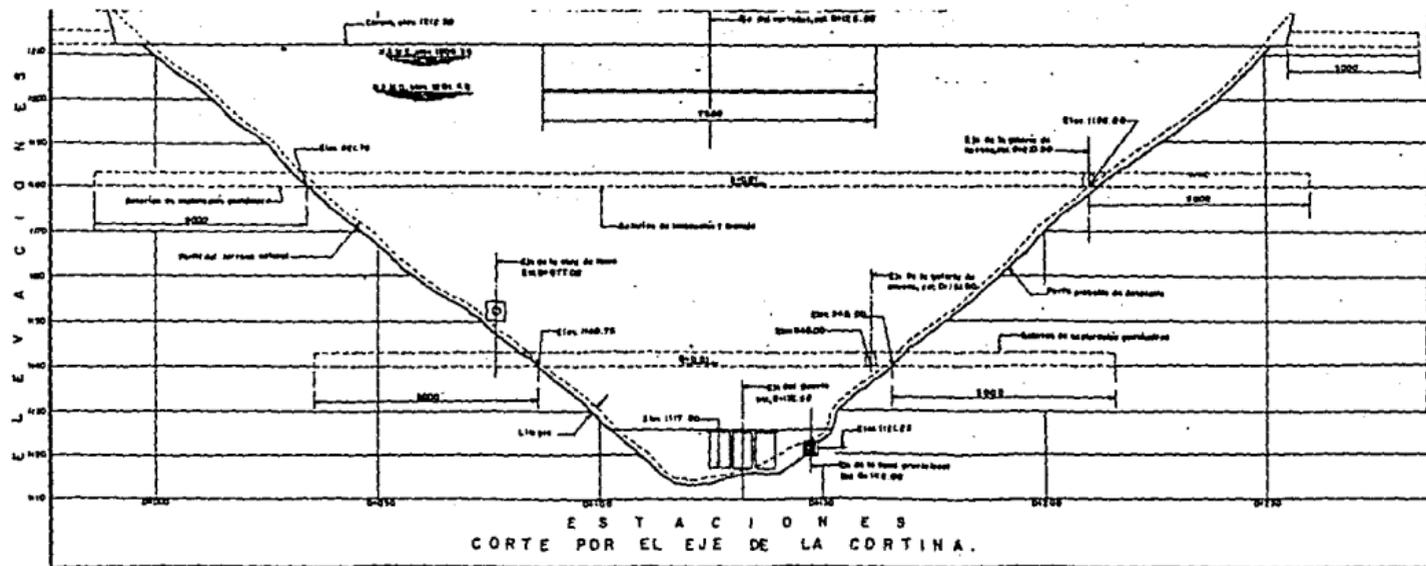
La roca en la que está labrada la boquilla "Trigomil", es de composición pórfido granítico sano con manifestaciones de alteración, de origen ígnea intrusiva y tiene las siguientes características:

Es de color gris rosado con disseminación de color ocre, su estructura es fenéctica y dentro los materiales observables son Oxidación con fierro-magnésico, así como alteración en feldespatos.

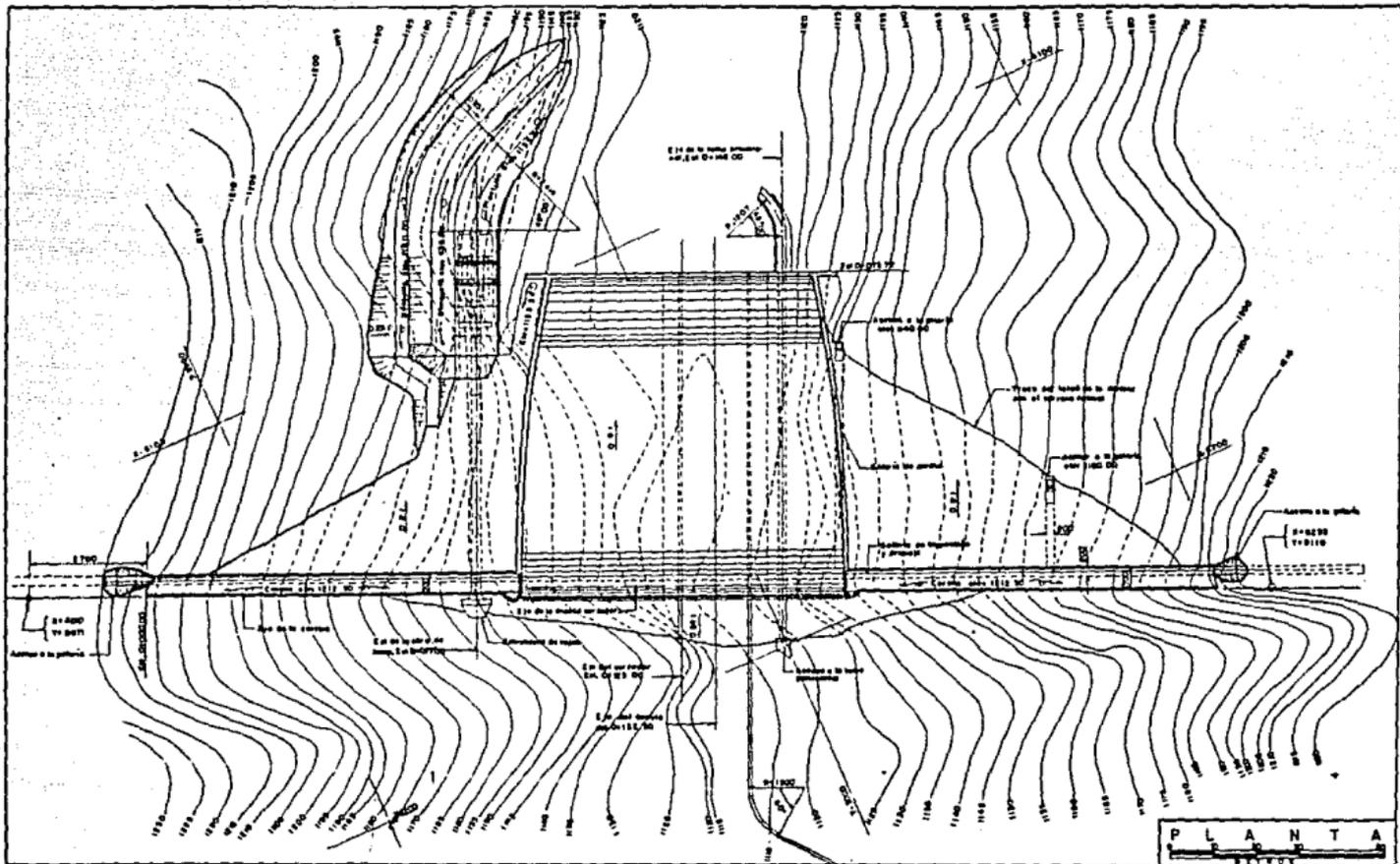
II.C.- TOPOGRAFIA DE LA BOQUILLA.

Se pudo disponer de las interpretaciones gráficas de las condiciones topográficas del sitio Trigomil, lo cual fué proporcionada por la Dirección General de Estudios, en donde se observa que tiene una elevación del lecho del cauce de 1,120 msnm. y la elevación de 1,210 msnm.

El relieve topográfico de la zona donde está enclavada la cortina de la obra presenta características "sui generis", aún cuando en todas las obras de este tipo se encuentran muchas similitudes, pero en el caso de "Trigomil", el área de la cortina es una boquilla estrecha del río con taludes en forma de "V" casi perfecta (Ver gráfica II-1 y II-2).



GRAFICA II-2 Tesis profesional VHOS.



GRAFICA II-3 Tesis profesional VHOS.

II.D.- SISMOLOGIA REGIONAL.

La región sobre la cual se ubica la boquilla de la presa "Trigomil", está considerada como zona sísmica, por tal motivo se consideró un factor por sismo de 0.17 para que de esta manera quede la obra dentro de los factores de seguridad.

II.E.- BANCOS DE MATERIALES.

Para el suministro de los agregados que se requieren para la construcción de la cortina, se localizaron dos bancos de materiales.

El banco de extracción de roca "El Piquete", se encuentra ubicado a un lado de la cortina, pero exactamente arriba y en la dirección del eje de la misma, siguiendo la ladera izquierda a una distancia aproximada al centro de gravedad del proyecto de 1 km, con un volumen aproximado de 1'000,000 de m³, clasificándose petrográficamente del tipo granítico.

El banco de materiales "Las Juntas", se encuentra localizado en la margen derecha del eje de la cortina, a una distancia aproximada de 2 km de distancia del centro de gravedad del proyecto.

El volumen aproximado de dicho banco es de 6'000,000 de m³, con una clasificación de tipo andesitas.

La extracción de estos materiales se llevará a cabo con explosivos, que serán triturados y clasificados posteriormente (Ver gráfica II-3).

II.E.1.- DESCRIPCION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LOS MATERIALES.

A.- Banco de Grava-Arena "Las Juntas".

1. Propiedades mecánicas de las Gravas.

a) Abrasión.

Pérdida de mat. en % a las 100 rev. 3.6

Pérdida de mat. en % a las 500 rev. 13.8

b) Módulo de finura. 7.11

Intemperismo Acelerado.

a) Pérdida de mat. en % 5.2

b) Reactividad álcali-Agregado. Inocuo (no reactivo)

2. Propiedades mecánicas de la Arena.

a) Módulo de finura. 2.79

Intemperismo Acelerado.

a) Pérdida de material en % 1.2

b) Reactividad álcali-agregado. Inocuo (no reactivo)

B.- Banco de Roca "El Piquete".

3. Propiedades mecánicas de la grava.

a) Abrasión.

Pérdida de mat. en % a las 100 rev. ... 2.6

Pérdida de mat. en % a las 500 rev. ... 11.2

Imperismo Acelerado

a) Pérdida de mat. en % 5.5

b) Reactividad álcali-agregado. Inocuo (no reactivo)

4. Propiedades mecánicas de la arena (Producto de la Trituración)

a) Módulo de finura. 3.56

Imperismo Acelerado

a) Pérdida de mat. en % 0.7

b) Reactividad álcali-agregado. Inocuo (no reactivo)

II.F.- ELECCION DEL TIPO DE PRESA.

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos procedió a la elección del tipo de cortina, considerando todos aquellos aspectos topográficos, hidrológicos, geotécnicos, disposición de materiales y costos, que determinan el diseño y características de este tipo de obra.

Al ser analizadas las condiciones de la boquilla y disponibilidad de materiales, se descartó la posibilidad de una presa del tipo de materiales graduados, debido a la escasez de arcilla en las zonas cercanas al sitio.

La boquilla es ideal para una cortina de tipo gravedad, además la localización del vertedor y la obra de toma fueron factores determinantes para la elección.

II.G.- DESCRIPCION DE LAS ESTRUCTURAS RELEVANTES DEL PROYECTO.

Una vez indicado el objeto para el cuál se ha planeado la construcción de la presa, es importante describir las principales obras que en conjunto forman la misma.

II.G.1.- CORTINA.

La cortina, que es objeto de este trabajo y su procedimiento constructivo, consiste en una estructura de sección de gravedad, construyéndose con la técnica llamada Concreto Compactado con Rodillo, (CCR).

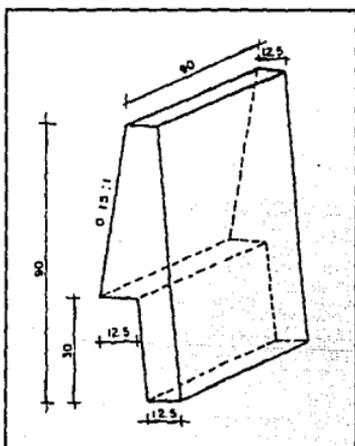
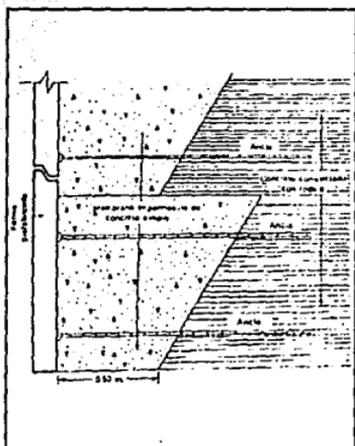
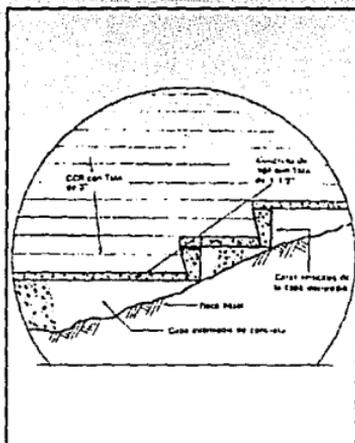
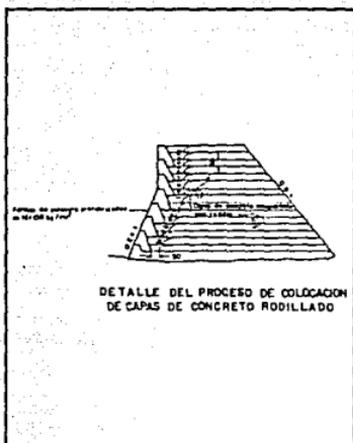
El concreto convencional de esta estructura suma 54,000 m³, por lo que del total de 415,000 m³, 361,000 m³, serán de Concreto Compactado con Rodillo, que equivale al 87% del volumen total.

La misma, tendrá una altura máxima de 100 m desde el desplante y una longitud de 260 m en la parte superior, y de 85.29 m en el sentido de la corriente en el lecho del río. Esta aloja en su estructura la obra de desvío, las obras de toma y el vertedor.

En algunas zonas como el desplante, la corona y las estructuras, se utilizará concreto convencional.

Los taludes tienen una pendiente de : Aguas arriba vertical hasta la elevación de 1,165 m sobre el nivel del mar (msnm), y de esta elevación hasta su desplante de 0.24:1; el

DETALLES CONSTRUCTIVOS

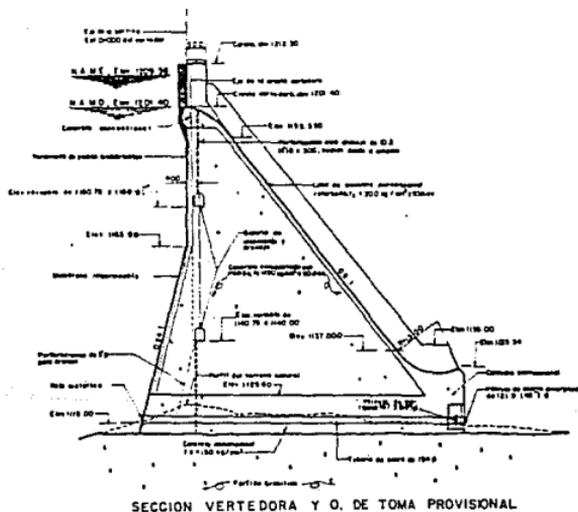


II.G.2.- VERTEDEDOR.

El vertedor, que es la estructura que libera los volúmenes de excedencias, se encuentra alojado al centro de la cortina, el tipo de éste es de cresta libre, con una longitud de cresta vertedora de 75.00 m, formada por un cimacio, canal de descarga sobre el talud de aguas abajo, muros de encauce y cubeta deflectora disipadora de energía.

Tanto la zona de la cresta vertedora como la cubeta deflectora, serán de concreto masivo convencional, en tanto la losa del canal de salida y los muros de encauce serán de concreto convencional reforzado, debidamente anclados en el CCR de la cortina.

Para el diseño del mismo se consideró un gasto de 3,540 m³/s, y 10,000 años de periodo de retorno, resultando una carga sobre la cresta vertedora de 7.96 m, obteniendo un gasto de descarga de 3,655 m³/s.



II.G.3.- OBRA DE TOMA PROVISIONAL.

Esta estructura se encuentra alojada en la margen derecha de la cortina, en la estación 0 + 149 del eje de la misma y a la elevación de 1,119 msnm.

El objetivo principal de esta obra es el no suspender en ningún momento el gasto necesario para cubrir los riegos de la zona El Grullo - Autlán.

Está diseñada para cubrir un gasto de 15.00 m³/s; consta de una tubería con longitud de 84.29 m, de 1.50 m de diámetro, una válvula de mariposa de 48" de diámetro y una válvula de chorro divergente de 66" de diámetro.

II.G.4.- OBRA DE DESVIO.

Esta estructura tiene como propósito el manejar el río en épocas de lluvias y durante las operaciones de colocación de tubería y válvulas en la toma provisional. consiste de tres conductos de sección rectangular, dos de 4.75 m y uno de 4.50 m de ancho, separados por dos pilas de concreto armado con una altura de 8.00 m y un espesor de 50 cm y se encuentra localizado al pie de la cortina en el lecho del río.

II.G.5.- OBRA DE TOMA DEFINITIVA.

La obra de toma definitiva se encuentra alojada sobre la margen izquierda de la cortina a la elevación de 1,151 msnm, la cual consta de una estructura de rejas en su acceso, tubería a presión de 48" de diámetro (d) y en la casa de máquinas una válvula de mariposa de 90" de d y en la vifurcación dos válvulas de mariposa de 54" de d y dos

II.G.6.- GALERIAS DE EXPLORACION.

Las galerías que se encuentran en las elevaciones 1,140 y 1,180 de ambas márgenes quedarán comunicadas entre sí con una galería que atravesará la Cortina y tendrá su acceso por el sector de aguas abajo.

Además estas galerías servirán para extraer los pequeños gastos de filtración que se tenga.

En la ladera o empotramiento de la cortina se excavaron 6 galerías, 3 en cada margen en las Elevaciones de 1,140; 1,180 y 1,212.3, las cuatro más bajas de 50 m de longitud cada una y las superiores de 30 m de longitud de la margen derecha y 15 m de longitud de la margen izquierda, la sección transversal de ésta es de tipo "Medio Punto", con dimensiones de 3.2 m de altura y 3.10 m de ancho con pendiente de 0.001 de fondo de la galería hacia la cortina. El objeto de esta galería de exploración geotécnica es para efectuar una serie de ensayos geotécnicos que permitan determinar las propiedades del esfuerzo-deformación de la roca e implementar equipo de instrumentación. Para estas pruebas se requiere contar con excavaciones de detalle denominadas "Nichos" y preparación de superficies "Lisas", además se efectuaron perforaciones de sondeo geotécnico que permitan por medio de un dispositivo de ensaye determinar propiedades de esfuerzo-deformación de la roca, utilizando Gato Goodman.

II.H.- DATOS GENERALES DEL PROYECTO.

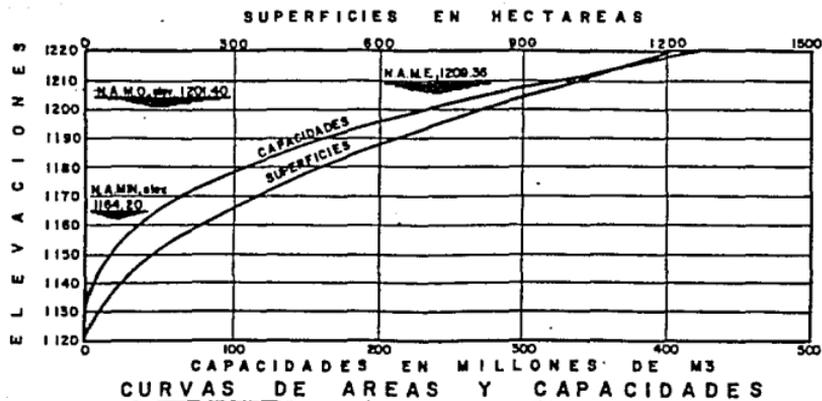
Al principio de este capítulo se han mencionado las características principales del río Ayuquila, también cómo se valoraron sus recursos naturales mediante los estudios hidrológicos por lo que a continuación enumeraremos los datos generales del proyecto, producto de los estudios realizados.

Capacidad total	324'000,000.00 m ³ .
Capacidad de conservación	250'000,000.00 m ³ .
Capacidad de superalmacenamiento	74'000,000.00 m ³ .
Capacidad de azolves	25'000,000.00 m ³ .
Elevación de la corona	1,212.30 m.
Elevación del NAME.....	1,209.36 m.
Elevación de la cresta vertedora.....	1,201.40 m.
Elevación del nivel mínimo de operación.....	1,164.20 m.
Elevación del umbral de la toma.....	1,151.50 m.
Longitud de la cresta vertedora.....	75.00 m.
Gasto máximo de entrada.....	4,600.00 m ³ /seg.
Gasto de diseño del vertedor.....	3,655.00 m ³ /seg.
Gasto de diseño de la obra de toma.....	30.00 m ³ /seg.
Gasto de diseño de la obra de toma prov.....	15.00 m ³ /seg.
Area de la cuenca Trigomil.....	997.90 km •

II.1.- CAPACIDAD DE LA PRESA.

Para determinar la capacidad de la presa, la Dirección de Hidrología de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, realizó una serie de estudios hidrológicos. Como resultado de estos estudios, se obtuvieron las capacidades en millones de m³ y el Area afectada en relación a la elevación.

ELEVACIONES	SUPERFICIE	CAPACIDAD
	(has.)	(Millones de m ³)
1120	0.33	0.01
1125	4.05	0.12
1130	21.08	0.75
1135	44.20	2.38
1140	71.58	5.27
1145	108.90	9.78
1150	149.03	16.23
1155	195.65	24.85
1160	248.05	35.94
1165	302.73	49.71
1170	359.48	66.27
1175	418.78	85.72
1180	480.53	108.20
1185	556.93	134.14
1190	640.58	164.07
1195	732.95	198.41
1200	838.50	237.70
1205	928.95	281.88
1210	1019.43	330.59



PROYECTO AUTLAN-EL GRULLO, JAL.
TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES EN LA ZONA DE RIEGO
PERIODO 1948 - 1988

M E S	TEMPERATURA MEDIA EN °C
ENERO	20.1
FEBRERO	21.8
MARZO	22.5
ABRIL	24.3
MAYO	26.1
JUNIO	26.6
JULIO	25.4
AGOSTO	25.4
SEPTIEMBRE	25.3
OCTUBRE	24.7
NOVIEMBRE	22.8
DICIEMBRE	20.9
MEDIA ANUAL	23.8

CUADRO II-1

NOTA : SE TOMARON LOS PROMEDIOS DEL PERIODO REGISTRADO EN LAS ESTACIONES
 AUTLAN Y EL GRULLO.

PROYECTO AUTLAN - EL GRULLO, JAL.

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL EN LA ZONA DE RIEGO (MM)

PERIODO 1948 - 1988

M E S	PRECIPITACION MEDIA MENSUAL (MM)	%
ENERO	21.2	2.844
FEBRERO	7.7	1.003
MARZO	6.9	0.926
ABRIL	7.9	1.060
MAYO	14.7	1.972
JUNIO	126.2	16.933
JULIO	183.0	25.554
AGOSTO	142.0	19.053
SEPTIEMBRE	126.7	17.000
OCTUBRE	70.4	9.446
NOVIEMBRE	20.9	2.804
DICIEMBRE	17.4	2.375
PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN MM	745.3	100 %

CUADRO II-2

NOTA : SE TOMARON PROMEDIOS ARITMETICOS DEL PERIODO REGISTRADO EN LAS ESTACIONES CLIMATOLOGICAS
AUTLAN Y EL GRULLO

PROYECTO AUTLAN - EL GRULLO, JAL.

RESULTADOS DE LA SIMULACION
DEL SISTEMA TACOTAN-TRIGOMIL

Lamina Bruta = 1.64 m
Eficiencia = 53 %
Sup. Actual = 9648 Ha

CAPACI. DE COSERO.	ALTURA DE CORTINA AL	SUP. FACTIBLE DE REGAR EN		SUPERFICIE FISICA DE PROYECTO (HA)											
		AUTLAN-EL GRULLO		18,264	16,890	14,427									
				VOLUMENES FACTIBLES DE EMVIAR AL ESTUDIO DE COLIMA EN											
		M3	HA	AUXILIO M3/AÑO	RETORNO DE RIEGO M3 / AÑO	SUP. POS. DE REGAR (AUX+RET) M3/AÑO	AUXILIO M3/AÑO	RETORNO DE RIEGO M3 / AÑO	SUP. POS. DE REGAR (AUX+RET) M3/AÑO	AUXILIO M3/AÑO	RETORNO DE RIEGO M3 / AÑO	SUP. POS. DE REGAR (AUX+RET) M3/AÑO			
50.0	55.35	266.9	16274	-	13.47	836	2.79	12.92	976	18.78	9.71	1769			
	63.50	278.2	16963	-	14.88	924	9.80	12.92	1411	25.79	9.71	2305			
100.0	67.83	286.5	17649	-	16.27	1011	14.94	12.92	1730	30.94	9.71	2525			
130.0	73.60	294.8	17976	-	16.94	1052	20.09	12.92	2050	36.08	9.71	2344			
150.0	77.28	299.6	18268	-	17.53	1089	23.06	12.92	2235	39.06	9.71	3029			
180.0	82.01	305.6	18634	3.76	17.52	1322	26.78	12.92	2466	42.78	9.71	3260			
200.0	84.94	309.8	18890	6.37	17.52	1484	29.39	12.92	2628	45.38	9.71	3422			
250.0	90.84	319.8	19500	12.57	17.52	1869	35.59	12.92	3013	51.58	9.71	3807			
300.0	96.37	325.6	19954	16.16	17.52	2092	39.18	12.92	3236	55.18	9.71	4038			
350.0	100.83	330.1	20128	18.95	17.52	2265	41.97	12.92	3409	57.97	9.71	4204			

1/ Considerando el 20% de la demanda en los meses de estiaje (noviembre-mayo), para la nueva superficie en Autlan-El Grullo.

Con relación a la elevación del lecho del cauce 1120 (m.s.n.m.)

CUADRO II-3

CAPITULO III

SELECCION DE ALTERNATIVAS

III.A.- POSIBLES METODOS CONSTRUCTIVOS.

Cuando se determina la construcción de las cortinas de las grandes presas, las primeras y más importantes decisiones que se deben tomar giran en torno al método más adecuado para emprender la obra y el tipo de materiales por utilizar. Gracias a la experiencia recopilada de la construcción convencional de cortinas, se sabe que la utilización de concreto o materiales graduados implica, en ambos casos, ventajas e inconvenientes en porcentajes similares. En cambio, la utilización del concreto compactado con rodillo, reúne las características deseables de los dos materiales, aumenta la eficiencia y reduce los costos de construcción, sin detrimento del funcionamiento y de la seguridad de las presas.

Por otro lado, los avances en el diseño, logrados gracias al desarrollo de métodos de análisis más confiables y a los adelantos tecnológicos que han hecho posible fabricar un equipo de construcción más potente, han tenido como consecuencia la construcción de cortinas de materiales graduados, cuyas alturas son cada vez mayores.

En teoría, el óptimo procedimiento constructivo se obtendrá al mínimo costo, al lograr conjuntar las ventajas que ofrece la construcción de ambos tipos de cortinas, de concreto y de materiales graduados. En la actualidad el uso del concreto CR, reúne tales ventajas.

Pero después de haber analizado en el capítulo anterior y llegado a la conclusión de construir una cortina de tipo gravedad, habiéndose descartado la posibilidad de construir una cortina flexible de materiales graduados, se plantearon dos alternativas para su proceso

constructivo, que son una cortina de concreto convencional o de concreto compactado con rodillos.

III.B.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS

A continuación enunciaremos las ventajas y desventajas en la construcción de una cortina de concreto convencional y una de concreto compactado con rodillos.

III.B.1.- CORTINA DE CONCRETO CONVENCIONAL.

VENTAJAS:

- El material es Homogéneo.
- Requiere menor volumen de Concreto.
- Los Materiales para la fabricación de Concreto son fáciles de almacenar.
- El Vertedor se encuentra alojado en el cuerpo de la cortina.
- Las Propiedades de Concreto son controladas.
- El Concreto resiste el Desbordamiento.

DESVENTAJAS:

- La temperatura y el secado ocasionan grandes cambios volumétricos.
- El proceso constructivo es semi contínuo y lento.

- La estructura por ser rígida, admite deformaciones mínimas en la cimentación.
- La inestabilidad dimensional del concreto convencional, provocada inicialmente por el proceso exotérmico de la hidratación del cemento.
- También expone severas limitaciones en el tamaño de monolitos, debido a la temperatura de hidratación.
- Se utilizan grandes cantidades de cimbra para las caras transversales.
- Sistema de enfriamiento, ya sea en la masa del concreto o en los materiales que la constituyen, causando demoras en la construcción, además de otros inconvenientes.

Ni el avance tecnológico en la construcción de inmensas dosificadoras de concreto han ayudado para el aumento del rendimiento, puesto que los factores limitantes son los descritos anteriormente y en consecuencia la eficiencia en el método constructivo ha ocasionado el incremento de los costos del concreto convencional.

III.B.2.- CORTINAS DE CONCRETO RODILLADO.

VENTAJAS:

- El CCR, requiere de menor contenido de cemento para obtener resistencias comparables a la de los concretos convencionales.
- Escasa posibilidad de que se produzcan fisuras por efecto térmico.
- Las filtraciones se reducen a lo largo del tiempo, debido a la calcificación y depósito de azolves en las juntas.

- Las obras de excedencia que han conformado parte de la cortina, reduciendo el área de trabajo.
- Incorporación de escalones en el vertedor para amortiguar la energía del agua, lo que da lugar a una cubeta de menor dimensión.
- Para la relación agua-cemento y la densidad, el CCR tiene una permeabilidad reducida, lo que lo hace ideal para condiciones de congelamiento y descongelamiento en climas extremos.
- El CCR es menos sensible a la graduación de los agregados ya que se puede utilizar en su forma natural con poco o ningún tratamiento y se obtienen buenos resultados.
- Además de grava-arena, se pueden usar finos inertes, cenizas volantes, puzolanas o limos.
- El agua de alguna crecida inesperada puede brincar la cresta de la presa durante la etapa de construcción con un mínimo de daños.
- Mezclado convencional o mezcladoras continuas.
- Más opciones en el transporte (bandas transportadoras, camiones de volteo, camionetas, etc).
- El extendido de capas se realiza con maquinaria usual de terracerías como motoconformadoras o bulldozers.
- La compactación con rodillo liso vibratorio.
- Eliminación de juntas frías para formar monolitos.

- El proceso constructivo permite una continuidad en la colocación obteniendo tiempos mínimos y costos menores.

DESVENTAJAS:

- Señala la necesidad de una cimentación rocosa o cuando menos un suelo firme.
- Métodos adecuados para interceptar filtraciones.

La mayor parte de los expertos tiene diferencias de criterio en los siguientes tres puntos:

- La necesidad de usar juntas transversales.
- Tamaño máximo de agregados.
- Espesor de las capas.

III.C.- DIFERENCIAS Y SIMILITUDES.

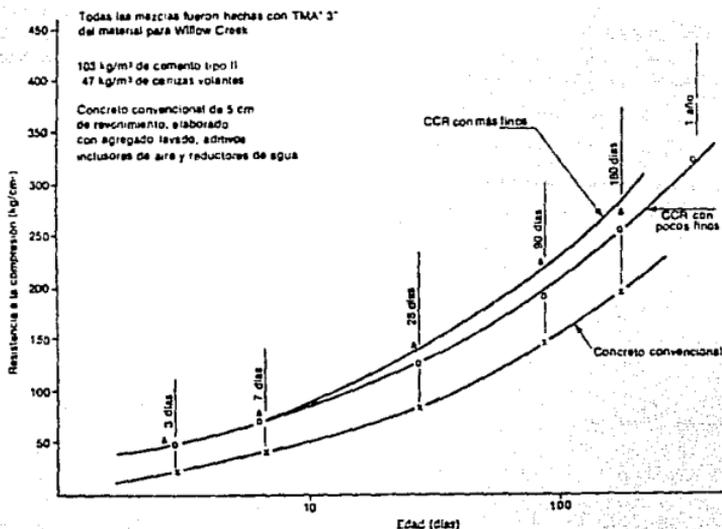
Las características finales del CCR son esencialmente las mismas que las del concreto convencional, pudiendo usarse materiales marginales con granulometrías, plasticidad, u otras características que normalmente no se aceptan en el concreto convencional.

Las propiedades elásticas del Concreto Compactado con Rodillo se ven principalmente afectados por la relación agua-cemento, tipo de agregado y por la edad, al igual que con el concreto convencional.

Básicamente, la diferencia entre el concreto convencional y el Concreto Compactado con Rodillos estriba en el control de cavidades dentro del material compactado y la consistencia seca de cero (0) revenimiento.

Se tiene conocimiento de casos en los que el conservar los finos resultó benéfico tanto para la compactabilidad como para obtener resistencias requeridas.

En la ilustración se observa el comportamiento de las resistencias del concreto convencional y el CCR, tomada de la Presa Willow Creek, E.E.U.U.



III.D.- RELACION DE AMBAS PROPUESTAS

Se describe a continuación, la relación de ambas propuestas para poder apreciar la diferencia económica de éstos.

Después de haber analizado las ventajas y desventajas de cada uno de los procesos constructivos, notamos la grán diferencia de las cualidades que nos proporciona el concreto compactado con rodillo.

Viendo la relación de ambas propuestas del concurso, se observa que la diferencia económica del 38 % es coniderable. Lo cual afirma la teoría económica del concreto rodillado.

Por éstas razones la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, decidió que se construyera con la técnica del concreto compactado con rodillo.

DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	CONCRETO CONVENCIONAL		CONCRETO RODILLADO	
			F.U.	IMPORTE	F.U.	IMPORTE
PRESAS Y DIQUES						
- TERRACERIAS						
- DESMORTE						
- DESMORTE DESVERSE, DESFALDAJE Y LIMPIA DE AREAS DE CONJ. DE BANCOS DE FRESTADO Y DE DEPOSITO TEMPORAL	HA	3	60,000.00	240,000.00	76,492.00	228,576.00
- DESPLANE DE BANCOS DE FRESTADO	M3	2000	297.87	595,740.00	283.69	567,360.00
- EXPESO DEL POTENCIAL PRODUCTO DEL DESFALDE DE BANCOS DE FRESTADO.	M3	1620	150.00	270,000.00	142.66	257,148.00
- EXCAVACIONES						
- EN CUALQUIER MATERIAL EXCEPTO ROCA FIJA QUE FORMEN PARTE DE LAS OBRAS POR EJECUTARSE O QUE SLOYEN DICHAS OBRAS O PARTE DE LAS MISMAS, EXCLUYENDO DENTELLONES DE CONCRETO	M3	7500	468.40	3'513,000.00	446.09	3'345,675.00
- DE LIMPIA PARA DESPLANE DE LA CORTINA.	M3	7500	-	-	-	-
- DE RELLENO EN LOS CONDUCTOS DE LA TEJA DE TOMA O GALERIAS	M3	4000	-	-	2,591.42	10'354,680.00
- EN ROCA FIJA, QUE FORMEN PARTE DE LAS OBRAS POR EJECUTARSE O QUE FORMEN PARTES O PARTE DE LAS MISMAS, EXCLUYENDO DENTELLONES DE CONCRETO.	M3	22,500	1,360.50	30'622,250.00	1,296.10	29'162,250.00
- SUMINISTRO Y COLOCACION DE MATERIALES						
- SUMINISTRO Y COLOCACION DE GRABAS Y ARENAS PARA FORMACION DE CONDUCTOS DE TOMA Y GALERIAS.	M3	4,000	-	-	2,867.68	11'478,720.00
- ACARREO Y SOBRECARRIO DE TERRACERIAS						
- ACARREOS						
- ACARREO EN EL TER EN DE LOS MATERIALES CORRESPONDIENTES AL PRODUCTO DE EXCAVACIONES.	M3	12,840	325.00	4'172,200.00	195.24	2'506,881.60
- ACARREO EN EL TER EN DE LOS MATERIALES CORRESPONDIENTES AL PRODUCTO DE EXCAVACIONES.	M3	38,550	232.37	10'865,363.50	268.93	10'367,251.50
- SOBRECARRIOS						
- SOBRECARRIO EN LOS MTS SUCESIVOS AL PRIMERO DE LOS MATERIALES CORRESPONDIENTES AL PRODUCTO DE EXCAVACIONES.	M3-MN	12,840	115.12	1'478,140.80	109.64	1407,777.60
- SOBRECARRIO EN LOS MTS SUCESIVOS AL PRIMERO DE LOS MATERIALES CORRESPONDIENTES AL PRODUCTO DE EXCAVACIONES.	M3-MN	38,550	5'957.902	147.19	147.19	5'674,174.50
- ESTRUCTURAS						
- EXCAVACIONES						
- EXCAVACIONES DE LA OBRA DE TOMA						
- EN CUALQUIER MATERIAL EXCEPTO ROCA FIJA	M3	4,650	1,056.00	4'919,920.00	567.45	2'590,747.50
- EN ROCA FIJA	M3	17,792	144.77	20'433,244.50	1,395.02	19'480,529.00
- EN CUALQUIER MATERIAL PARA DENTELLONES Y IFENES	M3	21	4'363.50	91,641.50	4,156.18	87,279.76
- EXCAVACIONES EN LA OBRA DE DESVIO						
- EN CUALQUIER MATERIAL EXCEPTO ROCA FIJA	M3	1,400	424.43	594,202.00	461.37	645,918.00
- EN ROCA FIJA	M3	3,240	1,266.81	4'175,744.40	1,227.46	3'976,978.40
- EXCAVACIONES EN LA OBRA DE TOMA PROVISIONAL						
- EN CUALQUIER MATERIAL EXCEPTO ROCA FIJA	M3	40	588.40	20,336.00	494.20	19,371.20
- EN ROCA FIJA	M3	120	1,228.81	147,457.20	1,170.32	140,459.60
- CONCRETOS (PARA CONCRETO CONVENCIONAL)						
- CONCRETOS EN LA SECCION GRAVEDAD VERTEDORA Y NO VERTEDORA						
- FABRICACION Y COLOCACION DE CONCRETO COMUN EN LA SECCION GRAVEDAD VERTEDORA Y NO VERTEDORA.						
- EN SECCION GRAVEDAD NO VERTEDORA	M3	126,500	10,119.77	1,305'265,561	-	-
- EN SECCION GRAVEDAD VERTEDORA	M3	251,050	9,586.67	2,394,254,993	-	-

DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	CONCRETO CONVENCIONAL		CONCRETO DOLIDADO	
			S.U.	IMPORTE	F.U.	IMPORTE
- CONCRETOS EN LA OBRA DE TOMA						
FAB. Y COL. DE CONCRETO COMON EN LA OBRA DE TOMA						
COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO EN LA OBRA DE TOMA						
EN ESTRUCTURA DE TUBOS, CÁMARA Y GALERIAS	M ³	6,330	185.32	1,172,275.60	-	-
EN ESTRUCTURA DE TUBOS	M ³	18,350	96.34	1,769,993.70	-	-
EN ESTRUCTURA DE CIMENTACION	M ³	4,500	58.55	264,472.50	-	-
- CONCRETOS EN LA OBRA DE TOMA PROVISIONAL						
FAB. Y COL. DE CONCRETO EN LA OBRA DE TOMA PROVISIONAL						
COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO EN LA OBRA DE TOMA PROVISIONAL						
EN GALERIAS DE ACCESO Y EST. TIPO DE SALIDA	M ³	14,500	103.09	1,494,815.00	-	-
ACEROS DE REFUERZO PARA CCR						
- CONCRETOS						
CONCRETO CONVENCIONAL						
FAB. Y COLOCACION DE CONCRETO CONVENCIONAL						
COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO						
EN LAS ESTRUCTURAS Y REVESTIMIENTOS DEL CONDUCTO DE LA OBRA DE TOMA	M ³	51,800	-	-	78.61	4,166,330.00
EN LA LOSA DEL VERTEDERO Y MURD DE ENCAUCHAMIENTO	M ³	77,300	-	-	69.01	5,337,437.00
EN LA CUBETA REFLECTORA	M ³	15,800	-	-	66.92	1,059,000.00
EN ESTRUCTURAS Y REVESTIMIENTOS EN GALERIAS DE INSPECCION Y BRENDAJE	M ³	54,000	-	-	91.01	4,914,240.00
EN LA ESTRUCTURA DE TUBOS Y GALERIAS DE ACCESO DE LA OBRA DE TOMA PROVISIONAL	M ³	35,000	-	-	100.09	3,503,310.00
SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACERO ESTRUCTURAL						
SUM. Y COL. DE PUERTAS DE ACCESO EN LA SECCION SUPERIOR DEL VERTEDERO	Ton	3	22,420.45	67,261.35	31,197.52	62,244.64
EN LA LOSA DEL TUBO	Ton	1,020	650.42	663,428.40	402.03	408,818.00
EN LA OBRA DE TOMA PROVISIONAL	Ton	4,300	608.12	2,614,926.00	402.03	1,728,739.50
- CONCEPTOS DIVERSOS						
SUM. Y COL. DE SELLOS DE CIERRE DE POLYVINILO COMPUESTO (30 cms PESADO)	M	1,530	4,490.36	6,870,258.90	-	-
SUM. Y COL. DE BARRALES DE TUBO DE ACERO DE 6.35 CM (1/2") DE DIAMETRO NOMINAL	M	65	9,307.21	604,968.65	5,004.59	429,648.15
SUM. Y COL. DE ESCALONES DE CUBIERTA COMPUESTA DE 1.5" (3/4") DE DIAMETRO	PZA	265	1,511.53	400,555.45	1,511.53	400,844.95
SUM. Y COL. DE TUBO DE CONCRETO FORADO DE 15.2 CM (5/8") DE DIAMETRO NOMINAL	M	3,460	3,836.70	13,276,178.20	-	-
SUM. Y COL. DE TUBO DE 2" (50.8 mm) DE DIAMETRO PARA DESBARRIDO DE LAS GALERIAS DE INSPECCION Y BRENDAJE	M	120	2,167.09	260,050.80	-	-
REPERFORACIONES DE 2.54 CM (1") PARA BRENDAJE EN LA CORTINA A TRAVES DE CONCRETO Y ROCA	M	2,363	8,000.00	18,920,000.00	-	-
SUM. E INSTALACION DE ESCOPILOS FORADOS CON TUBOS DE ACERO GALVANIZADO Y FILASIFOS DE 2.54 CM	M	111	13,800.37	1,531,842.34	12,243.41	1,475,854.68
ERIFICACION DE CASQUETOS	M ²	200	60,341.92	12,068,387.40	49,700.41	2,436,130.00
PERFORACION PARA IRENES VERT. DE 10.2 CM (4")	M	1,400	-	-	7,619.20	10,666,890.00
PERFORACION A TRAVES DE LOS CONCRETOS DE LA CORTINA DESDE LA CUBETA HASTA LA CÁMARA DE BRENDAJE	M	1,400	-	-	7,619.20	10,666,890.00
PERFORACION PARA IRENES VERT. DE 10.2 CM (4") DE DIAMETRO A TRAVES DE LOS CONCRETOS DE LA CORTINA Y ROCA DE CIMENTACION DESDE LA CÁMARA DE BRENDAJE	M	1,400	-	-	7,619.20	10,666,890.00
COLOCACION DE ANCLAS DE BARRILES DE 4.31 CM (3/4") DE DIAMETRO PARA ANCLAR EN LA LOSA DEL VERTEDERO	PZA	600	-	-	530.74	318,444.00
INYECCION DE LECHADA DE CEMENTO EN EL CONDUCTO DE LA OBRA DE TOMA DESDE LAS GALERIAS DE INSPECCION Y BRENDAJE Y CONDUCTO DEL DESVIO	M ³	500	-	-	31,429.20	15,714,600.00

		CONCRETO CONVENCIONAL		CONCRETO PERILLADO		
DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	F.U.	IMPORTE	F.U.	IMPORTE
- SUBMISTRO Y OIL. DE TUBO DE FIERRO GALVANIZADO DE 3.00 (12") DE DIAM. PARA DESAGUE CORONA Y CERRAJE.	N.L.	37	-	-	7,387.82	273,172.11
- SUBMISTRO Y OIL. DE TUBO DE FIERRO GALVANIZADO DE 3.00 (12") DE DIAM. PARA DESAGUE CORONA Y CERRAJE.	N.L.	240	-	-	15,632.75	4'426,269.00
- TUBO Y FERRON.	N.L.	25	12,000	420,000	41,918.41	418,791.00
- SUBMISTRO Y OIL. DE TUBO DE FIERRO GALVANIZADO DE 3.00 (12") DE DIAM. PARA DESAGUE CORONA Y CERRAJE.	N.L.	20	6,000	18,000	2,589.73	50,194.00
- SUBMISTRO Y OIL. DE TUBO DE FIERRO GALVANIZADO DE 3.00 (12") DE DIAM. PARA DESAGUE CORONA Y CERRAJE.	N.L.	202	6,000	1'212,000	2,589.73	501,475.00
- SUBMISTRO Y OIL. DE TUBO DE FIERRO GALVANIZADO DE 3.00 (12") DE DIAM. PARA DESAGUE CORONA Y CERRAJE.	N.L.	5	10,000	150,000	56,159.11	284,758.00
- MAQUINARIA Y EQUIPO						
EQUIPO DE BOMBEO PARA DESAGUE EN GENERAL						
- BOMBE 100 GPM. 100' Cms. 100' Cms. 100' Cms.	N.L.	100	1,100	110,000	6,147.33	624,733.00
- BOMBE 100 GPM. 100' Cms. 100' Cms. 100' Cms.	N.L.	100	1,100	110,000	6,147.33	624,733.00
- BOMBE 100 GPM. 100' Cms. 100' Cms. 100' Cms.	N.L.	100	1,100	110,000	6,147.33	624,733.00
- BOMBE 100 GPM. 100' Cms. 100' Cms. 100' Cms.	N.L.	100	1,100	110,000	6,147.33	624,733.00
- TRATAMIENTO DE CIMENTACION						
PERFORACION						
- PERFORACION CON MAQUINA NEUMATICA PARA CONSOLIDACION EN BARRIDOS PROF. DE 10.0 (30") Y PROF. HASTA DE 10.0 (30") METROS.	M	2,000	10,500	21'000,000	7,736.88	15'667,182.00
- PERFORACION CON MAQUINA NEUMATICA PARA CONSOLIDACION EN BARRIDOS HASTA 2 DE Cms 13 (42") Y PROF. DE 10.0 (30") A 15.0 (45") METROS.	M	250	12,000	3'000,000	7,619.20	2'289,569.00
- PERFORACION CON MAQUINA NEUMATICA EN BARRIDOS PROFUNDOS.						
- PERF. CON MAQ. NEUM. EN BARRIDOS PROF. EN DIAM. HASTA DE 2.00 Cms (3/4") Y PROF. HASTA DE 10.0 (30") METROS.	M	40	10,500	420,000	17,445.27	697,618.00
- PERF. CON MAQ. NEUM. EN BARRIDOS PROF. EN DIAM. HASTA DE 2.00 Cms (3/4") Y PROF. DE 10.0 (30") (10.0") A 20.0 (60") METROS.	M	40	13,000	520,000	19,358.73	775,231.00
- PERF. CON MAQ. NEUM. EN BARRIDOS PROF. EN DIAM. HASTA DE 2.00 Cms (3/4") Y PROF. DE 20.0 (60") (10.0") A 30.0 (90") METROS.	M	40	15,000	720,000	21,494.94	855,397.00
- PERFORACION CON MAQUINARIA NEUMATICA						
- PERF. CON MAQ. NEUM. EN BARR. DE 2.00 Cms (3/4") A CUALQUIER PROFUNDIDAD.	M	240	15,000	3'600,000	17,445.27	4'186,664.00
- PERFORACION PARA MUESTREO						
- PERF. CON BOCA DE LIGANTE PARA CUALQUIER PROF. EN DIAM. HASTA DE 2.00 Cms (3/4") Y PROF. DE 10.0 (30") METROS.	M	80	60,000	4'800,000	42,987.57	3'439,805.00
- INYECTADO DE PERFORACIONES						
- INYECTADO DE LECHADA DE CEMENTO.	H.E.	365	25,000	9'125,000	25,524.22	2'315,376.00
- EJECUCION DE PRUEBAS DE PERMEABILIDAD						
- TIPO LUISON.	FSUE.	16	60,000	1'260,000	69,877.22	1'089,235.00
- TUNEL Y GALERIAS						
EXCAVACIONES						
EXCAVACION EN GALERIAS DE EXPL. GEOTECNICA EN LADERAS						
- EXC. EN CUALQUIER MATERIAL PARA GALERIAS EN OBRAS MARCADES DEL PROYECTO.	M3	2,700	6,500	22'550,000	17,287.76	46'676,958.00

DESCRIPCION	CONCRETO CONVENCIONAL				CONCRETO RODILLADO	
	UNID.	CANTIDAD	F.U.	IMPORTE	F.U.	IMPORTE
- CONCRETOS EN LA OBRA DE TOMA						
- FABRICACION Y COLOCACION DE CONCRETO COMUN EN LA OBRA DE TOMA						
- EN ESTRUCTURA DE MUROS DE FONDO	M ²	31	25,000.00	775,000.00	-	-
- EN ESTRUCTURA DE MUROS DE FONDO	M ²	425	22,000.00	9,350,000.00	-	-
- EN REJUNTE DE MUROS DE FONDO	M ²	427	22,774.00	9,729,928.00	-	-
- CONCRETOS EN LA OBRA DE DESVIO						
- FABRICACION Y COLOCACION DE CONCRETO COMUN EN LA OBRA DE DESVIO						
- EN PLANTILLA Y MUROS DE SEPARACION	M ³	10,100	14,463.82	146,074,482.00	-	-
- CONCRETOS EN LA OBRA DE TOMA PROVISIONAL						
- FABRICACION Y COLOCACION DE CONCRETO EN LA OBRA DE TOMA PROVISIONAL						
- EN LA ESTRUCTURA DE SALIDA Y GALERIAS DE ACCESO	M ³	317	23,688.00	7,511,380.00	-	-
- CONCRETOS (PARA CCR)						
- CONCRETO CONVENCIONAL						
- FAB. Y COL. DE CONCRETO CONVENCIONAL						
- EN LA OBRERA INTERMEDIA Y VENTILACION PARA RESISTENCIA EN LA SECCION GRAVEDAD VERTEDORA	M ³	15,600	-	-	10,652.30	208,785,830.00
- EN LA OBRERA INTERMEDIA Y VENTILACION PARA RESISTENCIA EN LA SECCION GRAVEDAD VERTEDORA	M ³	7,000	-	-	15,156.99	108,322,920.00
- EN LA OBRERA INTERMEDIA Y VENTILACION PARA RESISTENCIA EN LA SECCION GRAVEDAD VERTEDORA	M ³	15,270	-	-	9,419.31	140,320,763.70
- EN LA OBRERA INTERMEDIA Y VENTILACION PARA RESISTENCIA EN LA SECCION GRAVEDAD VERTEDORA	M ³	1,500	-	-	14,226.06	88,201,572.00
- EN LA OBRERA INTERMEDIA Y VENTILACION PARA RESISTENCIA EN LA SECCION GRAVEDAD VERTEDORA	M ³	1,210	-	-	-	-
- EN LA OBRERA INTERMEDIA Y VENTILACION PARA RESISTENCIA EN LA SECCION GRAVEDAD VERTEDORA	M ³	1,610	-	-	21,377.87	141,735,278.10
- EN LA OBRERA INTERMEDIA Y VENTILACION PARA RESISTENCIA EN LA SECCION GRAVEDAD VERTEDORA	M ³	2,650	-	-	16,236.93	47,166,397.00
- EN LA OBRERA INTERMEDIA Y VENTILACION PARA RESISTENCIA EN LA SECCION GRAVEDAD VERTEDORA	M ³	1,230	-	-	24,903.92	30,631,821.60
- EN LA OBRERA INTERMEDIA Y VENTILACION PARA RESISTENCIA EN LA SECCION GRAVEDAD VERTEDORA	M ³	940	-	-	20,957.60	21,202,339.20
- EN TAPON Y RELLENDO DEL CONDUITO DE DESVIO	M ³	10,500	-	-	9,986.85	62,661,925.00
- CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO Y DE LIGA						
- FABRICACION Y COLOCACION DE CCR EN LA COSTANA	M ³	202,500	-	-	3,669.30	1,220,042,250
- FABRICACION Y COLOCACION DE CONCRETO DE LIGA	M ³	25,000	-	-	4,066.40	117,927,920.00
- COSTAS REFORZADAS DE CONCRETO CONVENCIONAL PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA OBRERA DE LA COSTANA	M ³	20,000	-	-	5,642.93	158,002,040.00
ACEROS DE REFUERZO PARA CONCRETO CONVENCIONAL						
- CONCRETOS						
- CONCRETOS EN LA SECCION GRAVEDAD VERTEDORA Y NO VERTEDORA						
- FAB. Y COL. DE CONCRETO COMUN EN LA SECCION GRAVEDAD VERTEDORA Y NO VERTEDORA						
- COL. DE ACERO DE REFUERZO EN LA SECCION GRAVEDAD VERTEDORA Y NO VERTEDORA						
- EN SECCION GRAVEDAD VERTEDORA	M ²	6,750	82.54	557,145.00	-	-
- EN SECCION GRAVEDAD VERTEDORA	M ²	62,200	72.49	4,508,206.00	-	-

		CONCRETO CONVENCIONAL		CONCRETO DODILADO		
DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE	P.U.	IMPORTE
- EXCAVACIONES						
- EXC. EN ROCA PARA TAJOS Y PORTALES DE ENTRADA A GALERIAS.	M3	2,350	1,800	4'230,000	2,048.21	4'813,293.00
- EXC. EN MATERIAL COMUN PARA TAJOS Y PORTALES DE ENTRADA A GALERIAS.	M3	260	300	78,000	2,144.74	557,632.00
- ACARDO Y SOBRECARRO DE LOS MATERIALES DE EXCAVACION EN TAJOS Y GALERIAS						
- ACARDO	M3	5,310	303.02	1'678,036.20	195.24	1'036,724.00
- SOBRECARRO	M3/10	5,310	184.91	557,072.10	105.64	562,168.00
- EQUIPO DE BOMBO PARA DESAGUE EN GENERAL						
- BOMBA DE 100 mm (4") DE DIAMETRO.	M.E.	40	1,150	46,000.00	6,381.26	253,250.00
- SUMINISTRO Y COL. DE BARRAS METALICAS 6" X 4" TFF 12.7 PARA ADANE.	KG	13,800	850	11'730,000.00	807.68	11'145,984.00
- EXCAV. EN NICHOS Y PREPARACION DE SUPERFICIES						
- EXCAV. EN NICHOS PARA ENTERRAR GEOMECANICOS.	M3/10	4	12,000	48,000.00	114,789.9	458,355.72
- PREP. DE SUPERF. LISAS PARA ENTERRAR GEOMECC.	GALE.	6	30,000	180,000.00	30,677.3	220,000.00
- PERFORAC. DE SONDEOS GEOMECAN. EN GALERIAS.						
- PERFORAC. DE SONDEOS GEOMECAN. HASTA 30 P.DE PROFUND. EN DIAMETRO N° 43 O 70.0 mm. CON REFORZACION DE BASTIDAS.	m	120	68,000	7'200,000.00	59,337.9	7'128,549.20
- SUM. DE EQUIPO Y MAT. PARA EJECUCION DE ENSAYOS GEOMECANICOS.						
- SUM. DE LOS SERVICIOS DE ENERGIA ELECT. VENTILACION Y BOMBO EN LAS GALERIAS DE EXPLORACION GEOTECNICA EN LAZERA DURANTE EL PERIODO DE EJECUCION DE ENTERRAR GEOMECHANICOS.	OTA	98	100.00	9'800,000.00	95,868.19	8'299,937.10
- FAB. Y COL. DE MATERIALES MANUFACTURADOS.						
- FAB. Y COL. DE CONCRETO COMUN EN REVESTIM. DE GALERIAS.	M3	1,300	23.00	29'900,000.00	25,272.93	36'754,809.00
- MANIOBRA, ACARDO Y SOBRECARRO						
- ACARDO DE CEMENTO.	TON	89,500	7,494.46	670'754,170.00	1,036.61	365'751,595.00
- ACARDO DE CENizas VOLANTES.	TON	25,000	-	-	3,209.65	83'250,100.00
- ACARDO DE ACEPO DE PEQUEÑO	TON	196	14,701.71	2'881,535.16	10,056.95	1'979,004.16
- MANEJO DEL RIO						
- EXCAVACIONES	M3	3,200	700.00	2'240,000.00	871.11	2'787,520.00
- REMOCION DE CONCRETOS	M3	62	4,520.00	270,000.00	7,381.21	443,112.00
- SUMINISTRO Y COL. DE TEFERACIAS EN ATAGUIAS PROVISIONALES.	M3	11,750	600.00	7'050,000.00	633.61	8'152,262.50
- REMOCION DE ATAGUIAS PROVISIONALES.	M3	11,750	350.00	4'112,500.00	633.65	7'447,737.50
IMPORTE TOTAL DE LA PROPOSICION				4,513'488,877		3,258'421,818.
(INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS S.A.)						

CAPITULO IV
PRODUCCION Y ESPECIFICACIONES DEL CCR

IV.A.- DEFINICION DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLOS.

Esta tecnología novedosa, en la que se sigue investigando y mejorando en todos aspectos, se le denominó "Concreto Compactado con Rodillos" (CCR), que en inglés se denomina "Roller Compacted Concrete" (RCC). Por esta razón en la actualidad no existe una definición general y concreta.

Durante la última reunión celebrada el mes de febrero de 1988 en San Diego, California, organizada por el ASCE, todos los autores coinciden en definir como:

El Concreto Compactado con Rodillos, es una Tecnología Constructiva que utiliza una mezcla de concreto con revenimiento cero, bajo contenido de cemento (de 80 a 100 kilogramos por metro cúbico), con presencia opcional de puzolanas (de 20 a 30 kilogramos por metro cúbico), la relación agua - cemento muy baja, buena granulometría de agregados con un tamaño máximo del orden de 3" pulgadas, que generalmente se mezcla en plantas de proceso continuo y se transporta y coloca usando equipos para movimiento de tierras, en capas del orden de 15 centímetros y sometiendo cada capa a compactación con equipo vibratorio. Tiene una resistencia que fluctúa entre los rangos bajo y medio.

Al endurecer adquiere aspecto y propiedades semejantes a las del concreto convencional.

IV.B.- HISTORIA DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO EN MEXICO.

En México la aplicación del CCR es prácticamente reciente, durante el periodo de 1985 a 1987, se construyeron dos obras.

La primera obra en la cuál se experimentó el CCR se encuentra localizado en el estado de Chiapas, y es un desvío del proyecto hidroeléctrico "Peñitas", de la Comisión Federal de Electricidad, el volumen de concreto que se compactó fué de 50,000 m³.

La segunda obra se encuentra localizada en el estado de Guanajuato, entre León y Silao, y es la presa "La Manzanilla" de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH).

En ambos proyectos se construyeron terraplenes y bordos de prueba previos a la construcción definitiva, con el propósito de obtener información relacionada con el proceso constructivo y para modificar o definir las especificaciones complementarias del proyecto.

Para el periodo 1987-1989 se tenían planeadas dos obras empleando el mismo procedimiento constructivo:

- 1.- La primera obra es la presa "Trigomil", objetivo de nuestro estudio que se encuentra actualmente en proceso constructivo, localizada en el estado de Jalisco con un volumen de concreto a compactarse de 315,000 m³ y una altura de 100 m.

2.- La segunda obra es la presa "Peña Colorada" que hasta el momento no ha sido ejecutada, dicho proyecto se encuentra localizada en el estado de Colima, propiedad de un consorcio minero "Benito Juárez". El concreto que se compactará tendrá un volumen de 500,000 m³ y una altura de 50 m.

IV.C.- ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO.

El objeto de las especificaciones técnicas, es definir las obras cuya realización se pretende lograr en cada uno de los conceptos de trabajo que forman parte de los mismos, establecer las normas técnicas generales, de las que deberán sujetarse a la ejecución de esos conceptos de trabajo, de manera que permita calificar la idoneidad de los resultados obtenidos.

Se hicieron modificaciones y ampliaciones en algunos casos en las "Especificaciones Generales" y las de "Conceptos Fundamentales de Trabajo".

Las Especificaciones Generales, se refiere al conjunto de estipulaciones editadas por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, en 1962, llamadas Especificaciones Generales y Técnicas de Construcción, que se denominan en este caso: "Especificaciones Generales".

Las especificaciones de Conceptos Generales de Trabajo, se refiere al conjunto de estipulaciones editadas por la Subdirección de Construcción y de la Dirección General

de Grande Irrigación de la Secretaría en el año de 1974, bajo el título de "Especificaciones de Trabajo".

La Secretaría podrá hacer modificaciones después de entregar al Contratista los planos y especificaciones correspondientes de la obra, o durante la ejecución y el Contratista se obligará a ejecutarlas.

A continuación, mencionaremos algunas de las especificaciones técnicas recopiladas de las especificaciones Técnicas del contrato, las cuales se refieren en forma específica al Concreto Compactado con Rodillo, desde los materiales que lo integran hasta su fabricación, transporte y colocación.

IV.C.1.- RELATIVAS A MATERIALES.

Se manejarán tres tipos de agregados, los cuales se clasificarán de la siguiente manera:

GRAVA II Pasa por la malla 38.1 mm

(1 1/2") y se retiene en

la malla de 3/4".

GRAVA I Pasa por la malla 19.1 mm

(3/4") y se retiene en la

malla No. 4 (4.76 mm).

ARENA Pasa por la malla No. 4

(4.76 mm) y se retiene en

la No. 200 (.074 mm).

Dimensiones mayores o menores de las gravas no deberán exceder el 5% en peso, para cada tamaño específico.

El tamaño máximo de agregado lo definirá la Secretaría de acuerdo con las características de cada estructura y los procedimientos de colocación. En General, se empleará el máximo de agregados compatible con las características de la estructura.

La curva granulométrica de la arena y grava deberá estar de acuerdo a lo especificado.

Para la formación de la curva granulométrica descrita, las gravas y arenas se obtendrán de los bancos mostrados en el plano correspondiente (Ver gráfica II-3).

Las gravas requeridas para la fabricación de concreto, las suministrará el contratista y se obtendrán por medio de trituración de roca producto de voladura del banco.

La roca para triturarse se extenderá mediante explosivos y las cantidades necesarias de cada tamaño, por metro cúbico de concreto colocado, se obtendrán del diseño de las mezclas que se dan como guía, sin que estas proporciones sean definitivas, ya que el laboratorio de la obra hará los ajustes necesarios durante el proceso de construcción como consecuencia de la granulometría de los agregados producidos.

La arena requerida para la fabricación de los concretos, la obtendrá el Contratista del banco de préstamo, incluyendo clasificación, tratamiento, extracción del material.

Se deberá prever almacenar el 50% del volumen total del material requerido por el proyecto antes del inicio de la construcción de la obra.

El agua requerida para los concretos, la suministrará el Contratista, de la fuente que proponga él mismo y que apruebe la Secretaría, el agua deberá cumplir con los requisitos que ésta estipule.

El agua para lavado de equipo, de formas, etc., y la que se emplee para humedecer el terreno o las superficies sobre las que deba colocarse concreto, deberá tomarla en cuenta.

Con objeto de que el Contratista norme su criterio relativo a la magnitud de las cantidades necesarias por suministrarse y manejarse, se da en forma tentativa una dosificación para un metro cúbico de Concreto Rodillado.

Grava triturada, de banco de roca. 150 kg/cm² de resistencia a la compresión a los 90 días y tamaño máximo de agregados de 76.2 mm (3")

Grava - Arena	0.770 m ³ .
Limos y Ceniza Volante	0.070 m ³ .
Agua	0.119. m ³ .
Cemento	148 kg

Grava triturada, de banco de roca. 150 kg/cm² de resistencia a la compresión a los 90 días y tamaño de agregados de 38 mm (1 1/2") (concreto de liga).

Grava - Arena0.754 m3.
Ceniza volante0.071 m3.
Agua0.120 m3.
Cemento	183 kg.

IV.C.2.- PROPORCIONAMIENTO.

Los concretos invariablemente deberán ser dosificados en peso para cada bachada, la proporción en que deberán intervenir cada uno de los elementos constructivos de los concretos, podrá ser modificada por la Secretaría, de acuerdo con los resultados de las pruebas de laboratorio.

Las proporciones de las mezclas de la grava, arena y las relaciones aprobadas agua-cemento se determinarán sobre la base de obtener concretos que tengan granulometría, manejabilidad, durabilidad adecuada y los pesos volumétricos de proyecto.

IV.C.3.- MUESTRAS Y PRUEBAS DE LABORATORIO DE CAMPO.

Se tomarán en campo, muestras de las mezclas de concreto, usadas en la cortina, para determinar si el control de materiales, proporcionamiento, granulometría y contenido de agua-cemento es el correcto.

Se obtendrán calas para comprobar la compactación y determinar si el peso volumétrico es el requerido, de acuerdo a lo especificado en el Manual de Mecánica de Suelos de la Secretaría.

IV.C.4.- MEZCLADO.

El Concreto Compactado con Rodillo y el de liga serán elaborados mediante revoladora de producción continua o discontinua, debiendo tener una producción tal, que garantice la continuidad en la colocación del mismo, durante veinte horas diarias y seis días a la semana, para reducir la formación de juntas frías.

IV.C.5.- TRANSPORTE.

Para transportar el CCR y el concreto de liga se utilizará equipo para el movimiento de tierras, camiones no agitadores, bandas transportadoras o cualquier otro sistema que haya sido aprobado por el Ingeniero durante la construcción del bordo de prueba.

Se colocarán indicadores y señalamientos, utilizando medios apropiados para el control e identificación de los dos tipos de concretos, en cuanto sean mezclados y descargados.

Se instalarán equipos de intercomunicación rápida, entre la planta dosificadora y el sitio que se vaya a colocar el concreto, que estarán a disposición de los Inspectores de ambos sitios.

IV.C.6.- COLOCACION.

Previo a la colocación del CCR se deberá descubrir $1/3$ del tamaño máximo de agregado en la superficie de la capa intermedia de concreto convencional, así como las caras de los concretos adyacentes.

Una vez transcurridos 7 días de colocación de la capa intermedia de concreto convencional en el desplante, se humedecerá la superficie y se colocará el concreto de liga de CCR con un espesor de 22 cm y se procederá a compactar.

Para las capas subsecuentes el CCR se colocará con un espesor de 30 cm de material suelto. La colocación se efectuará depositando material, formando montones distribuidos a lo largo de la zona de trabajo, con el espaciamiento adecuado para dar el espesor de capa y podrán ser extendidos con motoconformadora, empujadores frontales o cualquier otro equipo aprobado por el Ingeniero, siempre y cuando las llantas sean de hule y que su operación no dañe la superficie del CCR.

En el caso de suspensión de trabajos por más de 6 hrs, para reanudarlas se deberá colocar capa de concreto de liga de 8 cm de espesor e inmediatamente el CCR con espesor de 22 cm y se procederá a compactar, debiendo continuarse conforme a lo descrito en el párrafo anterior.

La colocación del CCR y del concreto de liga en el cuerpo de la cortina deberá realizarse en franjas traslapadas entre sí de 40 cm, en forma continua y en el menor tiempo posible para evitar la pérdida de humedad o que se formen juntas frías.

Si el contenido de agua o cemento en el CCR y el concreto de liga fuese inferior a lo especificado, deberá removerse todo el material que se encuentra en estas condiciones; quedando prohibido adicionar agua, cemento o cualquier otro agregado, una vez que haya salido de la mezcladora.

Deberán tomarse medidas especiales para evitar que los neumáticos del equipo que circule sobre la superficie del CCR o concreto de liga tenga adheridas partículas de suelo o partículas de concreto, que puedan contaminar dicha superficie del contacto y restaurarse con concreto de liga, si se requieren, estas operaciones serán por cuenta del Contratista.

En caso de lluvia deberá suspenderse la colocación del material que no hubiese estado compactado satisfactoriamente antes de suspender los trabajos a causa de la lluvia, deberá ser retirado de inmediato, evitando que sobre la superficie compactada queden adheridas partículas indeseables.

Deberán evitarse los virajes bruscos de vehículos que circulen sobre las capas del CCR que está fresco. En caso de ocurrir esto deberá repararse conforme lo indicado anteriormente.

Todos los equipos y procedimientos para la colocación del concreto serán sometidos a la aprobación del Ingeniero.

IV.C.7.-INTERVALO DE TIEMPO ENTRE MEZCLADO Y COLOCACION.

Los concretos se colocarán dentro de los 30 minutos siguientes al mezclado.

IV.C.8.- TEMPERATURA DE COLADO.

No se permitirá la colocación del CCR y concreto de liga, cuando la temperatura ambiente sea mayor de 40 C ó menor de 4 C.

En la colocación del CCR y concreto de liga durante los meses de verano se emplearán medios efectivos, tales como regado del agregado, enfriamiento del agua de mezclado, y otros medios apropiados para abatir la temperatura del concreto.

IV.C.9.- COMPACTACION DEL CCR Y CONCRETO DE LIGA.

Una vez extendido el concreto se compactará con rodillo liso vibratorio de 10 toneladas de peso, dando las pasadas necesarias hasta alcanzar el peso volumétrico especificado, según resultados del bordo de prueba.

IV.C.10.- PROTECCION DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, DE LIGA Y CONCRETO CONVENCIONAL.

El CCR y el concreto de liga deben mantenerse continuamente húmedo por lo menos 28 días.

En la superficie del CCR o el concreto de liga sobre la que se colocará otra capa de concreto, no se permitirá la utilización de materiales alguno de curado que no sea agua, arena húmeda u otro material que pueda ser removido totalmente, para no interferir en la adherencia entre capas.

El Contratista tendrá preparado el equipo y material necesario para curar y proteger adecuadamente el concreto, antes de empezar su colocación. Los métodos de curado o sus combinaciones se aprobarán por escrito.

El concreto se protegerá contra lluvia fuerte durante 12 hrs y contra el agua corriente 14 días después de colado. En ningún tiempo se permitirá fuego o calor excesivo en contacto directo con el concreto, el curado y protección del concreto.

En las superficies que estarán expuestas permanentemente, el curado de concreto deberá ser de membrana, con un producto aprobado por la Secretaría, con un mínimo de 2 meses antes de su utilización, en las estructuras o partes de ellas, y en la superficie contra las cuales se colocaron terraplenes o rellenos, o en todas las superficies aparentes de concreto.

El curado con membrana se aplicará a las superficies moldeadas, inmediatamente después que sean retiradas las formas y antes que se realicen las operaciones de resane u otros tratamientos de superficie, excepto la limpia de arena suelta, mortero y otros desechos de la superficie.

No se permitirá curado de membranas en las superficies que han de entrar en liga con nuevos concretos convencionales o compactados con rodillos.

Las formas prefabricadas se curarán cuando menos por 28 días con agua y arena húmeda u otro material que pueda ser removido totalmente, no debiéndose emplear curado acelerado ni de membrana.

Las superficies de concreto que hayan estado expuestas a lluvias intensas dentro de las tres horas siguientes de que se haya aplicado el curado de membrana, se volverán a rociar de la manera descrita en "Las Especificaciones Generales".

IV.D.- CONSISTENCIA DEL CCR.

La apariencia del Concreto adecuado para compactarlo con rodillos vibratorios difiere significativamente en estado suelto de la del concreto normal y tiene un hundimiento medible.

Existe poca evidencia de la presencia de cualquier pasta en la mezcla hasta que se compacta, todas las mezclas granulares de este tipo se podrán compactar totalmente a la máxima densidad accesible mediante vibración suficiente; sin embargo, el esfuerzo vibratorio requerido para esto, es mucho mayor que el requerido para el concreto de revenimiento medible.

El tiempo de compactación se puede utilizar como una medida de la consistencia del Concreto y la eficacia del equipo de compactación; la máxima densidad accesible para una mezcla dada, variará con el contenido de vacíos de los agregados y el mortero usado.

El valor de consistencia es el número de segundos requeridos para compactar el volumen de concreto de un cono de revenimiento estándar dentro de un balde de 9,5 pulgadas de diámetro.

IV.E.- AGREGADOS PARA LA FORMACION DEL CCR.

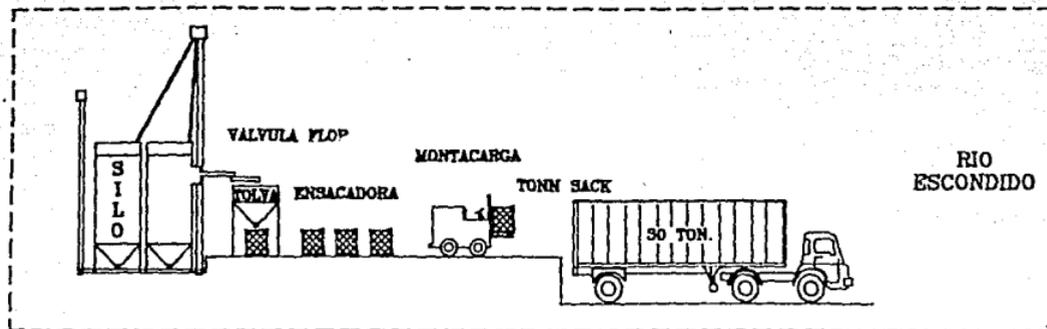
La selección y control de la granulometría de los agregados son factores importantes que influyen en la calidad y propiedades del CCR, aunque los requerimientos de calidad de los agregados utilizados en el concreto no se ven directamente influidos por los requerimientos de resistencia del concreto.

La variabilidad del agregado si afecta significativamente los requerimientos del cemento y agua de la mezcla que a su vez altera la resistencia y la fluidez.

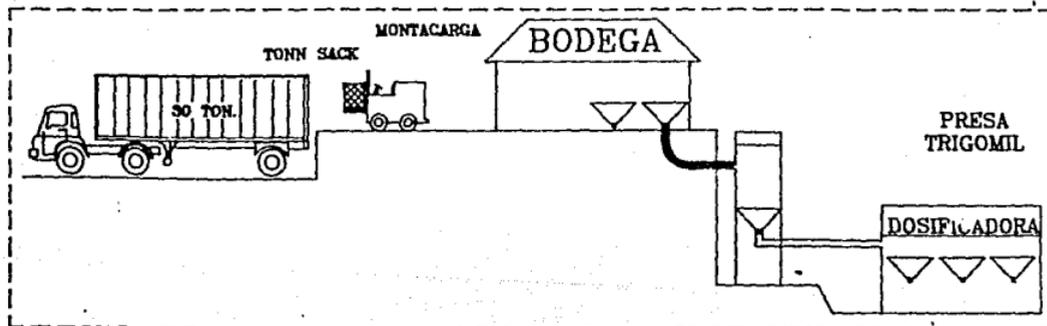
La granulometría ideal para cubrir los requerimientos mínimos de la pasta será la que produzca la máxima densidad variable en seco con la mínima área de la superficie pero además tomando en cuenta estudios realizados por la Dirección de Ingeniería Experimental, de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, a la granulometría estudiada debe estar completamente con un porcentaje de finos no plásticos que pueden ser cenizas volantes ó limos, la proporción de estos materiales tentativamente está entre 5 y 6% en peso.

IV.E.1.- EMPLEO DE CENIZAS VOLANTES EN EL CCR.

La función principal de la ceniza volante en el concreto no es su contribución a largo plazo de la resistencia puzolánica, sino la de incrementar el volumen de la capa aglutinante adherente para cubrir todas las partículas del agregado y rellenar todas sus cavidades, reduciendo con ello sus características generadoras de calor y por el menor contenido de vacíos ayudará a contrarrestar la permeabilidad del concreto. Este



1,500 KM



material no requiere almacenamiento a largo plazo ni pruebas sofisticadas de control de calidad.

Las cenizas volantes que se emplearán en la obra son procedentes de la carbonífera de MICARE y se transportará como se ilustra en la gráfica.

Sin embargo en vía de prevención para un problema de desabasto de cenizas volantes, se estudiaron mezclas con limo obteniendo un banco a unos 30 km del sitio.

IV.E.2.- CEMENTO Y PUZOLANAS PARA EL CCR.

El concreto adecuado para compactación con rodillos puede ser fabricado con cualquiera de los tipos de cemento Portland básicos y con cualquier clase de puzolanas, pero con un bajo contenido de alcalis, con el objeto de bajar el calor de hidratación producido por lo mismo la selección del tipo de cemento se basa en los requisitos estructurales y no en el método de colado y compactación del concreto.

Aunque se deben obedecer las especificaciones estándar para puzolanas a fin de determinar la conveniencia y seleccionar el tipo de puzolana que pueda utilizarse, la elección definitiva de ésta debe basarse en su comportamiento en el concreto requerido para la Obra, de acuerdo con las pruebas pertinentes.

La diferencia fundamental en la selección y el proporcionamiento de los cementos y las puzolanas que se emplean en el concreto compactado con rodillos y los utilizados

en concretos para fines estructurales normales radica en el empleo de mayores volúmenes de puzolanas y menos importancia del efecto de éstas en la trabajabilidad.

IV.F.- PROPIEDADES MECANICAS.

Las propiedades esenciales del CCR son: Resistencia a la compresión, resistencia a la tensión, módulo de elasticidad, resistencia al cortante, permeabilidad y durabilidad.

Algunas de las diferencias en las propiedades del CCR y el concreto común, se deben principalmente a las desigualdades de las proporciones de la mezcla. Por lo general hay un 40% menos de agua y un 30% menos de pasta en el CCR que en el concreto normal.

IV.F.1.- RESISTENCIA A LA COMPRESION.

Para el concreto convencional se ha confirmado que las resistencias varían inversamente a la relación agua - cemento.

Esto no parece ser cierto con el Concreto Rodillado de relaciones agua - material aglutinante muy elevados.

La relación agua - cemento no es una función de la resistencia del CCR, ya que las resistencias se incrementan con el aumento del contenido de agua. Este fenómeno se explica por el efecto de las cavidades de aire atrapado en la masa de concreto.

La cantidad aglutinante de una mezcla dada se mantiene relativamente en cualquier trabajo de dosificación.

Las variaciones de resistencia del concreto sólido son sobre todo un reflejo de los cambios en la demanda de agua. Sin embargo, el contenido de aire o de cavidades afectan la resistencia en el Concreto Compactado.

Se puede esperar una pérdida mínima de resistencia de 5% por cada 1% de incremento en las cavidades. Este efecto se observa en el concreto convencional, por la diferencia de resistencia en concretos con o sin aire incluido, para una relación agua - cemento dado.

IV.F.2.- RESISTENCIA A LA TENSION.

Los datos de prueba recabados nos indican que la resistencia a la tensión de corazones horizontales de colados de concreto rodillado superan la resistencia a la tensión de corazones verticales del mismo colado hasta en un 20% por tanto, al comparar datos de prueba, es importante considerar la orientación del espécimen de prueba respecto al tipo de ensaye.

Una prueba de tensión directa de un corazón vertical probaría la resistencia a la tensión en el plano horizontal, en tanto que la misma prueba pero en un corazón horizontal probaría la resistencia en el plano vertical. Si se comparan las propiedades de tensión como función de la resistencia a la compresión, es importante recordar que dicha relación también recibe influencia del método de prueba.

Si se nos presenta una reducción en la relación de resistencias a la tensión-compresión, esto puede atribuirse a una mala adherencia del agregado debido al incremento en el área superficial de éste y a una reducción en el volumen de pasta.

Para el concreto compactado con rodillos se deduce que incluso un volumen menor de cementante combinado con un incremento de cavidades hará decrecer aún más las propiedades del material a la tensión.

IV.F.3.- CORTANTE

La resistencia al cortante es un problema, que deberá requerir un tratamiento especial en las juntas de construcción.

La textura de la superficie, la forma y volumen del agregado grueso y la fluidez del mortero son factores que influyen en la moldeabilidad del concreto y en la capacidad de éste para adherirse a una superficie.

Una vez que la capa inferior del concreto rodillado se ha endurecido, la adherencia depende del trabado de la pasta de recubrimiento con la estructura porosa de la pasta sólida del colado inferior.

Cuando la superficie inferior no se ha endurecido por completo, la adherencia se incrementará, de tal manera que la pasta del colado inferior se moldea y combina de nuevo con la pasta de recubrimiento.

Es necesario el empleo de una mezcla adherente con revenimiento para lograr un buen entrelazado en juntas frías.

IV.F.4.- DURABILIDAD DEL CONCRETO.

La durabilidad del CCR se evalúa con base en tres aspectos que son:

- Resistencia al interperismo.
- Al ataque de sustancias químicas.
- A la erosión y al desgaste.

A) El concreto compactado con rodillos está sujeto a descascamiento de la superficie bajo exposición a ciclos de congelamiento y descongelamiento, a menos que esté protegido por una capa aislante de concreto resistente a congelamiento. Sin esta capa de protección, la profundidad del descascamiento será mayor en las partes de la presa donde no haya drenes y donde haya problemas de permeabilidad.

B) La resistencia al desgaste se beneficia al aumentar la resistencia del concreto, con el uso de tamaños máximos de agregados más pequeños y con texturas más suaves de la superficie.

C) En relación al ataque de sustancias químicas, no se tiene aún un gran conocimiento, sin embargo, se puede suponer que el deterioro por ataque de sustancias químicas es semejante al del concreto convencional.

IV.F.5.- ELASTICIDAD.

Los principales factores que afectan las propiedades elásticas del CCR son:

- La edad
- El tipo de agregado
- La relación agua-cemento

El módulo de elasticidad se incrementa con la edad, con el incremento de resistencia de los agregados y con el incremento en el contenido de cemento.

Estudios realizados por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los E.U.A., indican que una mezcla de CCR adecuadamente dosificada y compactada posee valores de módulo de elasticidad similares a los de su contraparte de concreto común, mezclada con el mismo agregado.

Para un tamaño máximo de agregado, se acrecentará el módulo de elasticidad, debido al aumento de agregados y por consiguiente el incremento a la densidad.

Si el volumen de pasta no es suficiente, la densidad disminuirá con el aumento de cavidades de aire.

En estas condiciones, el módulo de elasticidad no solo se verá afectado por la pérdida de densidad, sino también por la discontinuidad de la pasta en la masa de concreto y es razonable esperar que disminuya en proporción al aumentar el contenido de vacíos.

IV.F.6.- PERMEABILIDAD.

La principal fuente de filtración en el concreto compactado con rodillos serán las juntas de construcción horizontales.

Cuando haya un elevado porcentaje de filtración y el aglutinante adherente es bajo, existe la posibilidad de que al final se pierda todo el cementante de la junta.

La fricción en la junta es afectada por condiciones de subpresión a lo largo de ella. Sin embargo, existe un considerable intervalo de tiempo para juntas adheridas y los cambios en carga hidrostática y las modificaciones de subpresión, dependiendo del porcentaje de agua infiltrada.

Si el entrelazado en una junta es muy bueno, el lapso puede ser de semanas o meses, en tanto que la subpresión en una junta no cementada con alta infiltración, puede ajustarse en pocas horas.

CAPITULO V
PROCESO CONSTRUCTIVO

V.A.- ORGANIZACION GENERAL DE LA OBRA.

Esta es en base al Manual de Organización que la Dirección General de Irrigación y drenaje tiene estudiado y autorizado y consta de:

1) Residencia General del Proyecto, auxiliada por tres residencias especializadas:

a) Residencia especializada de promoción y tenencia de la tierra, la cual se divide en:

- Residencia de obra de avalúos
- Residencia de obra de promoción
- Residencia de obra de reacomodo y tenencia de la tierra.

Las cuáles tienen encomendados todos los trabajos de la tenencia de la tierra y aspecto social.

b) Residencia especializada de construcción.

Se auxilia con tantas residencias de obra como se requerirá, en este caso:

- Residencia de la obra de cortina y vertedor
- Residencia de la obra de galerías y obra de toma

Esta residencia tiene encomendado los trabajos propios de la construcción, tales como: trazos, nivelaciones, levantamiento de secciones, obtención de datos para avances de obra y su pago, elaboración de programas constructivos, etc.

c) Residencia especializada de Investigación y Desarrollo Experimental.

Tiene como objetivo supervisar todos los trabajos en cuanto a investigación se refiere para obtener óptimos resultados en la construcción de la obra.

d) Delegación Administrativa.

Que se encarga de suministrar y controlar los recursos humanos, materiales, financiamiento, lleva el control de almacenes y campamentos, así mismo

realiza los trámites para la adquisición del equipo que requiera la Residencia General.

V.B.- PLANIFICACION GENERAL DE LA OBRA.

Antes de iniciar la construcción de la Obra, se efectuaron recorridos de reconocimiento de la zona, que se complementaron con estudios Fotográficos, auxiliándose con hojas de INEGI para ubicar el sitio de la Obra y sus Obras complementarias para proveer los accesos a los diferentes sitios donde se efectuarán los trabajos como: Localización de bancos de materiales y sus accesos y sitios probables para instalaciones tanto de la misma Secretaría como de la Empresa que ejecutará los trabajos.

Una vez terminados estos trabajos, se efectuaron levantamientos topográficos de toda el área de la obra y sitios cercanos a la misma, localizando en estos puntos obligados como son: Bancos de materiales, áreas para oficinas, campamentos, almacenes, talleres e instalaciones.

Una vez localizados los sitios se pasó al Proyecto y Diseño de las instalaciones requeridas para manejar los diferentes volúmenes de materiales a utilizar, tratando de que esté balanceado.

Ya teniendo localizados y proyectados los sitios de las instalaciones de oficina, campamentos, talleres, almacenes, etc., se pasó al diseño e instalación del equipo que deberá utilizarse para la producción de agregados, tanto triturados como naturales, sus caminos de acceso y Construcción de plantas dosificadoras para la producción del

concreto, patios para fabricación de Formas prefabricadas que deberán usarse en la cortina aguas arriba y patios o plataformas para almacenar materiales, tanto de trituración o naturales.

V.B.1.- PRODUCCION DE AGREGADOS.

Para la producción de materiales triturados que son los principales en esta obra, se proyectó instalar una planta trituradora en una superficie inclinada y cercana al banco de materiales denominado "El Piquete", puesto que la topografía del sitio no permitía lo usual que es una plataforma a diferente nivel para ubicar las partes que integran la trituradora; así como también los Almacenes de los diferentes materiales a producir.

La planta que se instaló es una trituradora marca TELESMITH con capacidad nominal de 320 ton/hora.

V.B.2.- TRANSPORTE DE AGREGADOS A LA DOSIFICADORA.

En la parte baja de los almacenes se proyectó un túnel inclinado de recuperación de materiales por medio de alimentadores de plato y bandas de 42" pulgadas, que conducirán los materiales hasta un sitio cercano a la cortina, pero aún con un desnivel fuerte. De ese sitio caerán por gravedad a través de una tubería de 24" de diámetro a las tolvas alimentadoras de la planta de concreto.

Las tolvas se diseñaron para tener alimentación continua durante un mínimo de dos horas.

V.B.3.- PRODUCCION DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO.

Se aprovechó el sitio de la Glorieta de Retorno de la Cortina para instalar la planta dosificadora de concreto marca ROSS con capacidad nominal de 150 m³/hora donde se fabricará el concreto lo que equivale a un volumen de producción de 3000 m³/diarios, en 20 horas de trabajo y disponiendo de 4 hrs/diarias para darle mantenimiento al equipo.

Si se producen 3000 m³/diarios, el volumen de 361,000 m³ de concreto CR, se colocará en 5 meses de 25 días hábiles, esto si no se presenta algún tipo de contratiempo que impida la Construcción.

V.B.4.- COMPACTACION.

La compactación se efectuará con el equipo utilizado en el bordo de prueba, en este caso, un rodillo liso vibratorio de 10 toneladas..

V.B.5.- TRANSPORTE DEL C.C.R. A LA CORTINA

Para ser transportado al sitio de la cortina por una tubería de 24" de diámetro, inclinada sobre la ladera izquierda con un amortiguador en su extremo final donde se repartirá por medio de una tolva, una banda y canalones a los diferentes sitios de colado de la cortina, teniendo además la opción de vaciar a un duncrete o a una olla remezcladora de cemento, para colocar el concreto será de acuerdo al diseño de esta obra, como marcan las Especificaciones.

Al revisar las granulometrías de los materiales triturados se observó que faltaría arena, por lo que se tuvieron que instalar dos cribas aguas arriba de la cortina y sobre la margen derecha del río, para obtener este material que se requeriría por especificación y las gravas se utilizarán en la fabricación del concreto convencional en el desplante de la cortina, hasta la elevación 1,125.60 msnm donde iniciará el CCR así como en la fabricación de las formas prefabricadas.

V.C.- PROGRAMA DE EJECUCION.

El concurso IC-85-39A de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, fué adjudicado por la Empresa Constructora ICA S.A., la cuál inició obras en abril de 1986, pero por problemas de carácter presupuestal se tuvo que paralizar los trabajos. El tiempo programado originalmente para ésta obra era de 21 semanas.

Por esta razón, la Empresa Constructora reprogramó y propuso el siguiente programa de obra que se ilustra a continuación.

V.D.- DOSIFICACION.

Una vez definidas las características de los materiales componentes del CCR se ensayaron diferentes dosificaciones, a fin de obtener un concreto que, cumpliendo las características resistentes especificadas, con la mínima dosificación de material conglomerante (cemento y cenizas volantes) presentase la máxima compacidad posible, sin tendencia a la segregación, y con la trabajabilidad adecuada para permitir la correcta puesta en obra con los medios disponibles.

Ello exigió estudiar las proporciones adecuadas para obtener un árido grueso (mayor de 50 mm) con el mínimo número de huecos entre granos, y determinar las relaciones más convenientes entre mortero y árido grueso, y material conglomerante y mortero.

De acuerdo con los resultados de los ensayos previos, se estableció como dosificación la siguiente:

	Cemento	Ceniza	Limo	T1	T2	T3	Agua	% Agua	Ceni- zas kg/m ³	% Ceni- zas	Con- sumo Cemen- to kg/m ³	% Cemen- to
CCR con ceniza	1	0.32		7.88	2.91	3.17	0.86	5	47	2.4	148	7
CCR con limo	1		1.65	5.99	2.72	2.93	0.80	6			160	7.5
Concreto de liga	1			9.26	2.51		0.59	5			183	8.5

V.E.- BORDOS DE PRUEBA.

Dentro de las especificaciones, quedó estipulada la construcción previa de un bordo de prueba, con los mismos materiales y equipo que se usarían en la cortina, ésto con el objeto de:

- Afinar las mezclas
- Espesores de Capacidad
- Pesos Volumétricos
- Número de pasadas de Rodillo
- Manejo del Equipo en General
- Colocación de las Piezas Prefabricadas en el Talúd Aguas Arriba.

Las Características de este Bordo de Prueba son las siguientes:

Longitud: La Longitud total del Bordo de Prueba es de 24 m.

Ancho de Corona: Dos veces el ancho del rodillo que se utilizará en la construcción de la presa con traslape de aproximadamente 40 cm.

Altura: La correspondiente a la colocación y compactación de 10 capas, de 30 cm de espesor de material suelto.

Sección Transversal: El paramento de aguas arriba será vertical y el paramento de aguas abajo tendrá un talúd 0.75: 1.

Localización: El Bordo se construirá en el sitio de la obra evitando que forme parte de la cortina o que interfiera en las actividades para la construcción de la misma, el lugar será fijado por el Ingeniero, siempre aguas abajo de la cortina.

Materiales: Los Materiales serán los mismos que se utilizarán en la construcción de la cortina, respetándose la granulometría y mezclas propuestas para la misma.

V.E.1.- TIEMPO DE DURACION PARA LA CONSTRUCCION DEL BORDO.

Este se realizará mientras se termine la limpia de la Boquilla, se obtengan los agregados necesarios estipulados para la construcción de la cortina y se efectúe el colado de la capa de concreto convencional que servirá de apoyo al CCR.

El paramento vertical se construirá con las formas prefabricadas que se emplearán en la construcción de la cortina, las formas se manufacturarán previamente y se les dará el tiempo necesario para alcanzar la resistencia de proyecto. La forma se anclará al Bordo conforme avance la construcción y se colocará concreto convencional de $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ entre la forma y el CCR en un ancho de 50 cm en la base, compactando este concreto convencional con vibrador de inmersión.

V.E.2.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

En el CCR el Bordo será dividido longitudinalmente en tres zonas: A, B Y C, las cuáles se compactarán con 2, 4 y 6 pasadas respectivamente, con rodillo liso vibratorio, autopulsado, de 10 toneladas de peso.

- Cuatro capas con CCR con ceniza volante

- Una capa de concreto de liga, completándola con CCR con ceniza volante.
- Dos capas de CCR con limo.
- Una capa de concreto de liga completándolo con CCR con limo.
- Dos capas de CCR con limo.

El procedimiento constructivo menciona que deberán tenderse primero 4 capas de CCR con ceniza volante, lo que no produce una altura de 1.20 m al finalizar el tendido de estas 4 capas. Se continuará con la colocación de una capa de concreto de liga cuyo espesor es de aproximadamente 0.08 m. La sexta capa será de CCR con ceniza volante y tendrá un espesor de 0.22 m. Las capas siete y ocho estarán constituidas por CCR con limo y el espesor total de éstas será de 0.60 m, la capa nueve de concreto de liga tendrá un espesor de 0.08 m, la capa diez será de CCR con limo cuyo espesor será de 0.22 m, finalmente se colocarán las capas once y doce de CCR con limo, y su espesor será de 0.60 m.

La Altura total del Bordo se obtiene de sumar los espesores mencionados anteriormente, es decir:

$$1.20 + 0.08 + 0.22 + 0.60 + 0.08 + 0.22 + 0.60 = 3 \text{ m.}$$

El volumen de CCR total, incluyendo concreto de liga, es de aprox. 1256.405 m³ distribuido de la sig. manera:

- CCR con ceniza: 634.452 m³
- CCR con limo: 556.039 m³
- Concreto de liga: 65.914 m³

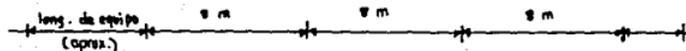
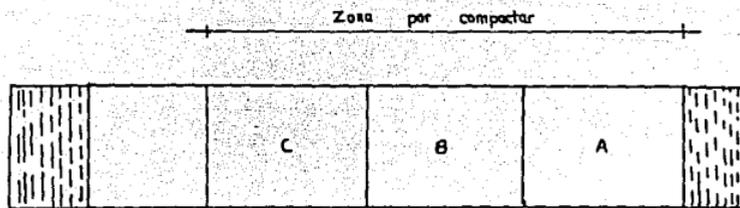
Lo anterior resulta de considerar 48 m de largo x 9,85 m de ancho en la base y 27,60 m de ancho en la corona.

La cantidad de cemento que se requiere para la fabricación del concreto convencional que formará la pantalla impermeable de 0,50 m de ancho y que a su vez proporcionará el medio al cual se anclarán las formas prefabricadas se obtiene de lo siguiente:

VOLUMEN TOTAL	CONSUMO APROXIMADO	CANTIDAD DE CEMENTO
72 m ³	280 kg/m ³	20.160.000 kg

Con este proceso constructivo se podrán verificar:

- 1 junta entre CCR con ceniza volante y losa de cimentación de concreto convencional.
- 3 juntas entre capas de CCR con ceniza volante.
- 2 juntas entre CCR con ceniza volante y concreto de liga.
- 1 junta entre CCR con ceniza volante y CCR con limo.

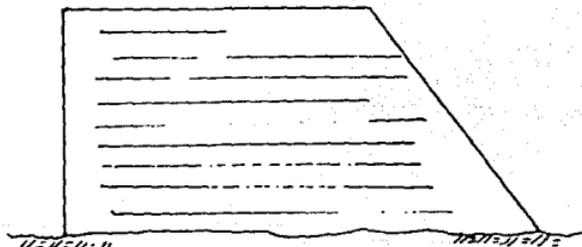


ZONA DE DIFERENTE COMPACTACION

t = Dos veces el ancho del equipo de compactación.



(solape de aprox. 40 cm.).



SECCION TRANSVERSAL DEL BORDO DE PRUEBA

3 juntas entre capas de CCR con limo.

2 juntas de CCR con limo y concreto de liga.

El concreto será elaborado utilizando el método propuesto por el contratista para la construcción de la cortina, pudiendo modificarse o rechazarse si al criterio del Ingeniero no cumple con las características deseadas.

El material será transportado y colocado con el equipo propuesto por el Contratista para los trabajos en la cortina, formando capas de 30 cm de espesor de material suelto.

V.E.3.- LA COMPACTACION SERA DE DOS TIPOS :

- Compactación con rodillo liso vibratorio de la misma forma que se vaya a hacer en el cuerpo de la presa.

- Compactación en las zonas en las que se efectuarán reparaciones mediante equipo de menor tamaño o de operación manual, mismo que será empleado para la construcción de la presa y sujeto a la aprobación del Ingeniero durante la construcción del Bordo.

Se colocará una capa intermedia de concreto convencional sobre la superficie de desplante, con un espesor de 30 cm, aproximadamente de tal forma que quede horizontal.

Se deberá descubrir 1/3 (un tercio) del tamaño máximo de agregado y curar la superficie durante siete días con agua. La superficie deberá permanecer húmeda al inicio de la colocación de CCR.

Se colocarán las cuatro primeras capas de CCR de tal forma que el proceso sea continuo, evitando la formación de juntas frías.

La superficie del CCR se curará con agua durante 24 hrs, para posteriormente colocar las siguientes 3 capas, sin dar tratamiento alguno a la junta, a excepción de la limpieza de la superficie.

La superficie de la 7a. capa se curará durante 24 hrs, antes de colocar la siguiente capa.

La formación de la octava capa se efectuará colocando una capa de concreto de liga de 8 (ocho) cm de espesor e inmediatamente una capa de CCR de 22 (veintidós) cm y se procederá a compactar.

Las siguientes 2 capas se colocarán de tal forma que entre estas 3 últimas no se formen juntas frías. El Bordo de Prueba se curará mediante la aplicación de agua durante 28 días.

Entre capa y capa la Compañía Contratista dará las facilidades necesarias para que el Laboratorio de la Secretaría obtenga calas, para comprobar la compactación y determinar el peso volumétrico.

V.E.4.- OBTENCION DE NUCLEOS

El Contratista dará todas las facilidades al personal de la Secretaría para la obtención de núcleos de concreto en el Bordo de Prueba.

Con los resultados obtenidos del Bordo de Prueba se podrá :

- Evaluar el sistema de soporte en el paramento vertical
- Definir si es necesario hacer alguna modificación en cuanto a las mezclas a utilizarse.
- Determinar el número de pasadas requeridas para obtener el peso volumétrico del proyecto.
- Evaluar la eficacia del equipo utilizado para la compactación especial.

V.E.5.-RESULTADOS OBTENIDOS.

Los resultados de las pruebas de clasificación y de calidad realizadas con los agregados ya mencionados son los siguientes:

Las resistencias determinadas a los 28 días en muestras recuperadas en el bordo de prueba variaron:

	EDAD (días)	RESISTENCIAS (kg/cm ²)
CCR con limos	28	102 - 219
CCR con cenizas volantes	28	109 - 172

PESOS VOLUMETRICOS

CALA No	No DE PASADAS	CAPA	ESPOSOR MTS.	CEM-TO	LIMO / CENIZA %	PESO VOLUMETRICO P.V.H. KG/M3	PESO VOLUMETRICO P.V.S. KG/M3	CON LIMO O CENIZAS VOLANTES
1	6	PRIMERA	0.30	1.0	0.32	2453	2266	con c.v.
2	4	PRIMERA	0.30	1.0	0.32	2346	2121	con c.v.
3	2	PRIMERA	0.32	1.0	0.32	2203	1920	con c.v.
4	6	SEGUNDA	0.30	1.0	0.32	2280	2112	con c.v.
5	4	SEGUNDA	0.20	1.0	0.32	2274	2028	con c.v.
6	2	SEGUNDA	0.28	1.0	0.32	2187	1970	con c.v.
7	6	TERCERA	0.28	1.0	0.32	2298	2165	con c.v.
8	4	TERCERA	0.27	1.0	0.32	2284	2140	con c.v.
9	2	TERCERA	0.24	1.0	0.32	2217	2092	con c.v.
10	6	TERCERA	0.24	1.0	0.32	2365	2154	con c.v.
11	4	CUARTA	0.25	1.0	0.32	2418	2260	con c.v.
12	2	CUARTA	0.27	1.0	0.32	2111	2019	con c.v.
13	6	CUARTA	0.26	1.0	0.32	2229	2065	con c.v.
14	6	QUINTO	0.28	1.0	0.32	2372	2240	con c.v.
15	4	QUINTO	0.27	1.0	0.32	2430	2282	con c.v.
	2	QUINTA	0.28	1.0	0.32	2368	2251	con c.v.
17	2	QUINTA	0.28	1.0	0.32	2086	1949	con c.v.
18	6	SEXTA	0.27	1.0	1.65	2390	2083	con limo
19	4	SEXTA	0.28	1.0	1.65	2224	1772	con limo
20	2	SEXTA	0.30	1.0	1.65	2251	2138	con limo
21	6	SEPTIMA	0.23	1.0	1.65	2308	2072	con limo
22	4	SEPTIMA	0.30	1.0	1.65	2268	2220	con limo
23	2	SEPTIMA	0.28	1.0	1.65	2053	1975	con limo
24	6	OCTAVA	0.23	1.0	1.65	2309	2150	con limo
25	4	OCTAVA	0.21	1.0	1.65	2306	2144	con limo
26	2	OCTABA	0.22	1.0	1.65	2133	1973	con limo
27	6	NOVENA	0.22	1.0	1.65	2361	2208	con limo
28	4	NOVENA	0.22	1.0	1.65	2348	2217	con limo
29	2	NOVENA	0.23	1.0	1.65	2194	2060	con limo
30	6	DECIMA	0.20	1.0	1.65	2410	2233	con limo
31	4	DECIMA	0.22	1.0	1.65	2232	2043	con limo
32	2	DECIMA	0.21	1.0	1.65	2116	1985	con limo

V.F.- CONTROL DE CALIDAD.

V.F.1.-TERRACERIAS

Se efectuarán los trabajos necesarios para garantizar que tanto el potencial y la calidad sea la necesaria para satisfacer las necesidades requeridas, para usarse en la Obra.

V.F.1.1.- CONTROL DE CALIDAD EN LA FORMACION DE TERRAPLENES Y REVESTIMIENTO DE CAMINOS.-

Se efectuaron las pruebas físicas en campo con la obtención de las calas y la recuperación de muestras para verificar la compactación de diseño.

V.F.1.2.- CONTROL DE CALIDAD DE LOS CONCRETOS EN LAS ESTRUCTURAS DE DRENAJE EN LOS CAMINOS DE ACCESO.

Se procedió a supervisar y verificar que la calidad de los concretos satisfagan las normas establecidas, muestreando el material colocado en obras, previa supervisión en su fabricación como en el manejo y colocación.

V.F.1.3.- LOCALIZACIÓN DE BANCOS DE AGREGADOS.-

Se entregarán muestras necesarias para su envío a la Dirección General de Investigación Experimental, con el fin de obtener resultados sobre la sanidad de dichos materiales, mientras que en el laboratorio local se efectuarán las pruebas indicadas, las

cuáles en conjunto con los resultados obtenidos en el laboratorio experimental, determinarán el aprovechamiento de ellos.

V.F.1.4.- DISEÑO DE MEZCLAS PARA LA ELABORACIÓN DE LOS CONCRETOS.

En base a las especificaciones de diseño y construcción, se diseñan los concretos para cada tipo de Obra, elaborando testigos que nos indicarán con los resultados obtenidos, la aplicación de dichos diseños, los cuáles podrán ser modificados y ajustados en campo dependiendo del estado en el que se encuentren los materiales antes de su elaboración.

V.F.1.5.- CONTROL DE CALIDAD DE LOS CONCRETOS Y LOS MATERIALES, YA ELABORADOS.-

Se efectuó la recuperación de las muestras de los materiales ya colocados para verificar si su calidad se apega a las especificaciones del obra.

V.F.2.- CORTINA DE LA PRESA TRIGOMIL.

V.F.2.1.- CONTROL DE LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS NATURALES Y TRITURADOS.-

En la producción de los agregados naturales (bancos las juntas), se efectuaron pruebas para garantizar la limpieza total, con el lavado en la arena y las gravas, así como su análisis granulométrico, contenido de humedad y clasificación de gravas g1, g2 y supratamaños (ver plano de localización de bancos, cap. 1).

V.F.2.2.- LA ELABORACIÓN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS PARA CONCRETOS.-

En base a las especificaciones de diseño y construcción, se diseñan los concretos para cada tipo de obra. Cabe hacer notar que para el diseño de los concretos tipo CCR se deberá contar con un agregado más, siendo este: la ceniza volante o limo.

V.F.2.3.- SUPERVISIÓN PARA LA COLOCACIÓN ADECUADA DE LOS CONCRETOS EN LA OBRA.-

La supervisión del laboratorio se inicia a partir de la recepción de construcción en cuanto a líneas y niveles se refiere, observando que la cimbra cumple con los requisitos para lo cual, fue proyectada, troquelada correctamente, calafateada, limpia la zona de

contacto que esté libre de posibles materiales contaminantes, amacise de la roca, retiro de la roca suelta, con agua y aire, etc.

Vigilar que el concreto no tenga una caída libre mayor de 1.5 m que sea constante correctamente vibrado, colocado en capas tendientes a evitar las juntas frías y como preparación a una posible interrumpir por imprevistos, hacer que la empresa humedezca las zonas de contacto en una forma correcta, sin exceso.

Una vez concluida la colocación se procederá al tratamiento llamado "el corte verde", que consiste en un chiflón de aire a presión sobre la superficie expuesta del colado, como tratamiento final a este colado se vigila que éste, sea curado correctamente con agua durante el tiempo necesario.

V.F.2.3.- MUESTREO DE MATERIAL COLOCADO PARA VERIFICAR SI LA CALIDAD ES LA REQUERIDA POR LAS ESPECIFICACIONES DE DISEÑO Y CONSTRUCCION.

Se efectúa la recuperación de las muestras de los materiales ya colocados para verificar si su calidad se apega a las Especificaciones.

V.F.2.4.- SUPERVISION DE LAS ACTIVIDADES GEOMECAICAS Y DE GEOTECNIA.-

Las actividades geomecánicas se inician en la preparación de los nichos y superficie en las Galerías, para realizar las pruebas de gato plano, gato GOODMAN y roseta, las

cuáles nos indican el índice de calidad de roca, esfuerzo - deformación y recuperación de muestras.

Geotécnia, los trabajos a realizar en esta etapa se iniciaron a partir del levantamiento geológico que se hizo para diseñar el tapete de consolidación que es necesario para evitar las posibles filtraciones.

Conociendo el rumbo de las fracturas se determinará la inclinación, orientación y profundidad de los barrenos, al igual que el tipo de mezclas a inyectar con sus respectivos presiones en las diferentes profundidades recomendados hasta finalizar con el sello de cada uno.

CONCLUSIONES

El proyecto de la Presa "Trigomil", representa el inicio de la aplicación de una novedosa técnica o procedimiento constructivo en México, como es el Concreto Compactado con Rodillo, el cuál ofrece amplias perspectivas para continuar empleandose con mayor constancia, por las ventajas económicas que ofrece y su rapidez de ejecución para las presas futuras de este país.

En la difícil situación que enfrenta Latinoamérica, estas características constituyen, que la actividad en la construcción de presas no se detenga ni disminuya, si no por el contrario se continuará a un ritmo sostenido y con mejores resultados por el tiempos empleados que redundan en cultivos anticipados.

En términos generales, la economía del CCR deriva del consumo mucho menor de cemento para la elaboración de las mezclas, así como la rapidez y la facilidad de su colocación en comparación con las estructuras erigidas con Concreto Convencional o Materiales Graduados.

El procedimiento constructivo puede ser asimilado fácilmente por las Empresas Constructoras, ya que es similar a la Compactación de Terracerías y que solo requieren seguir cuidadosamente las especificaciones constructivas.

Paralelamente al desarrollo de la Tecnología de Diseño y Construcción, deberán prepararse los procedimientos para el control de calidad, pues es necesario vigilar que la obra se construya conforme a lo proyectado y programado, de lo contrario, como se observó, una de las grandes ventajas que es el tiempo de ejecución se vió afectado y esto redundó en lo económico.

El diseño de mezclas para el CCR se encuentra en etapa de desarrollo en México, por ello es necesario ensayar en laboratorio y en campo diversas combinaciones. Esta no es una limitación a la nueva tecnología, sino un reto a la capacidad del Ingeniero que diseñará y construirá estas estructuras, ya que en países extranjeros se han obtenido resistencias similares con menor consumo de cemento.

Aunque por todo lo descrito y expuesto anteriormente, se ha visto que el CCR abate considerablemente los costos, se recomienda que en cada caso particular, se hagan estudios para definir el tipo más adecuado de cortina, para que sin sacrificar la seguridad de las obras, se aprovechen mejor los recursos disponibles.

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos está consciente que aún le faltan experiencias que vivir, pero dió el primer paso y está en el camino para que en un futuro no lejano, pueda enriquecer el acervo y la tradición que en obras hidráulicas ha heredado.

BIBLIOGRAFÍA

1.- "PRESAS DE CONCRETO RODILLADO"

ING. ANTONIO MOSQUEDA TINOCO

DIRECCION DE INVESTIGACION Y DESARROLLO EXPERIMENTAL
DE LA SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS
MEXICO D.F., OCTUBRE DE 1985.

2.- "ROLLER COMPACTED CONCRETE"

ACI (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE)

COMITE 207

WALTER H. PRICE CHAIRMAN, 1980.

3.- "SEMINARIO DE CONCRETO RODILLADO"

ERNEST K. SCHRADER

ICA GUADALAJA, JALISCO MAYO 1986.

4.- "ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL CONCURSO IC-85-39 A"

PROYECTO EL GRULLO - AUTLAN, JALISCO

PRESA TRIGOMIL

DIRECCION GENERAL DE IRRIGACION Y DRENAJE DE LA SECRETARIA DE
AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS (SARH).

5.- "CONFERENCIA, CONSTRUCCION DE LA PRESA TRIGOMIL"
AUDITORIO DEL CICM NOVIEMBRE 1988.

6.- "CONCRETO PARA CORTINAS COMPACTADO CON RODILLOS"
ERNEST K. SCHRADER
REVISTA IMCYC VOL. 20, No 139, NOVIEMBRE 1982.

7.- "TECNOLOGIA DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLOS"
NIETO R. JOSE
REV. CONSTRUCCION Y TECNOLOGIA VOL. 1, No 5, OCTUBRE 1988.

8.- "EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLOS Y SU CONTROL DE CALIDAD"
MEMORIA. REUNION NACIONAL DE LABORATORIOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
M. EN I. DONATO FIGUEROA GALLO, IMCYC.
SAN LUIS POTOSI, 1987.

9.- "CONCRETO SECO COMPACTADO CON RODILLO"
MEMORIAS TECNICAS
REUNION DEL CONCRETO. COLOMBIA, 1988.

10.- "ROLLER COMPACTED CONCRETE II"
CONFERENS ASCE, 1988.

11.- "BOLETIN DEL CEMENTO PORTLAND"
PUBLICACION, JUL. - AGO., No 124, 1988.

12.- "LA EVOLUCION DE LA TECNOLOGIA EN EL DISEÑO Y COSTRUC-
CION DE CORTINAS DE SECCION DE GRAVEDAD"

ING. MACARIO VEGA PEREZ

9o CONGRESO DE HODRAULICA. QUERETARO, NOVIEMBRE 1986.

13.- "SMALL RCC DAM PLAYS MAJOR ROLE IN REHABILITATION
PROJECT"

WATER POWER & DAM CONSTRUCTION. FEBRUARY, 1988.

14.- "SEICER - SCALING RESISTANCE OF LEAN CONCRETES CONTAINING
FLY ASH"

PORTLAN CEMENT ASSOCIATION

VOL. 10, NUMBER 2, JULY 1989.