



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

*Análisis de los aspectos constructivos generales para la
optimización del diseño de ingeniería conceptual del
P.H. La Yesca localizado en el estado de Nayarit*

T E S I S

Que para obtener el Título de

Ingeniero Civil

p r e s e n t a :

Erick Ponce Patlán

Director de Tesis:

M. I. Victor Franco

México, D. F., febrero de 2006

AGRADECIMIENTOS

A mis padres:

Porque gracias al apoyo, esfuerzo, dedicación, buen ejemplo y tiempo que me han dedicado durante toda mi vida pude concluir esta etapa de la misma.

A mi esposa Gloria y mi hijo Ian:

Agradezco todo su amor y apoyo para poder terminar este trabajo y en general, todos mis estudios universitarios.

Al. Ing. Víctor Franco:

Le presento mi agradecimiento y respeto por toda su paciencia, apoyo y comprensión al dirigirme durante la ejecución de este trabajo escrito de tesis.



A la Comisión Federal de Electricidad:

Y en especial al Ing. Alejandro León Ramírez, agradeciendo la información proporcionada para la elaboración de la presente tesis.



A Ingeniería, Asesoría y Consultoría, S.A. de C.V.:

Agradezco a los ingenieros Enrique Heredia Rubio y Alfonso Arce Arango, por la asesoría y valiosos consejos que recibí durante la realización del presente trabajo; y a su personal, por el apoyo que me brindaron.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	9
OBJETIVO DE LA TESIS	11
1. Aspectos Generales.....	13
1.1. Objetivo del proyecto.....	13
1.2. Importancia del proyecto	14
1.3. Localización y acceso	15
1.4. Sistema Hidrológico del río Santiago	17
1.5. Arreglo geométrico de las obras	18
1.6. Flora y fauna de la región	25
1.6.1. <i>Vegetación</i>	25
1.6.2. <i>Fauna</i>	26
1.6.3. <i>Diversidad</i>	32
1.6.4. <i>Abundancia</i>	32
1.7. Impacto ambiental.....	33
1.7.1. <i>Contenido general de un Manifiesto de Impacto Ambiental</i>	34
1.8. Aspectos socio-económicos.....	37
1.8.1. <i>Infraestructura</i>	37
1.8.2. <i>Actividad económica actual</i>	39
1.8.3. <i>Actividad económica debida al Proyecto</i>	40
2. ESTUDIOS BÁSICOS.	43
2.1. Topografía	43
2.2. Geología	45
2.2.1. <i>Antecedentes</i>	45
2.2.2. <i>Geología regional</i>	47
2.2.3. <i>Geología de la boquilla Juanepanta</i>	50

2.2.4. Sismicidad	51
2.2.5. Bancos de materiales	52
2.3. Hidrología	56
2.3.1. Características de la cuenca	56
2.3.2. Esguimientos	58
2.3.3. Avenidas de diseo	63
2.3.4. Evaporaciones netas	67
2.3.5. Azolves	67
2.4. Estudio hidroenergético.	68
2.4.1. Funcionamientos de vaso	68
2.4.2. Tránsito de avenidas.....	71
2.4.3. Bordo libre	73
3. REVISIÓN DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL ELABORADA POR CFE Y EMISIÓN DE NUEVAS ALTERNATIVAS DE OPTIMIZACIÓN, EN SU CASO.	77
3.1. Cortina y Desfogue de la Obra de generación.	77
3.2. Obra de desvío.....	81
3.3. Obra de toma y Plataforma para la Subestación.....	81
3.4. Obra de excedencias.....	84
3.5. Emisión de una propuesta de optimización.....	86
4. PLANEACIÓN DE LOS ARREGLOS CONCEPTUALES.	89
4.1. Obra de Desvío	89
4.2. Obra de Contención	90
4.3. Obra de Generación	90
4.4. Obra de Excedencias	92
5. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS.	93
5.1. Cálculo de los principales volúmenes de obra.....	93
5.1.1. Cortina	98
5.1.2. Obra de desvío	99
5.1.3. Obra de excedencias	99

5.1.4. Obra de generación.....	100
5.2. Análisis constructivo.....	102
5.2.1. “Movilización e Instalación” y “Construcción de Caminos”	102
5.2.2. Obra de Desvío	102
5.2.3. Obra de Contención	106
5.2.4. Obra de Generación.....	111
5.2.5. Obra de Excedencias.....	117
5.2.6. Comparativa de las alternativas	118
5.3. Programa general de ambas alternativas en diagrama de Gantt	119
5.4. Presupuesto general.....	121
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	125
ANEXO 1.....	129
Plano de las dos propuestas de arreglo general.....	129
ANEXO 2.....	131
a) Programa general de obra de la Alternativa CFE.....	131
b) Programa general de obra de la Alternativa nueva.	131
ANEXO 3.....	133
Presupuesto desglosado de ambas alternativa.	133
ANEXO 4.....	143
Balance de materiales.....	143
BIBLIOGRAFÍA	147

INTRODUCCIÓN

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) tiene actualmente en proceso, la realización de la ingeniería conceptual del Proyecto Hidroeléctrico (P. H.) La Yesca, situado 60km aguas arriba del P. H. El Cajón y 76km aguas abajo de la Central hidroeléctrica (C. H.) Santa Rosa, como se muestra en la figura 'A'. Este Proyecto considera la instalación de 750MW de potencia mediante tres unidades tipo Francis. Por su ubicación geográfica, el P. H. La Yesca, ocasionará un cambio muy favorable en la calidad de energía (incremento de energía firme en 152GWh anuales) producida por las centrales de Aguamilpa-Solidaridad y El Cajón; en total, debido al P. H. La Yesca se generará 1,218GWh al año. El NAME se encuentra a la elevación 578msnm, el NAMO a la 575msnm y la corona de la Cortina a la 580msnm, la Obra de Excedencias está formada por tres túneles vertedores de 14.0x16.0m con la Estructura de Control a cielo abierto.

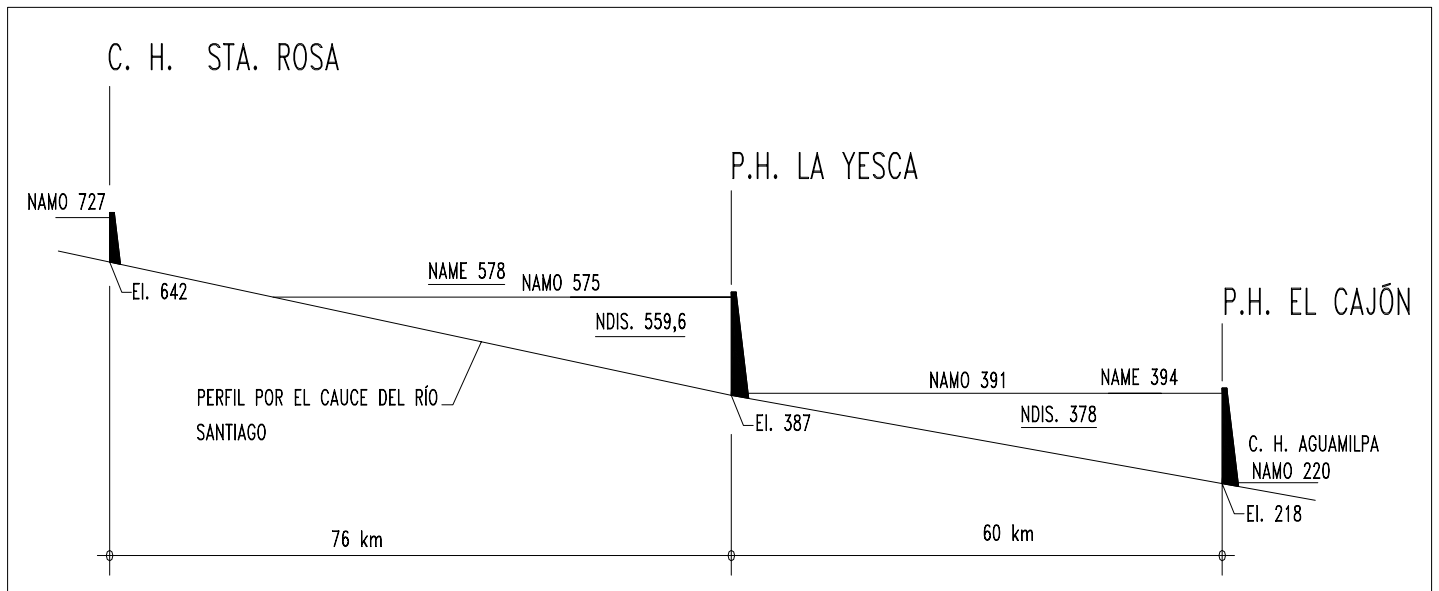


Figura A: Perfil del Río Santiago

Dentro de los estudios de ingeniería conceptual en desarrollo por la CFE, se han planteado opciones de arreglos de obras para el P. H. La Yesca, con el propósito de elegir aquel de mayor viabilidad técnica y constructiva al menor costo. Aunque los trabajos que se han realizado con anterioridad se han referido a una cortina de unos 150m de altura, en el eje La Yesca o en otro conocido como Juanepanta, se contempla la posibilidad de construir una cortina más alta, hasta

donde la topografía y la geología lo permitan.

La CFE se ha centrado en analizar la alternativa de construcción de una cortina alta, de alrededor de unos 200m, que con la simple regulación de los escurrimientos en su vaso de almacenamiento, se lograrían las importantes ganancias de generación hidroeléctrica ya mencionadas para los proyectos que se encuentran aguas abajo.

También existen otros proyectos en diferentes etapas de estudio, el proyecto con mayores estudios es el P. H. La Parota, localizado en el estado de Guerrero, que se encuentra en la etapa de ingeniería de detalle. Entre los proyectos más importantes se pueden mencionar los siguientes: en los límites de los estados de Querétaro e Hidalgo se localizan los proyectos Jiliapan, Gobernador, Piedra Blanca, Tilaco, Tecalco y Tamán, todos ellos aguas abajo de la C. H. Zimapán sobre el cauce del río Moctezuma, de los cuales se tiene sólo la ingeniería conceptual; el P. H. San Nicolás, localizado en el Estado de Jalisco, que se está estudiando como anteproyecto; también se encuentra en estudio la ampliación de la C. H. La Villita, en el estado de Michoacán.

Por los problemas sociales que presenta el P. H. La Parota cuyo estudio es el más avanzado dentro de la CFE, el P. H. La Yesca está pasando a un primer plano de interés tanto de la Gerencia de Programación como de la Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos. De tal forma que la presente tesis contempla problemas de actualidad dando a ésta importancia y utilidad ya que propone una alternativa de optimización del arreglo general del proyecto para su futuro desarrollo por CFE.

Otra de las bondades del P. H. La Yesca, es que al tener características fisiográficas y socio-económicas similares con el P. H. El Cajón, los proyectos serían también muy similares; situación que permite aprovechar la experiencia y la ingeniería desarrollada en este último. En éste trabajo se hace referencia a algunas de las características del P. H. El Cajón que servirán como base para realizar algunos cambios aquí propuestos, además se ha tomado como referencia para evaluar procedimientos constructivos de estructuras similares y asignar precios a éstas para la presupuestación.

OBJETIVO DE LA TESIS

El objetivo principal de éste trabajo consiste en analizar desde el punto de vista constructivo, económico y programático, la propuesta emitida por CFE para la elaboración de la Ingeniería Conceptual del P.H. La Yesca; presentar nuevas propuestas y elegir aquella de mayor viabilidad técnica y constructiva, cuidando los aspectos de seguridad, al menor costo, para tal efecto es necesario llevar a cabo una revisión detallada de la información existente proporcionada por CFE, de manera que se identifiquen las oportunidades de optimización tanto técnicas como económicas y desarrollar en base a ello una nueva propuesta que contenga los aspectos económicos y constructivos más favorables, incluyendo las recomendaciones que le permitan a la CFE tener los elementos suficientes en la toma de decisiones sobre la mejor opción.

1. ASPECTOS GENERALES.

En este capítulo se describen de forma general los temas que han sido de importancia para el desarrollo del proyecto, esto va desde el objetivo que tiene la construcción del P. H. La Yesca así como la importancia que se la ha venido dando en años recientes, hasta las condiciones sociales, económicas y ambientales del lugar, que podrían impactar de forma importante en la ejecución del proyecto así como de la legislación aplicable para llevar a cabo el proceso de licitación, construcción y operación del proyecto. También se hace mención de los principales aspectos geométricos de las obras que lo conforman.

1.1. Objetivo del proyecto

El objetivo principal del P. H. La Yesca es el aumento de energía eléctrica disponible en horas pico del país, tanto por la propia generación de esta Central como por el aumento de la generación en firme que ocasionará a las Centrales de El Cajón y Aguamilpa-Solidaridad; por tal motivo se define como un proyecto para generación eléctrica de puntas, esto significa que estas centrales trabajan sólo en los períodos del día en que las poblaciones consumen mayor energía eléctrica, estamos hablando de 4 a 8hrs aproximadamente, la mayoría de las centrales hidroeléctricas en el país se usan para tal fin aunque se podría analizar la posibilidad de construir centrales hidroeléctricas de baja carga, en cascada, con una presa reguladora aguas arriba de éstas que mantenga un gasto constante en todas las centrales del conjunto.

Además del objetivo principal que es la generación eléctrica, se prevé el uso del embalse producido por la cortina para la pesca, ya sea en el propio vaso o mediante granjas piscícolas y como atractivo turístico de fácil acceso desde la ciudad de Guadalajara, mediante desarrollos urbanos como hoteles y conjuntos residenciales; lo anterior aumenta la viabilidad del proyecto en vista del desarrollo económico que se puede generar en la zona aledaña a la presa, incrementando la relación beneficio/costo.

1.2. Importancia del proyecto

El proyecto La Yesca se empezó a estudiar en el año 1957 por la extinta Comisión Lerma-Chapala Santiago, y posteriormente en 1965 por el Departamento de Planeación y Estudios de la CFE, aunque ya desde 1961 esta dependencia había iniciado algunos reconocimientos geológicos.

Fue en 1980 cuando se inició una campaña más intensa para estudiar en forma integral la zona aledaña a la confluencia de los ríos Santiago y Bolaños. La campaña la realizaron la Superintendencia de Estudios Zona Pacífico Norte (SEZPN) y el Centro de Anteproyectos del Pacífico Norte (CAPN), la primera se encargó de los estudios geológicos y el segundo de los trabajos de anteproyecto. Después de analizar cinco ejes alternativos, se llegó a la conclusión de que el eje llamado La Yesca era el que presentaba las mejores condiciones topográficas y geológicas.

El CAPN con tal conocimiento se dio a la tarea, en dicho eje, de realizar estudios de generación hidroeléctrica y esquemas de anteproyecto con diferentes tipos de cortina, entre los años de 1984 y 1991. En el año 2001 se realizó una revisión de todos los estudios anteriores, llegando a la conclusión de que la solución más factible era construir una cortina de enrocamiento con losa de concreto de unos 150m de altura.

En la revisión general del año 2001, se estimó que el informe de factibilidad geológica de agosto de 1991 era suficiente; pero se presentaron algunas dudas, que la SEZPN quedó por aclarar con una nueva campaña de exploraciones y tendidos geofísicos, campaña que no se concretó por falta de recursos financieros. En el primer semestre del 2004 la SEZPN desarrolló un programa de trabajos de campo encaminado a tener la topografía de detalle de la boquilla y la geología de detalle de toda la zona de obras ampliada de la alternativa Juanepanta. Actualmente se está proponiendo una campaña de trabajos geológicos adicionales enfocados principalmente al eje La Yesca.

Actualmente, se encuentra en proceso la ingeniería conceptual; con este proyecto se prevé la generación de 1,218GWh anuales, 882 en horas punta, instalando 3 unidades tipo Francis de 250MW de capacidad cada una.

1.3. Localización y acceso

La boquilla de La Yesca se localiza a 90km, en línea recta, al noroeste de la ciudad de Guadalajara, a 105km sobre la carretera federal, y a 22km al NW de la población de Hostotipaquillo, Estado de Jalisco, a 4km aguas abajo de la confluencia de los ríos Bolaños y Santiago y sobre el cauce de este último. El vaso de la futura presa se desarrollará en las entidades federativas de Jalisco y Nayarit. En el sitio del proyecto, el río Santiago limita a ambos estados. Sus coordenadas geográficas son $21^{\circ}11'49''$ de Latitud Norte y $104^{\circ}06'21''$ de Longitud Oeste; a continuación se muestra el croquis de localización en la figura 1.1.

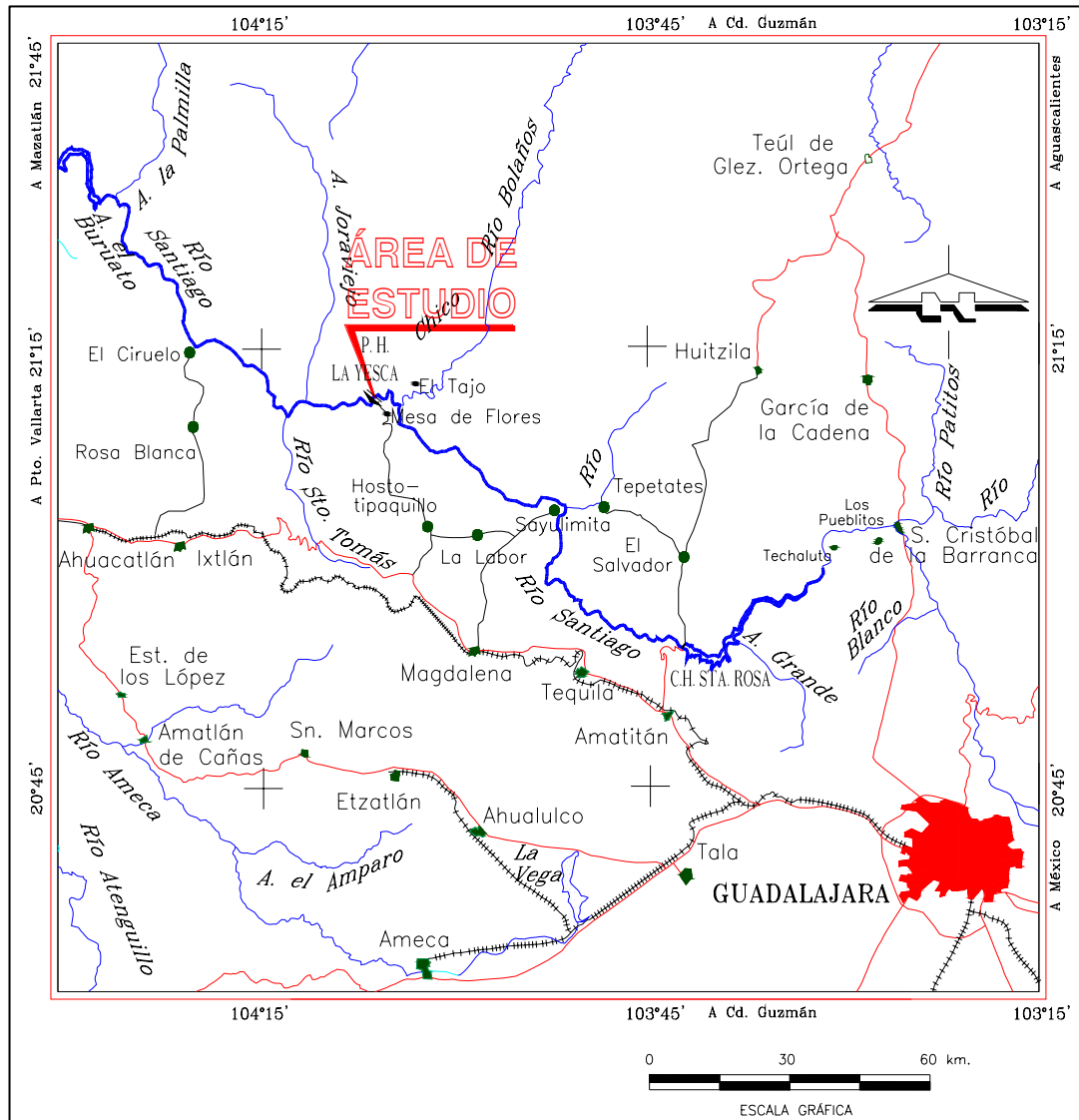


Figura 1.1: Localización del P. H. La Yesca

El acceso al sitio se hace por la Maxipista Guadalajara - Tepic, recorriendo 60km desde el anillo periférico de Guadalajara, hasta la desviación al poblado de Magdalena, y de allí se recorre un tramo de 15km por la carretera federal No. 15 hasta el entronque con el camino que lleva al pueblo de Hostotipaquillo, al cual se llega por una carretera pavimentada de 8km. De aquí parte una terracería, en buenas condiciones y transitable todo el año de 20km hasta el caserío conocido como Mesa de Flores. Otra manera de llegar es viajando 75km por la carretera libre No. 15 hasta la desviación al poblado de Hostotipaquillo, de allí se continúa como ya se había indicado. La figura 1.2 muestra el acceso al sitio.

Para llegar a la boquilla, por la margen izquierda, se emplea la terracería de 6,5km habilitada recientemente por la SEZPN de CFE.

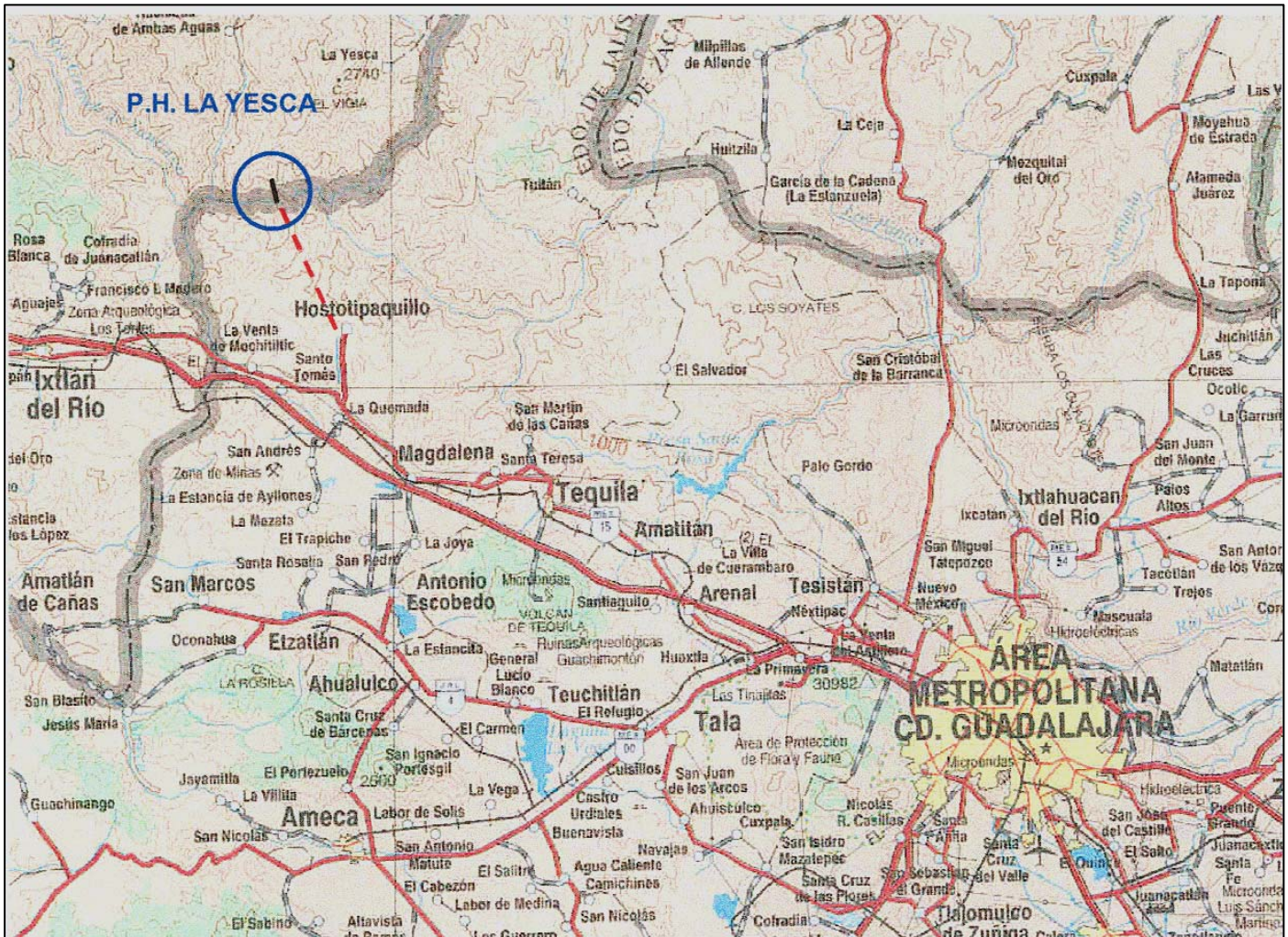


Figura 1.2: Acceso al P. H. La Yesca

1.4. Sistema Hidrológico del río Santiago

La CFE actualmente ha puesto especial interés en el aprovechamiento integral de Río Santiago, en la cual se encuentran en operación las centrales hidroeléctricas Santa Rosa y Aguamilpa-Solidaridad, además de estar en construcción el P. H. El Cajón. El P. H. La Yesca, además de la generación propia (881GWh anuales) producirá un cambio muy favorable en la calidad de energía (incremento de energía firme) producida por las centrales de Aguamilpa-Solidaridad y El Cajón (152GWh anuales por ambas).

El aprovechamiento integral del Río Santiago se refiere al conjunto de proyectos que se ubican bajo el esquema conocido como “Funcionamiento en Cascada”, el cual implica la construcción de varias centrales sobre el cauce del mismo río donde se hace coincidir el Nivel de la Descarga de una central ‘A’ con el NAME de la central que se encuentra aguas abajo ‘B’, a su vez, la descarga de la central ‘B’ coincide con el NAME de la central ‘C’ aguas abajo, como se muestra en la figura A para las centrales Santa Rosa, La Yesca y El Cajón sobre el cauce del río Santiago. Éste arreglo ayuda a controlar el gasto del río regulándolo en el vaso de la central aguas arriba y descargando a la central aguas abajo sólo el gasto necesario para la generación de energía y para conservar el afluente del río, llamado ‘gasto ecológico’; si se colocan varias centrales de este mismo modo se aumentará la generación de todas las centrales regulando los gasto desde la primera aguas arriba hasta la última aguas abajo.

El sistema hidrológico Santiago comprende a 27 proyectos que, en conjunto representan un potencial hidroenergético de 4,300MW. El P. H. La Yesca ocupa el tercer lugar en potencia y generación dentro del sistema, sólo después de la C. H. Aguamilpa-Solidaridad y del P. H. El Cajón; en la figura 1.3 se muestran dichos proyectos.

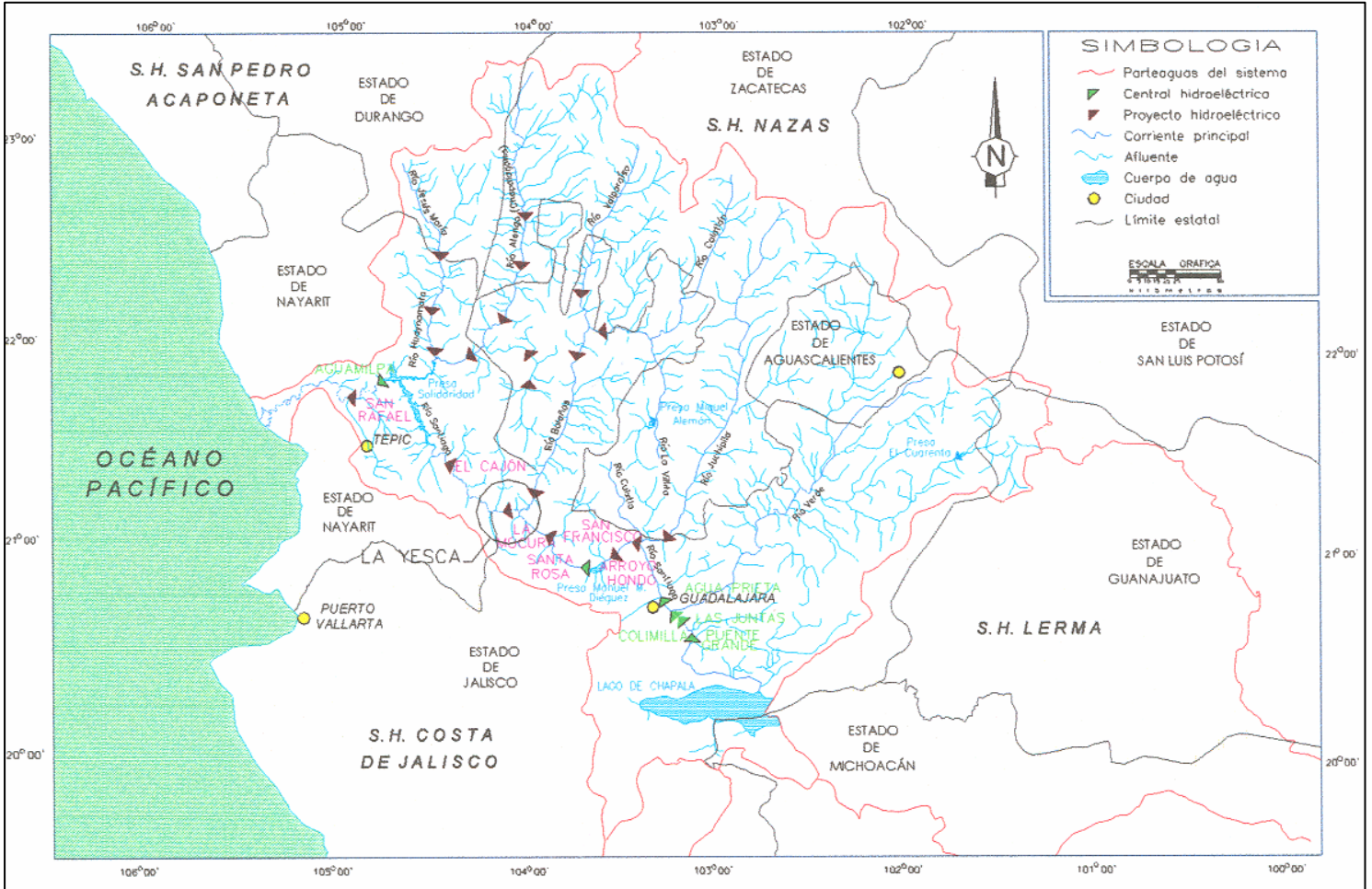


Figura 1.3: Ubicación de los 27 proyectos del Sistema Hidrológico del río -Santiago

1.5. Arreglo geométrico de las obras

Como parte de la información proporcionada por CFE se encuentran planos del arreglo conceptual del P.H. La Yesca en los que se muestran las características geométricas de las obras que lo conforman; dichas obras son: Obra de contención o Cortina, Obra de desvío, Obra de toma y Obra de excedencias. También se encuentran planos con los perfiles de la Obra de desvío y de la Obra de Excedencias. A continuación se describen las características generales de las obras que conforman el Proyecto.

La Obra de contención del P.H. La Yesca consta de una Cortina, mostrada en la figura 1.4, de enrocamiento con cara de concreto con su corona a la elevación 579.0 y bermas a la 407.0 y 392.0msnm en su cara aguas abajo; la corona es de 7.0m de ancho y 583.0m de longitud; el Plinto

sobre el cauce del río se encuentra desplantado a la elevación 370.0msnm; los taludes de la cortina son de 1.4:1 en ambas caras de la cortina.

La Obra de desvío mostrada en la figura 1.5, consta de una Pre-ataguía aguas arriba con corona a la elevación 418.0msnm (la Ataguía aguas arriba se encuentra integrada a la Cortina y no se cuenta con especificaciones para ella), una Ataguía aguas abajo integrada a la Cortina, a la elevación 407.0msnm; dos Túneles de desvío largos con sección de 14.0x14.0m con entrada a las elevaciones 390.0 y 394.0msnm, y la salida de ambos se encuentra a la 387.0msnm, la longitud de los túneles es de 726.0 y 781.0m.

La Obra de excedencias se encuentra en la margen izquierda del río, dicha estructura consta de tres túneles de 14.0m de ancho por 16.0m de alto con una longitud promedio de 640.0m cada uno, la Estructura de control de ésta Obra es común a los tres túneles, consta de 6 compuertas radiales y se encuentra en una plataforma a cielo abierto a la elevación 552.0msnm, con la cresta del Cimacio a la elevación 556.40msnm. El perfil por el eje del túnel 2 se muestra en la figura 1.6 con la sección geofísica.

ASPECTOS GENERALES

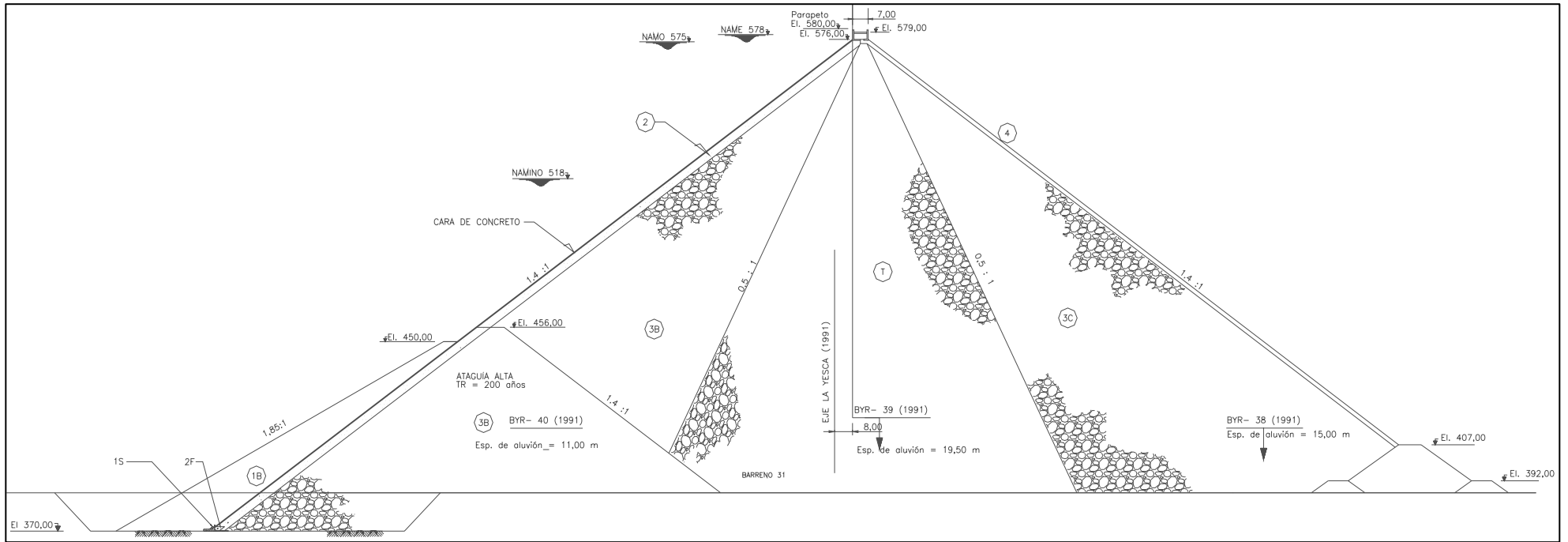


Figura 1.4: Cortina de enrocamiento con cara de concreto

Análisis de los aspectos constructivos generales para la optimización del diseño de ingeniería conceptual del P.H. La Yesca localizado en el estado de Nayarit

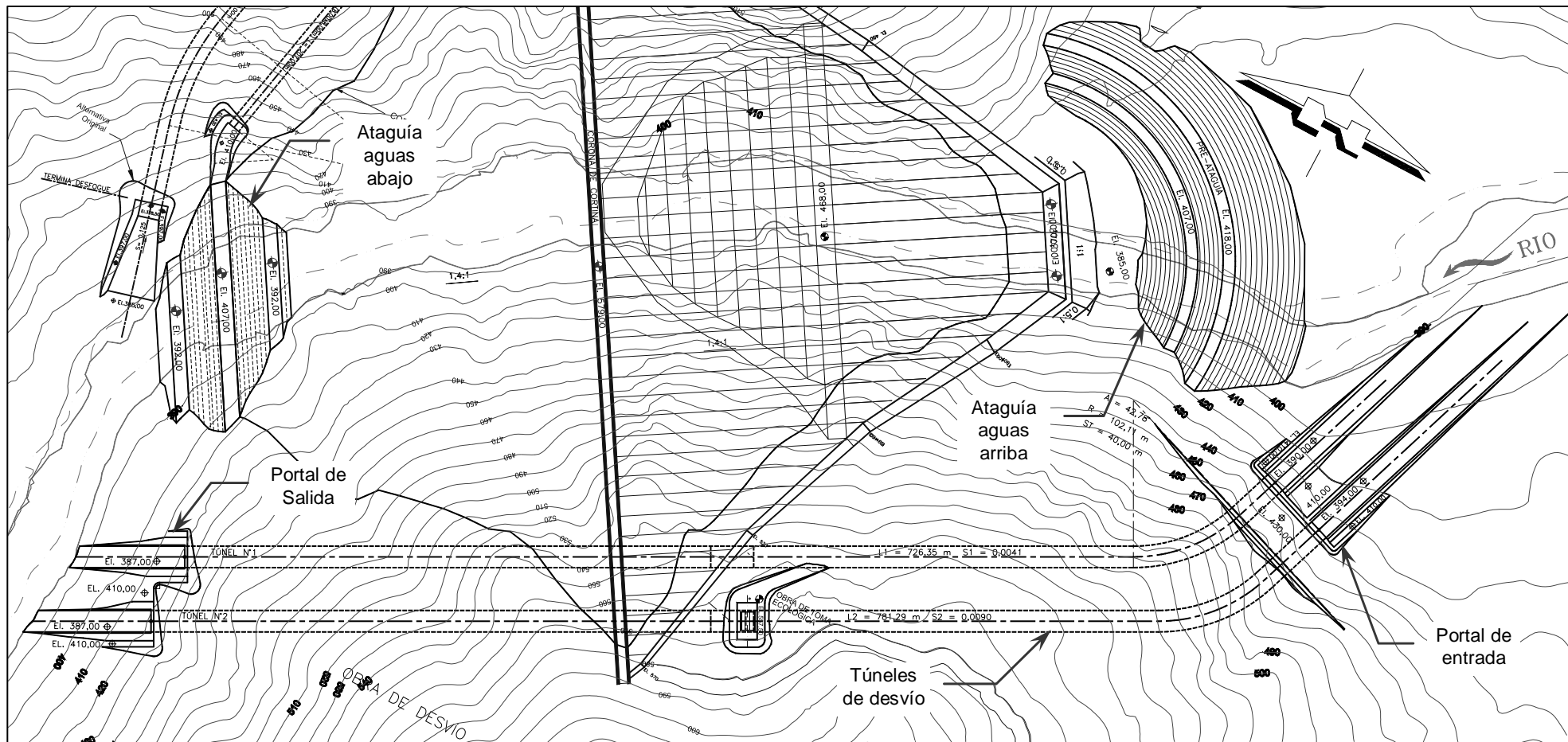


Figura 1.5: Obra de desvío

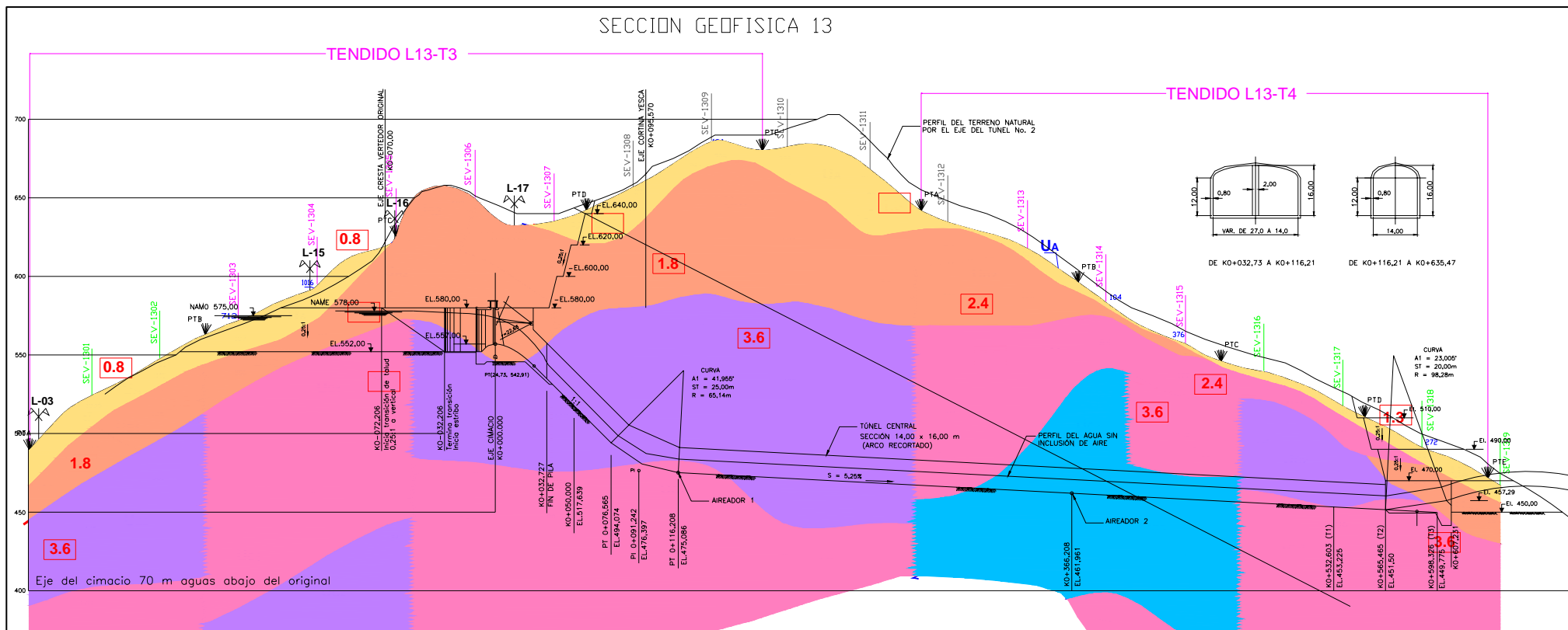


Figura 1.6: Obra de excedencias con túneles vertedores

La Obra de toma es una plataforma que se encuentra ubicada en la margen derecha del río a la elevación 497.0msnm con compuertas deslizantes hasta la elevación 580.0msm que coincide con la corona de la Cortina; el uso principal de esta presa será la generación eléctrica por lo que es necesario el conjunto de estructuras necesarias propiamente para dicho fin, a éste conjunto se le llama Obra de generación, cuyas estructuras principales además de la Obra de toma son: Tubería a presión, Casa de máquinas, Túneles de aspiración, Galería de oscilación, Túnel de desfogue, Portal de salida del Desfogue, Lumbreras de Buses, Cables y Ventilación y, finalmente Subestación elevadora.

En la figura 1.7 se muestra la Obra de generación que a continuación se describe: La Tubería a presión consta de 3 túneles circulares con revestimiento de concreto y encamisado metálico, la sección hidráulica tiene un diámetro de 6.2m y una longitud aproximada de 200.0m cada conducción, las conducciones tienen una transición de la Obra de toma de sección rectangular a una sección circular, a partir de la cual desciende verticalmente hasta la elevación del caracol en donde el flujo entra a las turbinas para la generación y llegan en dirección horizontal a la Casa de máquinas, la cual es una caverna de: 20.0m de ancho, 86.0m de longitud y 45.0m de altura; en donde se colocarán tres unidades turbo-generadoras y todo el equipo electromecánico para la generación de la electricidad; el agua turbinada pasa por los Túneles de aspiración que son tres, con dimensiones de 13.0m de ancho, 9.8m de altura y 42.5m de longitud aproximadamente; los cuales llegan a la Galería de Oscilación, ésta galería es necesaria para disipar energía debida al golpe de ariete en los actos de cierre o apertura de las compuertas para la generación, la Galería es una caverna que tiene las siguientes dimensiones: 15m de ancho, 60m de longitud y 42m de altura; la galería conduce el flujo al Túnel de Desfogue de sección 13.8x13.8m con una longitud de 240.0m aproximadamente y el Portal de salida se encuentra a la elevación 378.5msnm.

A partir de la Casa de máquinas se conduce la energía generada a través de los Buses hasta la Subestación elevadora, la cual está ubicada en una plataforma a cielo abierto a la elevación 580.0msnm en la margen derecha del río, justo por encima de la Casa de máquinas.

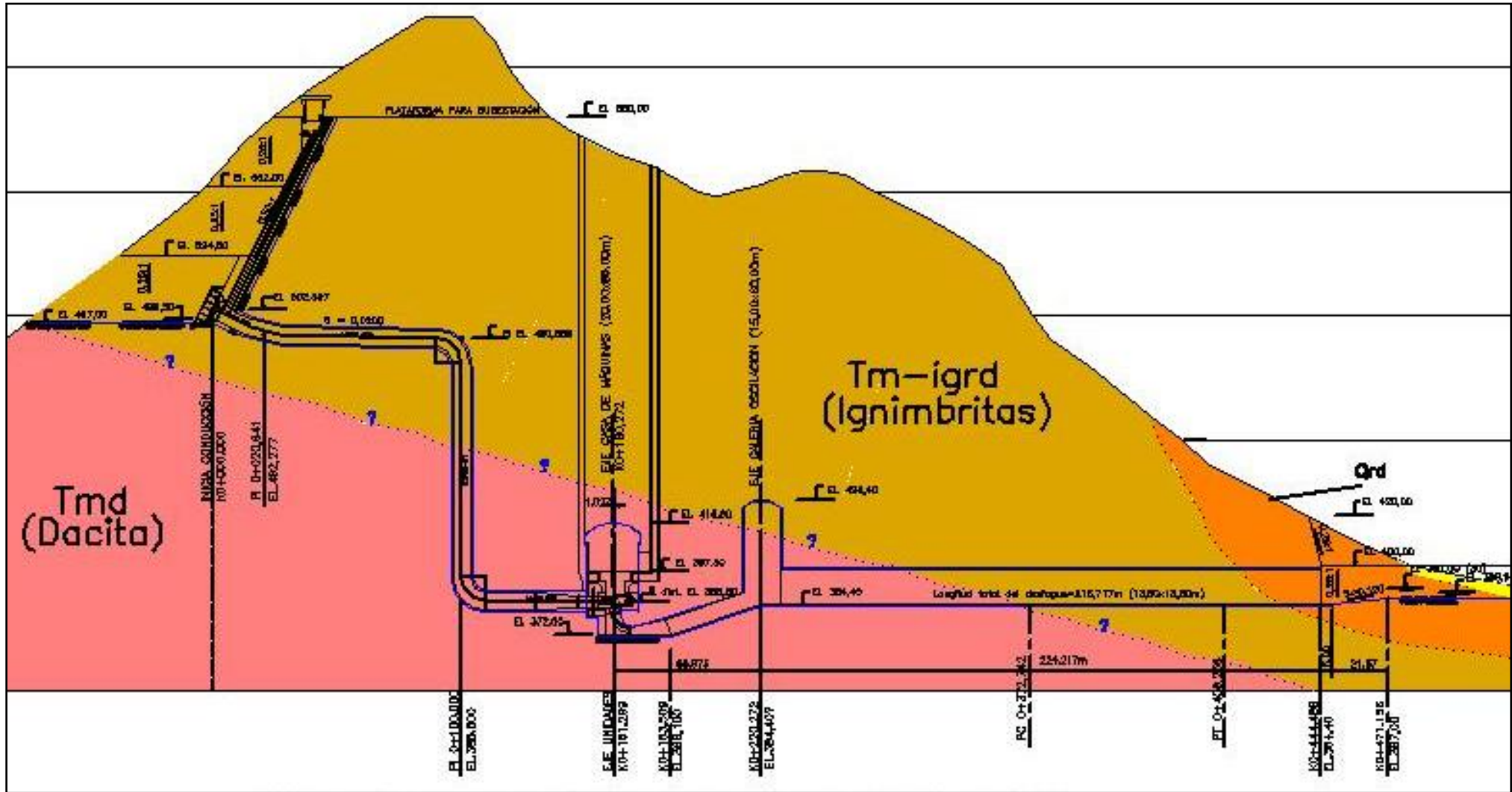


Figura 1.7: Obra de generación
Sección geológica por el eje de la Unidad 2.

1.6. Flora y fauna de la región

El P. H. La Yesca se ubica en la parte sur de la Sierra Madre Occidental, el 95% de esta zona es accidentada con clima templado y lluvioso, el 5% restante se compone de superficies semiplanas con clima tropical. La época de lluvias, que comprende los meses de junio a octubre, va acompañada de fuertes vientos y granizo. Su precipitación anual media es de 1,500 milímetros, pero también se han registrado prolongadas sequías. Su temperatura media anual es de 25°C.

*Más de la mitad de la región es bosque con especies de encinos y pino, también existen zonas de selva abundante en copal, tepehuaje, guásima, brasil y tepame. De la fauna silvestre destacan el venado, tigrillo, pequeños roedores, águilas y múltiples reptiles. Se trata de una zona templada con alta concentración de especies consideradas en riesgo de extinción como la guacamaya enana, la ardilla (*Tamias sp.*) y el guajolote silvestre, además de tener el último registro del lobo mexicano en la región*

En la Manifestación de Impacto Ambiental realizada para el P. H. El Cajón se determinaron 4 sitios de muestreo para el registro de la fauna El Cajón, Las Golondrinas, La Playa y La Yesca.; como entre estos sitios se incluye La Yesca a continuación se menciona la información obtenida en el muestro realizado por la CFE-UAN (2000), comparando solo los resultados con los obtenidos en el estudio del Instituto de Ecología (1995). En lo posible se tomarán los datos correspondientes al sitio de La Yesca, sin embargo existen datos que se refieren a los cuatro sitios de muestreo por lo que sólo se tomarán de forma regional.

1.6.1. Vegetación

La vegetación que a continuación se describe corresponde al sitio de La Yesca. En toda esta zona el objeto del muestreo se limita a las márgenes inmediatas del río y las zonas de los playones. En la orilla del río se ha observado un terreno accidentado, formado por la abundancia de afloramientos rocosos y lo escarpado de las laderas, así como por el hecho de que es esta una zona de remansos y rápidos que se continúan unos a otros en tramos muy cortos, no permitiendo la

deposición de materiales formadores de playa. Sin embargo, en la zona de meandros se han formado playones muy grandes y altos en los que de forma natural se desarrolla un bosque tropical denso en el que de forma predominante se encuentran órgano (*Pachycereus pecten-aboriginum*), pitayo (*Stenocereus montanus*) y brasil (*Haematoxylon brassileto*), todos ellos de porte medio y con escaso desarrollo en diámetro. Al ser estos playones las únicas superficies adecuadas para la agricultura, en su mayor parte han sido desmontados y ahora están cubiertos por vegetación secundaria en la que destacan los bosquetes de conchilla (*Acacia cochliacantha*) y los de tecomate (*Crescentia cujete*). El bosque que se desarrolla en las laderas y parte alta de los playones está bien conservado, teniendo una altura media de 10.0m, con elementos de buen desarrollo en diámetro y dominancia de especies blandas como la majagua y la rosa amarilla. En ocasiones en ellos dominan fisonómicamente los órganos y el brasil. Como los elementos más comunes de la orilla del río, se observaron al guamúchil (*Pithecellobium dulce*) y limoncillo (*Zanthoxylon fagara*).

1.6.2. Fauna

En su mayoría, el estado de Nayarit está conformado por planicies costeras y lomeríos que colindan al oriente con las estribaciones de la Sierra Madre Occidental, donde la topografía es accidentada y con pendientes pronunciadas. Desde el punto de vista biológico esto produce un efecto en la heterogeneidad ambiental.

Con base en la información obtenida en los estudios de campo, se registraron (para los cuatro sitios que comprende el MIA del P. H. El Cajón) 271 especies para el área de estudio, repartidos por clase de la siguiente manera: 9 anfibios, 32 reptiles, 176 aves, 42 mamíferos y 12 peces. Cabe mencionar que de estas especies para el muestreo de campo de 2000, se registró la presencia de 154 especies distribuidas de la siguiente manera: 6 anfibios, 25 reptiles, 83 aves, 28 mamíferos y 12 peces.

A continuación se describen algunas características con base en el trabajo elaborado por el Instituto de Ecología, A.C. en 1995 y la Universidad Autónoma de Nayarit en el 2000.

a) Anfibios y Reptiles

Riqueza específica: De acuerdo con los estudios mencionados, en el área de estudio se registraron un total de 41 especies de anfibios y reptiles. Para el muestreo realizado en 1995 se registraron un total de 7 especies de anfibios y 17 de reptiles, representando el 58.53% del total de especies registradas para la zona, mientras que para el realizado para el 2000 se registraron 6 de anfibios y 25 de reptiles, representando el 75.60%.

Según el muestreo de 1995 los sitios con mayor número de especies registradas fueron El Cajón y Las Golondrinas con 13 y 11 especies, respectivamente. Para el muestreo del 2000 los sitios con mayor número de registros fueron La Playa, Las Golondrinas y El Cajón con 18, 16 y 15 especies, respectivamente.

Especies dominantes: Para el muestreo de 1995, las especies *Anolis nebulosus*, *Urosaurus bicarinatus* y *Bufo mazatlanensis* fueron las especies más conspicuas, determinadas por capturas.

Para el muestreo de 2000 como especies abundantes se encontraron *Urosaurus bicarinatus* y se agregan las especies *Bufo marinus*, *Cnemidophorus communis communis* y *Sceloporus sp.*

Especies en status: Las especies en alguna categoría de protección se obtuvieron considerando la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994 que determina las especies subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de mayo de 1994.

De acuerdo con el listado general en el área de estudio se reportan un total de 16 especies con potencial de tener algún status de protección, de las cuales una es de anfibios y 15 reptiles. Del total de especies, 5 se clasifican con status de amenazada, 7 en riesgo y 4 en protección especial.

Especies de reptiles y anfibios con status de protección en el área de estudio

Nombre Científico	Nombre Común	1995	2000	Status
Anfibios				
<i>Rana forreri</i>	Rana verde		X	R
Reptiles				
<i>Agkistrodon bilineatus</i>	Zolcuate		X	Pr
<i>Boa constrictor</i>	Boa, llamacoa		X	A
<i>Cnemidophorus communis</i>	Cuije cola roja	X	X	R
<i>Crocodylus acutus</i>	Cocodrilo de río	X		R
<i>Crotalus basiliscos</i>	Cascabel	X	X	Pr
<i>Ctenosaura pectinata</i>	Iguana negra	X	X	A
<i>Dipsas gaigeae</i>		X		R
<i>Heloderma horridum</i>	Escorpión		X	A
<i>Iguana iguana</i>	Iguana verde	X	X	Pr
<i>Kinosternon integrum</i>	Tortuga casquito		X	Pr
<i>Lampropeltis triangulum</i>	Falso coralillo	X	X	A
<i>Leptodeira maculata</i>			X	R
<i>Leptophis diplotropis</i>	Culebra verde	X		A
<i>Micrurus distans</i>	Coralillo		X	R
<i>Salvadora mexicana</i>	Culebra manguera		X	R

Nota: A: Amenazada R: Riesgo Pr: Protección especial

Especies introducidas al área del proyecto: *Hemidactylis frenatus* (besucona): Esta es una especie introducida procedente de Asia, ampliamente distribuida en las costas del Pacífico.

b) Aves

La presencia de varios tipos de hábitats y la ubicación geográfica de la región permite que las aves tengan una estancia temporal diferencial en la zona de interés, esto es, se pueden encontrar aves que permanecen todo el año, o bien las aves cuya estancia es variable. Las aves residentes permanentes son aquellas que se pueden encontrar en cualquier época del año en la región, no así las especies migratorias de paso o residentes de invierno.

Riqueza específica: De acuerdo con los estudios mencionados, en el área de estudio se registraron un total de 176 especies. Para el muestreo realizado en 1995 se registraron un total de 156 especies, representando el 88.6 % del total de especies registradas para la zona, mientras que para el realizado para el 2000 se registraron solo 83, representando el 47.1 %. Según el muestreo de 1995 los sitios con mayor número de especies registradas fueron Las Golondrinas y El Cajón con 85

y 75 especies, respectivamente. Para el muestreo del 2000 los sitios con mayor número de registros fueron La Playa, Las Golondrinas y La Playa con 57 y 53 especies, respectivamente.

Especies dominantes: La especies que se detectaron con mayor frecuencia a lo largo de los recorridos del muestreo de 2000 fueron *Polioptila caerulea*, *P. nigriceps*, *Empidonax difficilis*, *Stelgidopteryx serripennis*, *Zenaida asiatica*, *Columbina inca*, *Phalacrocorax brasilianum*, *Cathartes aura* y *Coragyps atratus*. En el caso de *P. caerulea*, es una especie que cuenta con poblaciones residentes, que en la época de muestreo se ha visto incrementada con contingentes invernantes, mientras que *P. nigriceps* reside en la zona durante todo el año. *E. difficilis* es un ave que aparentemente utiliza los bosques tropicales del oeste de México para pasar el invierno. La dominancia del resto de las especies se debe tanto a que son aves generalistas en cuanto al aprovechamiento del medio, así como a su condición gregaria. El caso más notable es el de las dos especies de buitres encontradas en abundancia en los cuatro sitios de muestreo, a diferencia de otras rapaces (aguilillas, halcones), de carácter solitario que no permiten a otros individuos de su misma especie convivir en su territorio.

Especies migratorias: Del total de las especies registradas en ambos muestreos (176), 125 de ellas son residentes permanentes en la zona, lo cual representa el (71%), 46 son residentes de invierno (26.13 %) y 5 son migratorias (2.8 %) (ya sea durante el otoño o primavera).

Especies en status: De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994. En el área de estudio se han registran un total de 19 especies con status de protección. De estas, 8 se encuentran con status de amenazada, 7 en riesgo, 2 en peligro de extinción y 2 en protección especial.

Especies de aves con status de protección en el área de estudio

Nombre Científico	Nombre común	1995	2000	Status
Amazona finshi	Cotorra	X		A
Ara militaris	Guacamaya	X		P
Ardea herodias	Garzón cenizo	X	X	R
Attila spadiceus	Atila	X	X	R
Buteo jamaicensis	Aguililla colirrufa		X	Pr
Buteo nitidus	Aguililla gris	X	X	Pr
Buteogallus anthracinus	Aguililla negra menor	X	X	A
Campephilus guatemalensis	Carpintero grande cabecirrojo	X	X	R
Ciccaba virgata	Búho tropical		X	A
Dryocopus lineatus	Pájaro carpintero	X		A
Falco peregrinus	Halcón peregrino		X	A
Glaucidium palmarum	Tecolotito menor		X	R
Icterus cucullatus	Bolsero cucullado	X	X	A
Melanotis caerulescens	Mulato común	X	X	A
Passerculus sandwichensis	Gorrión sabanero común		X	R
Seiurus motacilla	Chipe suelero gorjiblanco		X	R
Seiurus noveborascensis	Chipe suelero gorjiblanco	X		R
Vermivora peregrina	Chipe peregrino	X		A
Vireo belli	Vireo de bell	X	X	P

Nota: A: Amenazada R: riesgo P: peligro de extinción Pr: protección especial

c) Mamíferos

Riqueza específica: De acuerdo con los estudios mencionados (1995 y 2000), en el área de estudio se registraron un total de 41 especies de anfibios y reptiles. Para el muestreo realizado en 1995 se registraron un total de 26 especies de mamíferos, mientras que para el realizado para el 2000 se registraron 28 especies.

Según el muestreo de 1995 los sitios con mayor número de especies registradas fueron El Cajón y La Yesca con 16 y 15 especies, respectivamente. Para el muestreo del 2000 los sitios con mayor número de registros fueron Las Golondrinas y La Playa con 16 y 14 especies, respectivamente.

Especies dominantes: Las especies que se registraron en mayor número y estuvieron presentes en los cuatro sitios del muestreo de 2000 fueron: *Procyon lotor* (mapache), *Urocyon cinereoargenteus* (zorra), *Canis latrans* (coyote) y *Nasua narica* (Tejón).

Especies en status: De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM 059 ECOL 1994, en el área de estudio del proyecto se han registrado un total de 3 especies con status de protección, de las cuales 2 están amenazadas y una en peligro de extinción.

Especies de mamíferos con status de protección en el área de estudio

Nombre Científico	Nombre común	1995	2000	Status
Felis pardalis	Ocelote		X	P
Leptonycteris curasoae	Murciélago		X	A
Lutra longicaudis	Nutria perro de agua	X	X	A

d) Fauna Acuática

La información que se reporta acerca de la fauna acuática se obtuvo de los muestreos realizados en el 2000 (4 sitios de muestreo).

Riqueza específica: Durante los muestreos del 2000 se registraron 12 especies de peces; siendo Las Golondrinas donde se obtuvo el mayor número de especies con 10, en La Playa y El Cajón se registraron 9 y por último en La Yesca solo 8.

Abundancia: La especie más abundante en el área de estudio es *Ictalurus dugesi*

Especies con status: De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, se encontraron 4 especies con status de las cuales 3 son amenazadas y 1 en peligro de extinción

Especies de peces con estatus de protección en el área de estudio

Nombre Científico	Nombre Común	Status
Gobiesox fluviatilis	Cucharita de río	P
Poecilia butleri	Topote del Pacífico	A
Poeciliopsis latidens	Guapote del Fuerte	A
Poeciliopsis occidentalis		A

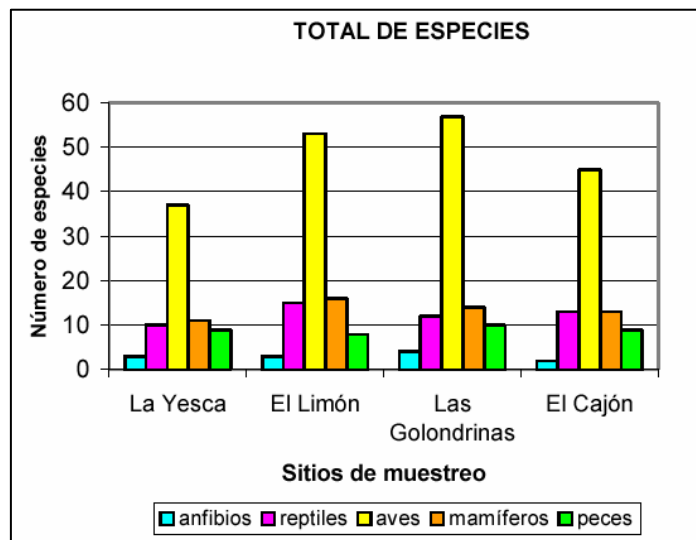
Nota: A: Amenazada P: peligro de extinción

Especies de interés comercial: Las especies *Cyprinus carpio* (carpa común), *Ictalurus dugesi* (bagre del Lerma) y *Oreochromis mossambicus* (tilapia) son aprovechadas como alimento por las poblaciones locales Actualmente, la zona no tiene potencial para pesca comercial y toda la producción es dedicada al autoconsumo.

Especies introducidas al área del proyecto: La especies *Cyprinus carpio*, *Oreochromis* han sido introducidas a la zona; sin embargo, se desconoce su procedencia y fecha de introducción.

1.6.3. Diversidad

El sitio con un mayor número de especies registradas fue las Golondrinas. La Yesca fue el sitio con la menor diversidad dado que solo se registraron un total de 70 especies de las cuales 37 pertenecen al grupo de las aves, 11 a los mamíferos, 10 a los reptiles, 9 a los peces y 3 a los anfibios. A continuación se muestra una tabla comparativa de los sitios de estudio.



La diversidad de la comunidad faunística de la zona se considera basándose en su similitud con la registrada en Aguamilpa, ya que como se ha mencionado anteriormente, coinciden en estar basadas en registros directos de campo.

Además, son las más cercanas en tiempo y espacio, las dos zonas forman parte de la cuenca baja del río Santiago y la vegetación que se ha registrado en la región es continua en ambos sistemas.

1.6.4. Abundancia

En La Yesca las especies más abundantes fueron: *Bufo marinus*, *Polioptila caerulea*, *Polioptila nigriceps*, *Columbina inca*, *Cathartes aura*, *Coragyps atratus*, *Phalacrocorax brasilianum* e *Icthyophaga ibirola*.

Especies más abundantes para los 4 sitios de estudio

Nombre científico	Nombre común
Anfibios	
<i>Bufo marinus</i>	Sapo común
Reptiles	
<i>Urosaurus bicarinatus</i>	Roño
<i>Cnemidophorus communis</i>	Cuije cola roja
Aves	
<i>Polioptila caerulea</i>	Perlita piis
<i>Polioptila nigriceps</i>	Perlita sinaloense
<i>Empidonax difficilis</i>	Empidonax difícil
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina garjicafé
<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma aliblanca
<i>Columbina inca</i>	Tótola colilarga
<i>Phalacrocorax brasilium</i>	Cormorán, pato buzo
<i>Cathartes aura</i>	Aura
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote
Mamíferos	
<i>Procyon lotor</i>	Mapache
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra
<i>Canis latrans</i>	Coyote
<i>Nasua narica</i>	Coatí, tejón
Peces	
<i>Ictalurus dugesi</i>	Bagre
<i>Familia Poeciliidae</i>	

1.7. Impacto ambiental

Debido a la gran envergadura de proyectos como el de La Yesca es de suma importancia que se realice un estudio detallado de los posibles impactos que se puedan registrar en la zona del proyecto, dicho estudio se le llama Manifiesto de Impacto Ambiental (MIA), el cual evalúa los beneficios que arrojará la construcción del proyecto y los factores adversos, como es el cambio de los ecosistemas y su afectación en la flora y fauna de la región, así como las medidas necesarias para su mitigación y de ser posible su prevención.

Un MIA debe contener ciertas características y estudios que hasta el momento no se han realizado para el P. H. La Yesca específicamente, sin embargo existen estudios de proyectos similares de los cuales se puede partir para su realización, estos estudios deben cumplir con la legislación aplicable en cuanto a ecología, desarrollo social y tratamientos de desechos entre otros. A continuación se describe de manera breve las características y contenido de un MIA de este tipo de proyectos.

1.7.1. Contenido general de un Manifiesto de Impacto Ambiental.

Datos generales del Proyecto. Debe contener los datos del o los responsables del proyecto, las dimensiones y características generales del proyecto, así como su ubicación.

Descripción de las obras y/o planes parciales de desarrollo. Este apartado debe contener los siguientes puntos:

- Características particulares del Proyecto
- Requerimientos de personal y de insumos
- Justificación y beneficios de la obra
- Generación, manejo y disposición de desechos sólidos, líquidos, lodos, aguas residuales municipales e industriales; emisiones contaminantes a la atmósfera y contaminación por ruido
- Identificación de las posibles afectaciones al ambiente que son características del tipo de proyecto

Vinculación con los instrumentos de la planeación y ordenamientos jurídicos aplicables. En esta sección se debe plasmar la información sectorial, las políticas de desarrollo de la región y se debe realizar el análisis de los instrumentos normativos.

Entre la normativa ambiental aplicable al proyecto se encuentra la siguiente:

Leyes

Ley Forestal, Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Ley de Aguas Nacionales, Ley de Vida Silvestres

Reglamentos y Normas

Durante el desarrollo del proyecto se aplicarán los siguientes Reglamentos y Normas:

Reglamento de la LEEGPA en Materia de Evaluación de Impactos Ambientales

Reglamento de la Ley Forestal

NOM-041-ECOL-1999. *Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.*

NOM-059-ECOL-1994. *Que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección.*

NOM-080-ECOL-1994. *Que Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.*

NOM-012-SSA1-1993. *Requerimientos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados.*

NOM-013-SSA1-1993. *Requerimientos sanitarios que debe cumplir la cisterna de un vehículo para el transporte y distribución de agua para uso y consumo humano.*

NOM-127-SSA1-1994. *Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización.*

NOM-045-ECOL-1996. *Que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.*

NOM-083-ECOL-1996. *Que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales.*

NOM-084-ECOL-1994. *Que establece los requisitos de construcción para el diseño de un relleno sanitario.*

NOM-CCAT-014-ECOL/1993. *Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible.*

NOM-CRP-001-ECOL/93. *Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.*

NOM-CRP-004-ECOL/1993. *Que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radioactivos.*

NOM-CRP-005-ECOL/1993. *Que establece los requisitos que deben observarse en el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.*

NOM-CRP-006-ECOL/1993. *Que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de las celdas de confinamiento controlado para residuos peligrosos.*

NOM-CRP-007-ECOL/1993. *Que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.*

Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y retiro de la región. *Entre otros, deberá contener una delimitación del área de estudio, así como la descripción, caracterización y análisis del sistema ambiental regional.*

Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental regional.

Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales. *En este apartado se realiza una planeación para mitigar y de ser posible, prevenir, los impactos ambientales que se generarán por causa del proyecto. Se realizará un análisis de la construcción de las obras principales, de la explotación de bancos de materiales y del llenado del embalse. Así como los reacomodos necesarios y la operación de la Central.*

Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas. Se realiza un pronóstico de las modificaciones al ambiente mediante la construcción de escenarios futuros y programas de monitoreo.

1.8. Aspectos socio-económicos

1.8.1. Infraestructura

a) Educación

La infraestructura educativa está compuesta por 93 planteles: 20 de preescolar, 66 primarias, 6 secundaria y un bachillerato. Además de 3 planteles de preescolar indígena, 5 de primaria indígena y 8 bibliotecas públicas. El índice de analfabetismo es del 20.1%.

b) Salud

La infraestructura está integrada por una clínica del DIF y 12 unidades médicas, 8 de las cuales pertenecen al programa IMSS- SOLIDARIDAD y 4, que incluyen un equipo de salud itinerante, a los Servicios de Salud del estado de Nayarit.

c) Abasto

Lo abrupto de su territorio, lo disperso de su población y la falta de infraestructura carretera, hacen difícil el abasto de básicos a la población, por lo que para atender esta problemática se cuenta con una amplia red de tiendas comunitarias en todo el municipio.

d) Deporte

Se cuenta con 44 centros deportivos en donde se practica, principalmente, el fútbol, básquetbol, voleibol y béisbol.

e) Religión

La religión predominante es la católica, la cual profesa el 94.5% de la población. Su práctica sale de la ortodoxia, ya que en la realización de sus ceremonias se mezcla la adoración de imágenes propias de la fe católica con los dioses de la naturaleza que adoraron sus antepasados, debido a que los grupos indígenas de la región representan aproximadamente el 35% de la población, pertenecientes a las culturas Cora y Huichol

f) Vivienda

El municipio cuenta con 2,577 viviendas con un promedio de ocupación de seis habitantes por cada una de ellas. El 84% de las casas son propiedad de sus moradores y el 16% son rentadas o prestadas.

La mayor parte de las viviendas son de sólo un cuarto construido de zacate, adobe y teja, carentes de servicios debido a la gran distancia que existe entre ellas. El 69% tiene piso de tierra, el 63% dispone de agua entubada, el 55.7% tiene energía eléctrica y el 35% cuenta con drenaje.

g) Servicios Públicos

El municipio de La Yesca presta, principalmente en las localidades mayores, los siguientes servicios: agua potable, alumbrado, parques y jardines, así como la obra pública de caminos y puentes.

h) Medios de Comunicación

Tiene comunicación de telefonía rural, radiotelefonía rural, servicio postal, señales de radio y estaciones receptoras terrenas de banda civil.

i) Vías de Comunicación

La red carretera es mínima y está integrada por 123.6 kilómetros revestidos. El principal medio de transporte es el aéreo, con pequeños aviones que prestan servicio a través de 19 aeropistas

localizadas en Apozolco, Cortapico, Puente de Camotlán, Huajimic, La Yesca, La Manga, Guadalupe Ocotán, Amatlán de Jora, El Pinal, El Pinavete, El Trapiche y otros.

1.8.2. Actividad económica actual

a) Agricultura

La agricultura es 100% de temporal. La superficie sembrada es de 3,347 hectáreas, que representan el 0.9% del total del estado de Nayarit. De la superficie sembrada el 94% esta dedicada al maíz de temporal. Se tienen también como cultivos 6,275 hectáreas de pastizales diversos y algunos frutales como el durazno.

b) Ganadería

La ganadería, principal actividad del municipio de La Yesca, cuenta con 85,874 cabezas de ganado bovino, que representan el 13% del total estatal. En mínimas cantidades se tiene ganado porcino, equino y ovino. Las amplias extensiones de pastizales son el soporte de la ganadería extensiva que se practica.

c) Manufacturas

La manufactura, en su mayoría, es artesanal enfocada a la realización de tejidos, prendas de vestir y calados elaborados por los indígenas. Se cuenta con algunas tortillerías y molinos de maíz, además de algunos aserraderos y pequeñas procesadoras de materiales para construcción.

d) Minería

Se realiza a nivel gambusino en oro, plata, zinc, plomo y cobre en la zona de Pinavete y en las minas de Zapotlán y Buenavista.

e) Silvicultura

La Yesca es el principal procesador de madera de pino en el estado. Su volumen de aprovechamiento forestal es de 16,588 m³ en rollo al año, que representa el 41% del total estatal. Las

principales especies son: el pino y encino. Se estima la necesidad de más infraestructura para su adecuada explotación.

f) Comercio

Existen tiendas populares que expenden básicos, las cuales juegan un papel muy importante en la distribución de productos a los poblados. Debido a que la distribución se realiza por vía aérea, los precios de los productos son elevados.

g) Población Económicamente Activa

La P.E.A. en el municipio de La Yesca representa el 23% de la población municipal de 12 años y más. Se concentra en el sector primario en un 70%, en el sector secundario se ubica el 12% y en el sector terciario el 13%, particularmente en el comercio y servicios diversos, el restante 5% se ubica en actividades no especificadas.

1.8.3. Actividad económica debida al Proyecto

Los aspectos socio-económicos de la zona son de vital importancia, por eso es necesario analizar las condiciones del P. H. La Yesca durante la construcción y una vez en operación.

Tomando como referencia que durante la construcción del P. H. El Cajón no ha habido percances ocasionados por problemas sociales, se prevé que durante la construcción del P. H. La Yesca se presente la misma situación y que el proceso de ejecución del proyecto genere empleos tanto directos como indirectos, para los habitantes de los municipios cercanos al proyecto.

a) Generación de empleos directos e indirectos

Se consideró que durante la construcción del proyecto hidroeléctrico se crearán del orden de 2,700 empleos directos (valor medio anual) y de 5,400 empleos indirectos, durante el período de 5 años que durará la construcción. Considerando indicadores económicos a nivel nacional se estima que el costo promedio de generación de un empleo permanente (duración de 20 años) es de \$200,000.

De esta manera, se obtuvo como indicador preliminar asociado a la generación de empleos durante la construcción del proyecto la Yesca, el valor de \$50,000.

Además de los empleos generados durante la etapa de construcción del proyecto, que incrementará el ingreso per cápita y disminuirá la tasa de desempleo de la zona, los beneficios que arrojará a la región este proyecto será la mejora de los servicios de energía eléctrica, salud, educación, vías de comunicación y telecomunicaciones entre otros. Una vez concluida la construcción del proyecto se generarán empleos directos para la operación de la Central hidroeléctrica y al llenarse el vaso de la presa se desarrollarán las actividades de pesca y turismo en la región, y consecuentemente se tendrá desarrollo de infraestructura para dichas actividades; todo esto también generará empleos en la zona, tanto directos como indirectos.

b) Desarrollo turístico.

Con la construcción de una adecuada infraestructura carretera, el vaso de la presa La Yesca podría quedar a 1hr 30min de la ciudad de Guadalajara y, así, convertirse en una alternativa turística del lago de Chapala. En el estudio de Externalidades se supuso que a partir del año de llenado del embalse de la presa se iniciará la construcción de la infraestructura urbana y náutica en las riberas del vaso, para dar paso a otras inversiones, entre éstas la construcción de hoteles, la venta de lotes y la construcción de desarrollos residenciales privados, tal como se muestra en la figura 1.12. Se supone que estos desarrollos tendrán viabilidad en virtud del programa de saneamiento del río Santiago, que está iniciando la Comisión de Aguas y Saneamiento del estado de Jalisco.

c) Pesquerías.

Se consideró el desarrollo de dos tipos de aprovechamientos: 1) captura extensiva en el vaso, y 2) producción intensiva en granjas piscícolas. Para definir el valor presente neto, la tasa interna de retorno y la relación beneficio-costos, se estimaron los beneficios netos anuales con base en los volúmenes promedio de pesca, los precios medios comerciales, los costos de inversión en infraestructura y equipamiento, y los costos promedio de operación y mantenimiento de la

infraestructura pesquera. Se utilizó un escenario de planeación de 30 años y la tasa de descuento del 12%.

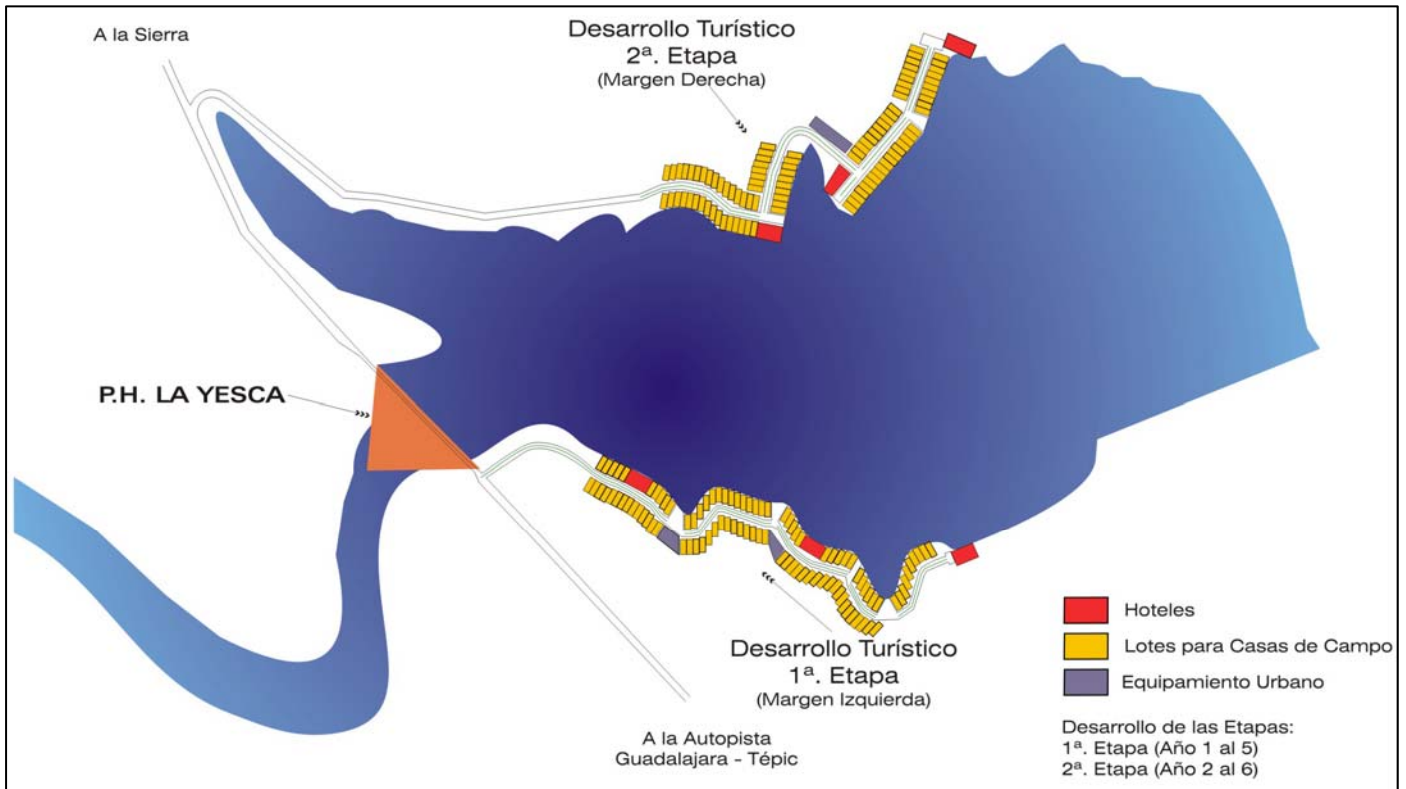


Figura 1.12: Desarrollo turístico en el embalse de la presa

2. ESTUDIOS BÁSICOS.

El presente capítulo es una recopilación de los estudios básicos realizados para el P. H. La Yesca que en general se pueden dividir en Estudios de Topografía, Geología, Hidrología e Hidroenergéticos. Como se comentará mas adelante, éstos estudios comienzan desde los años 60's con el estudio geológico de varias alternativas de boquilla, entre ellas, la alternativa La Yesca que finalmente ha resultado ser la mejor opción desde el punto de vista geológico y topográfico.

2.1. Topografía

A continuación se hace mención de la topografía con que se ha contado para realizar los estudios del P. H. La Yesca, para comenzar la CFE se apoyó en la información cartográfica con la que cuenta INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), posteriormente, y mediante una contratista, se realizó la Topografía de la zona, lo que les permitió obtener la curva de áreas-capacidades que se muestra en la tabla siguiente, la cual fue revisada y validada por la SEZPN. Por último y con base en la información anterior se realizaron curvas de nivel a cada 2.0m.

a) Cartografía tradicional de INEGI:

Hoja escala 1 : 1,000,000; Guadalajara (sin clave)

Hojas escala 1 : 250,000; Tepic (F13-8), Aguascalientes (F13-9), Puerto Vallarta (F13-11) y Guadalajara (F13-12).

Hojas escala 1 : 50,000; Apozolco (F13D34), Hostotipaquillo (F13D43), El Salvador (F13D44), Etzatlán (F13D53) y Tequila (F13D54)

b) Cartografía en forma digital de INEGI:

Imágenes ortofoto escala 1 : 20,000; claves F13D34-d, F13D43-b, F13D43-c, F13D43-f, F13D44-a, F13D44-d, F13D44-e y F13D54-d (8 imágenes).

Cartas vectoriales escala 1 : 50,000 (mismas claves de la cartografía tradicional).

c) **Fotogrametría en forma digital de toda la zona del embalse**

Escala 1 : 5,000 con curvas de nivel a cada 5.0m, (45 hojas incluyendo la zona del embalse de La Múcura), esta información sirvió para obtener la curva de áreas y capacidades, tabla 2.1. Esta configuración fue elaborada por la Cía. GYMSA basada en un vuelo de 1981, restituida por la misma Cía. en 1982. En el año 2001 la SEZPN la revisó y validó para su uso.

Elevación	Áreas	Capacidades	Elevación	Áreas	Capacidades
msnm	Km ²	Mm ³	msnm	Km ²	Mm ³
387	0,000	0,00	495	12,934	550,11
390	0,059	0,09	500	13,809	616,97
395	0,158	0,63	505	14,881	688,69
400	0,257	1,67	510	15,952	765,78
405	0,690	4,04	515	17,024	848,22
410	1,124	8,57	520	18,095	936,01
415	1,557	15,28	525	19,167	1029,17
420	1,991	24,15	530	20,291	1 127,82
425	2,424	35,18	535	21,415	1 232,08
430	3,083	48,95	540	22,538	1 341 ,96
435	3,742	66,02	545	23,662	1 457,46
440	4,402	86,38	550	24,786	1 578,58
445	5,061	110,03	555	26,253	1706,18
450	5,720	136,98	560	27,719	1841,11
455	6,463	167,44	565	29,320	1 983,71
460	7,206	201,61	570	30,921	2134,31
465	7,949	239,50	575	32,522	2 292,92
470	8,692	281 ,10	580	34,123	2 459,53
475	9,435	326,42	585	36,049	2 634,96
480	10,310	375,78	590	37,976	2820,02
485	11 ,185	429,52	595	39,903	3014,72
490	12,059	487,63	600	41 ,830	3219,06

NOTA: Las curvas superiores a la elevación 550 (celdas sombreadas) se completaron con las cartas vectoriales escala 1 : 50,000 de INEGI.

d) **Topografía de la zona de la boquilla**

Escala 1 : 1,000 con curvas de nivel a cada 2 m

2.2. Geología

2.2.1. Antecedentes

Los primeros estudios de exploración geológica se realizaron en el año 1961, y consistieron en un reconocimiento regional para definir las características litológicas del estrechamiento. En 1963 se intensificaron los trabajos de exploración directa, socavones y perforación con diamante pero fueron suspendidas en el año 1965. La exploración geológica se reinició en 1980 dando como resultado la definición de tres alternativas: La Yesca, Juanepanta y Las Garzas nombrados de aguas arriba hacia aguas abajo respectivamente.

Después de una intensa exploración en los ejes Juanepanta y Las Garzas se llegó a la conclusión de que estos sitios deberían ser descartados por presentar problemas geológico-estructurales, bloques inestables y grandes espesores de roca de mala calidad.

En 1983 se optó por realizar estudios de prefactibilidad del sitio La Yesca con geología de detalle, excavación de socavones y perforaciones con diamante, complementada con trabajos de geofísica, petrografía y geología regional. En 1988 se terminó la prefactibilidad con un estudio comparativo de las tres alternativas el cual confirmó que el eje La Yesca era el más viable para construir un emplazamiento hidroeléctrico con una cortina de unos 150 m de altura.

En abril de 1990 se iniciaron los trabajos de exploración a nivel factibilidad en el eje La Yesca que consistieron en: revisión y análisis de la información previa, verificación de la geología superficial de la boquilla y nuevos trabajos de exploración directa (2 socavones y 6 barrenos) los cuales se describen en la tabla 2.2.

La distribución de la exploración directa quedó distribuida de la siguiente manera:

Tabla 2.2

Exploración	Clasificación	Localización	Longitud m
Socavón	SY-20	Margen derecha	Sin dato
Socavón	SY-23	Margen izquierda	62.00
Barreno	BYR-38	Cauce (aguas abajo del eje)	30.40
Barreno	BYR-39	Cauce (en el eje)	70.15
Barreno	BYR-40	Cauce (aguas arriba del eje)	32.35
Barreno	BY-41	En el eje (parte media de la margen izquierda)	100.00
Barreno	BY-42	En el eje (parte alta de la margen derecha)	160.00
Barreno	BY-43	En el eje (parte alta de la margen izquierda)	173.10

Sobre la geología de La Yesca se concluyó lo siguiente:

La geología donde quedaría desplantada la obra civil es una masa rocosa compuesta por una dacita pseudoestratificada y masiva basculada hacia el NW.

Este macizo está afectado por un fracturamiento de origen tectónico con orientaciones NW y en menor proporción E- W y NE.

En el eje de la boquilla existe una estructura geológica importante denominada Murciélagos, que por sus características de continuidad y abertura parece importante.

Con respecto a los índices de permeabilidad se determinaron 3 rangos:

Rango 1. 1: 29 UL (muy permeable) espesor de 20 a 30 m (superficialmente)

Rango 2. 1: 23 UL (permeable) el espesor oscila entre los 7 a 21 m.

Rango 3. 0-7 UL (poco permeable) espesor indefinido.

El patrón sísmico predominante en la región es de tipo enjambre y se asocia principalmente con las fosas tectónicas de Tepic-Chapala y Chapala-Colima.

Margen derecha

La cortina quedará emplazada en dos unidades litológicas: La parte media superior corresponde a una ignimbrita dacítica afectada por un intenso fracturamiento parcialmente abierto y relleno por calcita y arcilla. La parte media inferior corresponde a un derrame dacítico con un moderado fracturamiento poco abierto y cerrado a profundidad. El espesor de la zona descomprimida es de 5 a 20m y corresponde a una roca muy fracturada y ocasionalmente alterada. Las velocidades sísmicas que registra son de 1,430-1,770m/s y a más profundidad alcanza 2,400-4,000m/s.

Margen izquierda

La cortina quedará emplazada sobre un derrame dacítico muy silicificado, compacto, con dureza media a alta, de regular calidad, fracturada. La zona descomprimida tiene un espesor de 5 a 12m que corresponde a una roca alterada y fracturada. Las velocidades sísmicas registradas son de 1,250m/s, y la profundidad alcanza los 2,500 a 3,000m/s.

Cauce del río

El espesor promedio de acarreos es de 15m de espesor. Debajo existe una roca alterada, fracturada y fragmentada de 15 m de espesor. El RQD fue de 83% y 69%. Permeabilidad promedio de 4,47 UL (poco permeable a impermeable).

Las velocidades sísmicas fueron de 1,420m/s, a más profundidad se reportó una roca de regular a buena calidad con velocidades de 2,350 – 3,000m/s.

2.2.2. Geología regional

Geológicamente en la zona de las boquillas La Yesca y Juanepanta afloran dos formaciones litológicas de origen volcánico del Terciario.

Unidad dacítica-riodacítica: *de color grisáceo, textura porfirítica, fluidal y en parte esferulítica, con bandeamientos de sílice. Se encuentra ampliamente distribuida a lo largo del futuro embalse y en el río Bolaños.*

Unidad ignimbrítica dacítica-riodacítica: *de tono parduzco, por intemperismo cambia a gris verdosa, compacta, dura, silicificada y de textura eutaxítica. Tiene aspecto masivo, pseudo-estratificado con fragmentos sub-redondeados, bien soldados con apariencia brechoide, capas de 1 a 5m de espesor. Están sobre las dacitas-riodacitas y son prácticamente contemporáneas. Su mejor expresión se encuentra en las partes media e inferior de la margen derecha de la boquilla. También están afectadas por diques doleríticos de 1 a 2m de espesor.*

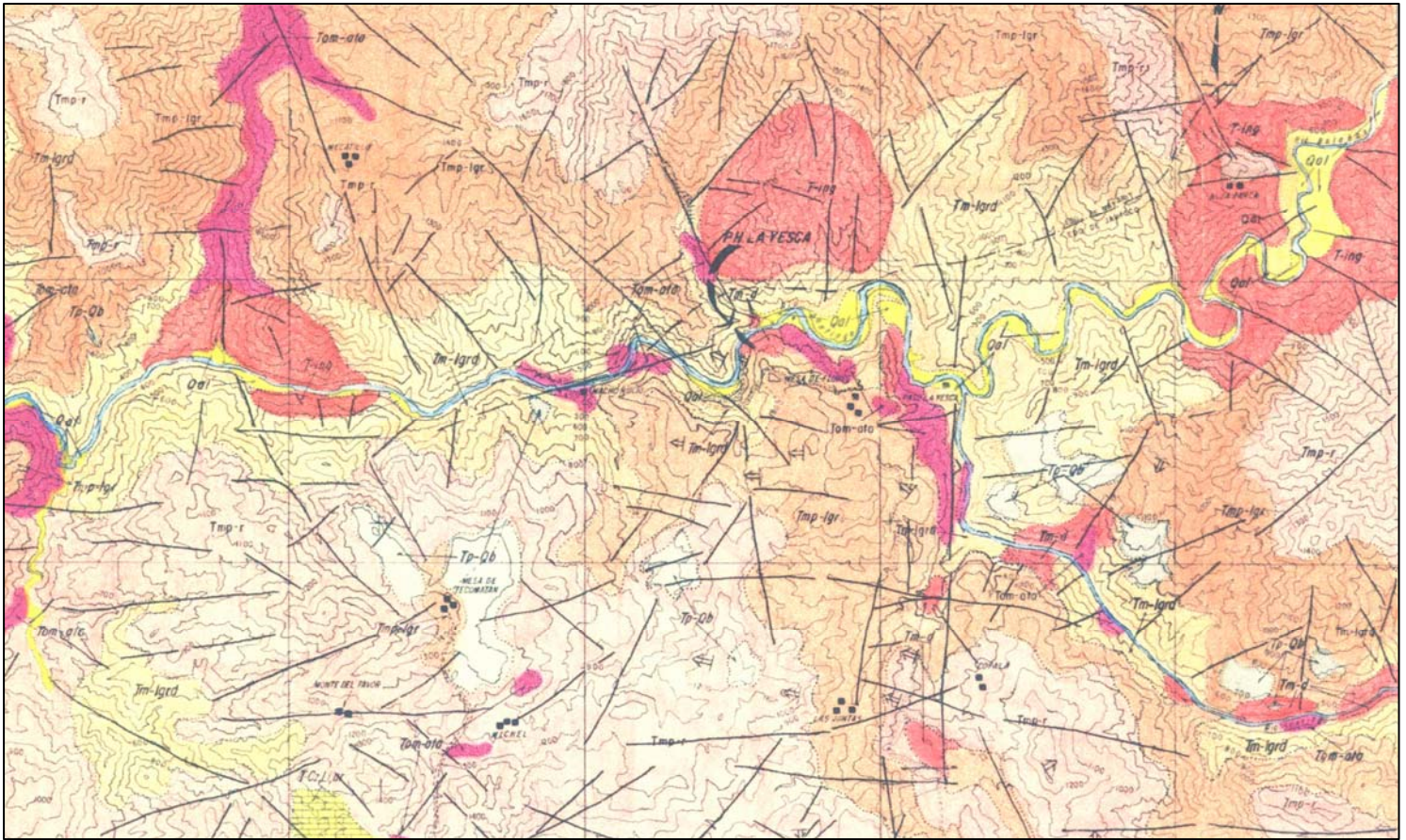


Figura 2.1: Geología regional

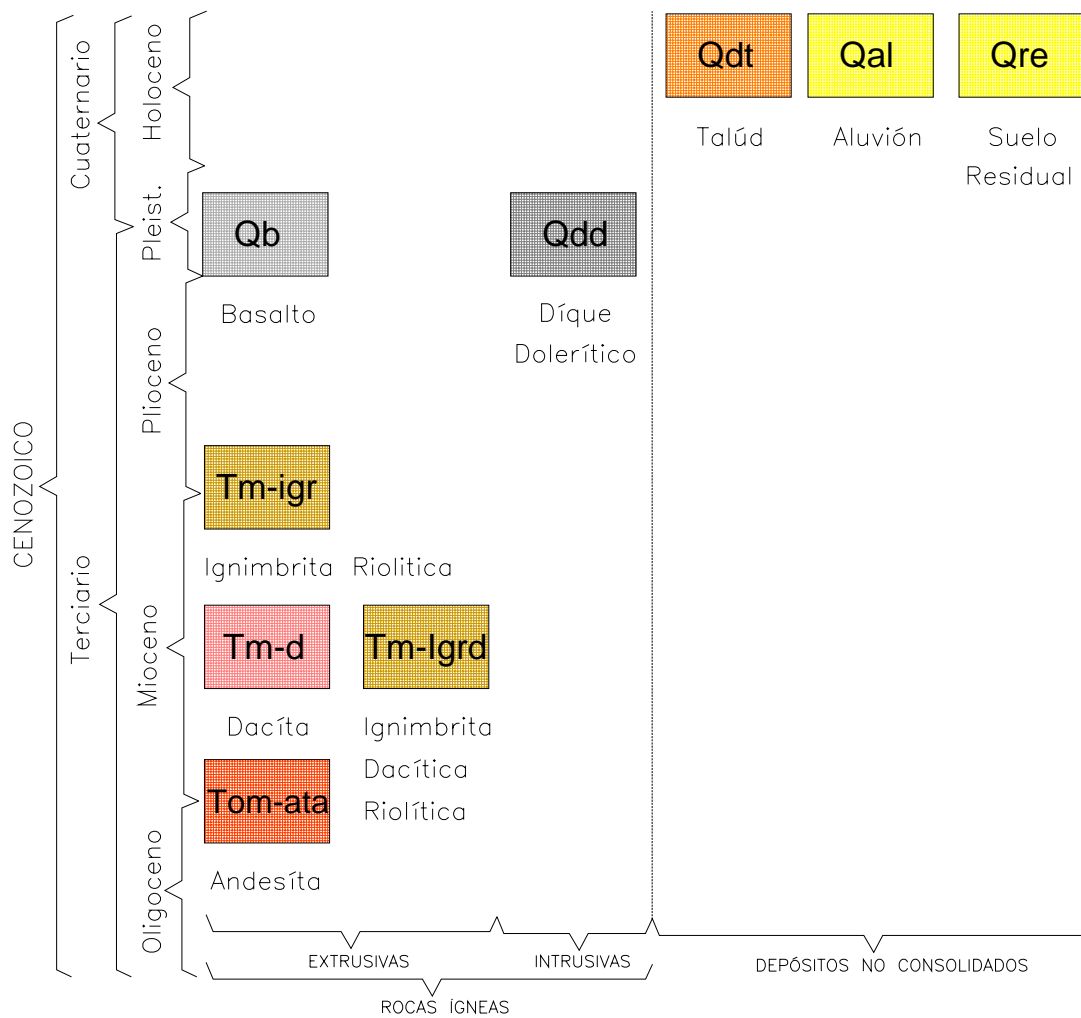
La región está enmarcada dentro de una zona difusa de los límites de las provincias geológicas de la Faja Ignimbrítica Mexicana y la Faja Volcánica Transmexicana de edad Cenozoica, origen volcánico y ambiente tectónico de arco continental.

El fallamiento en bloques es el resultado de una o varias etapas de tectónica distensiva, donde también intervienen movimientos de corrimiento lateral.

Análisis de los aspectos constructivos generales para la optimización del diseño de ingeniería conceptual del P.H. La Yesca localizado en el estado de Nayarit

Por lo anterior, en la zona de estudio, han prevalecido movimientos tectónicos de carácter distensivo. También se levantaron varias estructuras que muestran estrías horizontales de fricción o con cierto componente que denotan movimientos laterales importantes.

A continuación se muestran las claves y nombres de los materiales que podremos identificar en la zona del proyecto, descritos anteriormente:



Por último, en el Anexo 1 se puede observar el plano general de las obras con los tipos de materiales donde se desplantarán las estructuras

2.2.3. Geología de la boquilla Juanepanta

La información referente a esta boquilla fue obtenida del documento Prefactibilidad Geológica P. H. La Yesca, río Santiago, Jal. Junio 1988.

El macizo rocoso lo constituye la ignimbrita riódacítica, compacta, dura e intrusionada por diques doleríticos. En su parte inferior (cauce del río) la ignimbrita se presenta pseudoestratificada. Las discontinuidades presentan orientaciones preferencial es NE-SW y NW-SE, en ambas márgenes. El 60% de las fracturas están abiertas (superficialmente) el 20% rellenas de arcilla y el resto cerradas o selladas. La pseudoestratificación presenta un rumbo general N-S con echados de 40° a 60° al W-NW. Las obras de exploración indican una permeabilidad baja (5 l/min/m) habiendo encontrado un ligero aumento en la permeabilidad en la margen izquierda (zona inferior).

Margen derecha

La roca es ignimbrita riódacítica, compacta, silicificada, dura, resistente y con abundante fracturamiento, se presenta un horizonte brechoide de 2 a 3m de espesor, sin discontinuidad litológica en la parte inferior de la ladera. El cambio de ignimbrita pseudoestratificada a masiva se observa un tanto abierto y rugoso superficialmente, sin embargo, a profundidad se espera que se cierre debido a la sobrecarga que soporta. Dentro del sistema preferencial NE-SW el espesor de las fracturas abiertas es de 0.5 a 2.0cm, este sistema corta la pseudoestratificación

Margen izquierda

El apoyo de la cortina quedará desplantado totalmente en ignimbrita riódacítica salvo la presencia de algunos diques doleríticos. En el eje, la recuperación es buena (75 - 80%). El RQD va de regular a bajo (40-50%). En las fracturas el relleno arcilloso ayuda a reducir la permeabilidad de la roca. Los planos de pseudoestratificación tienen echados a favor del río e inclinaciones que van desde 37° a 61°. Una condición favorable se refleja en una roca más dura, compacta y más competente por la silicificación. La zona de descompresión alcanza un espesor que va de 15 a 20m. El predominio de las fracturas abiertas se ve favorecido por la inclinación tan pronunciada de la ladera (40° a 50°).

Cauce del río

Existe un espesor promedio de 22m de aluvión, la roca que la subyace es ignimbrita riolacítica con silicificación intensa y propilitización de incipiente a moderada presenta dureza alta, compacta y de buena calidad. La recuperación es excelente, del orden de (95-97%) y un RQD de 80 a 85%.

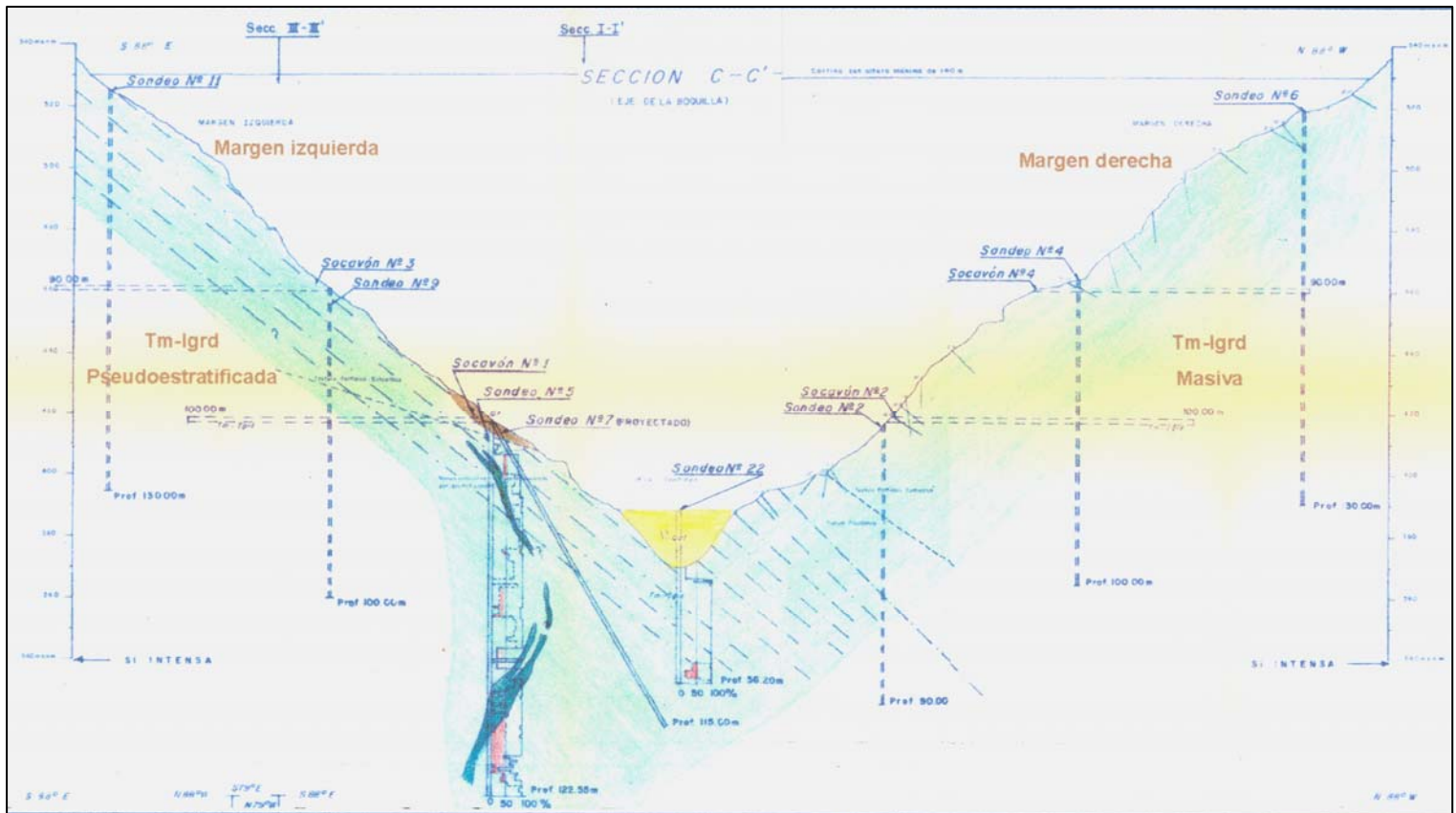


Figura 2.2: Corte geológico por eje de la boquilla

2.2.4. Sismicidad

Desde el punto de vista sismotectónico la aceleración teórica máxima estimada fue de 0.091g, que corresponde a un sismo situado a 20km del P. H. la Yesca en el eje volcánico, con una magnitud de 6° en la escala de Richter sin tomar en cuenta la respuesta del terreno.

El patrón sísmico predominante en la región es de tipo enjambre y se asocia principalmente con las fosas tectónicas de Tepic-Chapala y Chapala-Colima

2.2.5. Bancos de materiales

Se realizó un estudio preliminar de bancos de materiales con el propósito de identificar y evaluar los materiales disponibles en la zona, para la construcción de las obras (ver fig. 2.3).

Enrocamiento

Es posible utilizar la ignimbrita cercana al sitio de colocación en la cortina, ya que es una roca de buena calidad, abundante, homogénea, dura, poco fracturada e ideal para utilizarse en los respaldos de cortinas de materiales por sus características mecánicas.

Acarreos (Aluvión)

Se estudió una longitud aproximada de 8km sobre el cauce del río Santiago y 6km sobre el río Bolaños, identificando un total de 23 bancos (playones) de aluvión, 22 de ellos ubicados aguas arriba del sitio de la boquilla y el restante aguas abajo.

Tanto en la campaña de años pasados como recientemente se han identificado todos los bancos de aluvión distribuidos desde las cercanías del eje Juanepanta hasta la confluencia de los ríos Santiago y Bolaños e inclusive aguas arriba de ambos ríos. El potencial detectado de todos los playones es de alrededor de los 7.0Mm³. Para calcular el volumen estimado se consideró una profundidad de aluvión de 11.0m para el río Santiago y 7.0m para el Bolaños

De todos los bancos explorados se encontró un volumen máximo estudiado de 303,822m³, correspondiente al playón 16 ("La Haciendita") y un volumen mínimo de 13,093m³ en el playón 20 (sin nombre). El volumen de aluvión total estudiado fue de 2 millones de m³. En todos los bancos predominan boleos empacados en una mezcla de grava arena con la siguiente composición granulométrica promedio: 51% de boleos, 30% de grava, 17% de arena y 2% de material fino.

Material impermeable

Se estudiaron 13 bancos de material impermeable, tres de los cuales fueron descartados por la escasez de material e intercalaciones de estratos de arena y presencia de gravas y afloramientos de

roca. Los 10 bancos restantes están constituidos principalmente por arcillas de alta y baja plasticidad (CH y CL), con la presencia en algunos casos de arena arcillosa (SC) y limo de alta y baja plasticidad (MH y ML).

De éstos 10 últimos se estima que sólo 8 podrían ser útiles, los cuales se estudiaron en la campaña de los años 90 y tienen un potencial de 4.0Mm³, pero recientemente se consideró que no eran factibles para emplearse como material impermeable por su poca calidad y composición no homogénea, pues la arcilla presenta intercalaciones irregulares de horizontes arenosos. La inspección reciente localizó 4 bancos con material en menor cantidad (670,000m³ aproximadamente) pero de mejor calidad, que para una cortina de materiales graduados serían insuficientes, pero para las ataguías de una cortina de enrocamiento son un volumen adecuado. Los bancos de arcilla más atractivos son El Saucito, La Mesa de la Tía Dominga, El Guayabo y la Haciendita.

Se considera que ya no es necesario realizar exploración adicional para la localización de bancos de arcilla. En la segunda etapa del proyecto será necesario estudiar con más detalle los bancos seleccionados, mediante la ejecución de pruebas de laboratorio que determinen las propiedades de resistencia, deformabilidad y tendencia a la dispersión en los materiales de cada banco.

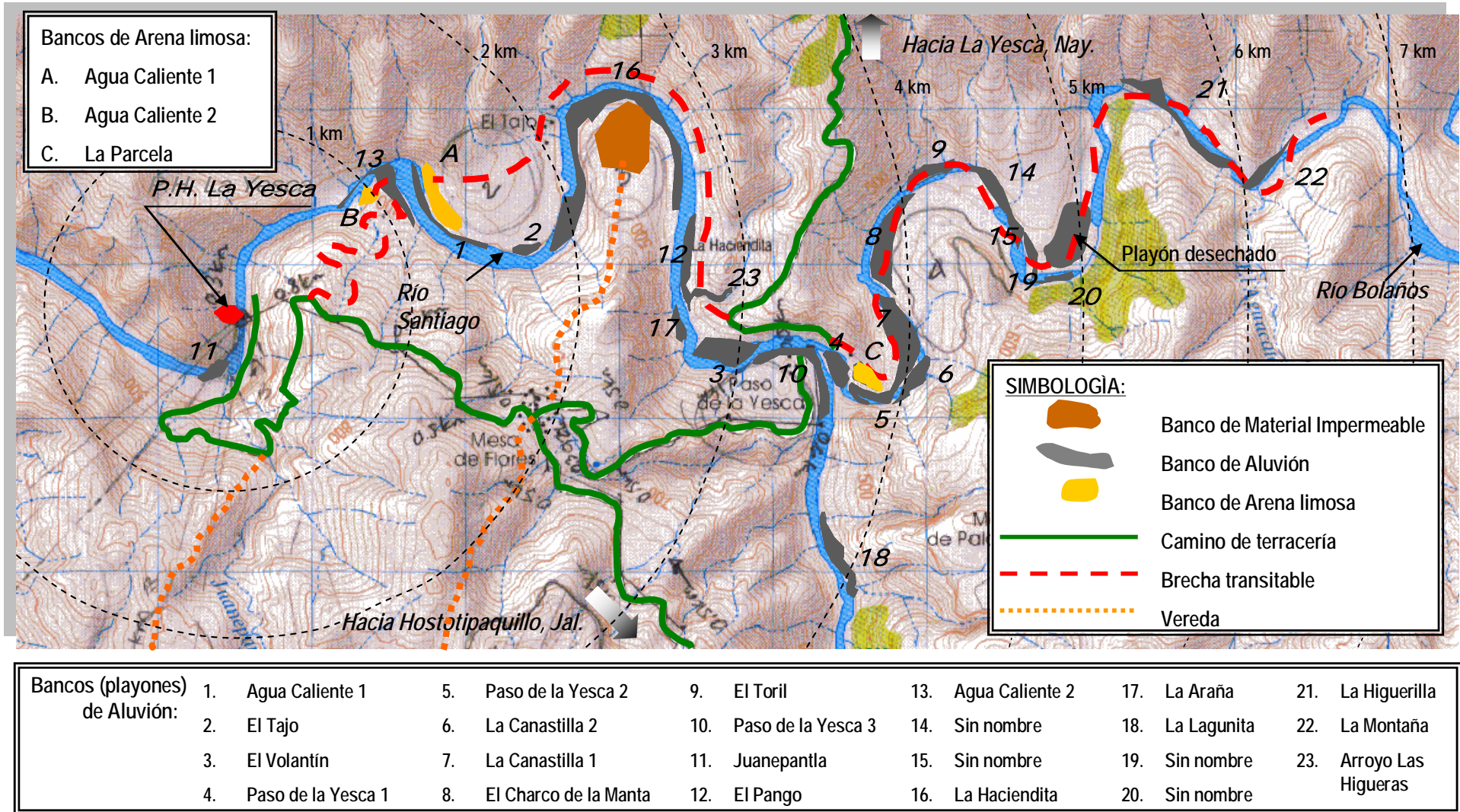


Figura 2.3: Localización de bancos de materiales

Los materiales a utilizar en la Cortina y las ataguías serán roca y aluvi6n (6 acarrees) principalmente, los cuales se dividen de acuerdo a las características necesarias dentro de estas estructuras como sigue:

- *Material 'T': Es material de transici6n el cual se ubica en la zona central de la cortina, este material puede ser roca extraída de banco o producto de las excavaciones de las estructuras, tambi6n puede ser aluvi6n procesado que en general es de menor costo que la roca extraída de banco.*
- *Material '3B': Aluvi6n, la ataguía integrada aguas arriba se compone principalmente de este material, tambi6n se ubica en la zona aguas arriba de la cortina.*
- *Material '3C': Roca, la ataguía integrada aguas abajo se compone principalmente de este material, tambi6n se ubica en la zona aguas abajo de la cortina.*
- *'2': Es el material que sirve como apoyo de la cara de concreto para evitar la deformaciones que puedan ocasionar fracturamientos de la losa.*
- *Material '4': Este es roca de diámetros de 80cm el cual funciona como enrocamiento de protecci6n en el paramento aguas debajo de la Cortina*
- *'1B': Este material se utiliza como protecci6n sobre la cara de concreto, en la zona del cauce para evitar la erosi6n y/o fracturas en las juntas de la losa con el plinto.*
- *'1S': Es un material sellante que se utiliza en la zona de union entre el plinto y la losa de concreto.*
- *'2F': Se utiliza como filtro de protecci6n en la zona de junta perimetral entre el plinto y la losa de concreto*

De los materiales descritos anteriormente, los que componen mas del 9% del cuerpo de la Cortina son los materiales 'T', '3B' y '3C'; el resto de los materiales se utilizan básicamente

como protección de la estructura, principalmente la pantalla de impermeabilización que es la cara de concreto en su paramento mojado, aunque también es necesario proteger el paramento seco (aguas abajo).

2.3. Hidrología

2.3.1. Características de la cuenca

El río Santiago, con una longitud aproximada de 560km, tiene su origen en el lago de Chapala, el cual es un vaso regulador de las aportaciones de la cuenca del río Lerma, cuya superficie alcanza cerca de los 50,000km².

La cuenca del río Santiago, ubicada al occidente del país, en la región central de la vertiente del Océano Pacífico, se localiza entre los meridianos 101°14' y 105°26' de longitud oeste y entre los paralelos 20°19' y 23°25' de latitud norte, ver figura 2.4.

Análisis de los aspectos constructivos generales para la optimización del diseño de ingeniería conceptual del P.H. La Yesca localizado en el estado de Nayarit

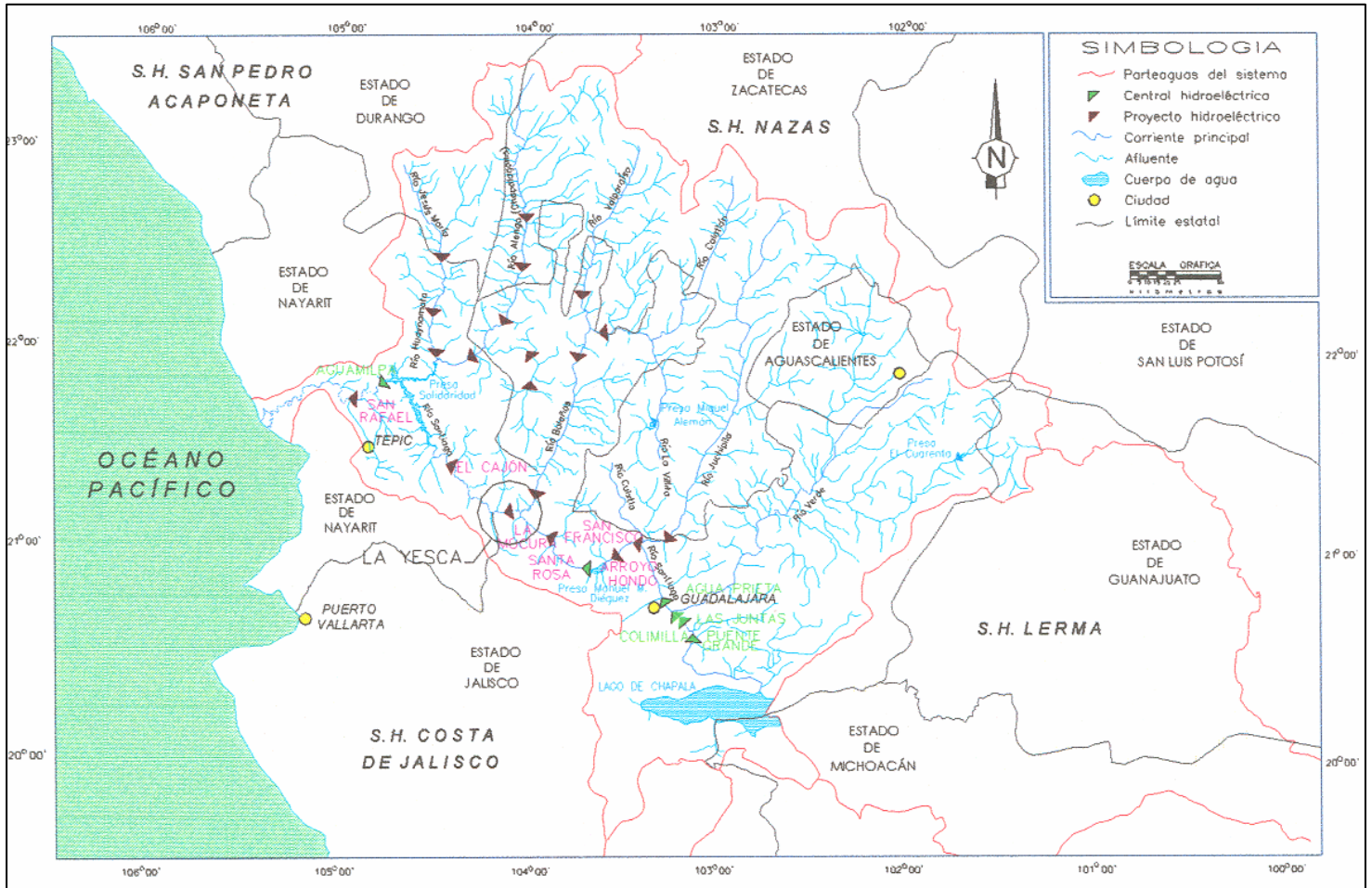


Figura 2.4: Cuenca del Río Santiago

La mayor parte de la cuenca se desarrolla al noreste del río, por regiones montañosas y de acceso relativamente difícil.

Desde su origen, a la elevación 1,525msnm, el río Santiago fluye en dirección general SE-NW, relativamente próximo y paralelo al límite suroccidental de su cuenca y al trazo de la carretera federal No. 15 Guadalajara - Tepic. En sus primeros 60km recorre los valles de Poncitlán y Atequiza, en el Estado de Jalisco, para bajar después por una abrupta barranca de más de 400km de longitud con profundidades de alrededor de los 500 m.

Los principales tributarios del río Grande Santiago son los ríos Verde, Juchipila, Bolaños y Huaynamota. Al iniciar el Santiago su recorrido a partir del lago de Chapala hasta su

desembocadura al mar, sigue la dirección de lineamientos estructurales E-W y NW-SE, que han conformado en su trayecto un régimen hidrológico de tipo rectangular.

En la región, los tributarios procedentes de la margen derecha han labrado fisiográficamente las serranías, formando los sistemas de drenaje dendrítico y rectangular actuales de características torrenciales.

Los escasos escurrimientos procedentes de la margen izquierda son atribuidos en su mayoría a manantiales, ya que la superficie de las mesetas basálticas que cubre esta margen presenta una topografía parcialmente y sin drenaje bien definido.

El sitio de proyecto se ubica sobre el cauce principal del río Santiago, 4km aguas abajo de la confluencia con el río Bolaños, en las coordenadas geográficas 21° 11' 49" de latitud norte y 104° 06' 21" de longitud oeste.

Las características más relevantes de la cuenca son las siguientes:

- *El área de la cuenca drenada es de 51,990km², medida desde la presa Corona hasta la boquilla de estudio.*
- *El área de la cuenca que drena los escurrimientos del río Santiago hasta la Estación Hidrométrica (E.H.) La Yesca es de 37,173km².*
- *El área de la cuenca que drena los escurrimientos del río Bolaños hasta la E.H. El Caimán es de 14,755km².*
- *La superficie de cuenca que se forma entre la unión de los ríos Santiago y Bolaños hasta el sitio del P .H. La Yesca es de 62km².*

2.3.2. Escurrimientos

Para determinar las aportaciones que deben ser aprovechadas para generación de energía en el sitio del proyecto, se contempló primero conocer los escurrimientos históricos que pudieran llegar al eje de la cortina, y posteriormente conocer las afectaciones por usos actuales y futuros del agua.

La información de las E. H. La Yesca y El Caimán, pertenecientes a la CNA, y cercanas al sitio del proyecto, abarca el período de 1949 a 1999, miden los caudales de los ríos Santiago y Bolaños respectivamente. Por tal cercanía se estimó innecesario calcular la aportación por cuenca propia entre las estaciones y el eje de la cortina. La localización de estas estaciones y el embalse que se formaría con el agua al NAME se puede apreciar en la figura 2.5.

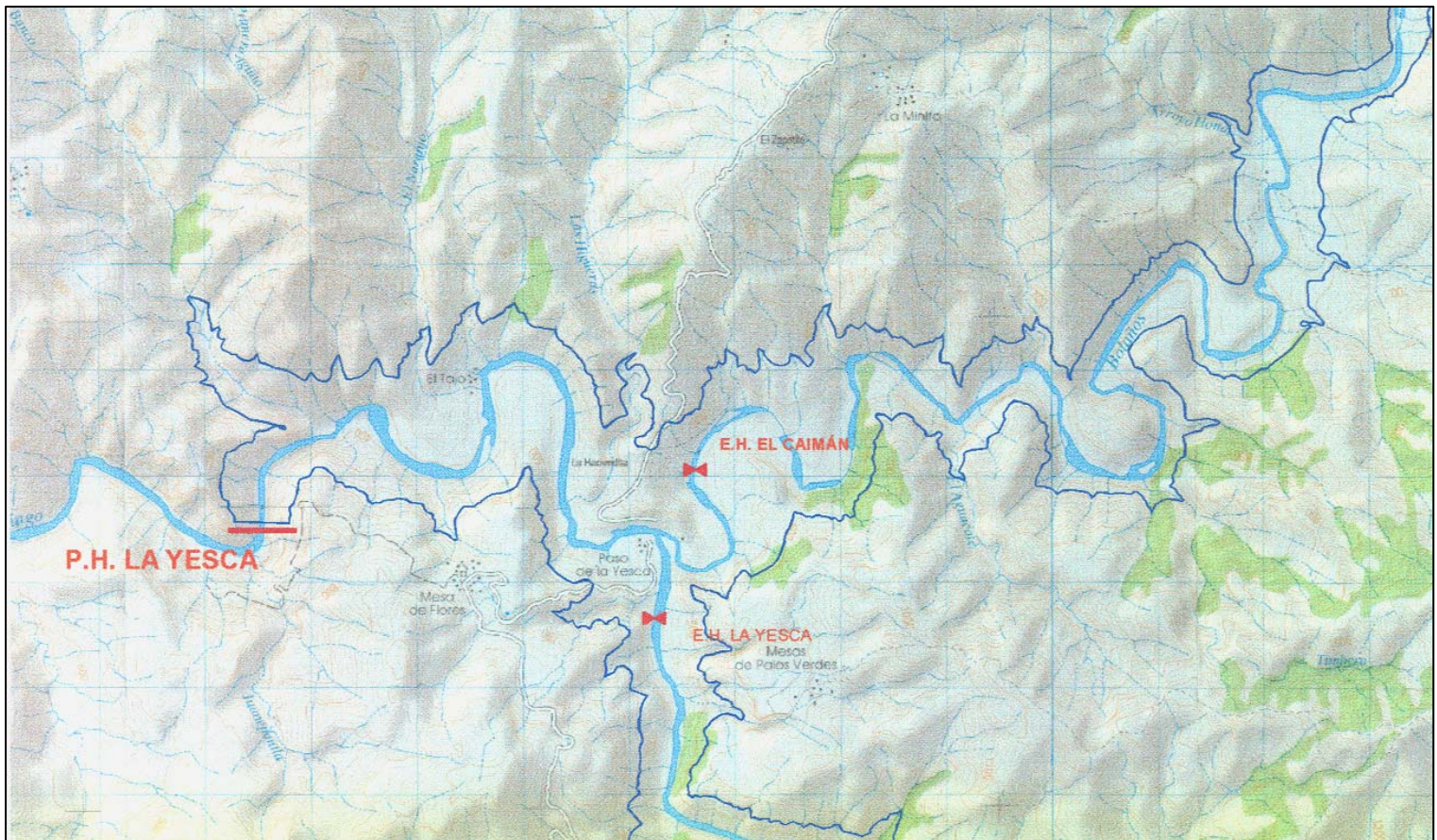


Figura 2.5: Estaciones hidrométricas y embalse

La información disponible en la E. H. La Playa, localizada aguas abajo del sitio de estudio, no fue tomada en cuenta ya que el período de observación de 1994 a 2000 es muy corto (6 años completos) y al comparar los registros simultáneos con los de las estaciones La Yesca y El Caimán existen incongruencias en algunos años.

La matriz de volúmenes escurridos de las otras 2 estaciones está reportada en la Tabla 2.3 de Ecurrimientos para las estaciones de La Yesca + El Caimán que se muestra a continuación, donde se observa que el volumen medio anual histórico es de 3,858Mm³.

Tabla 2.3

Escorrentamiento mensual en millones de m³
Estaciones La Yesca + El Caimán

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
1949	94.03	78.90	81.67	95.04	83.37	261.36	750.13	498.74	278.38	176.28	90.01	97.05	2,584.96
1950	99.06	77.11	85.80	59.59	55.81	219.89	505.18	323.59	374.24	128.64	70.03	69.82	2,068.76
1951	72.15	67.17	76.44	71.15	69.61	181.54	619.59	442.36	329.90	111.00	94.11	81.73	2,216.75
1952	57.40	52.20	53.48	49.71	62.99	204.74	579.79	632.98	408.83	230.11	89.15	73.04	2,494.42
1953	75.70	71.43	73.12	69.25	70.24	166.08	376.83	832.51	634.61	165.11	114.93	109.14	2,758.95
1954	91.12	79.02	87.27	80.82	74.53	252.21	554.54	499.41	225.26	193.10	83.83	80.15	2,301.26
1955	87.66	69.66	64.72	42.53	41.65	81.46	548.95	1,714.87	1,285.31	609.90	116.82	92.90	4,756.43
1956	90.06	85.31	82.80	73.79	119.53	280.32	1,000.13	1,026.22	335.16	116.98	98.24	97.69	3,406.23
1957	94.82	82.12	89.32	84.33	88.66	93.53	259.18	249.73	305.09	157.15	88.48	84.27	1,676.68
1958	90.41	77.51	95.37	78.86	83.51	277.12	1,420.03	708.17	1,646.59	1,127.62	983.08	214.87	6,803.14
1959	146.92	101.61	101.39	267.92	123.73	272.00	924.06	1,538.85	662.44	517.12	396.96	120.00	5,173.00
1960	109.74	103.24	103.59	95.76	108.71	99.72	487.01	890.78	458.01	120.87	97.44	109.24	2,784.11
1961	107.11	84.33	88.53	75.43	100.31	195.96	993.84	913.28	360.38	154.48	110.77	110.33	3,294.75
1962	103.18	97.42	90.93	91.89	87.24	252.84	654.27	300.66	849.79	334.33	126.89	107.84	3,097.28
1963	102.98	88.82	89.02	75.28	87.60	187.56	1,318.81	1,187.66	724.03	398.28	135.80	213.72	4,609.56
1964	178.97	68.88	6.99	5.43	76.56	168.29	309.97	394.07	896.74	449.94	108.24	106.80	2,770.88
1965	92.51	73.74	129.26	111.78	121.21	184.37	246.75	1,992.92	1,359.68	1,059.88	273.87	151.53	5,797.50
1966	126.85	138.97	141.45	172.27	205.00	463.06	650.36	1,367.41	1,132.35	290.81	128.38	119.08	4,935.99
1967	148.05	126.39	141.86	174.61	171.56	230.30	1,063.01	1,792.44	3,838.77	1,685.75	1,096.08	696.84	11,165.66
1968	320.92	260.13	473.78	312.54	330.08	245.57	1,126.80	1,465.85	1,024.49	221.28	122.33	155.71	6,059.48
1969	153.50	158.24	173.88	137.50	135.22	157.74	355.53	202.78	251.90	181.76	103.44	93.41	2,104.90
1970	88.60	77.85	112.92	146.02	128.22	219.42	745.34	732.27	948.39	508.87	121.46	110.87	3,940.23
1971	126.14	105.01	128.21	126.88	168.63	282.23	702.80	1,913.59	1,834.80	1,738.95	623.04	213.80	7,964.08
1972	161.35	202.59	215.32	175.42	198.98	323.89	383.83	435.57	415.76	132.45	102.01	170.78	2,917.95
1973	164.96	82.02	90.78	142.70	160.24	181.21	1,469.60	4,191.05	2,222.28	958.77	299.57	178.46	10,141.64
1974	164.18	157.03	197.02	136.41	203.79	269.37	705.00	684.04	433.26	173.43	101.35	109.43	3,334.31
1975	114.24	165.49	135.87	146.87	172.19	220.08	1,257.11	2,054.11	783.12	148.40	97.28	101.47	5,396.23
1976	122.34	140.28	152.73	139.60	144.01	149.79	2,314.75	1,591.83	925.73	942.52	720.32	483.76	7,827.66
1977	180.30	139.45	225.32	227.24	264.83	450.66	1,080.06	516.83	1,520.36	182.78	124.56	153.43	5,065.82
1978	145.32	142.13	179.36	169.83	176.76	251.45	370.82	389.55	680.78	1,199.83	134.93	116.17	3,956.93
1979	125.53	112.44	165.85	150.30	159.67	155.07	298.01	609.28	349.55	90.00	89.63	85.78	2,391.11
1980	105.04	94.35	106.83	98.94	121.95	151.82	432.77	537.89	393.86	170.27	90.35	65.25	2,369.32
1981	60.27	51.00	55.69	56.69	82.73	198.46	931.68	500.18	433.80	120.57	103.02	135.60	2,729.69
1982	67.71	50.72	46.44	58.87	64.03	65.58	508.72	366.77	130.33	75.64	57.91	54.84	1,547.56
1983	145.28	101.28	112.46	107.35	118.56	184.12	816.29	1,021.95	778.45	353.67	186.91	135.37	4,061.69
1984	69.95	48.48	47.38	45.82	34.09	309.10	1,195.98	1,107.48	596.78	138.27	76.35	76.40	3,746.08
1985	80.84	69.36	99.91	85.86	70.43	208.81	554.91	760.26	336.96	188.28	113.96	96.38	2,665.96
1986	73.91	60.04	64.41	82.25	113.11	245.62	728.69	351.60	463.33	355.27	145.74	107.69	2,791.66
1987	121.55	127.63	142.72	103.30	100.45	239.66	388.37	574.14	601.57	266.46	103.21	108.94	2,878.00
1988	69.26	44.82	106.39	95.09	97.09	121.84	623.88	1,092.71	575.79	162.29	74.10	105.59	3,168.85
1989	62.51	122.25	156.01	83.48	86.51	124.25	383.06	481.04	482.41	204.23	123.45	119.90	2,429.10
1990	76.40	106.03	98.51	90.89	121.86	149.41	399.68	2,228.46	1,239.53	414.38	183.47	86.78	5,195.40
1991	58.93	62.54	108.42	104.60	89.35	121.37	2,999.67	674.79	786.59	189.13	41.92	44.50	5,281.81
1992	1,911.64	661.26	143.19	150.25	138.28	129.52	223.36	450.36	300.93	487.55	151.29	117.11	4,864.74
1993	113.85	96.10	126.45	115.83	133.38	133.26	611.99	339.43	475.73	159.13	89.18	88.36	2,482.69
1994	64.77	54.01	78.74	139.83	108.34	186.49	180.32	238.63	466.72	186.86	87.40	89.52	1,881.63
1995	52.19	61.45	96.12	90.26	61.32	197.81	562.02	1,129.50	747.77	224.25	134.18	107.01	3,463.88
1996	72.77	50.07	49.90	42.38	130.04	173.05	284.64	300.93	611.62	433.13	128.82	73.23	2,350.58
1997	75.77	72.48	111.31	148.88	120.50	167.52	309.41	206.61	220.14	91.20	81.15	81.63	1,686.60
1998	114.20	91.17	97.43	152.71	114.88	142.58	336.46	460.67	837.67	645.83	135.24	120.05	3,248.89
1999	97.24	76.75	65.95	101.13	101.79	143.15	349.07	382.31	424.15	180.61	106.89	76.30	2,105.34
Suma	7,330.18	5,468.28	5,848.31	5,741.16	6,083.13	10,372.25	36,893.05	45,299.11	38,400.11	19,553.41	9,157.57	6,599.56	196,746.12
Máximo	1,911.64	661.26	473.78	312.54	330.08	463.06	2,999.67	4,191.05	3,838.77	1,738.95	1,096.08	696.84	11,165.66
Mínimo	52.19	44.82	6.99	5.43	34.09	65.58	180.32	202.78	130.33	75.64	41.92	44.50	1,547.56
Media	143.73	107.22	114.67	112.57	119.28	203.38	723.39	888.22	752.94	383.40	179.56	129.40	3,857.77
Mediana	99.06	84.33	99.91	98.94	113.11	187.56	579.79	632.98	596.78	193.10	110.77	107.69	3,168.85
Q med	53.70	43.90	42.80	43.40	44.50	78.50	270.10	331.60	290.50	143.10	69.30	48.30	121.60

Las deducciones realizadas al escurrimiento virgen del río Santiago fueron las siguientes:

- 1. Se eliminaron las aportaciones del lago de Chapala al río Santiago quitando los caudales registrados en la estación Corona.*
- 2. Se descontó la dotación futura del río Verde al estado de Guanajuato conforme a lo publicado en el Diario Oficial del 17 de noviembre de 1997.*
- 3. Se restaron también los retornos históricos de descargas de aguas residuales de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) en el periodo 1949-1999, con un factor del 70%; Este factor afecta directamente a la dotación de agua potable.*
- 4. Se sumaron los retornos futuros de aguas negras de la ZMG al río Santiago con un factor de retorno del 70%, por las pérdidas por consumo humano, usos industriales, evaporación, en la red de agua potable y de aguas residuales al subsuelo.*
- 5. Se eliminaron los caudales por el pronóstico de abastecimientos de agua a la ZMG de 1998 al 2048, para un pronóstico de crecimiento de la población del 1.0% anual y una dotación doméstica e industrial de 250 lt/hab/día.*

El volumen final después de haber realizado las anteriores deducciones resultó de 3,158Mm³, 700Mm³ menos a los iniciales.

Por otra parte, como en el caso específico del P.H. El Cajón hubo una reducción de 13.18% por concesiones del agua de la CNA, también en La Yesca se hizo tal reducción con lo cual se llegó a un valor de 2,742Mm³.

Finalmente, la CPH logró una concesión adicional de 97Mm³ para El Cajón con lo cual el escurrimiento medio anual en La Yesca es de 2,838Mm³ ver la matriz de la tabla de Escurrimientos para el P.H. La Yesca con 96.81Mm³ adicionales (Tabla 2.4).

Tabla 2.4
Escurrecimiento mensual en millones de m³
Escurrecimientos en el sitio del P. H. La Yesca con la suma de 96.81 adicionales

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1949	62.63	55.54	56.83	55.09	49.78	208.07	639.36	419.35	217.59	134.94	57.45	57.70	2,014.33
1950	62.18	46.62	56.47	43.82	41.87	188.10	434.03	271.16	319.46	106.82	60.49	62.23	1,693.25
1951	63.52	57.52	66.97	60.36	58.60	154.35	539.84	385.09	275.30	87.74	82.67	71.23	1,903.19
1952	45.89	39.75	42.22	36.06	41.08	174.89	503.95	547.50	338.15	181.12	72.69	55.40	2,078.70
1953	56.09	50.81	45.77	39.54	41.69	130.45	297.73	696.83	504.19	118.13	93.74	89.74	2,164.71
1954	61.19	44.82	51.50	53.47	51.88	211.71	465.43	413.21	132.70	144.56	56.73	58.87	1,746.07
1955	65.52	52.75	52.27	34.52	30.67	56.05	461.84	1,474.97	1,089.06	482.51	81.43	67.74	3,949.33
1956	65.39	59.83	55.34	53.38	88.26	224.77	860.90	885.28	275.81	64.49	34.45	46.23	2,714.13
1957	64.69	57.49	54.45	52.52	49.69	56.93	197.14	194.14	249.24	109.30	52.42	56.67	1,194.68
1958	61.25	47.84	53.13	45.57	48.21	228.88	1,226.24	602.10	1,425.64	968.77	839.95	165.24	5,712.82
1959	102.03	60.52	55.28	202.30	79.17	184.03	706.58	1,045.87	339.78	207.29	134.39	71.10	3,188.34
1960	62.31	53.69	49.77	48.89	49.16	61.76	405.65	752.73	376.26	77.23	66.62	75.18	2,079.25
1961	71.70	56.80	57.04	43.80	57.88	151.80	847.81	770.92	284.09	104.19	67.32	55.67	2,569.02
1962	55.65	54.71	43.88	41.12	41.70	201.58	544.70	228.12	718.95	272.01	86.91	74.73	2,364.06
1963	66.28	58.95	59.10	51.40	57.16	147.04	1,137.67	1,023.79	614.51	327.04	95.92	163.56	3,802.42
1964	131.77	33.38	18.31	17.80	37.53	126.37	249.14	329.10	772.67	381.84	75.85	76.32	2,250.08
1965	64.89	43.25	93.93	82.16	93.18	152.88	202.45	1,718.49	1,073.41	447.28	128.89	101.65	4,202.46
1966	81.20	85.54	66.69	79.50	24.78	162.55	363.97	1,066.40	661.12	232.28	73.30	66.05	2,963.38
1967	100.86	68.11	73.51	94.95	107.27	151.01	610.63	1,474.00	2,772.53	665.84	192.38	121.79	6,432.88
1968	77.68	74.38	184.08	55.34	63.82	114.30	725.43	957.27	735.84	155.31	63.63	82.10	3,289.18
1969	78.56	86.19	104.66	75.68	82.54	100.95	280.17	147.54	192.21	123.11	50.22	39.69	1,361.52
1970	48.64	41.99	72.96	90.41	67.30	154.03	622.47	607.64	798.18	417.04	69.73	51.74	3,042.13
1971	65.97	52.98	68.38	72.46	99.28	208.96	590.25	1,479.99	1,123.63	796.02	173.96	95.47	4,827.35
1972	72.61	104.26	104.43	67.23	81.72	110.07	207.76	343.84	329.58	77.08	49.29	102.77	1,650.64
1973	99.57	32.99	36.63	73.08	87.53	111.61	1,232.43	3,441.55	1,194.29	361.64	151.75	62.93	6,886.00
1974	64.53	63.81	93.63	39.35	94.47	121.69	430.92	382.32	330.79	96.91	42.55	50.25	1,811.22
1975	53.67	102.84	73.04	76.61	67.40	128.76	1,057.38	1,705.92	466.49	79.89	43.75	41.11	3,896.86
1976	61.07	77.03	86.31	67.20	57.19	84.62	1,735.50	715.42	407.50	460.64	323.74	229.26	4,305.48
1977	106.56	65.43	106.31	98.54	106.03	241.17	729.88	398.88	1,256.68	100.93	45.63	58.32	3,314.36
1978	63.52	64.71	84.13	98.56	103.74	143.28	288.99	300.04	555.05	967.83	68.91	50.64	2,789.40
1979	60.60	54.98	93.61	88.07	90.99	95.57	211.38	498.13	276.54	31.53	35.17	30.70	1,567.27
1980	45.79	52.71	69.65	63.83	84.66	95.74	333.96	450.40	326.67	139.80	74.39	54.04	1,791.64
1981	48.95	36.32	43.84	45.76	66.62	164.39	790.93	419.76	363.48	97.87	82.30	112.89	2,273.11
1982	52.92	39.36	35.31	44.99	49.79	50.02	429.03	303.86	102.80	60.19	46.12	45.48	1,259.87
1983	123.41	85.57	95.42	91.20	100.53	155.58	691.31	872.72	665.64	300.37	157.63	113.95	3,453.33
1984	58.19	40.22	39.37	37.99	27.47	263.17	1,027.40	946.56	508.11	114.43	62.11	62.84	3,187.86
1985	66.44	57.73	84.04	72.01	58.09	174.91	470.83	646.32	283.51	158.99	95.92	81.17	2,249.96
1986	59.23	48.83	52.62	67.85	95.06	207.50	621.20	292.14	392.31	303.03	122.76	90.05	2,352.58
1987	102.17	107.05	119.75	85.63	83.03	201.66	325.39	485.02	510.36	224.46	84.38	89.84	2,418.74
1988	55.47	34.35	88.30	78.27	79.87	98.79	529.69	931.53	485.40	133.34	57.75	83.81	2,656.57
1989	50.31	102.33	131.23	68.57	71.04	101.25	320.97	404.30	407.82	170.80	102.19	99.54	2,030.35
1990	61.86	87.78	80.79	74.51	101.22	122.60	334.89	1,920.92	1,064.67	352.74	153.81	70.27	4,426.06
1991	46.18	49.56	88.89	85.91	72.48	97.76	2,591.74	571.40	670.93	156.66	30.40	33.06	4,494.97
1992	1,654.62	569.28	118.95	125.44	114.86	104.72	181.18	376.52	249.16	415.65	125.24	95.98	4,131.60
1993	93.64	78.48	104.31	95.44	110.48	107.86	518.47	280.10	400.81	130.38	71.21	70.92	2,062.10
1994	50.90	41.84	62.76	116.17	88.62	153.96	143.57	192.45	392.87	154.35	69.55	71.79	1,538.83
1995	39.85	48.19	77.74	73.01	47.68	163.67	474.86	965.80	636.76	186.69	110.05	86.86	2,911.16
1996	57.61	38.20	37.49	31.32	107.22	142.06	233.90	246.31	518.45	367.91	105.29	57.40	1,943.16
1997	60.10	57.55	90.69	123.68	98.82	137.15	255.30	164.30	178.44	70.93	63.78	64.59	1,365.33
1998	93.34	73.66	78.51	126.89	93.82	115.37	278.65	384.76	714.47	552.34	110.62	97.82	2,720.25
1999	78.49	61.04	51.05	81.97	82.33	115.75	289.48	316.60	355.32	148.31	85.89	59.71	1,725.94
Suma	5,097.49	3,559.56	3,711.34	3,629.22	3,685.26	7,362.14	29,650.37	36,449.36	29,335.22	13,020.55	5,283.32	3,974.09	144,757.92
Máximo	1,654.62	569.28	184.08	202.30	114.86	263.17	2,591.74	3,441.55	2,772.53	968.77	839.95	229.26	6,886.00
Mínimo	39.85	32.99	18.31	17.80	24.78	50.02	143.57	147.54	102.80	31.53	30.40	30.70	1,194.68
Media	99.95	69.80	72.77	71.16	72.26	144.36	581.38	714.69	575.20	255.30	103.59	77.92	2,838.39
Mediana	63.52	56.80	68.38	68.57	72.48	143.28	470.83	498.13	407.82	156.66	74.39	70.92	2,418.74
Q med	37.32	28.60	27.17	27.45	26.98	55.69	217.07	266.84	221.91	95.32	39.97	29.09	89.45

2.3.3. Avenidas de diseño

a) Análisis de gastos máximos

Tabla 2.5

Gastos máximos anuales

Estación	E. H. La Yesca			Nota	E. H. El Caimán			Nota
	Año	Mes	Día		Q máx m ³ /s	Mes	Día	
1948	Septiembre	s/r	554.00	*	Septiembre	s/r	226.00	*
1949	Julio	17	1,210.00		Agosto	22	295.00	
1950	Julio	6	1,032.00		Septiembre	27	68.00	
1951	Junio	30	737.00		Agosto	11	257.00	
1952	Agosto	23	804.00		Septiembre	17	332.00	
1953	Agosto	21	826.00		Septiembre	3	480.00	
1954	Julio	12	597.00		Julio	31	333.00	
1955	Septiembre	26	1,469.00		Agosto	5	671.00	
1956	Agosto	25	1,159.00		Agosto	25	512.00	
1957	Julio	21	629.00		Septiembre	27	118.00	
1958	Noviembre	5	1,686.00		Noviembre	3	598.00	
1959	Agosto	20	832.00		Abril	18	776.00	
1960	Agosto	27	1,062.00		Agosto	14	352.00	
1961	Agosto	19	963.00		Agosto	11	470.00	
1962	Septiembre	7	1,098.00		Septiembre	8	610.00	
1963	Julio	30	759.00		Agosto	13	1,046.00	
1964	Septiembre	23	632.00		Septiembre	22	607.00	
1965	Agosto	15	2,102.00		Agosto	15	701.00	*
1966	Agosto	31	1,875.00		Agosto	26	722.00	
1967	Agosto	39	3,960.00		Agosto	29	922.00	
1968	Julio	15	1,238.00		Septiembre	13	413.00	
1969	Julio	16	204.00		Julio	17	196.00	
1970	Septiembre	29	1,656.00		Septiembre	29	696.00	
1971	Agosto	17	2,028.00		Agosto	16	586.00	
1972	Septiembre	24	400.00		Septiembre	23	201.00	
1973	Agosto	17	6,222.00		Agosto	16	969.00	
1974	Julio	12	614.00		Julio	8	228.00	
1975	Agosto	8	1,893.00		Agosto	8	1,473.00	
1976	Julio	13	1,896.00		Julio	21	1,068.00	
1977	Septiembre	10	1,554.00		Septiembre	2	578.00	
1978	Octubre	8	1,533.00		Octubre	1	490.00	
1979	Agosto	14	642.00		Agosto	16	294.00	
1980		S/D			Agosto	s/r	489.00	
1981	Junio	s/r	798.00		Septiembre	4	482.00	
1982	Julio	s/r	568.00		Julio	20	468.00	
1983		S/D			Agosto	s/r	458.00	*
1984	Septiembre	s/r	961.00		Julio	s/r	1,158.00	
1985	Julio	s/r	673.00		Julio	s/r	435.00	
1986	Julio	15	1,519.00		Julio	18	157.00	
1987	Octubre	1	2,082.00		Octubre	1	297.00	
1988	Agosto	s/r	3,684.00	*		S/D		
1989	Septiembre	s/r	465.00	*		S/D		
1990	Agosto	s/r	2,658.00	*		S/D		
1991	Julio	s/r	2,968.00	*	Julio	12	808.00	
1992	Enero	s/r	2,838.00		Enero	27	1,603.00	
1993	Septiembre	s/r	418.00	*	Julio	19	268.00	
1994	Septiembre	s/r	835.00	*	Septiembre	3	321.00	
1995	Agosto	19	1,075.00		Agosto	19	884.00	
1996	Octubre	8	598.00		Octubre	6	860.00	
1997	Julio	6	172.00		Septiembre	9	404.00	
1998	Octubre	2	1,293.00		Agosto	28	203.00	
1999	Septiembre	2	466.00		Septiembre	10	387.00	

NOTAS:

* Período incompleto

s/r sin registro

S/D Sin Dato

El criterio de selección de cada función de probabilidad estuvo basado en escoger el menor error cuadrático, lo cual ocurrió para la función Doble Gumbel los 2 casos. Los resultados finales se resumen en la tabla 2.6.

Como primer paso para el cálculo de los gastos de diseño de las obras de desvío y vertedor se elaboraron un par de análisis probabilísticos, empleando los gastos máximos anuales de la Tabla 2.5, el primero con el gasto anual de cada estación y su posterior suma directa y el segundo con la suma directa de los gastos. Aunque se llegaron a obtener resultados algo congruentes, se descartaron por considerarse físicamente irrealizables. Las estaciones hidrométricas de apoyo son las mismas que se emplearon para el estudio de escurrimientos, La Yesca y El Caimán.

El análisis que se consideró más factible fue aquel en el que se hicieron coincidir los gastos pico de una estación y su coincidente en año, mes y día con el de la otra estación, para un primer caso; para un segundo caso se formó una muestra con los coincidentes máximos del primer caso.

Tabla 2.6

Resumen de gastos máximos

	Función Doble Gumbel		
	E.H. La Yesca + coinc. E.H. El Caiman	E.H. El Caiman + coinc. E.H. La Yesca	Gasto máximo maximorum
Tr	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
años	Caso 1		Caso 2
10,000	12,153.00	6,612.00	12,153.00
5,000	11,368.00	6,230.00	11,368.00
1,000	9,501.00	5,381.00	9,501.00
500	8,685.00	5,009.00	8,685.00
150	7,268.00	4,361.00	7,268.00
100	6,784.00	4,141.00	6,785.00
50	5,945.00	3,759.00	5,946.00
25	5,072.00	3,362.00	5,074.00
20	4,778.00	3,229.00	4,780.00
10	3,777.00	2,775.00	3,785.00
5	2,541.00	2,119.00	2,586.00
2	1,401.00	983.00	1,440.00

Debido a la cercanía del proyecto y la cercanía entre las dos estaciones hidrométricas, el Caso 2 es considerado como el más realista y crítico posible, aunque los valores son muy similares a los del Caso 1. Los valores que se observan en la tabla resumen N°2.6, son de 12,153m³/s para un período de retorno de 10,000 años como gasto de diseño del vertedor y para el diseño del desvío de 6,785 y 5,945m³/s para períodos de 100 y 50 años respectivamente.

b) Forma de la avenida

Ya conocidos los gastos máximos de diseño que se emplearán en las obras de desvío y excedencias, es necesario conocer la forma de la avenida y con ello el volumen que será controlado por sus estructuras. Por tal motivo se utilizaron dos criterios, el primero basado en el hidrograma adimensional y el segundo formando un hidrograma con las avenidas máximas anuales de agosto de 1973 en las 2 estaciones hidrométricas referidas haciendo coincidir su tiempo de ocurrencia.

Después de analizar los dos casos se decidió utilizar el hidrograma del segundo criterio con tiempo de ocurrencia de 1,042 días, ya que conforme a los hidrogramas históricos registrados en La Yesca y El Caimán estos representan la condición histórica más desfavorable.

En la figura 2.6 se muestran los valores, forma y volúmenes finales, del hidrograma de diseño de la obra de desvío ya que el correspondiente a la obra de excedencias fue modificado por lo que se explica más adelante. Las avenidas que se muestran corresponden a periodos de retorno de 50 y 100 años y a la máxima registrada.

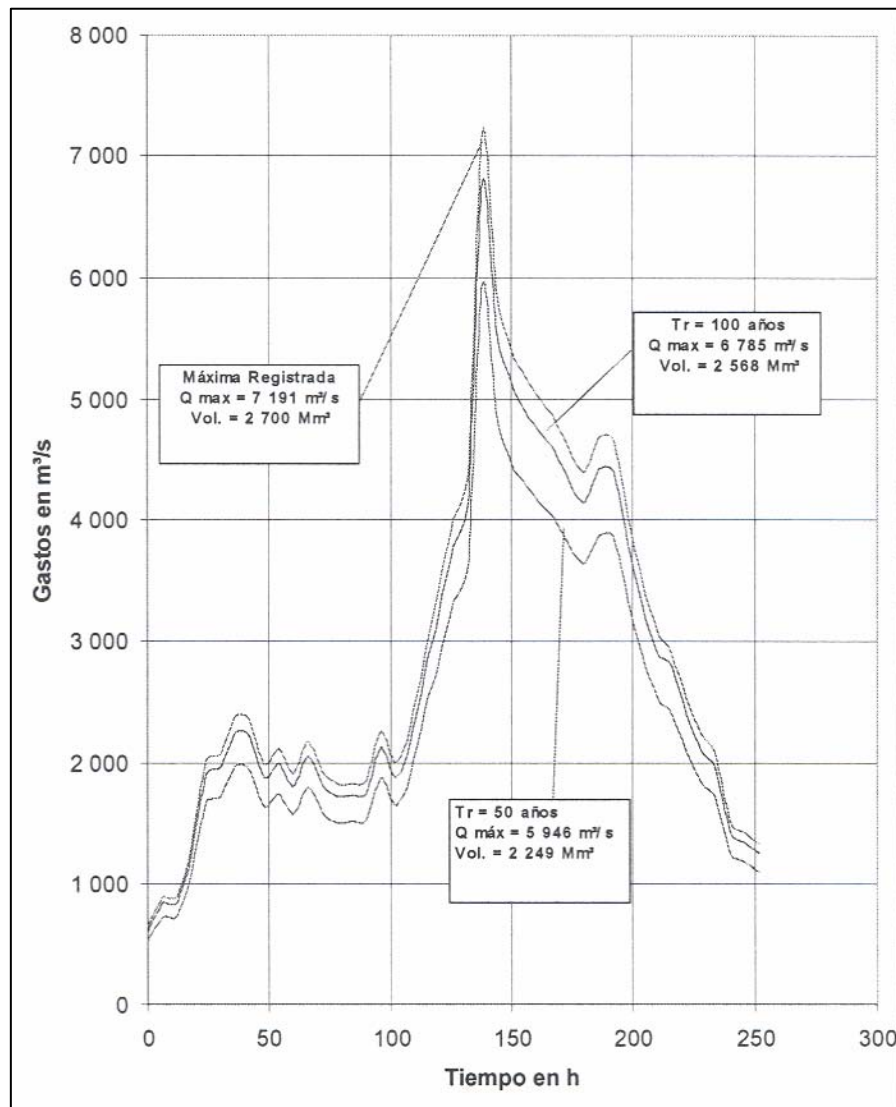


Figura 2.6: Hidrogramas de diseño de la obra de desvío

c) Hidrograma de diseño del vertedor según la GASIR-CNA

En la revisión al estudio hidrológico del P. H. El Cajón, a cargo de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos de la Comisión Nacional del Agua (GASIR-CNA), esta dependencia realizó un análisis de la muestra de gastos máximos con los modelos probabilísticos: Log Pearson Tipo III, General de Valores Extremos y Gumbel.

De sus resultados la GASIR sugirió a CFE emplear una avenida correspondiente a un período de retorno de 50 años, de forma triangular y de $15,915 \text{ m}^3/\text{s}$ como gasto de diseño para el vertedor, estimado con la Distribución General de Valores Extremos.

Debido principalmente a la proximidad con el P. H. El Cajón y mas aún por el hecho de que el análisis estadístico realizado por la GASIR se fundamentó en los registros de las estaciones, en la confluencia de ambos ríos, se decidió emplear este mismo valor para el P. H. La Yesca, así como la forma del hidrograma. En la figura 2.7 se muestra la forma del hidrograma propuesto por la GASIR.

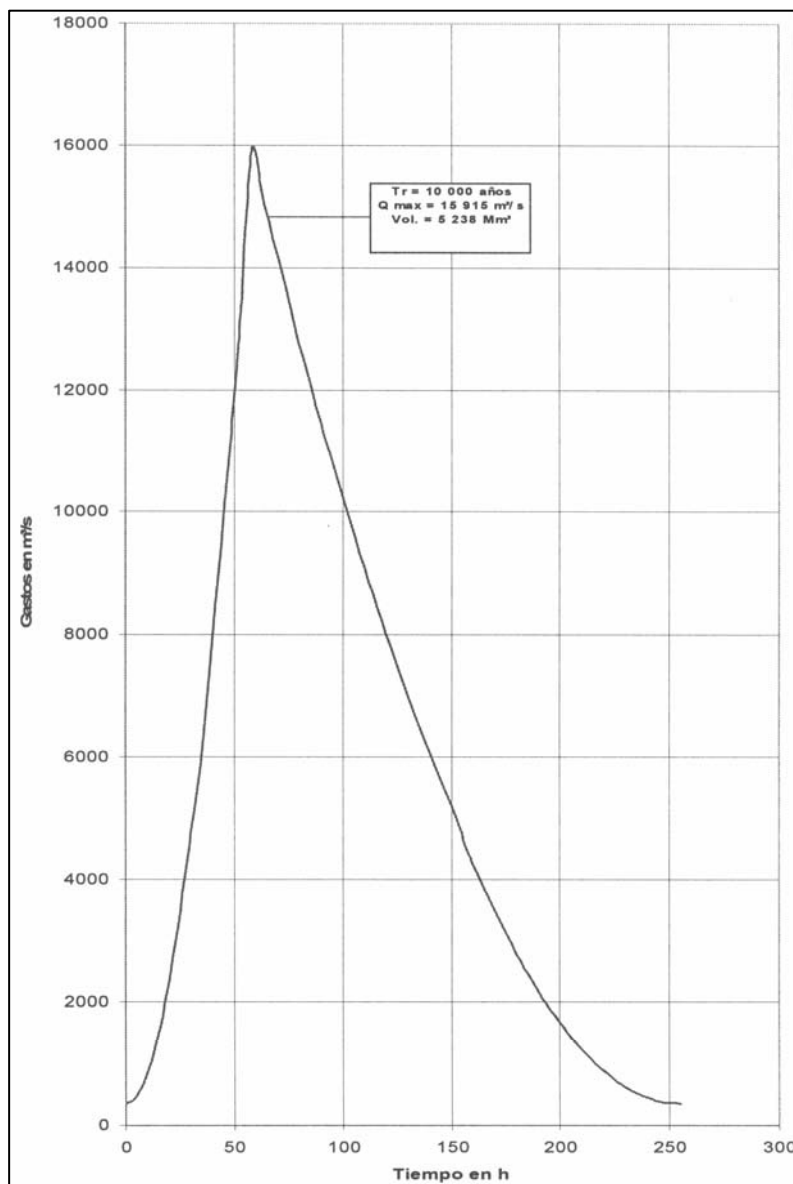


Figura 2.7: Hidrograma del vertedor propuesto por GASIR

2.3.4. Evaporaciones netas

Se tomaron datos de precipitaciones y evaporaciones de la estación climatológica Paso de Analco, localizada a 22km aguas arriba del eje del proyecto, en el período 1962 a 1989. De la matriz de evaporación y precipitación se obtuvo un promedio de cada mes (primero y segundo renglón de la tabla 2.7 abajo mostrada). Aplicando un factor de 0.70 a la evaporación media mensual y restándole la precipitación media se obtuvo finalmente la evaporación media neta mensual, los resultados se muestran en la siguiente tabla 2.7:

Tabla 2.7

CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Precipitación media mensual	12,80	8,90	4,30	3,90	13,60	150,80	251,20	207,90	149,40	50,90	13,60	16,50	883,80
Evaporación media mensual	117,70	162,20	261,90	307,60	338,70	260,1	268,40	158,90	142,60	142,50	117,70	96,20	2274,60
0.7 de la evaporación media neta mensual	82,39	113,61	183,33	215,32	237,09	182,07	117,88	111,23	99,82	99,75	82,390	67,34	1592,22
Evaporación media neta mensual	69,60	104,70	179,00	211,40	223,50	31,30	-133,30	-96,70	-49,60	48,90	68,80	50,80	708,42

Es conveniente mencionar que como no se sabe con precisión desde qué año los registros de evaporaciones ya son reducidos en un 30% por evaporímetro, en los cálculos que se presentan se afectó directamente por el factor de 0.70.

2.3.5 Azolves

Para determinar el volumen de sedimentos que serán retenidos por la presa a lo largo de toda su vida útil, se utilizaron los registros de azolve en suspensión de las estaciones hidrométricas La Yesca y El Caimán, el porcentaje de la E.H. El Caimán es de más de 8 veces el de la E.H. La Yesca, esto en parte se debe a que la cuenca del río Bolaños no cuenta con infraestructura hidráulica importante, situación contraria al río Santiago, ya que aguas arriba de La Yesca se cuenta con presas como Santa Rosa que actualmente retiene gran cantidad de azolves.

Como criterio de diseño se decidió emplear los volúmenes medios anuales de las estaciones antes referidas, las cuales son, para La Yesca 2,995.21Mm³ y para El Caimán 862.55Mm³ (volúmenes históricos), sin considerar la cuenca propia entre la estaciones y el eje del proyecto, esto

debido a su poca magnitud (62km^2) en comparación con la totalidad de la cuenca drenada ($51,990\text{km}^2$)

El volumen total de sedimentos se formó con el volumen de azolves en suspensión más el volumen por arrastre de fondo, descontando los correspondientes acarrees que no pasan por la presa Santa Rosa. Tal volumen resultó de 4.69Mm^3 por año.

2.4. Estudio hidroenergético.

2.4.1. Funcionamientos de vaso

a) Funcionamiento de vaso 'Aislado'

Para determinar la cantidad y calidad de la energía que el P.H. La Yesca puede proporcionar, así como sus niveles óptimos de operación (NAMO y NAMINO), fue necesario realizar funcionamientos de vaso. Como condición inicial de diseño, se propuso que La Yesca produjera cuando menos una cantidad de energía similar a la que produce el P. H. El Cajón, con una potencia instalable igual a la de éste 750 MW . Con cálculos preliminares se determinó que el NAMO que cumplía con tales condiciones era el nivel 575 msnm .

También como condición de diseño se consideró una simulación del embalse en forma aislada, condición crítica para generación y para evaluación inicial del proyecto, ya que si existe un embalse aguas arriba, éste regula los escurrimientos y ayuda a eficientar la generación de la planta aguas abajo. Otras condiciones de diseño fueron fijar un déficit de energía del 5% , generar a demanda mensual constante y aplicar un 0.25 como factor de planta inicial.

Para realizar los funcionamientos se emplearon las áreas y capacidades de la Tabla 2.1, inciso 2.1, la matriz de escurrimientos de la Tabla 2.4, inciso 2.3.2 y las evaporaciones netas mensuales de la Tabla 2.7, inciso 2.3.4.

Con el dato del NAMO conocido, se utilizó el programa FUNVAS para realizar funcionamientos múltiples para un rango de NAMINO's dado, calculando los que cumplen con el déficit de energía del 5% y el factor de planta de 0.25 . El NAMINO seleccionado fue aquel con

generación firme máxima. Esto ocurrió para el nivel 518 msnm, demanda mensual de 73,44 GWh y generación firme de 837,16 GWh, los resultados de este primer paso se muestran en la tabla 2.8, a continuación.

Tabla 2.8
Obtención del NAMINO
Resultados del FUNVAS

NAMO		575 msnm		Eficiencia global de la planta = 91%								
NAMINO	Hd msnm	Nivel de diseño msnm	Demanda mensual GWh	Potencia Instalada MW	Generación			Evaporación Neta Mm ³	Derrame medio Mm ³	Potencia media MW	Déficit %	Factor de planta
					Firme GWh	Secundaria GWh	Total GWh					
508	166.6	554.6	73.2	501.2	834.4	264.2	1,098.6	17.8	245.2	125.3	5.0	0.25
509	166.6	554.6	73.3	501.2	835.3	264.1	1,099.4	17.8	245.4	125.4	5.0	0.25
510	166.5	554.5	73.4	501.2	836.3	263.8	1,100.1	17.9	245.2	125.5	5.0	0.25
511	166.5	554.5	73.4	501.2	836.4	264.5	1,100.9	17.9	245.6	125.6	5.0	0.25
512	166.5	554.5	73.4	501.2	836.4	265.2	1,101.6	17.9	245.9	125.7	5.0	0.25
513	166.5	554.5	73.4	501.2	836.5	265.9	1,102.4	18.0	246.3	125.8	5.0	0.25
514	166.5	554.5	73.4	505.1	836.8	267.8	1,104.6	18.0	243.3	126.0	5.0	0.25
515	166.5	554.5	73.4	505.1	836.8	268.7	1,105.5	18.0	243.3	126.1	5.0	0.25
516	166.5	554.5	73.4	505.1	836.9	269.6	1,106.5	18.1	243.3	126.2	5.0	0.25
517	166.4	554.4	73.4	505.1	837.1	270.2	1,107.3	18.1	243.0	126.3	5.0	0.25
518	166.4	554.4	73.4	505.1	837.2	271.1	1,108.3	18.1	243.0	126.4	5.0	0.25
519	166.4	554.4	73.4	505.1	837.2	272.1	1,109.3	18.2	243.0	126.5	5.0	0.25
520	166.4	554.4	73.4	505.1	837.2	273.0	1,110.2	18.2	243.0	126.6	5.0	0.25
521	166.5	554.5	73.4	505.1	836.9	274.2	1,111.1	18.2	243.3	126.7	5.0	0.25
522	166.5	554.5	73.4	509.1	836.8	276.4	1,113.2	18.3	240.4	127.0	5.0	0.25
523	166.5	554.5	73.4	509.1	836.8	277.4	1,114.2	18.3	240.4	127.1	5.0	0.25
524	166.5	554.5	73.4	509.1	836.7	278.3	1,115.0	18.4	240.4	127.2	5.0	0.25
525	166.5	554.5	73.4	509.1	836.4	279.5	1,115.9	18.4	240.7	127.3	5.0	0.25
526	166.5	554.5	73.4	509.1	836.3	280.5	1,116.8	18.4	240.7	127.4	5.0	0.25
527	166.5	554.5	73.3	509.1	836.0	281.8	1,117.8	18.5	240.9	127.5	5.0	0.25
528	166.5	554.5	73.3	509.1	836.0	282.8	1,118.8	18.5	240.9	127.6	5.0	0.25

Política de operación: Demanda mensual constante, déficit del 5% y factor de planta inicial de 0.25

Los resultados finales se obtuvieron con el programa FUNVASO, con los datos de NAMO, NAMINO, demanda mensual y potencia instalable de 750 MW.

Como la energía firme que nos proporciona este programa de funcionamiento de vaso tiene un déficit del 5% de la demanda (837 GWh), fuera del programa se calculó dicha energía sin este déficit con la demanda mensual anualizada (881 GWh). La generación total del proyecto y para fines de evaluaciones económicas se obtuvo con la suma de esta última y la generación secundaria.

A continuación se presenta la tabla 2.9 con los resultados finales de generación.

Tabla 2.9

Entradas		
NAMO	575.0	msnm
NAMINO	518.0	msnm
Potencia instalable	750.0	MW
Demanda mensual constante	73.4	GWh
Resultados		
Nivel de diseño	559.6	msnm
Nivel de desfogue	388.0	msnm
Capacidad al NAMO	2,293.0	Mm ³
Capacidad al NAMINO	901.0	Mm ³
Volumen útil	1,392	Mm ³
Carga de diseño	171.6	m
Carga mínima	130.0	m
Carga máxima	187.0	m
Generación firme (con déficit de 5%)	837.0	GWh
Generación firme (sin déficit)	881.0	GWh
Generación secundaria	333.0	GWh
Generación total (sin déficit)	1,214.0	GWh
Volumen medio anual escurrido	2,838.0	Mm ³
Volumen medio anual turbinado	2,729.0	Mm ³
Volumen medio anual derramado	110.0	Mm ³
Volumen medio anual evaporado	18.0	Mm ³
Factor de planta medio	17.8	%

b) Funcionamiento de vaso ‘en Cascada’

Una condición que se presentará con la formación del vaso de La Yesca es el efecto regulador de los escurrimientos hacia la hidroeléctrica de aguas abajo de El Cajón y de éste hacia Aguamilpa. Este efecto conocido como generación en cascada en vasos ya construidos logra algunas ganancias de energía con respecto al trabajo como hidroeléctrica aislada.

Para obtener la ganancia de generación en el P. H. El Cajón, se efectuó la simulación del funcionamiento de vasos de éste con los volúmenes turbinados de La Yesca más sus entradas al vaso.

Para obtener la ganancia de generación en la C.H. Aguamilpa, se hizo primero un funcionamiento en cascada El Cajón-Aguamilpa, como si La Yesca no existiera, posteriormente se

hizo un segundo funcionamiento de La Yesca - El Cajón - Aguamilpa. La ganancia de generación fue la diferencia entre los dos funcionamientos

Es conveniente mencionar que principalmente las ganancias de energía que se tomaron en cuenta son de la energía firme ya que en la práctica es difícil saber cuanta de la energía firme se transformó en secundaria, por lo que a la generación total sólo se le adicionó la energía secundaria que produce La Yesca como proyecto aislado. Bajo estas condiciones se tiene que El Cajón contribuye con 127GWh de energía firme mientras que Aguamilpa lo hace con 25GWh, 152GWh en total que adicionados a los 881GWh iniciales suman 1,033GWh de energía firme, más 333GWh de generación secundaria tenemos un total de 1,366GWh de generación debido a la C.H. La Yesca, ver Tabla 2.10 que se muestra a continuación.

Tabla 2.10

Concepto	Unidad	La Yesca aislado (1949 - 1999)	El Cajón ganancia en cascada (1949-1999)	Aguamilpa ganancia en cascada (1952-1991)	La Yesca ganancias en cascada
NAMO	msnm	575.00	391.00	220.00	
NAMINO	msnm	518.00	346.00	190.00	
Volumen útil	Mm ³	1,392.00	1,316.00	2,575.00	
Demanda mensual		73.44	70.60	119.30	
Potencia	MW	750.00	750.00	960.00	
Factor de planta	%	17.80	17.00	22.00	
Nivel de diseño	msnm	559.60	378.10	210.40	
Nivel de desfogue	msnm	388.00	222.10	68.00	
Carga de diseño	m	171.60	156.00	142.40	
Volumen escurrido	Mm ³	2,838.00	2,985.00	5,283.00	
Generación firme	GWh	881.00	127.00	25.00	1,033.00
Generación secundaria	GWh	333.00	-----	-----	333.00
Generación Total	GWh	1,214.00	127.00	25.00	1,366.00

2.4.2. Tránsito de avenidas

Para controlar la avenida de entrada al vaso de 5,238Mm³ y pico de 15,915m³/s, definida en anteriormente (inciso 2.3.3), y conocer la magnitud del volumen de regulación, se procedió a realizar diversos tránsitos de avenidas por la estructura de control del vertedor, hasta encontrar la solución más satisfactoria.

Con el NAMO conocido y un coeficiente medio de descarga de 2; se hizo variar la longitud efectiva de la cresta y la elevación de la misma transitando la avenida por la estructura de control, hasta cumplir las restricciones de gasto unitario que pasa por la cresta vertedora ($\leq 200 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$) y la relación de aspecto de las compuertas ($1.4 \leq \text{carga}/\text{ancho} \leq 1.6$).

Los tránsitos se hicieron con la política de extracción de mantener el vaso el mayor tiempo posible en el NAMO, descargar el gasto que llega; y cuando este nivel sea rebasado, operar con descarga libre, tratando además de conservar el NAMO hasta el final de la avenida. Los resultados finales que cumplieron lo anterior son los que se presentan en la tabla 2.11 siguiente:

Tabla 2.11

ENTRADAS		
NAMO	575	msnm
Elevación de la cresta	557	msnm
Longitud de la cresta	75	m
Gasto máximo de entrada	15,915	m^3/s
Coeficiente de descarga	2	

RESULTADOS

Gasto máximo de salida	14,264	m^3/s
Gasto máximo unitario	190	$\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$
NAME	578	msnm
Carga máxima	21	m
Número de compuertas	6	
Ancho de la compuerta (b)	12.50	m
Alto de la compuerta (h)	19.42	m
Relación h/b	1.55	
Capacidad al NAME	2,387.4	Mm^3
Área del embalse	3,343	ha

El hidrograma resultante se muestra en la figura 2.8.

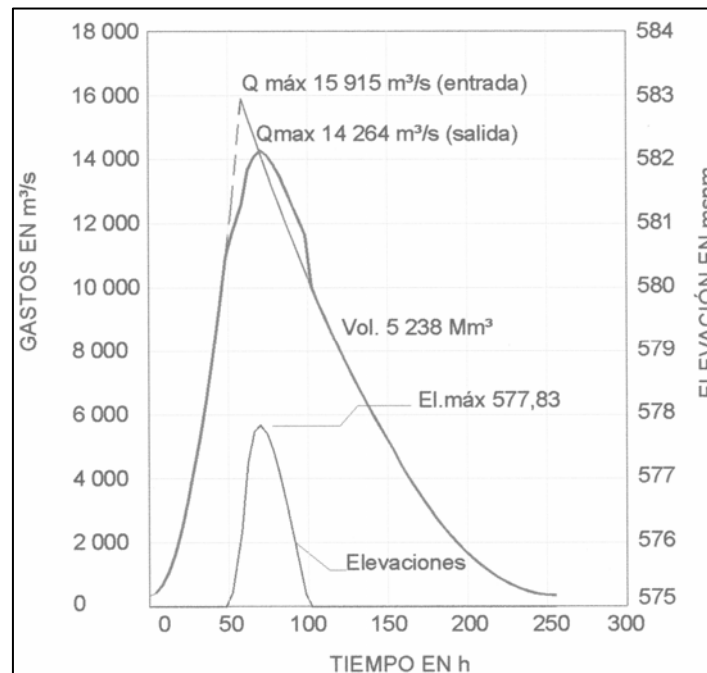


Figura 2.8: Tránsito por el vertedor

2.4.3. Bordo libre

Por tratarse de una presa de gran profundidad se aplicaron los criterios del Beach Erosion Board (BEB) para aguas profundas, es decir se comprobó que la profundidad media del embalse D es mayor que la mitad de la longitud de la ola significativa L_s ($D > L_s/2$).

El cálculo del fetch efectivo (F) se inició con el trazo de radiales a cada 6° desde el eje de la cortina hasta el contorno del embalse al NAME según se observa en la figura 2.9.

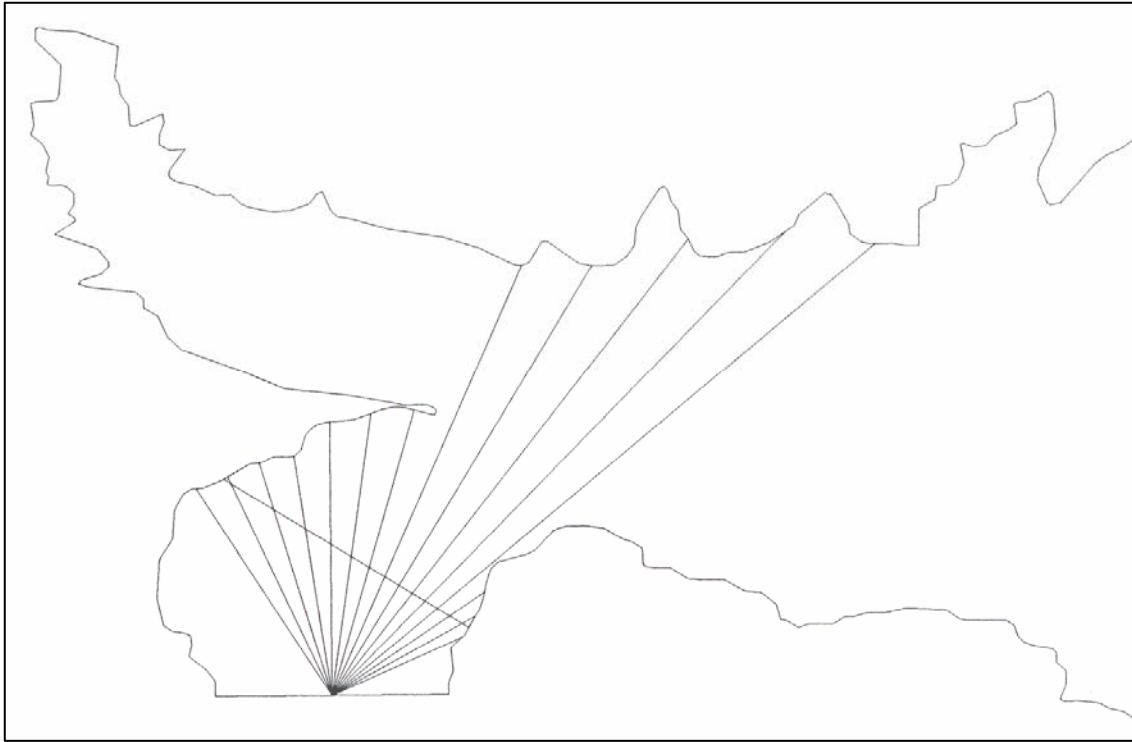


Figura 2.9: Cálculo del Fetch

Ordenando las longitudes X y ángulos A en la siguiente tabla de cálculo 2.12 se obtuvo el Fetch efectivo utilizando la siguiente fórmula: $F = (\sum X \cos A) / (\sum \cos A)$

Tabla 2.12
Cálculo del Fetch efectivo

Radial	A	cos A	X (km)	X cos A
1	42°	0.7431	0.7360	0.5470
2	36°	0.8090	0.7400	0.5987
3	30°	0.8660	0.7610	0.6590
4	24°	0.9135	0.7650	0.6989
5	18°	0.9511	0.8640	0.8217
6	12°	0.9781	0.8910	0.8715
7	6°	0.9945	0.9100	0.9050
8	0°	1.0000	1.4000	1.4000
9	6°	0.9945	1.4480	1.4401
10	12°	0.9781	1.6110	1.5758
11	18°	0.9511	1.7350	1.6501
12	24°	0.9135	1.8250	1.6672
13	30°	0.8660	0.4620	0.4001
14	36°	0.8090	0.3970	0.3212
15	42°	0.7431	0.3360	0.2497
Σ		13.5109		13.8059

$$F = \frac{\sum X \cos A}{\sum \cos A} = \frac{13.8059}{13.5109} = 1.02 \quad \text{km}$$

Con el valor del Fetch efectivo y la suposición de distintas magnitudes de viento sobre el agua, se aplicó el criterio del BEB para deducir las características de la ola significativa (Hs) y con ésta obtener la altura (H) de otras olas, con diferente probabilidad de ocurrencia. Los resultados se muestran en la tabla 2.13 a continuación.

Tabla 2.13

ALTURA DEL BORDO LIBRE				
PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DE LA OLA	VELOCIDAD DE VIENTO EN EL AGUA (km/h)			
	75	100	125	150
%	ALTURA DE LA OLA H (m)			
13 (Hs)	1,21	1,64	2,08	2,52
10	1,29	1,75	2,22	2,70
5	1,51	2,05	2,60	3,15
1	1,93	2,62	3,32	4,03

Al observar los resultados del bordo libre y despreciando la ocurrencia simultánea de un sismo con la avenida de diseño por su poca probabilidad de ocurrencia; se concluyó que el bordo libre para la cortina del P.H. La Yesca, debe diseñarse con la altura de la ola que sólo es excedida de 1 a 5% de las veces, en lugar de usar la altura de la ola significativa (Rs), la cual es excedida el 13%.

Por lo anterior, así como por la altura de la cortina de 210m y el tipo de materiales propuestos para su construcción; se sugiere dejar un bordo libre de 2.05m arriba del NAME, valor considerado suficiente para controlar oleajes producidos por velocidades de viento en el agua alrededor de los 100km/h en el agua.

3. REVISIÓN DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL ELABORADA POR CFE Y EMISIÓN DE NUEVAS ALTERNATIVAS DE OPTIMIZACIÓN, EN SU CASO.

Se ha analizado con detenimiento el arreglo conceptual proporcionado por CFE encontrando en él algunas posibilidades de optimización, para ello se efectuaron varias propuestas de cambios a los arreglos conceptuales de las diferentes obras que componen éste proyecto, se realizó una revisión de las alternativas emitidas y se eligió el arreglo general que se consideró como óptimo para su análisis en cuanto a Constructibilidad.

3.1. Cortina y Desfogue de la Obra de generación.

Con el análisis efectuado de la ingeniería conceptual proporcionada por CFE se ha detectado, en base a los planos geológicos del Proyecto, que el Portal del Túnel de desfogue y el de Túnel de acceso a Casa de máquinas y Galería de oscilación (Túnel de acceso a CM y GO) se encuentran ubicados en una zona inestable producto de un desprendimiento con material Qdt (Desprendimiento de talud) y Qal (Depósito de aluvión) que son de mala calidad por lo que no garantiza la estabilidad de los taludes del portal. Debido a esto se estudió la posibilidad de reubicar el 'Desfogue' y el 'Túnel de acceso a CM y GO'; como se puede apreciar en la figura 3.1 los materiales Qdt y Qal se extienden aguas abajo de la cortina, lo que implicaría aumentar demasiado la longitud de los túneles, por tal motivo se consideró reubicar los portales corriendo el eje de la cortina hacia aguas arriba a fin de contar con espacio suficiente para desplantar los portales en cuestión en material Qdd (Dique dolerítico) que es de calidad aceptable para la excavación requerida. Más adelante se mostrará el análisis y la reubicación correspondiente de la Cortina.

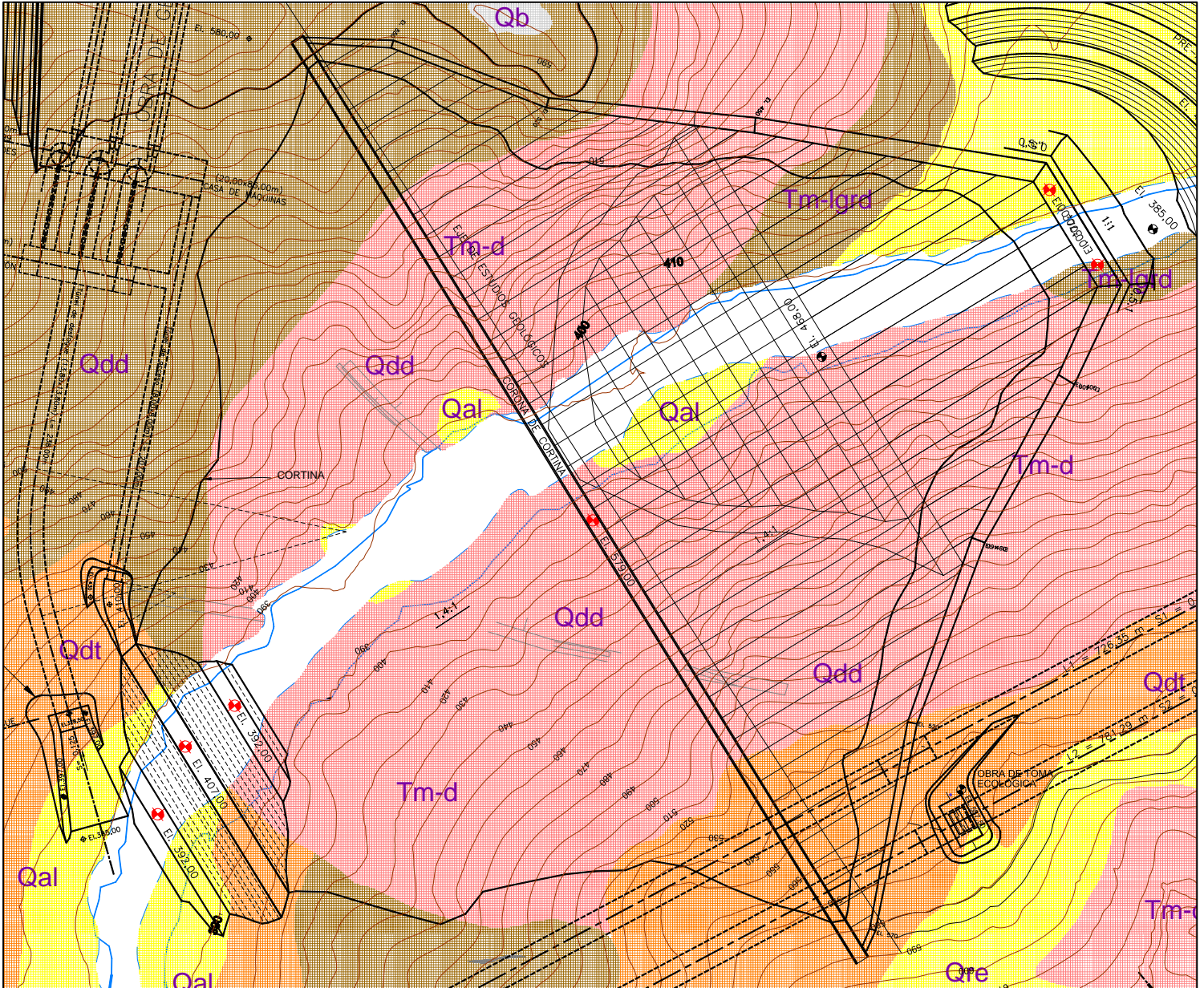


Figura 3.1: Planta de la Cortina y Portal del Desfogue propuestos por CFE

Ya que la Cortina no presenta ninguna dificultad constructiva en el arreglo planteado por CFE, se busca mantener en lo posible dicho arreglo y tener un volumen similar de material en Cortina que es de $11,807,819.0\text{m}^3$ en total; únicamente se modificará la elevación de la corona a la 580.0msnm debido a las recomendaciones de los Estudios Básicos realizados. La primera alternativa que se estudió fue correr el eje 83.0m hacia aguas arriba (Alternativa C-1), la siguiente opción fue recorrer el eje de la cortina 63.0m también hacia aguas arriba (Alternativa C-2). Se trazaron los ejes de la cortina para ambas alternativas, en seguida se dibujó la traza de las cortinas, como se muestra

en la figura 3.2, por último se calculó el volumen total a terreno natural para decidir cual es la alternativa más conveniente; el primer arreglo conceptual de la cortina (C-1) tiene un volumen de $12,055,717.0\text{m}^3$ total, también se puede apreciar que la traza de la cortina llega a la cañada que forma el arroyo El Carrizalillo con lo cual el procedimiento constructivo sería muy complicado; el segundo arreglo de la Cortina (C-2) tiene un volumen de $11,857,819.0\text{m}^3$, lo cual no representa una diferencia considerable respecto a la original, cabe señalar que esta alternativa se puede apreciar que representa menor dificultad debido a que no entra a la cañada de El Carrizalillo; por tanto, la opción que se recomienda como óptima es la C-2.

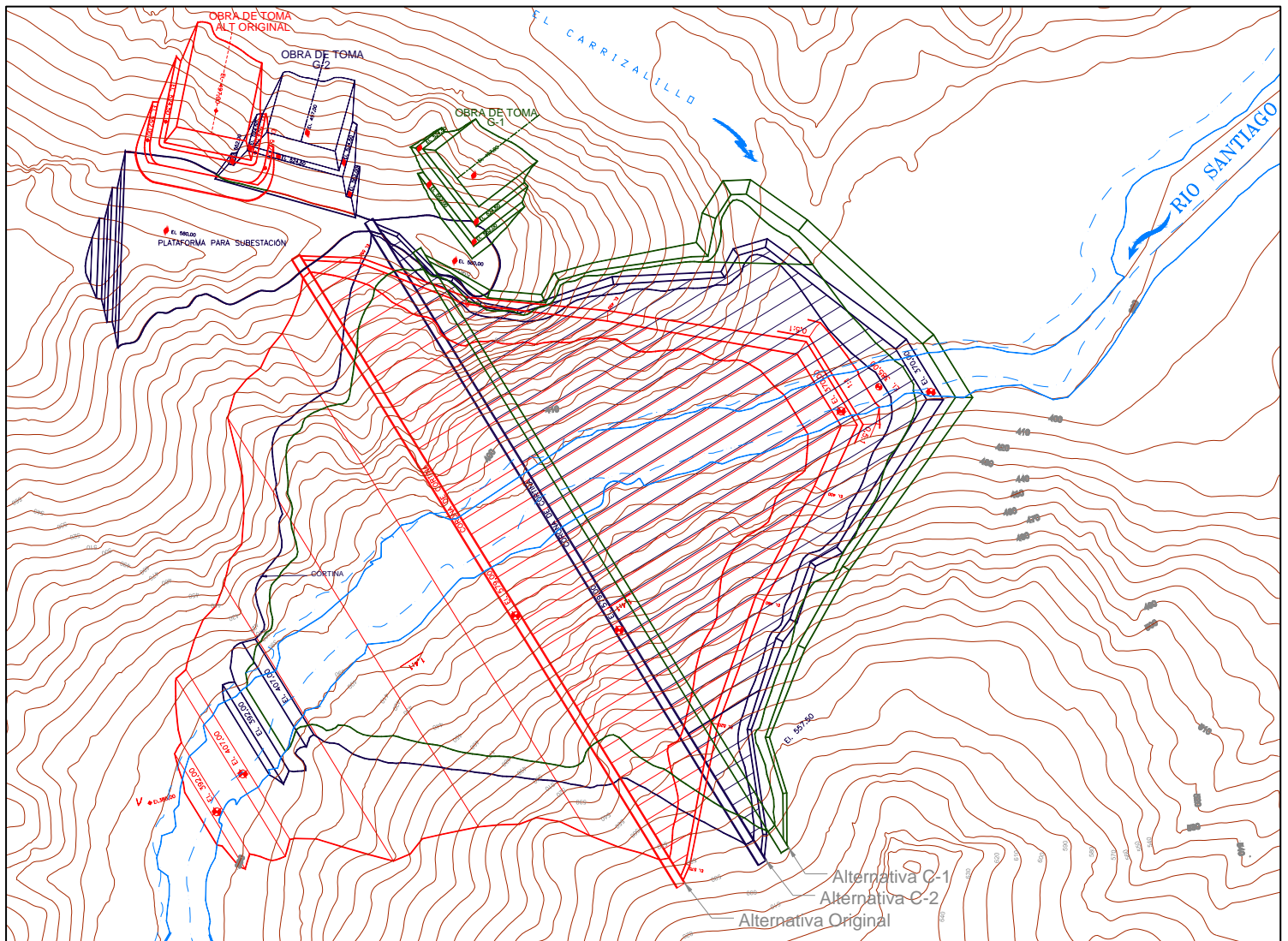


Figura 3.2: Arreglo de las diferentes alternativas de Cortina

Cabe señalar que el personal técnico de CFE considera que al efectuar el descapote en la zona del Plinto, la roca de calidad adecuada para desplantarlo se podría encontrar a una profundidad mayor a la estimada, por lo cual, proponen mantener el eje como se tiene en la Alternativa CFE.

Una vez reubicada la Cortina se trazó una alternativa de Portales de los túneles de Desfogue y Acceso a CM y GO (TD-1) la cual se muestra en la figura 3.3, en color verde. Después de haberlos trazado se observó que el Portal de salida del Desfogue aún seguía ocupando una parte del material Qdt y Qal depositado, por esta razón se decidió analizar otra alternativa de portales (TD-2). Para ésta alternativa, se consideró que el portal será común a los dos túneles, en este arreglo el portal queda ubicado en la zona donde el material es de mejor calidad como se puede apreciar en la figura 3.4, en color azul, que es lo que se buscaba desde el inicio del análisis. Por lo tanto, se concluyó que la mejor opción de Portal es la TD-2.

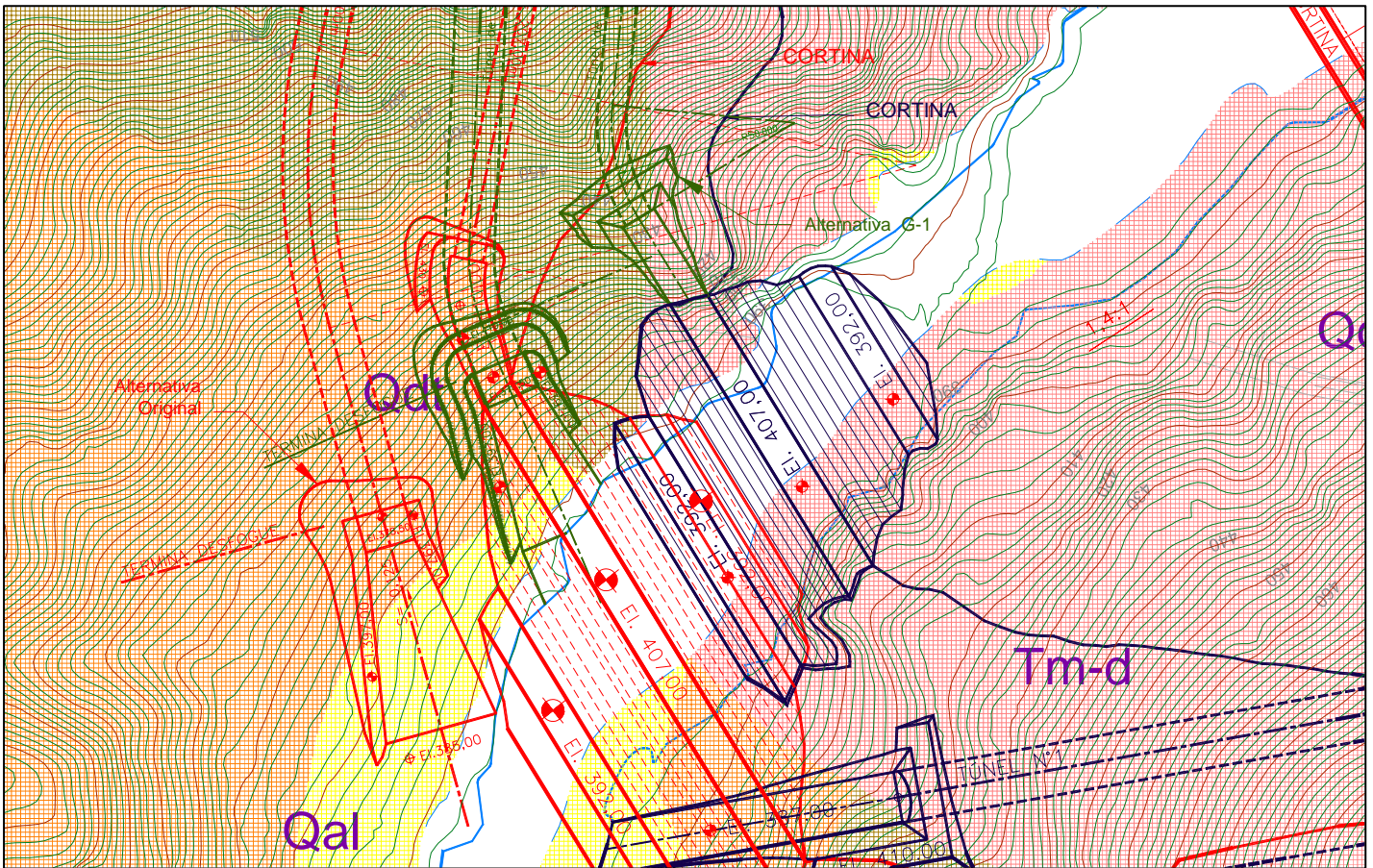


Figura 3.3: Arreglo de los Portales del Desfogue y de Acceso a CM y GO (Alternativa TD-1)

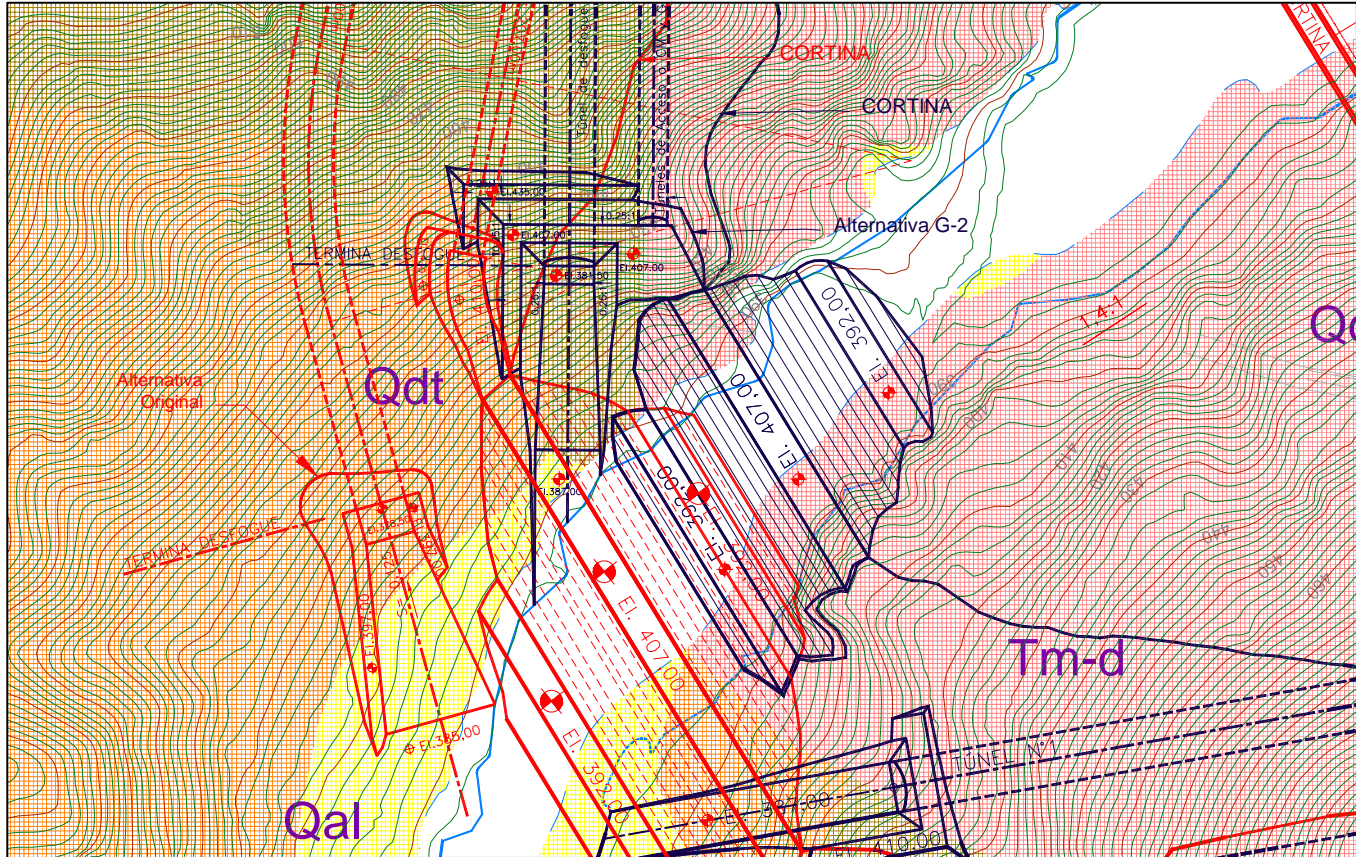


Figura 3.4: Arreglo de los Portales del Desfogue y de Acceso a CM y GO (Alternativa TD-2)

3.2. Obra de desvío

Con la reubicación de la Cortina fue necesario reubicar las estructuras de la Obra de desvío. El eje de la Pre-atagüa aguas arriba se desplazó la misma longitud que el de la Cortina (63m) y consecuentemente la longitud de los Túneles de Desvío se modifica, el arreglo se trató de conservar pero se puede apreciar un aumento en la magnitud de la Atagüa aguas arriba, los Túneles se conservan prácticamente iguales (ver fig. 3.5)

3.3. Obra de toma y Plataforma para la Subestación.

Respecto a la Obra de Toma en el arreglo proporcionado por CFE se observó que reduce la superficie aprovechable de la Plataforma para la Subestación, teniendo 17,676.0m², con su reubicación se pretende aumentar el área aprovechable de esta plataforma y disminuir el volumen de

excavación en Obra de Toma que es de $268,431.0\text{m}^3$. Para tal efecto se realizaron dos alternativas, G-1 y G-2 respectivamente (ver figs. 3.6 y 3.7)

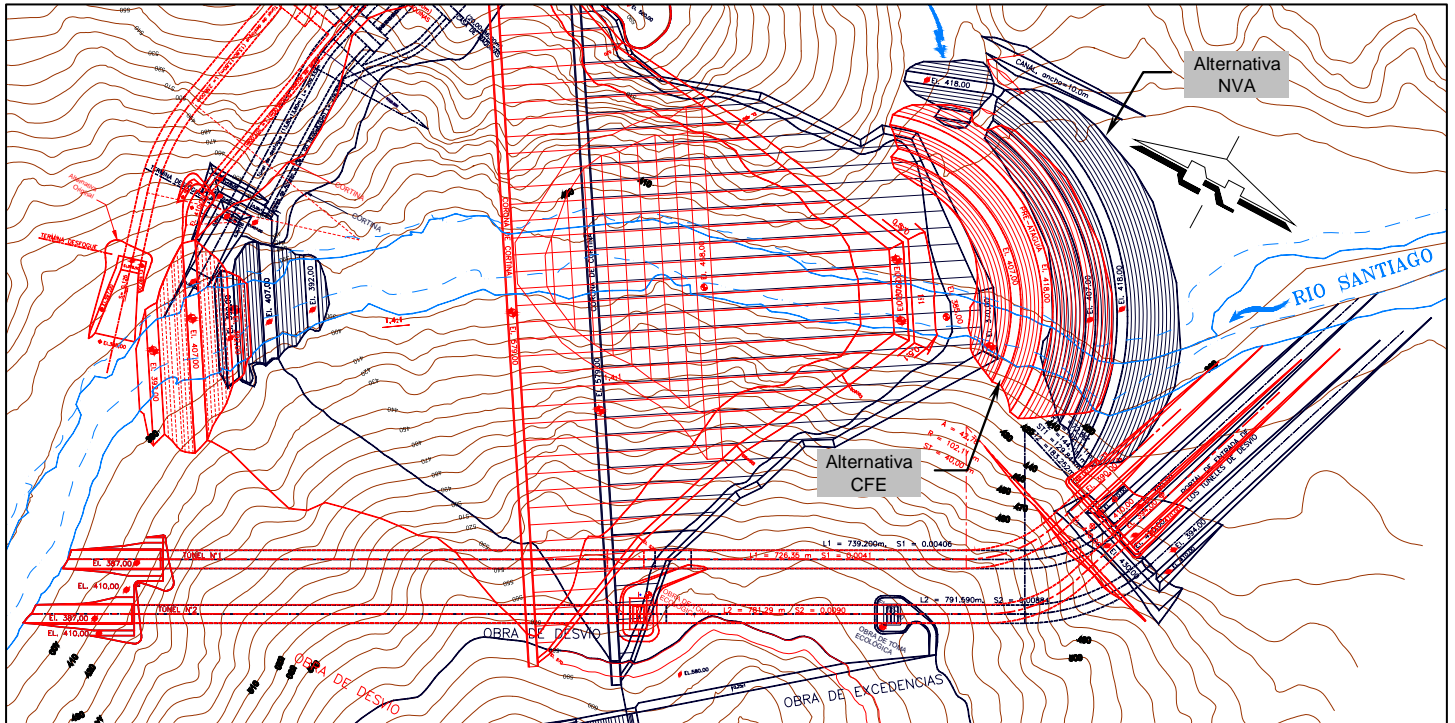


Figura 3.5: Arreglo de la Obra de Desvío

En la primera alternativa analizada (G-1), se reubicó el eje de la Obra de toma casi perpendicular al de la Cortina como se muestra en la figura 3.6; en ésta alternativa se calculó un volumen aproximado de $159,156.0\text{m}^3$ que se reduce en más de $100,000.0\text{m}^3$ respecto a la original. Se trazaron tentativamente las estructuras de la Obra de generación, respetando las dimensiones y longitudes del Arreglo Original proporcionado por CFE, de tal forma que la única modificación a las estructuras subterráneas de la Obra de generación radica en la longitud del Túnel de desfogue de 238.0m que se tenía originalmente a 243.0m . Para esta alternativa se consigue aumentar la superficie disponible para Subestación obteniendo $18,122.0\text{m}^2$ (450m^2 mayor) se puede observar que el macizo rocoso donde se empotra la Cortina se ve alterado por la excavación de la Obra de toma, por lo que podría debilitarse afectando a la cortina, por tanto, se decidió proponer otra alternativa (G-2).

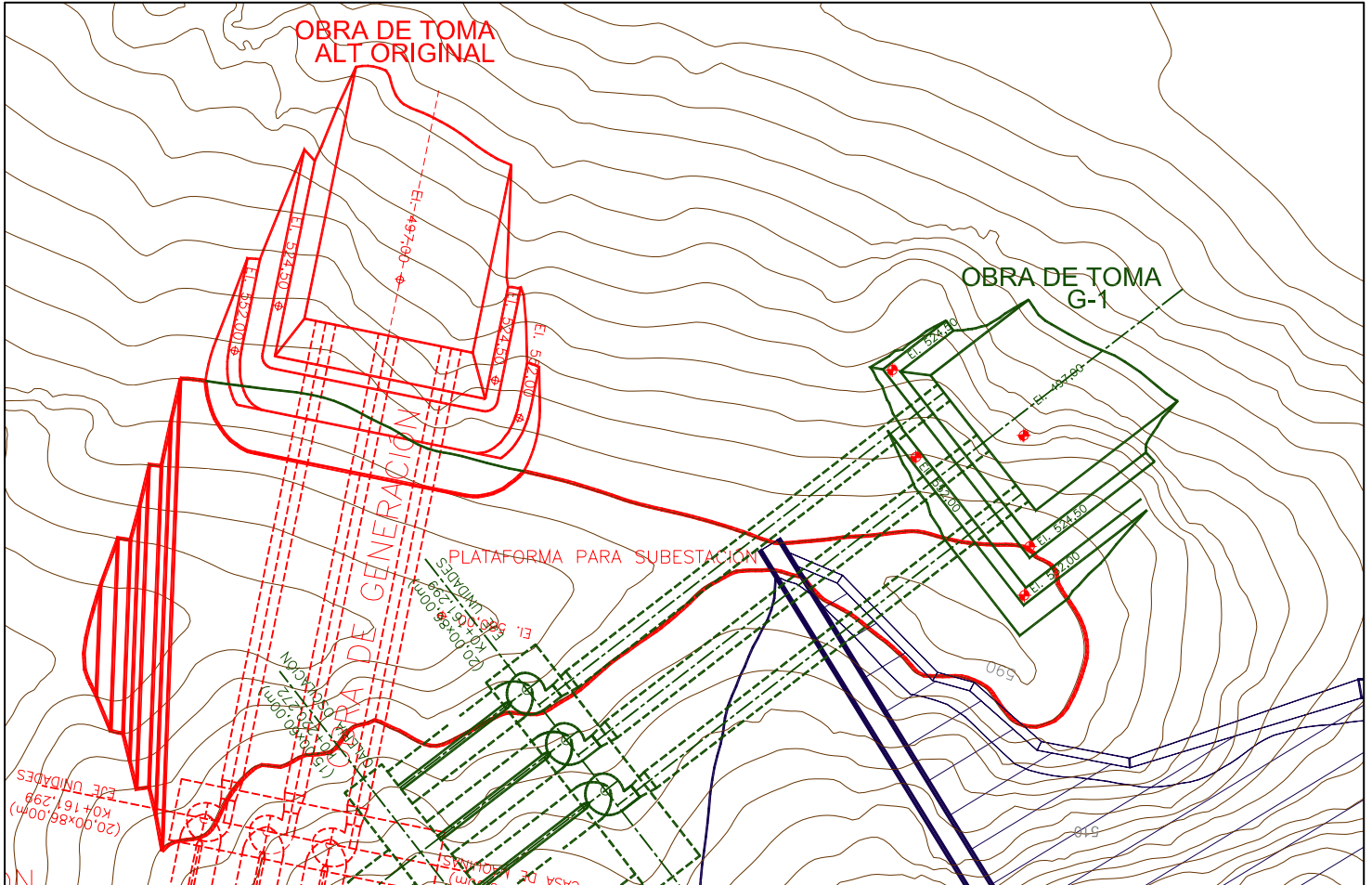


Figura 3.6: Arreglo de la Obra de Toma (Alternativa G-1)

La siguiente alternativa es la G-2, en ésta se ubicó el eje de la Obra de toma paralelo al diseño original proporcionado por CFE pero desplazado hacia el Este como se muestra en la figura 3.7. El volumen de excavación obtenido en esta alternativa es de $168,597.0\text{m}^3$ que es similar al volumen obtenido en la alternativa anterior y casi $100,000.0\text{m}^3$ menor al diseño original proporcionado por CFE ($268,431.0\text{m}^3$), además se aumenta la superficie de la Subestación a $19,082.0\text{m}^2$ ($1,405.0\text{m}^2$ mayor a la original). Para este arreglo, como en el caso anterior, se trazaron las estructuras de la Obra de generación, de tal forma que la única modificación radica en la longitud del Túnel de desfogó que es de 209.0m , resultando de menor longitud al considerado por CFE (238.0m).

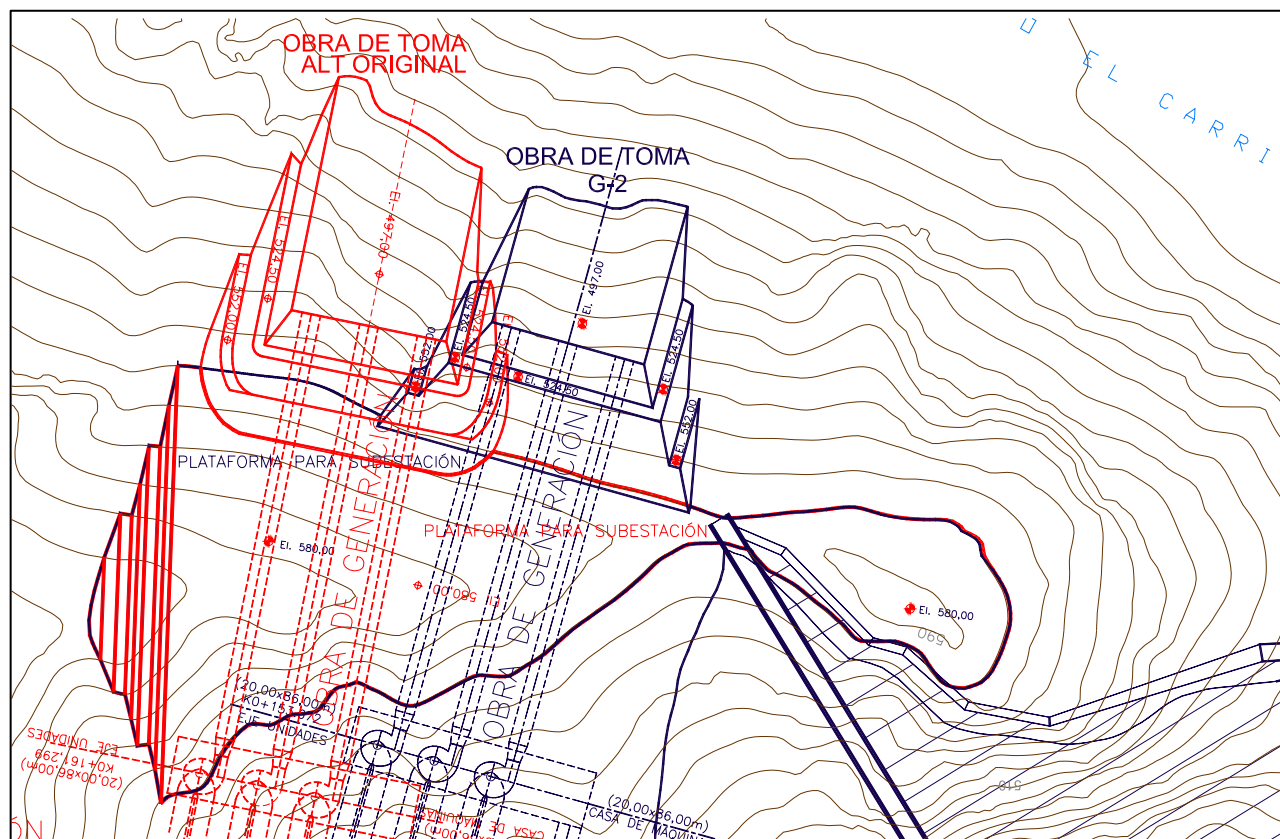


Figura 3.7: Arreglo de la Obra de Toma (Alternativa G-2)

3.4. Obra de excedencias

La Obra de Excedencias propuesta por CFE consta de tres túneles de sección 14.0x16.0m, la Estructura de control es común a los tres túneles, desplantada a la elevación 552.0msnm a cielo abierto; la cubeta deflectora se ubica en los portales de salida de cada uno de los túneles, que son independientes entre sí. Para su optimización se ha propuesto cambiar la Obra de Excedencias por un canal vertedor considerando que un porcentaje importante del producto de la excavación sería aprovechado en la construcción de la Cortina, reduciendo así las necesidades de explotación de bancos, además de la facilidad que implica este tipo de estructura respecto a los túneles propuestos originalmente (ver fig. 3.8). Para el trazo preliminar se propuso un canal de 95.0m de ancho, y en general con dimensiones similares a los vertedores de El Cajón y Aguamilpa (91.0 y 90.0m de ancho de canal respectivamente); se conservaron las características hidráulicas de los túneles, la cresta del cimacio se encuentra en la elevación 556.40msnm, el canal de llamada se encuentra a la elevación

552.00msnm. El eje del cimacio se trazó dándole continuidad al eje de la Cortina para unir las pantallas impermeables de Cortina y Obra de excedencias asegurando la estanqueidad de la boquilla.

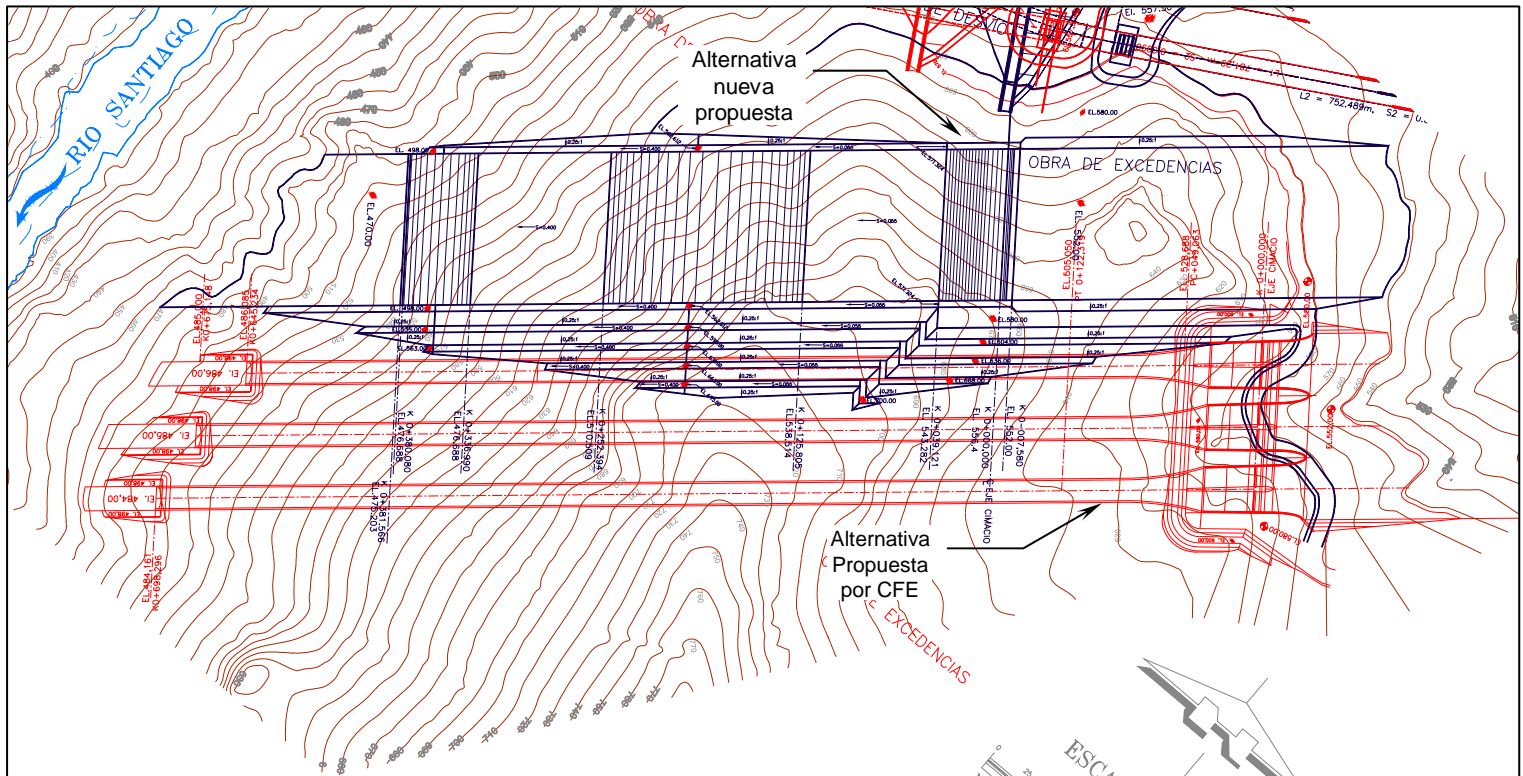


Figura 3.8: Obra de excedencias
Arreglos de ambas alternativas

Por último, en la figura 3.9 se muestra el perfil del canal con las pendientes propuestas para tener la descarga lo más cercano a la superficie del terreno natural y así disminuir la excavación en la zona aguas abajo del vertedor.

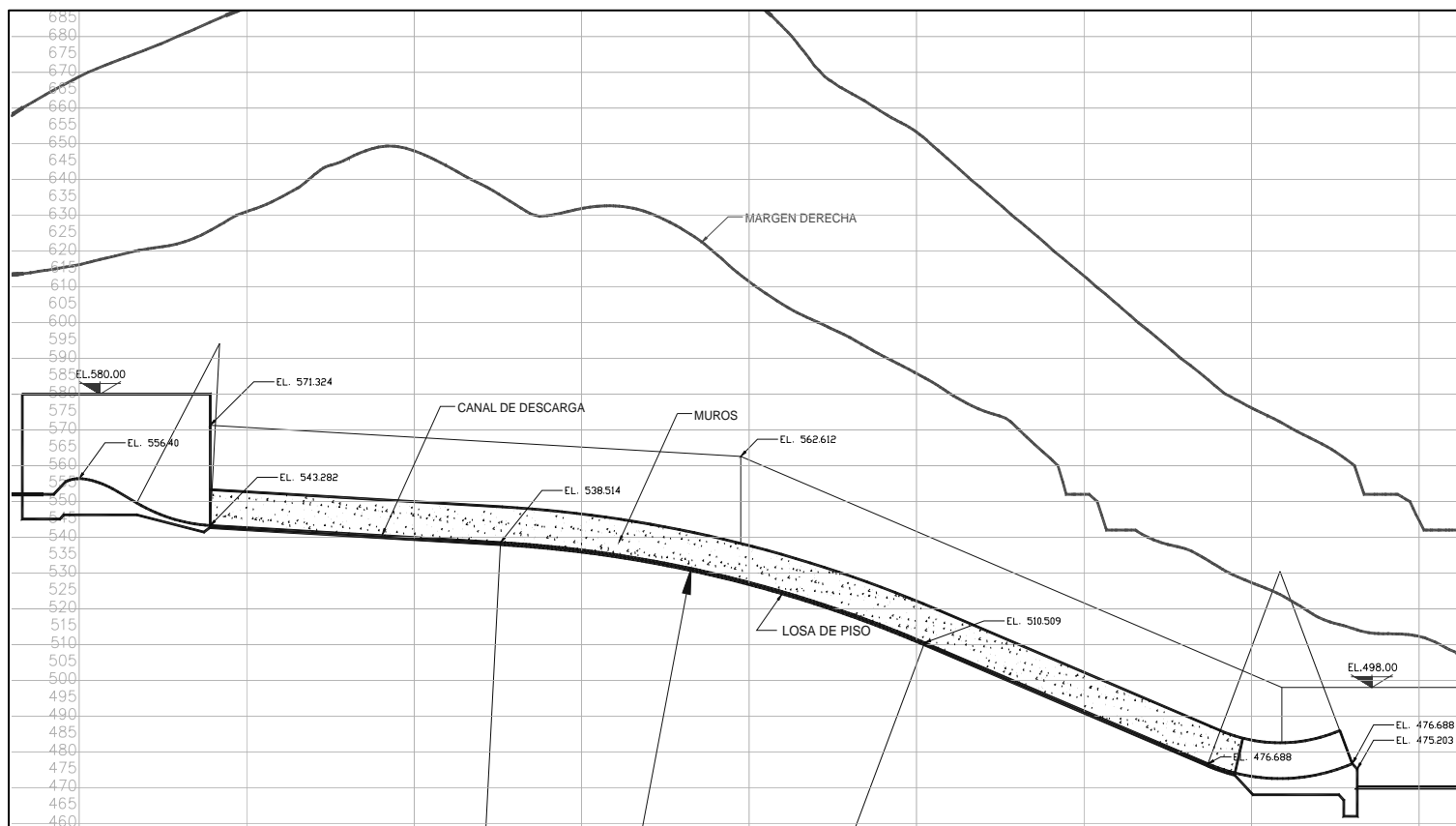


Figura 3.9: Obra de Excedencias (Alternativa propuesta)
Corte longitudinal por el eje del canal

3.5. Emisión de una propuesta de optimización.

Una vez identificadas las opciones de optimización del Proyecto se procederá a su respectiva evaluación y comparación con la alternativa original propuesta por CFE; las alternativas a analizar serán dos: La alternativa original propuesta por CFE que se ha descrito en la sección 1.5. y que en adelante llamaremos "Alternativa CFE" y el nuevo arreglo de una alternativa de optimización propuesta, que llamaremos "Alternativa Nueva", en el cual se evaluará la Cortina C-1 descrita anteriormente, el Túnel de desfogue TD-2, la Obra de toma y Plataforma para la Subestación G-2, la Obra de excedencias en canal y las modificaciones requeridas para que dichos arreglos cumplan con las necesidades del Proyecto. Estos arreglos se muestran de manera simplificada, superpuesto el arreglo de la Alternativa CFE con la Alternativa Nueva, en seguida en la figura 3.10 ya que en el **Anexo 1** se muestra de manera mas detallada el plano de los dos arreglos generales con la topografía y geología del lugar.

4. PLANEACIÓN DE LOS ARREGLOS CONCEPTUALES.

Una vez que se ha revisado a detalle la Alternativa propuesta por CFE y se ha emitido la Alternativa nueva propuesta se procedió a elaborar la Planeación estratégica de ambos arreglos. Se han propuesto algunos procedimientos constructivos que se utilizan actualmente para la ejecución de estructuras similares en el país, para este caso es posible hacer referencia al P. H. El Cajón, en construcción desde el año 2003, debido a las similitudes que guardan los proyectos: el tipo de Cortina (enrocamiento con cara de concreto), los Túneles de desvío, el tipo de Casa de máquinas, turbinas y Tubería a presión; aunado a la cercanía geográfica con el P. H. La Yesca y por tanto las características socio-económicas y ambientales del sitio.

4.1. Obra de Desvío

La Obra de desvío es la primera en ejecutarse, su función es, como su nombre lo indica, desviar el río para dejar en seco el sitio de construcción de la Cortina y el resto de las obras. Ésta se conforma básicamente por las Ataguías, aguas arriba y aguas abajo, y los túneles de desvío.

La primera actividad a ejecutar es la excavación de los portales de entrada y salida a los túneles en cuestión; posteriormente se excavarán los túneles, debido a su longitud deberán de excavarse en dos frentes de trabajo, uno por la entrada y otro por la salida; ya concluidos se coloca roca a fondo perdido sobre el cauce del río para realizar el desvío; posteriormente se deben construir las Ataguías durante la época de estiaje, esto es para no correr el riesgo de tener una avenida demasiado grande que pudiera sobrepasar el nivel de las Ataguías; también se inicia el bombeo del recinto.

La construcción de las ataguías se inicia con la excavación para la colocación de las pantallas impermeables a base de mortero de cemento para asegurar la estanqueidad del recinto; posteriormente se colocan los materiales avanzando por niveles, principalmente en la zona del núcleo de arcilla, ya que este material se debe colocar en capas horizontales y preferentemente en época de estiaje.

Debido a que la Ataguía aguas arriba está integrada a la Cortina, se tiene considerada una Pre-ataguía aguas arriba para desviar el río y ya desviado se inicia con la colocación de materiales en la Ataguía aguas arriba que ya se considera como colocación de materiales en Cortina.

4.2. Obra de Contención

La Obra de contención es propiamente la Cortina, en este proyecto no es necesaria la construcción de diques que en algunos otros casos se usan para cerrar el vaso; el objeto de la Cortina es retener agua formando un almacenamiento que en este caso se utilizará para la generación de electricidad principalmente. Existen varios tipos de Cortina que principalmente se dividen por su material en Concreto y Materiales de tierra y enrocamiento, normalmente las cortinas de concreto tiene alturas menores a los 100m y las de materiales de tierra y enrocamiento mayores a los 100m.

La Cortina del P. H. La Yesca es de enrocamiento con cara de concreto con una altura aproximada de 200m; la construcción de la Cortina se inicia una vez que se ha bombeado el agua del recinto y se tiene la zona seca; se inicia con la construcción del Plinto en cauce y laderas, mientras se avanza en el Plinto se puede colocar material de Cortina en donde ya se tiene concluido el Plinto, se debe colocar material en la zona aguas arriba primero para ir formando la Ataguía aguas arriba integrada a la Cortina.

Una vez que se llega a la elevación requerida de la Ataguía se coloca la Cara de concreto, mientras se coloca concreto en su talud aguas arriba, es posible seguir colocando material aguas abajo. Después se sigue colocando material y en cada época de estiaje se pueden colar las losas de concreto en el talud aguas arriba hasta llegar a la corona. La Cortina se concluye con la losa de piso para el camino sobre la corona y su parapeto.

4.3. Obra de Generación

Debido a que el principal objetivo de este proyecto será la generación de energía eléctrica, ésta obra es el motivo por el cual se deben construir el resto de las obras. Las estructuras que componen la Obra de generación, en su mayoría son subterráneas, por tal motivo se deben

planear túneles auxiliares para la construcción de las estructuras subterráneas, ya que éstas representan mayor dificultad para ser excavadas respecto a las estructuras superficiales, y por lo tanto, mayor tiempo de ejecución. Las estructuras superficiales son: La plataforma para alojar la Subestación eléctrica, la Obra de toma y el Portal del Desfogue. Las estructuras subterráneas son: Los tres conductos circulares que forman la Tubería a Presión, la Casa de máquinas, los tres Túneles de aspiración, la Galería de Oscilación, el Túnel de Desfogue, el Túnel de acceso a CM y GO y las lumbreras de Buses, Cables y Ventilación.

La Casa de máquinas recibe su nombre debido a que es el lugar donde se alojan las turbinas y los generadores, los cuales se encargan de convertir la energía cinética debida al choque del agua en los álabes o canchilones en energía eléctrica, la energía eléctrica es transmitida a través de conductos llamados Buses hasta la Subestación, donde se eleva el voltaje para ser enviada por las líneas de transmisión hasta las centrales encargadas de distribuir la energía para uso doméstico e industrial.

Con frecuencia este conjunto de estructuras, por su dificultad, representan la Ruta crítica del proyecto, los colados en Casa de máquinas y los montajes son actividades de detalle que se ejecutan de manera lenta, además de las excavaciones que ya se ha mencionado que representan gran dificultad.

Desde el inicio de la Obra de desvío se inicia paralelamente con los Portales para los túneles de acceso a CM y GO y el del Desfogue; una vez excavados los portales, se debe continuar con la excavación de los túneles tanto de acceso como de construcción debido a que serán el único medio de acceso al resto de las estructuras; se iniciará con la excavación del Túnel de acceso a CM y GO, del cual se derivarán túneles de construcción para llegar a diferentes niveles como la bóveda y el nivel de los fosos de la Casa de máquinas, el nivel de la bóveda de la Galería de Oscilación y la rama inferior de la Tubería a Presión; éstos túneles servirán tanto para realizar el precorte y las voladuras, como para retirar el material producto de la excavación y transportar los concretos que se utilizarán en las estructuras.

4.4. Obra de Excedencias

La Obra de excedencias tiene como función permitir la salida de los volúmenes de agua excedentes a los de aprovechamiento, lo cual implica que esta obra sólo se utilizará una vez que la capacidad del vaso se encuentre al límite máximo de almacenamiento, es decir, una vez que el nivel de agua llegue al NAMO (Nivel de Aguas Máximas de Operación). La descarga de esta obra será al cauce del mismo río aguas abajo de la zona de Desfogue de la Obra de generación. Para ambas alternativas se tendrá una Estructura de control con compuertas radiales para poder controlar el gasto que se descarga debido a alguna avenida.

Para la Alternativa CFE, la Obra de excedencias que se construirá son tres túneles, para ello se deberá construir primero los tres Portales de salida de los túneles; en la zona aguas arriba se excavará la plataforma del Canal de llamada. Posteriormente se excavarán los túneles que puede ser de forma simultánea o excavarlos consecutivamente para aprovechar el mismo frente de trabajo y optimizar recursos; también se puede considerar tener dos frentes en cada túnel con la debida restricción que implica el excavar un túnel con inclinación de 45° como los propuestos por CFE. Posteriormente se revestirán de concreto las paredes, piso y bóveda de dichos túneles; y por último se montarán las compuertas radiales de la Estructura de control.

En el Caso de la Alternativa nueva propuesta la cual consiste en un canal vertedor a cielo abierto, se deberá iniciar la excavación desde que se está construyendo la Obra de desvío para contar con material producto de esta excavación al inicio de la construcción de la Cortina, de esta manera no será necesario un banco de desperdicio muy grande y tampoco será necesario buscar bancos de roca con demasiado volumen para la construcción de la Cortina. Inmediatamente después de concluir las excavaciones se inicia con la construcción de la Estructura de control; el colado del piso y muros del canal y por último, el concreto en Cubeta deflectora.

5. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS.

Una vez realizada la planeación estratégica de las dos alternativas que se han venido estudiando en este trabajo, se procedió al análisis de los aspectos constructivos del proyecto considerando ambas alternativas, la propuesta de CFE ya existente y la nueva alternativa de optimización. Como primer paso se desarrolló el cálculo de las cantidades de obra más importantes en proyectos de esta magnitud, con éstos resultados se realizó el análisis constructivo de ambos arreglos para poder determinar rendimientos y tiempos de ejecución y llegar al Programa general de ejecución de obra; por último, para llegar al Presupuesto general correspondiente a cada alternativa, se tomaron costos paramétricos usados para la evaluación de proyectos con características similares.

5.1. Cálculo de los principales volúmenes de obra

*Debido a que no se cuenta con información suficiente para el cálculo de algunos volúmenes importantes, se hicieron algunas consideraciones basadas en proyectos hidroeléctricos similares, en los que se destacan principalmente las especificaciones de concretos en diversas estructuras como son Túneles y Obra de Generación. El catálogo de conceptos detallado por estructura se muestra en el **Anexo 3**.*

Para realizar el cálculo de los volúmenes se utilizaron los softwares: Excel de Microsoft, Autocad 2004 y Land Desktop 2004 de Autodesk, de acuerdo al tipo de estructura. A continuación se realiza una descripción general del procedimiento de cálculo según el tipo de estructura:

- *Excavaciones exteriores: Todas las excavaciones exteriores se calcularon con el software Land Desktop 2004, éste software tiene la característica de crear superficies de acuerdo a las curvas de nivel con que se cuentan, también se pueden crear plataformas a diferentes elevaciones, ya sea planas o con pendientes, éstas plataformas se comparan respecto a la superficie creada con las curvas de nivel (Terreno natural) y el software mediante cálculo con superficies en triángulos genera el volumen de excavación con una precisión mucho mayor a la utilizada al calcular áreas por secciones, ya sea en papel milimétrico o en Autocad.*

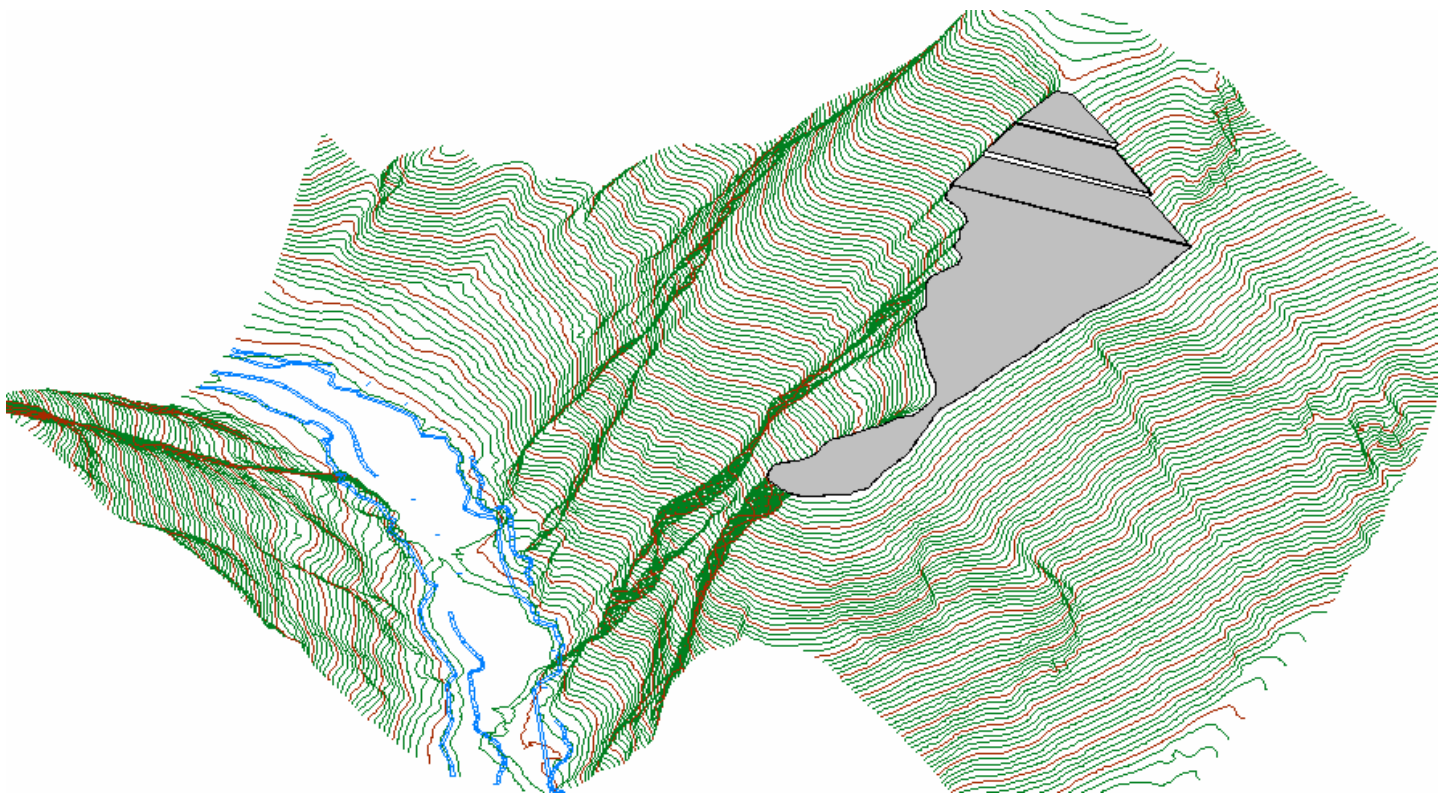


Figura 5.1
Isométrico de Plataforma para Subestación
Curvas de nivel del terreno natural con la superficie de Excavación

- *Excavaciones subterráneas: Éstas se han calculado mediante dos métodos principalmente: Los volúmenes de excavaciones irregulares, como lo es la excavación de los fosos para las turbinas en la Casa de máquinas y los diferentes pisos de la misma, se calculan con el software Autocad 2004, con base en la planta de cada piso y los perfiles, tanto longitudinales como transversales, se crea un sólido, el software tiene la capacidad de calcular el volumen de un sólido, éste método es el más exacto tratándose de volúmenes irregulares. Los volúmenes de estructuras con figuras geométricas regulares como prismas es mas fácil y conserva el mismo grado de certidumbre mediante tablas en el software Excel, mediante fórmulas se calcula un área, ya sea la transversal, longitudinal ó el área en planta y luego simplemente se multiplica por la dimensión faltante, longitud, ancho ó altura respectivamente; en este caso se encuentran todos los túneles, lumbreras y tuberías.*

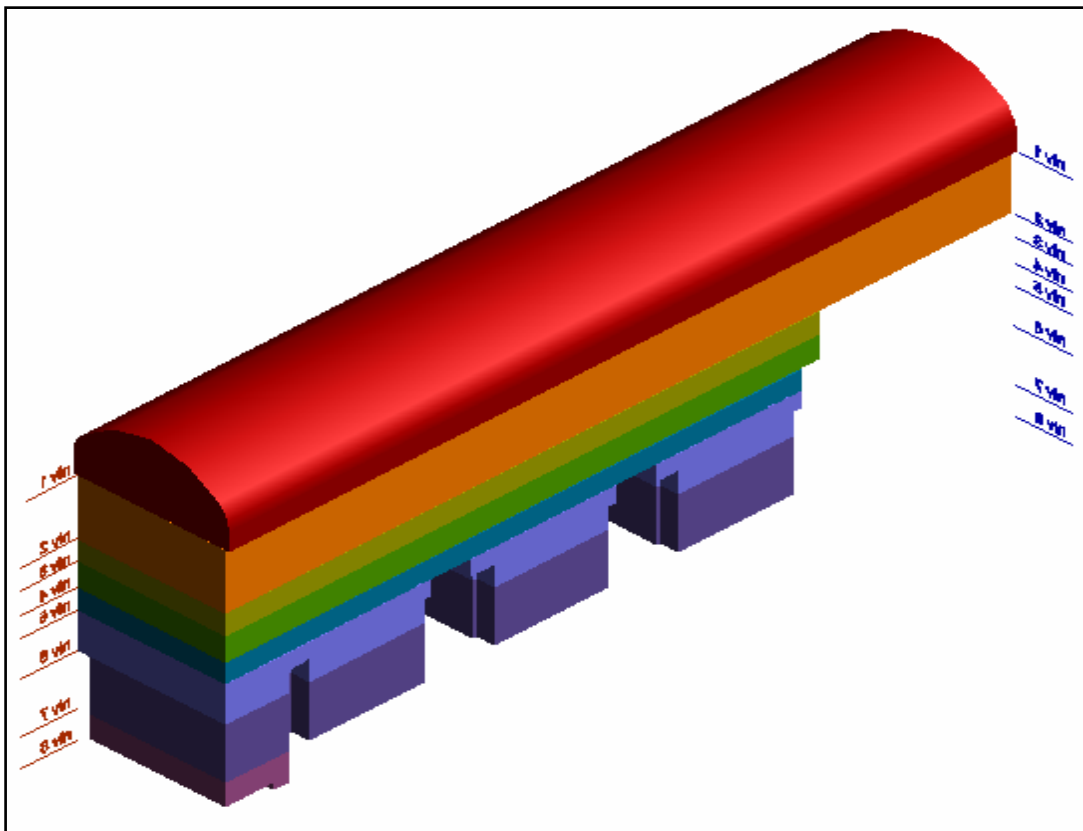


Figura 5.2
Isométrico de Casa de máquinas
Sólido en Autocad para determinar el volumen de excavación

- *Rellenos: Los volúmenes de relleno comprenden básicamente las Ataguías y la Cortina, el volumen de los diferentes tipos de material que las conforman se calcularon con el software Land Desktop 2004 de una forma similar a la descrita para las Excavaciones exteriores, en este caso las plataformas que forman los materiales se encuentran por arriba del Terreno natural por lo tanto el volumen de relleno es el material de la cortina; este procedimiento se debe realizar para cada uno de los materiales que forman las Ataguías y la Cortina.*

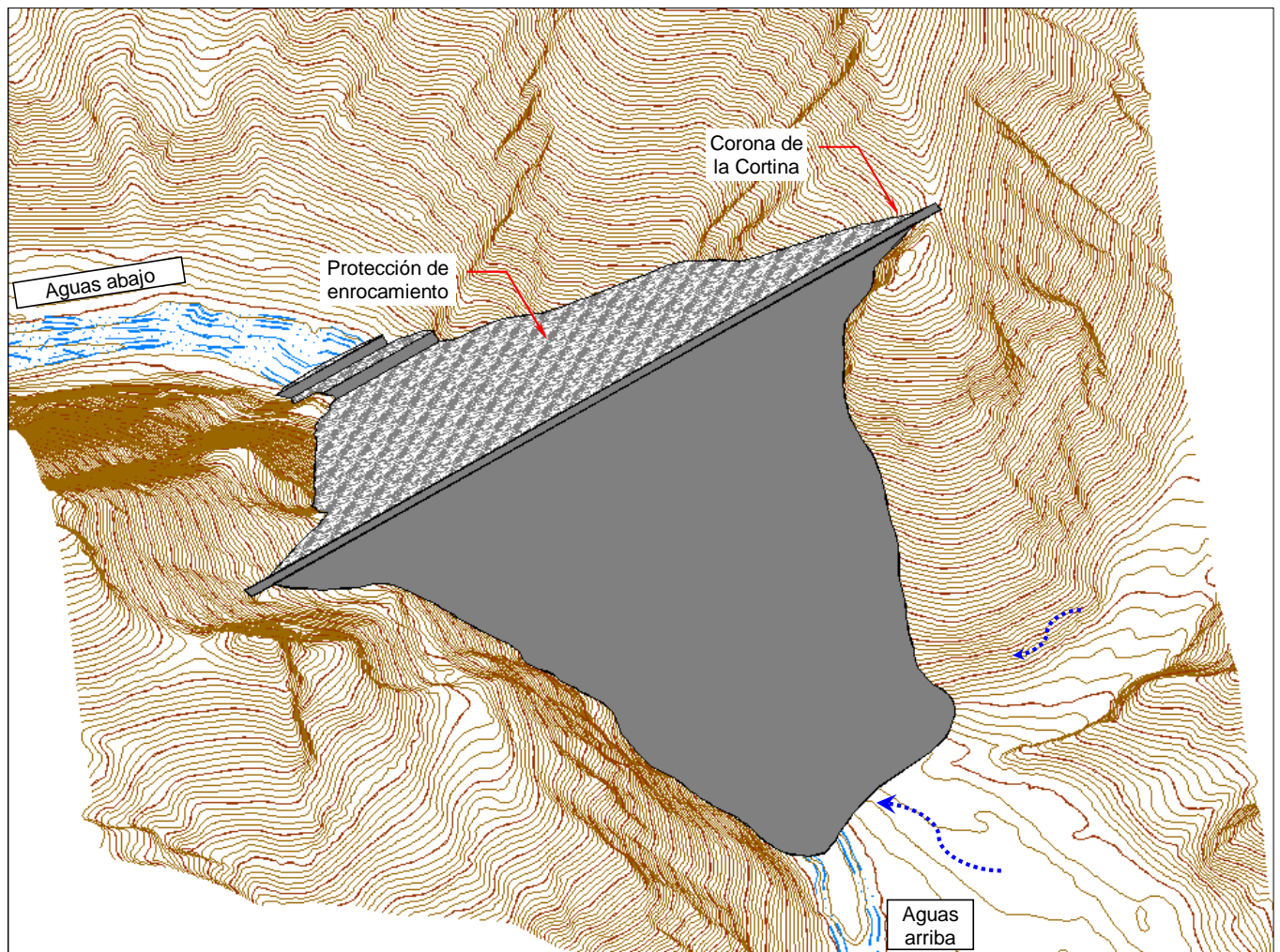


Figura 5.3
Isométrico de Cortina
Curvas de nivel del terreno natural con la superficie de relleno

- *Concretos: Al igual que en las Excavaciones subterráneas, los concretos se pueden realizar mediante la creación de sólidos con Autocad 2004 o en tablas de Excel, de acuerdo al grado de dificultad y la exactitud que arroja en cada caso, se eligió el procedimiento más adecuado. Para el caso del revestimiento en túneles se obtuvieron diferencias de áreas (la interior y la exterior) y se multiplicó por su longitud para obtener el volumen; el revestimiento de losa de piso y muros de canales o plataformas simplemente se multiplicó en tablas de Excel prediseñadas, las tres dimensiones que componen las estructuras como largo, ancho y espesor. Para el empaque de Tubería de presión y el revestimiento en Lumbreras se obtuvo la diferencia de áreas de las circunferencias interior y exterior y se multiplicó por la longitud o altura. En el caso de concreto para estructuras de compuertas y los empaques de turbinas en Casa de máquinas se calcularon mediante sólidos en Autocad 2004.*

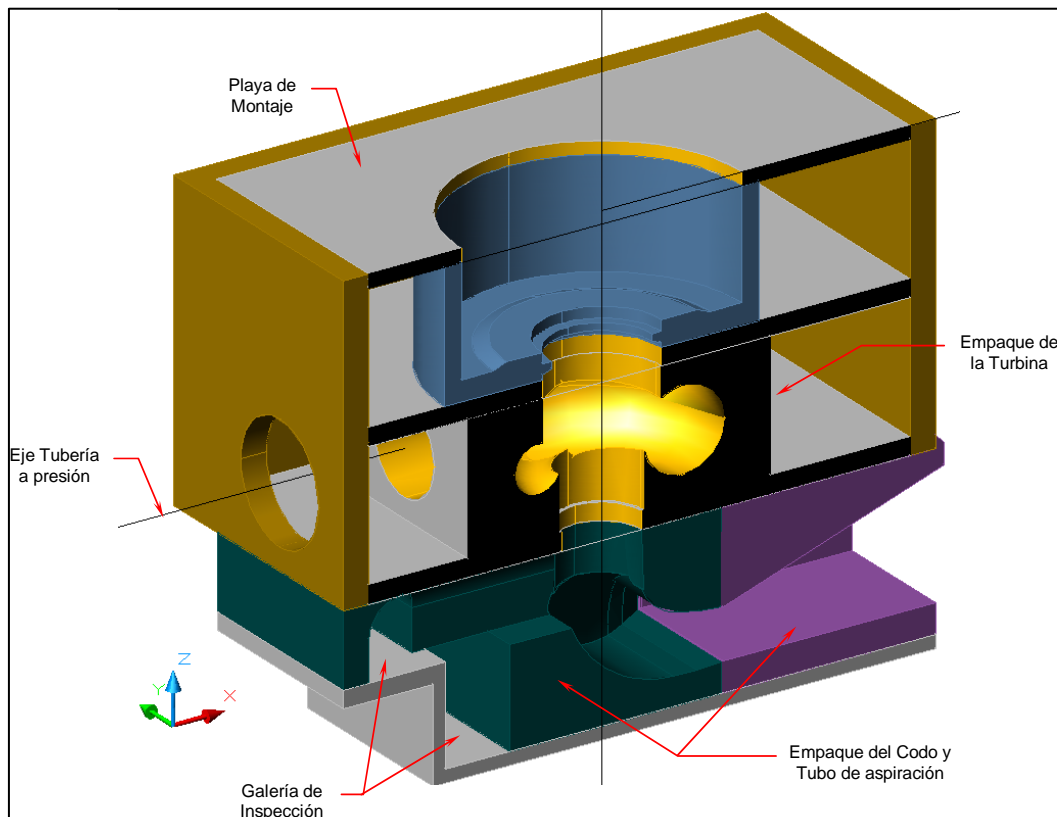


Figura 5.4
Isométrico de Casa de máquinas
Sólido en Autocad para determinar el volumen de concreto

A continuación se presentan algunas comparativas de las Cantidades de Obra obtenidas, esto no determina la mejor alternativa ya que se debe realizar la comparativa de los programas generales de obra y los presupuestos para poder elegir la alternativa óptima, sin embargo la volumetría aporta una visión general de la variación en las estructuras:

5.1.1. Cortina

En la Cortina los volúmenes más importantes son el material que integra la Cortina, el concreto en el plinto y el concreto en la cara aguas arriba que es básicamente la estructura que la impermeabiliza. Además de estos volúmenes, la estructura también debe tener en su base y justo en el eje del plinto, una Pantalla impermeable formada con barrenos inyectados con mortero de cemento pero el costo de dicho volumen será ponderado dentro del costo del Plinto.

El volumen en la Cortina ha aumentado para la Alternativa nueva propuesta debido al cambio en la posición de su eje, sin embargo la cara de concreto tiene menor volumen, que es el concepto que tiene mayor costo por m³ en Cortina, ya que el área de su cara aguas arriba se reduce.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDADES		
		ALTERNATIVA CFE	ALTERNATIVA NUEVA	DIFERENCIA
Materiales que integran la Cortina	m ³	12,388,175.00	12,439,300.00	51,125.00
Concreto en Plinto	m ³	4,179.12	4,527.96	348.84
Cara de Concreto Aguas Arriba	m ³	68,230.00	64,214.00	-4,016.00

5.1.2. Obra de desvío

Las principales estructuras en Obra de desvío son las Ataguías y los Túneles, por tanto, los volúmenes más importantes son, el volumen de material que conforma ambas Ataguías, la excavación exterior en los Portales de entrada y salida de los Túneles de desvío, la excavación subterránea de los propios túneles y los concretos correspondientes al revestimiento en losa de piso y muros de los Túneles.

El volumen en la Pre-Ataguía Aguas Arriba aumenta en la Alternativa nueva propuesta debido a que se ha desplazado el eje de la cortina 63.0m aguas arriba y el cauce es más ancho en ese lugar.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDADES		
		ALTERNATIVA CFE	ALTERNATIVA NUEVA	DIFERENCIA
Materiales que integran la Pre-Ataguía Aguas Arriba	m ³	280,498.50	338,918.50	58,420.00
Excavación a cielo abierto en Portales de Entrada y de Salida a los Túneles del Desvío	m ³	228,982.50	192,458.04	-36,524.46
Excavación Subterránea en los Túneles del Desvío	m ³	270,122.38	291,397.04	21,274.66
Concreto en losa de piso y muros de Túneles de Desvío	m ³	18,272.60	18,553.18	280.58

5.1.3. Obra de excedencias

Para la Obra de Excedencias no es posible realizar una tabla comparativa de volúmenes ya que la Alternativa CFE es una estructura subterránea y en la Alternativa nueva propuesta es exterior, sin embargo se presentan los volúmenes más importantes para cada alternativa; más adelante se muestra una comparativa de precios, la cual muestra más claramente la alternativa óptima.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDADES		
		ALTERNATIVA CFE	ALTERNATIVA NUEVA	DIFERENCIA
Excavacion a cielo abierto en cualquier clase de material en Canal de llamada	m ³	478,251.00	1,607,075.00	1,128,824.00
Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material en Canal de descarga y/o Cubeta deflectora	m ³	101,614.00	5,199,652.00	5,098,038.00
Excavación subterránea en cualquier clase de material en zona de sección constante en Túneles de excedencias	m ³	426,831.75	--	--
Excavación subterránea en cualquier clase de material en zona de reducción de Túneles de excedencias	m ³	85,620.98	--	--
Concreto f'c = 24,53 mpa (250 kg/cm ²) en cimacio, incluye acero de refuerzo fy= 412,02 mpa (4200 kg/cm ²)	m ³	23,999.17	24,525.00	525.83
Concreto f'c = 24,52 mpa (250 kg/cm ²) en pilas y muros laterales, incluye: acero de refuerzo fy= 412,02 mpa (4200 kg/cm ²), partes fijas en primeros colados y concreto f'c = 24,52 mpa (250 kg/cm ²) para segundos colados en ranuras para guías de compuertas y agujas.	m ³	21,565.63	41,638.24	20,072.61
Concreto f'c= 34,34 mpa (350 kg/cm ²) en zona de postensado en pilas y muros, incluye: acero de refuerzo fy= 412,02 mpa (4200 kg/cm ²) y cables de postensado y accesorios	m ³	2,290.15	4,421.76	2,131.61
Concreto reforzado f'c= 29,43 mpa (300 kg/cm ²) en sección constante de túneles, incluye acero de refuerzo fy= 412,02 mpa (4200 kg/cm ²)	m ³	77,664.16	--	--
Concreto reforzado f'c= 29,43 mpa (300 kg/cm ²) en zona de reducción de túneles, incluye acero de refuerzo fy= 412,02 mpa (4200 kg/cm ²)	m ³	21,032.23	--	--
Concreto f'c= 29,43 mpa (300 kg/cm ²) en losas de piso de los canales del vertedor, incluye acero de refuerzo fy= 412,02 mpa (4200 kg/cm ²)	m ³	--	16,432.58	--
Concreto f'c= 24,53 mpa (250 kg/cm ²) en muros laterales y muro central del canal y cubeta deflectora, incluye acero de refuerzo fy= 412,02 mpa (4200 kg/cm ²)	m ³	--	7,377.47	--
Concreto f'c= 24,53 mpa (250 kg/cm ²) en cubeta deflectora del vertedor, incluye acero de refuerzo fy= 412,02 mpa (4200 kg/cm ²)	m ³	9,725.86	18,820.67	9,094.81

5.1.4. Obra de generación

Las estructuras que componen la Obra de generación son Obra de Toma, Tubería a presión, Casa de máquinas, Túneles de aspiración, Galería de oscilación, Túnel de desfogue, Portal del Túnel de desfogue, Lumbreras de buses, cables y ventilación, Túnel de acceso a CM y GO y la Plataforma para Subestación eléctrica. En estas estructuras se tienen concretos y excavaciones principalmente.

Análisis de los aspectos constructivos generales para la optimización del diseño de ingeniería conceptual del P.H. La Yesca localizado en el estado de Nayarit

La Obra de Generación se mantiene prácticamente con los mismos volúmenes en ambas alternativas, el cambio de volumen más importante es el volumen del Canal de Llamada y Obra de Toma que se ha reducido en 100,000.0m³ para la Alternativa nueva propuesta. Además de los volúmenes es importante señalar que la nueva ubicación del Canal de Llamada aumenta la superficie de la Plataforma para la Subestación; además el cambio en el Portal del Desfogue y del Acceso a C.M. obedece a la composición geológica del sitio que como se puede apreciar en la figura 3.4, en la Alternativa nueva propuesta se desplanta en material Qdd que como se ha comentado anteriormente es de mejor calidad.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDADES		
		ALTERNATIVA CFE	ALTERNATIVA NUEVA	DIFERENCIA
EXCAVACION A CIELO ABIERTO EN CANAL DE LLAMADA Y OBRA DE TOMA	m ³	268,431.00	168,597.40	-99,833.60
EXCAVACION SUBTERRÁNEA EN TUBERÍA A PRESIÓN	m ³	26,325.00	26,325.00	0.00
EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA EN CASA DE MÁQUINAS	m ³	60,174.83	60,174.83	0.00
EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA EN TÚNELES DE ASPIRACIÓN	m ³	16,193.73	16,193.73	0.00
EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA EN GALERÍA DE OSCILACIÓN	m ³	37,453.85	37,453.85	0.00
EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO EN PORTAL DE SALIDA DEL DESFOGUE Y ACCESO A C.M. Y G.O.	m ³	37,029.30	48,705.70	11,676.40
CONCRETO REFORZADO EN PISO DEL PORTAL DE SALIDA DEL DESFOGUE Y ACCESO A C.M. Y G.O.	m ³	1,027.29	1,104.79	77.50
EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA EN TÚNEL DE DESFOGUE	m ³	50,387.60	44,318.20	-6,069.40
CONCRETO REFORZADO EN TÚNEL DE DESFOGUE	m ³	10,002.40	8,797.58	-1,204.82
EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA EN TÚNEL DE ACCESO A C.M. Y G.O.	m ³	13,388.90	16,486.28	3,097.38
CONCRETO REFORZADO EN PISO DEL TÚNEL DE ACCESO A C.M. Y G.O.	m ³	566.80	697.86	131.06
EXCAVACION A CIELO ABIERTO EN PLATAFORMA DE SUBESTACIÓN	m ³	366,943.00	366,943.00	0.00

5.2. Análisis constructivo

En el análisis constructivo del Proyecto se tomaron las consideraciones más importantes en base a la experiencia reportada en proyectos similares, respetando las recomendaciones emitidas por CFE para su elaboración. A continuación se describen las consideraciones más importantes para la ejecución del proyecto:

5.2.1. “Movilización e Instalación” y “Construcción de Caminos”

Para ambas alternativas el inicio del proyecto se consideró el 1° de enero de 2007 y estas actividades tendrán una duración de tres meses. No se cuenta con Plano de Caminos y tampoco con información suficiente respecto a la Movilización e Instalación para realizar un análisis constructivo a detalle; el tiempo propuesto se basa en la información recopilada de proyectos semejantes.

5.2.2. Obra de Desvío

En la Obra de desvío se excavarán primero los Portales de Entrada y Salida a los Túneles de Desvío hasta llegar al nivel de la bóveda de los túneles, aquí se dejará un tapón natural de roca para prevenir que el agua pueda avanzar hacia el interior del túnel, posteriormente se excavará simultáneamente la bóveda en ambos túneles considerando dos frentes, uno por la entrada y uno por la salida; en cada frente se tendrá un equipo de trabajo que trabajará en ambos túneles de la manera siguiente: mientras se retira la rezaga (producto de la voladura) del túnel 1, se barrena y se explota en el túnel 2, se ventila el túnel 2 y se retira la rezaga mientras se barrena y se vuela en el túnel 1, este ciclo se continúa hasta concluir la excavación de la bóveda. Finalmente se realiza el banqueo por los mismos frentes que la bóveda; paralelo a las excavaciones se realizarán los tratamientos. Para determinar el tiempo de ejecución de la excavación en los túneles se realiza un análisis de ciclos de donde se obtiene la duración y el avance de un ciclo de trabajo; a continuación se muestra la tabla de cálculo de ciclos de los túneles.

EXCAVACIÓN HORIZONTAL Análisis de ciclos de un Túnel

Longitud Total del Túnel = 739.200 m
Sección Hidráulica del Túnel = 14.0 x 14.0 m

Descripción	Unidad	Bóveda				Sección Inferior			
		Entrada	Túnel	Tapón	Salida	Entrada	Túnel	Tapón	Salida

Datos Generales

Longitud	m	77.000	547.200	38.000	77.000	77.000	547.200	38.000	77.000
Diámetro=Ancho	m	14.40	14.40	17.40	14.40	14.40	14.40	17.40	14.40
Hastial	m	--	--	--	--	7.20	7.40	8.70	7.20
Perímetro	m	22.62	22.62	27.33	22.62	28.80	29.20	34.80	28.80
Área transversal	m ²	81.43	81.43	118.89	81.43	103.68	106.56	151.38	103.68
Cuele	m	1.8	3.4	3.4	1.8	1.8	4.0	4.0	1.8
Diámetro barrenacion	in	1 7/8"	1 7/8"	1 7/8"	1 7/8"	1 7/8"	1 7/8"	1 7/8"	1 7/8"
Avance por ciclo	m	1.5	2.9	2.9	1.5	1.5	3.4	3.4	1.5
Tiempo efectivo/día	hr	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
N° de ciclos		51	189	13	51	51	161	11	51

Barrenación

#de barrenos por ciclo en túnel	pza/ciclo	60	60	89	60	44	44	65	44
#de barrenos por ciclo para recorte	pza/ciclo	41	41	50	41	34	34	40	34
#de barrenos totales por ciclo	pza/ciclo	101	101	139	101	78	78	105	78
Long de barrenacion por ciclo	ml	181.80	343.40	472.60	181.80	140.40	312.00	420.00	140.40

Anclaje y Concreto lanzado

Longitud Total de Anclas	m	0.00	10,137.00	936.00	0.00	0.00	5,232.00	432.00	0.00
Longitud de anclaje en un ciclo	ml/ciclo	0.00	53.72	71.43	0.00	0.00	32.51	38.65	0.00
N° de anclas totales	pza	0.00	1,853.00	168.00	0.00	0.00	1,308.00	112.00	0.00
N° de anclas por ciclo	pza/ciclo	0.00	10.00	13.00	0.00	0.00	8.00	10.00	0.00
Total Concreto lanzado	m ³	174.02	1,236.67	103.74	174.02	110.88	809.86	66.12	110.88
Concreto lanzado por ciclo	m ³ /ciclo	3.41	6.54	7.98	3.41	2.17	5.03	6.01	2.17

Excavación

Total excavación compacto	m ³	6,270.12	44,558.54	4,517.96	6,270.12	7,983.36	58,309.63	5,752.44	7,983.36
Volumen excavación compacto por ciclo	m ³ /ciclo	122.15	236.15	344.79	122.15	155.52	362.3	514.69	155.52
Total excavación suelto	m ³	8,778.16	62,381.96	6,325.14	8,778.16	11,176.70	81,633.48	8,053.42	11,176.70
Volumen excavación compacto por ciclo	m ³ /ciclo	171.01	330.61	482.71	171.01	217.73	507.22	720.57	217.73

Rendimientos

Rendimiento barrenacion horizontal	m/hr	100.0	126.0	126.0	100.0	96.0	129.0	129.0	96.0
Rendim rezaga	m ³ /hr	100.0	100.0	100.0	100.0	125.0	125.0	125.0	125.0
Rendimiento anclaje	m/hr	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
Rendimiento concreto lanzado	m ³ /hr	3.0	3.0	3.0	3.0	5.8	5.8	5.8	5.8

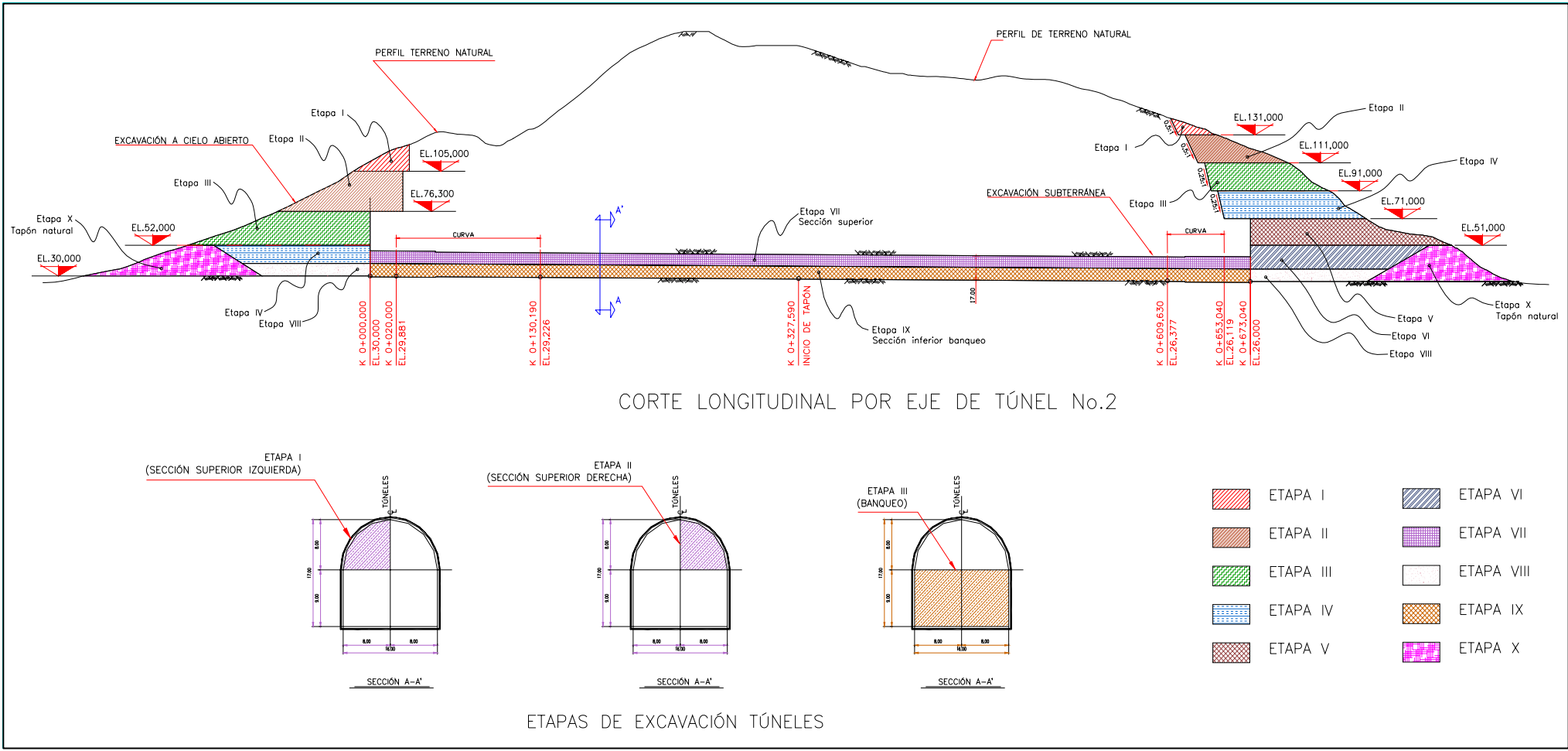
ANÁLISIS DE TIEMPOS POR CICLO

Topografía	hr/ciclo	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Barrenacion	hr/ciclo	1.82	2.73	3.75	1.82	1.46	2.42	3.26	1.46
Posicionamiento Jumbo	hr/ciclo	0.30	0.30	0.30	0.30	0.20	0.20	0.20	0.20
Carga de explosivos y detonación	hr/ciclo	1.50	1.50	1.50	1.50	0.40	0.40	0.40	0.40
Ventilación	hr/ciclo	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.30	0.30
Amacice y limpieza	hr/ciclo	1.00	1.00	1.00	1.00	0.30	0.30	0.30	0.30
Rezaga	hr/ciclo	1.71	3.31	4.83	1.71	1.74	4.06	5.76	1.74
Concreto Lanzado	hr/ciclo	1.14	2.18	2.66	1.14	0.37	0.87	1.04	0.37
Anclaje	hr/ciclo	0.00	2.44	3.25	0.00	0.00	1.48	1.76	0.00
Interferencias	hr/ciclo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total ciclo	hr/ciclo	7.33	11.15	13.46	7.33	4.90	8.18	10.72	4.90

DURACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Ciclos por día	ciclo/día	2.73	1.79	1.49	2.73	4.08	2.45	1.87	4.08
Avance diario (rendim.)	ml/día	4.09	5.20	4.31	4.09	6.12	8.32	6.34	6.12
Total días efectivos	día ef.	19.00	105.00	9.00	19.00	13.00	66.00	6.00	13.00

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS



ETAPAS DE EXCAVACIÓN TÚNELES

Figura 5.5
Etapas de excavación en los Túneles de desvío

Análisis de los aspectos constructivos generales para la optimización del diseño de ingeniería conceptual del P.H. La Yesca localizado en el estado de Nayarit

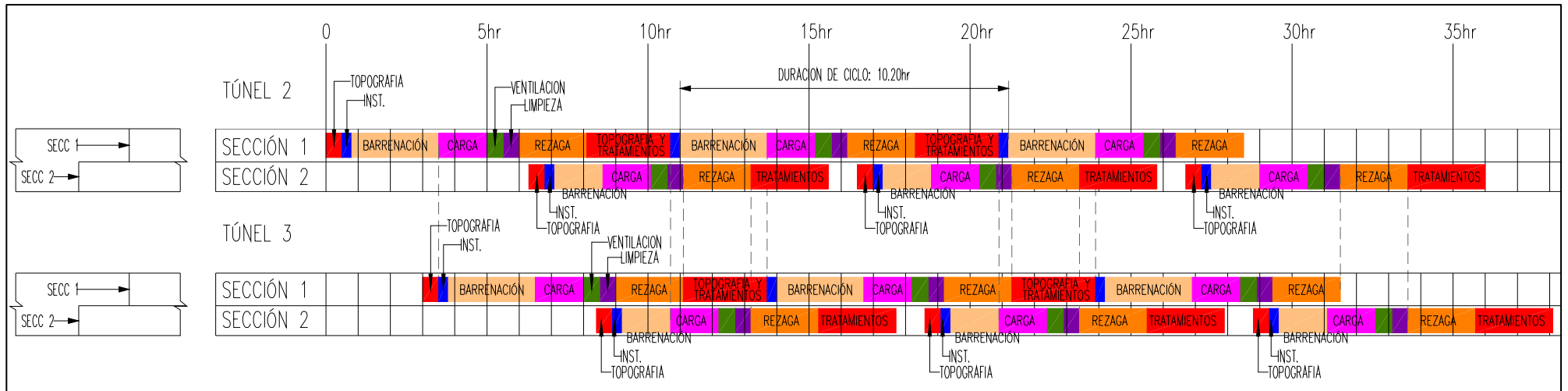


Figura 5.6
Cronograma de optimización de recursos

Al finalizar los túneles se construirán las Ataguías y Pantallas impermeables, primeramente se construyen las Pre-ataguías, después se excava en el cauce del río para construir las Pantallas impermeables, de manera simultánea se continúa con la colocación en Ataguías y se inicia con el bombeo en el lecho del río, una vez que se ha bombeado el recinto se inicia con la excavación del Plinto en Cauce. Al tener listas las Ataguías se retiran los tapones naturales de roca en los Túneles y se inicia con el desvío.

5.2.3. Obra de Contención

La Obra de Contención se iniciará con la excavación del Plinto en laderas una vez que se tienen los caminos necesarios para llegar a la zona de la Cortina, también se colará concreto de Plinto en laderas antes de haber iniciado el bombeo en el recinto; una vez realizado el bombeo se llevará a cabo la excavación de Plinto y su concreto correspondiente en el lecho del río y posteriormente, se iniciará la construcción de la Ataguía Aguas Arriba integrada a la Cortina.

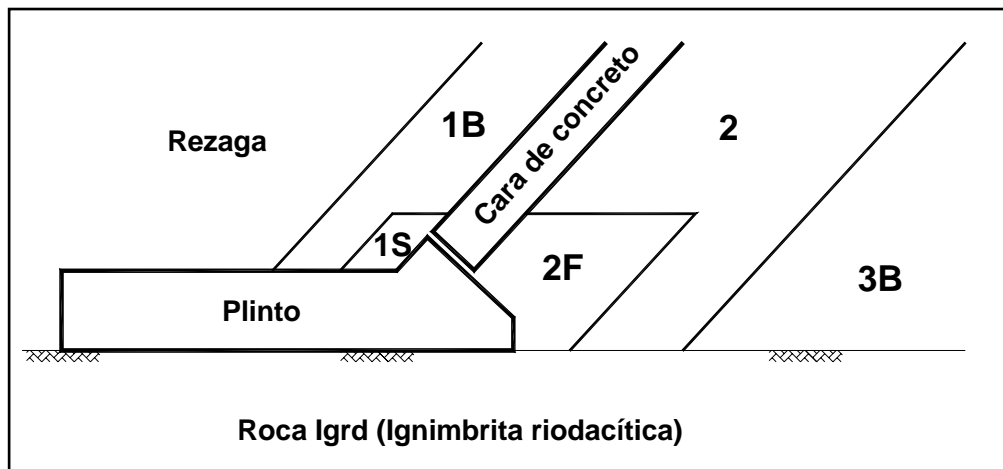


Figura 5.7
Sección típica del Plinto

Se dará prioridad a la colocación de material en la zona de la Ataguía integrada aguas arriba, esto es, básicamente para poder colar las losas de concreto hasta el nivel de la corona de la Ataguía, paralelamente al colado de la losa aguas arriba, se colocará material en la zona aguas abajo de la Cortina; una vez que se alcanza la altura máxima de la Ataguía integrada se continuará con la colocación de material, posteriormente se colarán las losas restantes en la cara aguas arriba de la

Cortina y por último se construirá el Parapeto de la Cortina. En la figura 5.8 se muestra una sección con las etapas propuestas de la Cortina.

El material producto de las excavaciones, tanto subterráneas como exteriores, puede ser aprovechable como alguno o algunos de los materiales que conforman la Cortina, ya sea mediante algún tratamiento o directamente de la excavación, esto depende del tipo de material existente en la zona de las excavaciones. Con ayuda del plano geológico que se incluye en el **Anexo 1** se determinaron porcentajes de volúmenes aprovechables en las zonas de las excavaciones. En general el 100% del volumen producto de las excavaciones subterráneas es aprovechable, para las excavaciones exteriores de Obra de Toma, Portales y Plataforma de Subestación se tiene un 70% de volumen aprovechable, en el canal de llamada de la Obra de Excedencias se tomó un 95% de volumen aprovechable ya que esta zona cuenta con material de muy buena calidad, el canal de descarga de la Obra de Excedencias en la Alternativa nueva propuesta se consideró sólo el 50% de volumen aprovechable debido a que el Plano Geológico demostró que la calidad de la roca en esta zona es regular. Para todos los casos se sumó el 10% debido a la expansión que presenta el material después de ser extraído. A continuación se muestra la cantidad de volumen aprovechable en la tabla de "Balance de Materiales" para ambas alternativas y en el **Anexo 4** se muestra el balance de materiales por estructura.

BALANCE DE MATERIALES

ALTERNATIVA	CFE		
CARACTERÍSTICA	3 TÚNELES VERTEDORES		
	VOL APROVECHABLE	REQUERIMIENTOS	DÉFICIT
	m ³	m ³	m ³
ROCA	2,485,027.00	8,509,714.00	6,024,687.00
ALUVIÓN	5,000,000.00	3,946,463.00	0.00
TOTAL		12,456,177.00	

ALTERNATIVA	NUEVA		
CARACTERÍSTICA	VERTEDOR EN CANAL		
	VOL APROVECHABLE	REQUERIMIENTOS	DÉFICIT
	m ³	m ³	m ³
ROCA	5,802,726.00	8,544,787.00	2,742,061.00
ALUVIÓN	5,000,000.00	3,962,795.00	0.00
TOTAL		12,507,582.00	

DIFERENCIA ENTRE AMBAS ALTERNATIVAS	3,282,626.00
--	---------------------

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

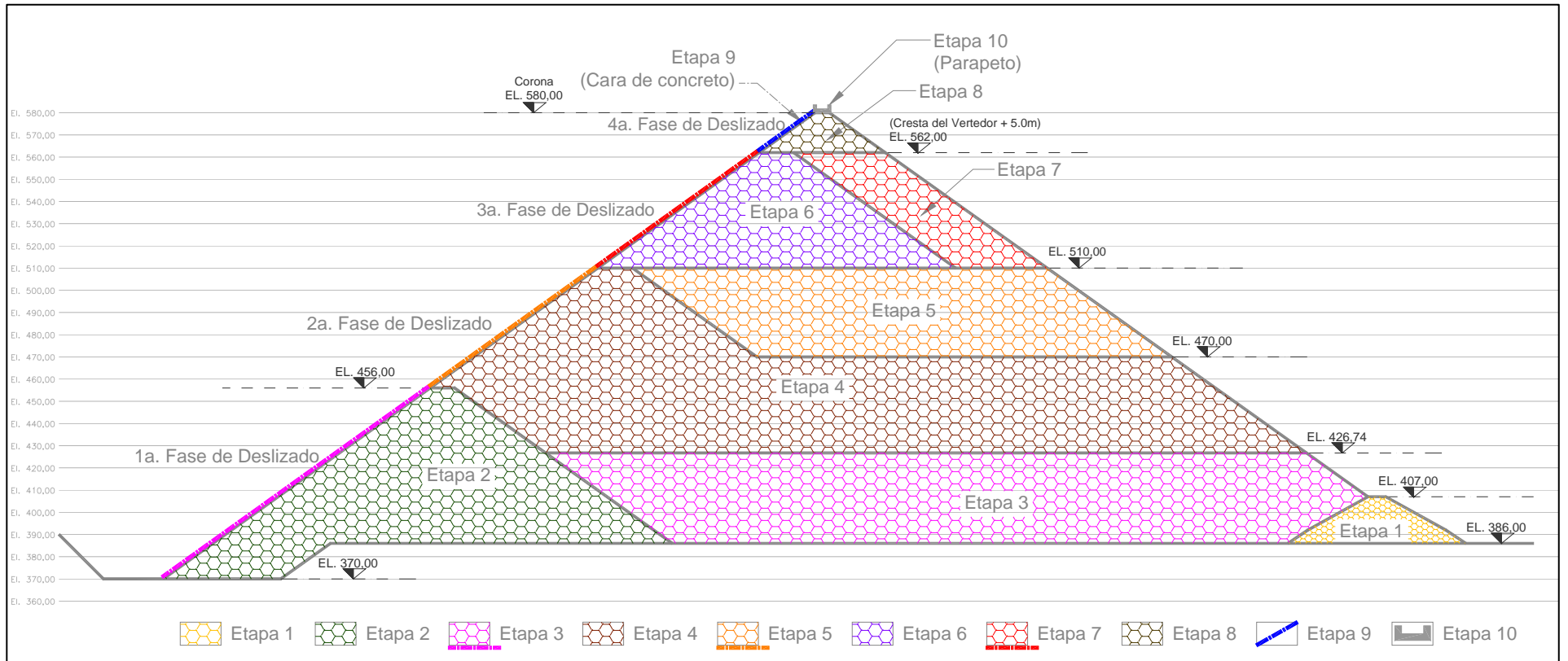
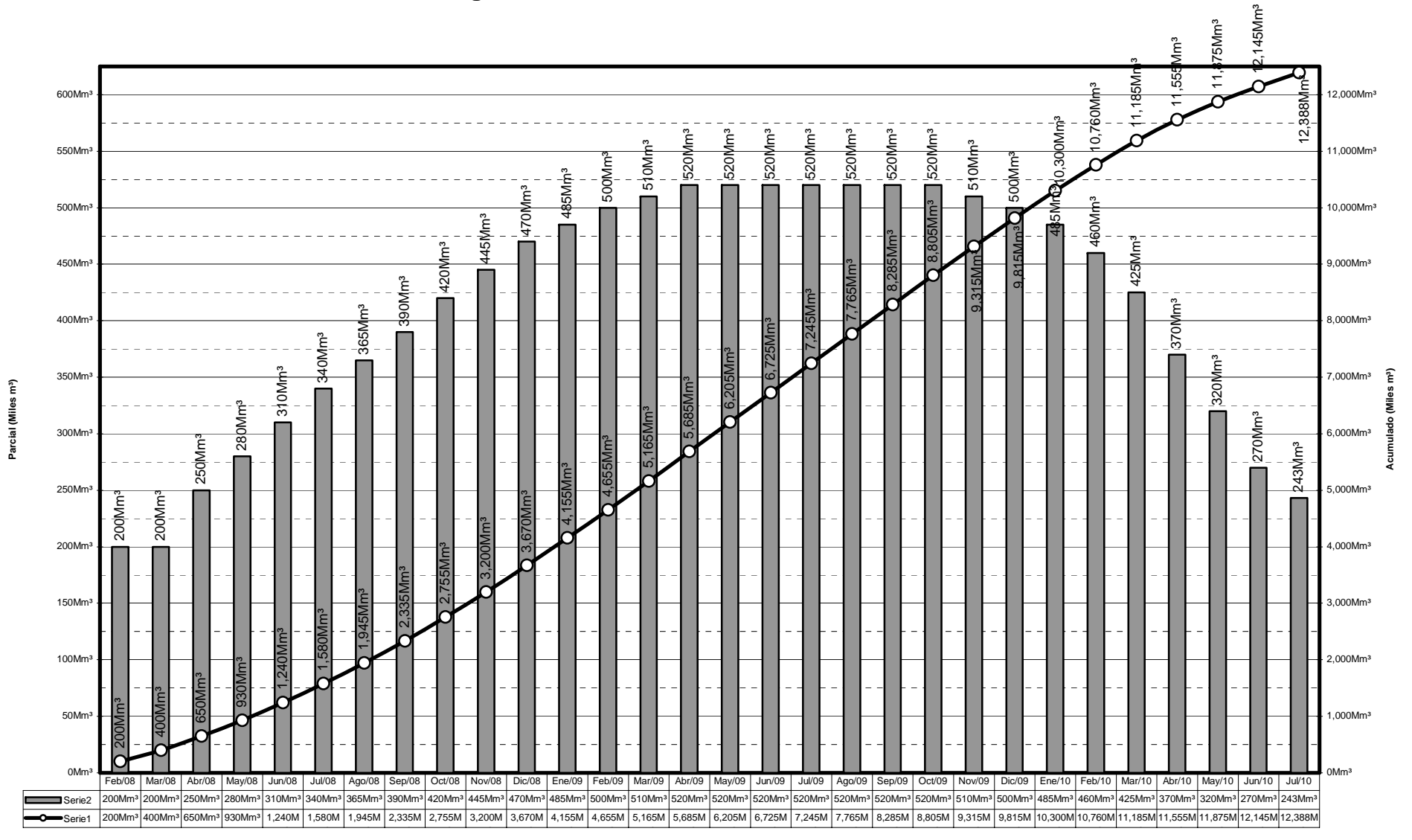


Figura 5.8
Etapas de construcción de Cortina

Análisis de los aspectos constructivos generales para la optimización del diseño de ingeniería conceptual del P.H. La Yesca localizado en el estado de Nayarit

Histograma de colocación de materiales en Cortina



En la Alternativa CFE consistente en tres túneles vertedores como Obra de Excedencias, el volumen aproximado de la Cortina es de 12,450,000m³ y el de la Ataguía aguas arriba es de 280,000m³, teniendo un total de 12,735,000m³, de los cuales 4,225,000m³ aproximadamente son de aluvión, que es la capacidad de los bancos, y 8,510,000m³ en roca, el volumen de roca aprovechable producto de las excavaciones es de 2,485,000m³ aproximadamente, por lo que se tiene un déficit de 6,025,000m³ aproximadamente. Éste déficit se explotará de bancos de roca que se ha considerado se encuentran a una distancia media de 3km. El material producto de las excavaciones de las estructuras requeridas en el Proyecto se aprovecha en la Ataguía aguas abajo integrada a la Cortina (70,000m³), como material 4, enrocamiento de protección (100,000m³), y una parte de material T, transición (2,315,000m³); el resto del material T (2,185,000m³) y el material 3C, enrocamiento compactado (3,840,000m³) se obtiene de bancos de roca. En el precio de éstos últimos se considerará la explotación de banco además del manejo y la colocación.

En la Alternativa nueva propuesta consistente en un canal a cielo abierto como Obra de Excedencias, el volumen aproximado de la cortina es de 12,510,000m³ y el de la Ataguía aguas arriba es de 335,000m³, teniendo un total de 12,845,000m³, de los cuales 4,300,000m³ aproximadamente son de aluvión, que es la capacidad de los bancos y 8,545,000m³ en roca, el volumen de roca aprovechable producto de las excavaciones es de 5,800,000m³ aproximadamente, por lo que se tiene un déficit de 2,745,000m³ aproximadamente. Éste déficit se explotará de bancos de roca que se ha considerado se encuentran a una distancia media de 3km. El material producto de las excavaciones de las estructuras requeridas en el Proyecto se aprovecha en la Ataguía aguas abajo integrada a la Cortina (70,000m³), como material 4, enrocamiento de protección (100,000m³), material T, transición (4,520,000m³) y una parte de material 3C, enrocamiento compactado (1,110,000m³); el resto del material 3C (2,745,000m³) se obtiene de bancos de roca. En el precio de éste último se consideró la explotación de banco además del manejo y la colocación.

5.2.4. Obra de Generación

La Obra de Generación se inicia con la excavación a cielo abierto en la Plataforma de la Subestación para continuar con la Obra de Toma; en la figura 5.9 se muestran las etapas de construcción de la estructura en Obra de Toma. Simultáneamente a la Toma, se inicia con el Portal del Desfogue, aguas abajo de la Cortina, y en seguida con los Túneles de Desfogue y el de Acceso a C.M.

Una vez que se llega a la Casa de máquinas se excava un túnel auxiliar que llega a la elevación de la Bóveda de Casa de máquinas para comenzar con la excavación de la Bóveda mediante voladuras con barrenación horizontal, con la Bóveda lista se excava el resto de casa de máquinas mediante voladuras con barrenación vertical llamadas "banqueos", estos bancos se realizarán con un precorte de la roca hasta una altura máxima de 12m, las etapas de excavación se observan en las figuras 5.10 y 5.11. De manera simultánea se excavará la galería de oscilación utilizando el mismo procedimiento que en la caverna de Casa de máquinas.

Análisis de los aspectos constructivos generales para la optimización del diseño de ingeniería conceptual del P.H. La Yesca localizado en el estado de Nayarit

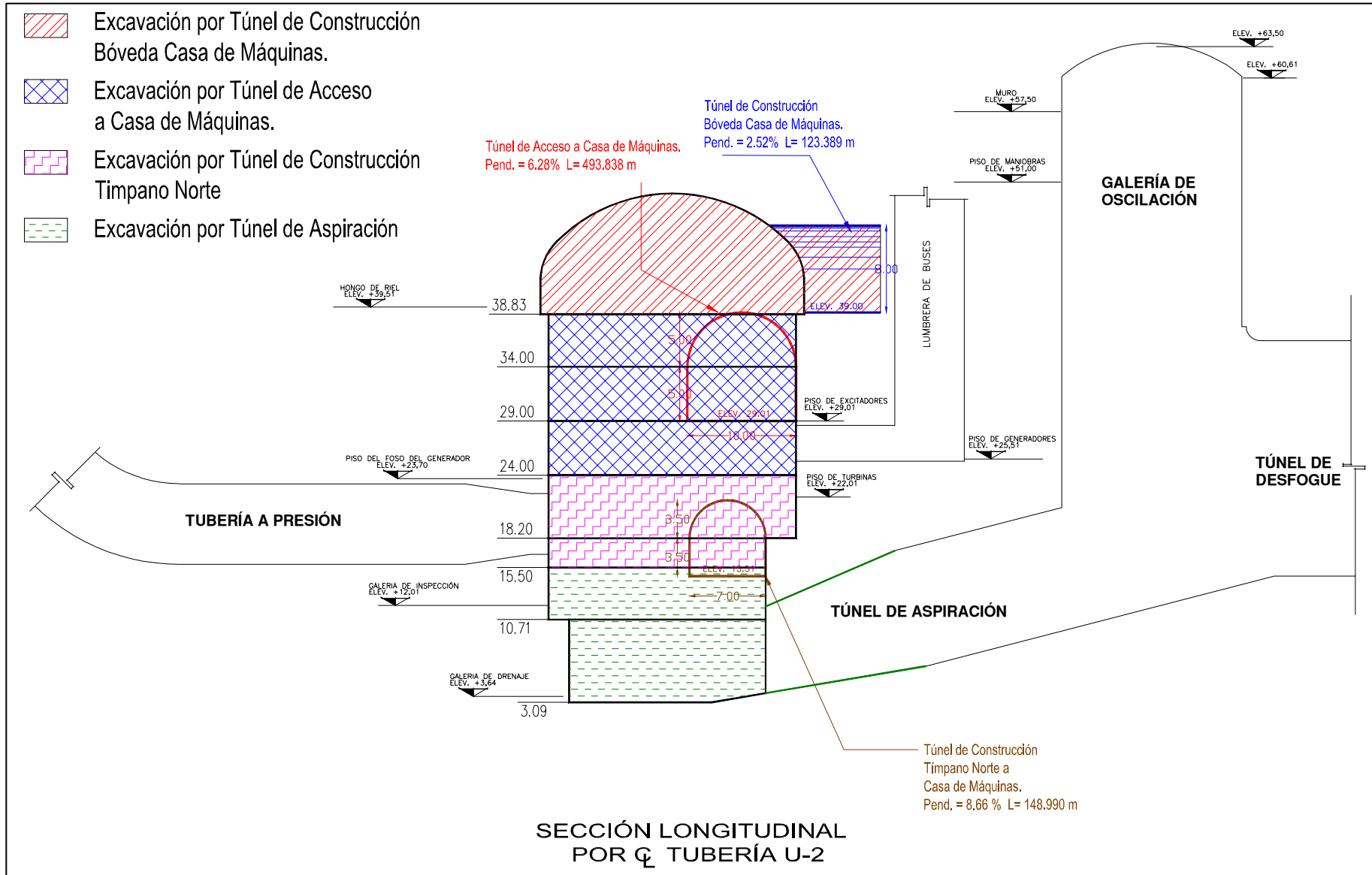


Figura 5.10
Etapas de excavación de la Caverna para Casa de máquina

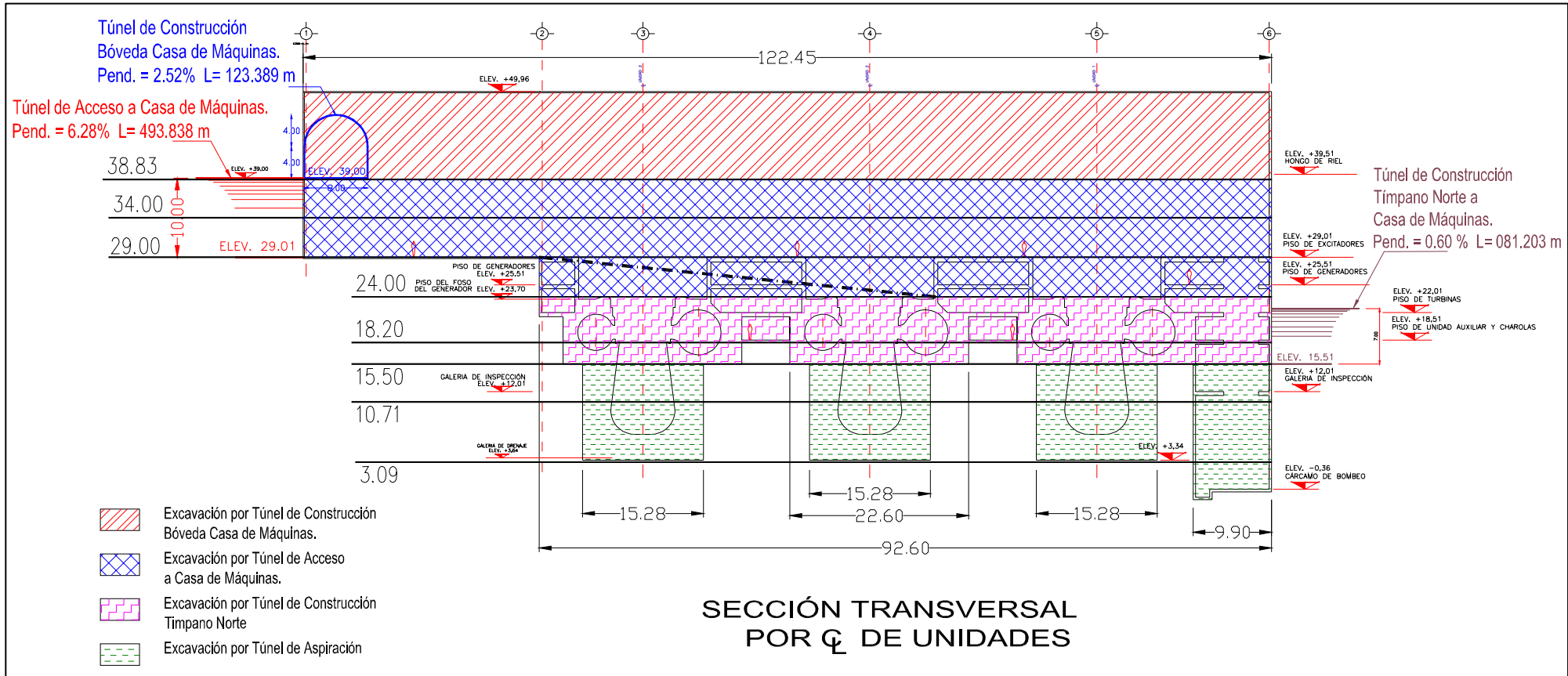


Figura 5.11
Etapas de excavación de la Caverna para Casa de máquina

La Tubería a presión se excavará en dos frentes de trabajo, uno por la Obra de toma el cual excavará primero la rama horizontal hasta el codo superior, posteriormente se excavará un piloto de 2.4m de diámetro al centro de cada tubería para después ampliarlo hasta el diámetro requerido, el material proveniente de la ampliación se movilizará por la rama horizontal inferior la cual ya debió haber sido excavada por el otro frente para el momento que se concluye el piloto; la rama horizontal inferior se excava mediante un túnel auxiliar que viene del Túnel de acceso a CM y GO.

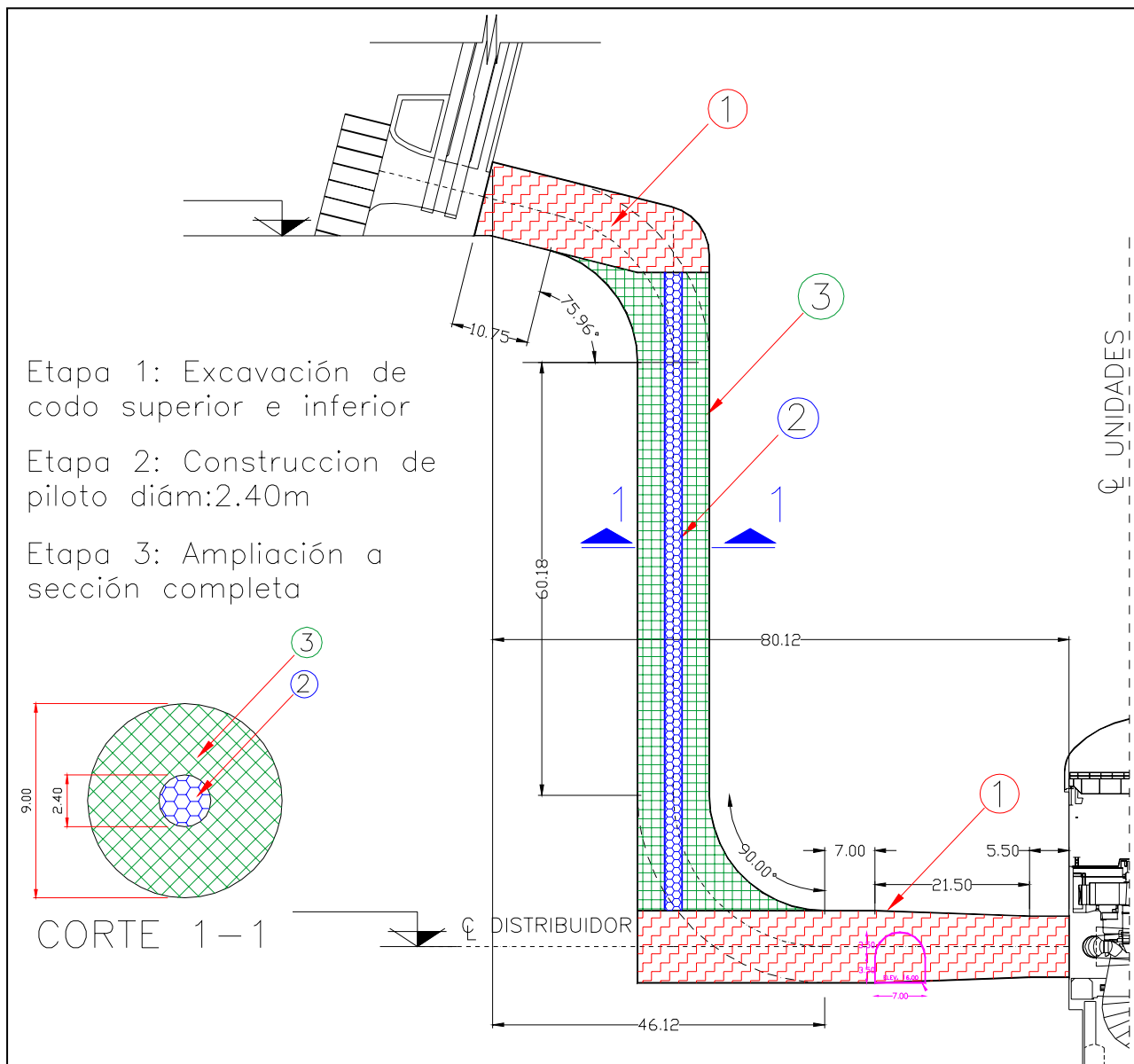


Figura 5.12
Etapas de excavación de Tubería a presión

Para realizar las excavaciones subterráneas de la Obra de generación es necesario contar con diferentes túneles auxiliares además del Túnel de acceso a CM y GO, a continuación se muestra los túneles auxiliares de construcción a Tubería a presión y a los bancos de Casa de Máquinas.

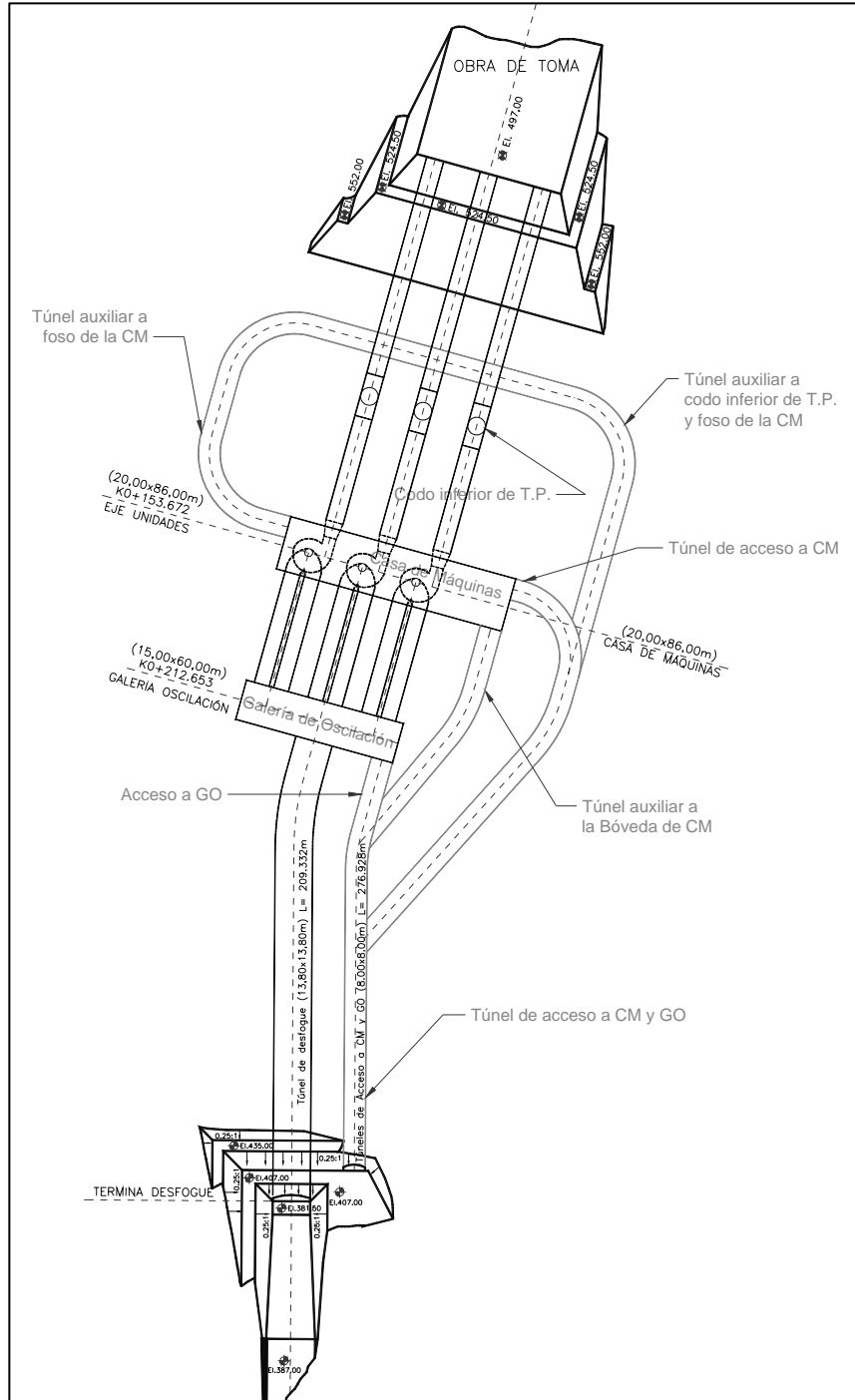


Figura 5.13
Túneles de acceso y de construcción para
Casa de máquinas, Galería de oscilación y Tubería a presión.

5.2.5. Obra de Excedencias

La Obra de Excedencias presenta algunos cambios en cuanto a procedimiento constructivo debido a que son dos estructuras diferentes para cada alternativa.

a) Alternativa propuesta por CFE.

Para la Alternativa CFE consistente en tres túneles vertedores, la construcción es muy complicada; se inician simultáneamente las excavaciones a cielo abierto en dos frentes, uno en el Canal de Llamada en Estructura de Control y otro en los Portales de Salida en donde se ubica la Cubeta Deflectora de cada Túnel, al concluir la excavación exterior se inician los Túneles vertedores, que presentan gran dificultad en la zona de reducción; se excava primero la zona de túnel de sección constante y posteriormente la zona de reducción, simultáneamente a la excavación se realizan los tratamientos a la roca; la excavación en rama inclinada tiene un rendimiento de 0.5m por día y en cada túnel se emplean dos meses para las instalaciones previas a la excavación. Ya concluida la excavación subterránea se inician los colados simultáneamente en zona de reducción y en la zona de sección constante; en rama inclinada se han considerado 2 colados por semana y en la zona de sección constante se consideró un rendimiento de 3.0m por día.

Para la construcción de éstos túneles se ha considerado que 2/3 de su longitud requiere marcos metálicos lo que incrementa el tiempo de ejecución en esa zona, además del incremento en el precio de los túneles, la zona de reducción presenta mayor dificultad debido a que ésta rama tiene una inclinación de 45° respecto a la horizontal aumentando aun más el precio de la zona de Reducción.

b) Alternativa nueva propuesta.

La Alternativa nueva propuesta es un vertedor en canal a cielo abierto el cual, a pesar de tener mayor volumen de excavación, las excavaciones se pueden realizar con mayor facilidad. De manera general, la excavación se realizará mediante voladuras con barrenación vertical en bancos de 8 a 12m aproximadamente hasta llegar al piso del canal; después de haber realizado la excavación, se realiza la limpieza del sitio para colocar después concreto de reposición y llegar al nivel de proyecto;

concluido esto se inicia con el colado de concretos en Estructura de Control, posteriormente con los del canal de descarga y para terminar se llevan a cabo los concretos en Cubeta Deflectora. Simultáneo a los concretos en Estructura de Control, considerando un tiempo de desfaseamiento, se inicia el montaje de las compuertas en ésta estructura.

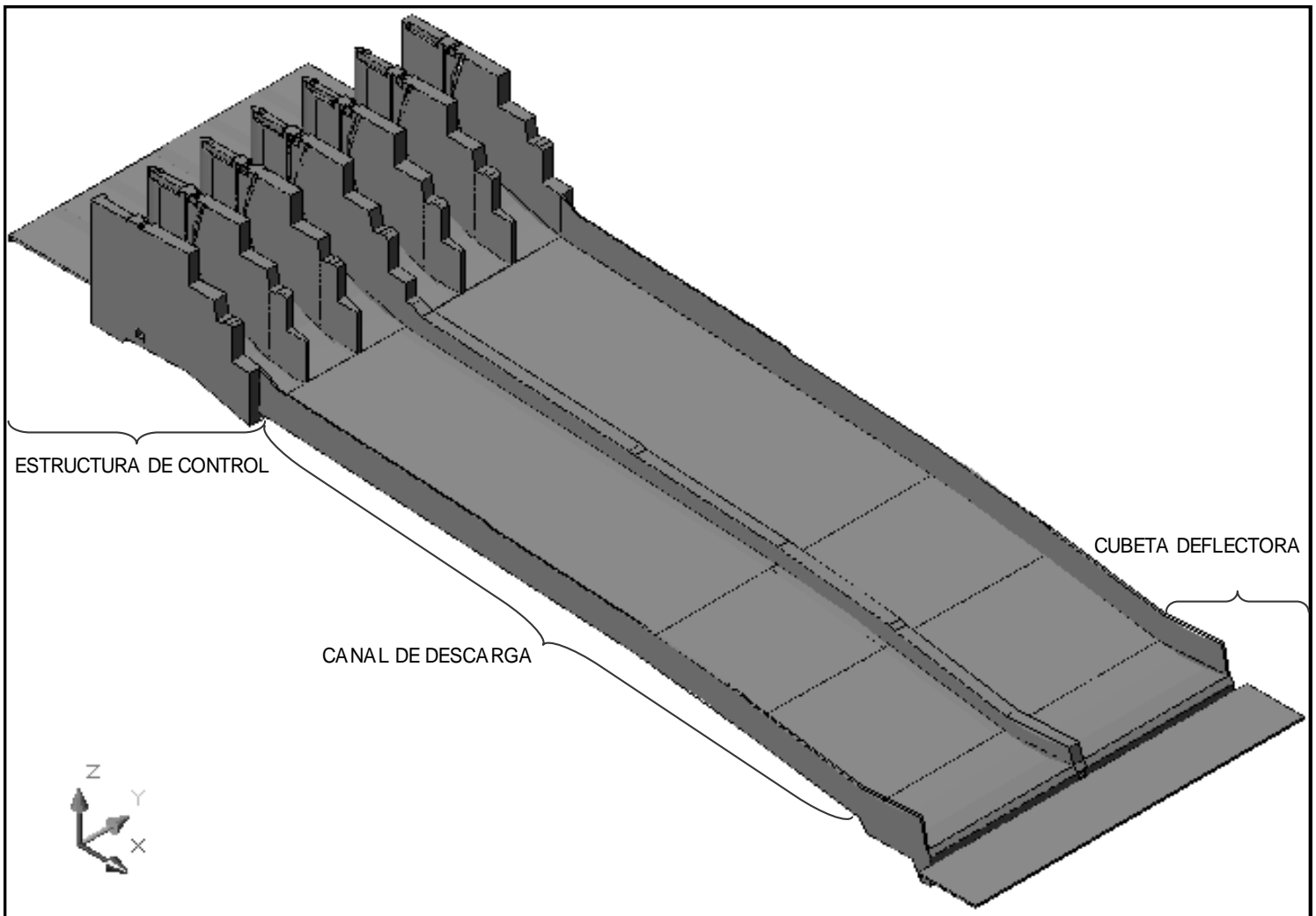


Figura 70
Isométrico general de Obra de excedencias en Canal

5.2.6. Comparativa de las alternativas

De acuerdo al análisis anterior, la alternativa de Vertedor en canal es más recomendable que la subterránea puesto que gran parte del producto de la excavación es aprovechable en la Cortina, en comparación con la solución en túneles donde el material necesario en la cortina tendrá que ser

explotado de un banco de préstamo, lo cual representa un mayor costo, como se demuestra mas adelante en el Catálogo de Conceptos Valorizado.

5.3. Programa general de ambas alternativas en diagrama de Gantt

*El programa se elaboró considerando los plazos establecidos por CFE; en él se han predeterminado las fechas críticas del Proyecto a fin de obtener el Programa General; dichos programas se muestran en el **Anexo 2** para ser observados con detalle.*

Fechas Críticas:

<i>Inicio del Proyecto:</i>	<i>1° / Ene / 2007.</i>
<i>Desvío del río por Túnel #1:</i>	<i>1° / Nov / 2007.</i>
<i>Inicio de construcción de Cortina:</i>	<i>5 / Feb / 2008.</i>
<i>Inicio de Montaje de Equipos:</i>	<i>31 / Ene / 2009.</i>
<i>Cierre final:</i>	<i>1° / Jun / 2010.</i>
<i>Sincronización de Unidad 1:</i>	<i>1° / Nov / 2010.</i>
<i>Sincronización de Unidad 2:</i>	<i>1° / Feb / 2011.</i>
<i>Sincronización de Unidad 3:</i>	<i>1° / May / 2011.</i>

En la construcción de este tipo de proyectos es muy importante contemplar cuáles son los meses en que se tiene estiaje y cuales son las épocas de avenidas, ya que la construcción depende por completo de éstos períodos; la época de avenidas que se tiene contemplada para este proyecto va del mes de Junio a Octubre (5 meses en total).

El desvío del río es necesario realizarlo en meses que tienen poca precipitación, lo anterior se debe a que para desviarlo solo se cuentan con Pre-ataguías que se construyen con material a fondo perdido por lo que no puede soportar un gasto muy grande, una vez desviado el río se continúa con las pantallas de impermeabilización y la colocación de material en Ataguías, así tenemos los meses secos para concluir Ataguías sin correr riesgos de desbordamientos debido a una avenida de gran magnitud.

De igual forma, es necesario terminar la construcción de la Cortina (incluyendo la cara de concreto) en época de estiaje para aprovechar las lluvias e iniciar el llenado del embalse en época de avenidas, de esta manera el llenado tardará un menor tiempo que si se inicia en los meses donde se tiene estiaje.

Como inicio del Programa se tomó el día 01/ene/2007 con las actividades previas, 1.5 meses después es posible iniciar la Obra de desvío con los Portales de entrada y de salida; de acuerdo a los descrito anteriormente en el Análisis constructivo, se continúa con los túneles de desvío atacando por dos frentes, primero en la bóveda y después el banqueo. El Túnel N° 1, que es una de las actividades críticas del Proyecto, se concluye el día 1°/nov/2007 siendo posible desviar el río en el fin de la época de avenidas. En esta fecha inicia la construcción de la Pre-ataguía aguas arriba y la Ataguía aguas abajo, al finalizar la construcción de las Pantallas impermeables se inicia el bombeo del recinto y la excavación del cauce en la zona del Plinto que también son actividades críticas; al igual que la construcción del mismo.

La colocación de materiales en Cortina tiene una duración de 30 meses, inicia con la Ataguía integrada aguas arriba en febrero de 2008, la cual deberá estar concluida al finalizar la época de estiaje incluyendo la cara de concreto hasta la elevación de su corona (junio/2008), paralelo a la construcción de a cara de concreto en Ataguía se continúa colocando material en Cortina en la zona aguas abajo. La construcción de la cara de concreto en la cortina se va realizando en forma simultánea a la colocación de materiales, hasta llegar a la corona en julio de 2010; la última fase de deslizado de la cara de concreto se realiza en los últimos dos meses de la obra civil del proyecto agosto y septiembre de 2010 .

La construcción de la cortina representa la ruta crítica del Proyecto si se considera únicamente la obra civil de éste.

De acuerdo a los Programas en diagrama de Gantt que se muestran en el Anexo 2 se puede observar que la ruta crítica se desarrolla por la Obra de generación, esto sucede si se considera también las Obras electromecánicas, las cuales han sido programadas de acuerdo a las experiencias registradas por expertos en la construcción de este tipo de proyectos.

De acuerdo a lo señalado, la ruta crítica que se menciona inicia con la construcción de los túneles del Desfogue, el de Acceso a C.M. y G.O. y los túneles de construcción en agosto de 2007; las siguientes actividades críticas son la excavación de la caverna de Casa de máquinas, de diciembre de 2007 a noviembre de 2008; los primeros colados (dic/2008 y ene/2009) y los concretos (segundos colados, empaque, losas y muros) en C. M, de feb/2009 a may/2010). Una vez que se concluyen los concretos se debe tener lista la Cortina para realizar el cierre final y llenado del embalse (de junio a octubre de 2010). Simultáneo a los concretos en C. M. se realizan los montajes de los equipos en C.M. para que, al contar con el embalse se realicen las pruebas de sintonización de cada unidad y se de inicio a la operación como Central Hidroeléctrica De acuerdo a la experiencia registrada, las pruebas de cada unidad se realizan en 3 meses aproximadamente; concluyendo el Proyecto en julio de 2011.

5.4. Presupuesto general

*Obtenidas las cantidades de obra del Proyecto y una vez analizado el procedimiento constructivo se procedió a realizar un presupuesto global de cada alternativa usando precios paramétricos de proyectos similares con los cuales es posible evidenciar las ventajas o inconvenientes económicos de ellos. Estos precios usados para los dos presupuestos incluyen un porcentaje ponderado de Costo Indirecto y Utilidad, sin que esto sea el resultado de un análisis a detalle y por lo tanto, no existe responsabilidad alguna respecto a estos precios; el presupuesto completo se muestra en el **Anexo 3**, incluyendo las cantidades de obra de cada concepto.*

Los precios usados en la Obra de Desvío son los mismos para ambas alternativas debido a que el arreglo geométrico es similar en ambos casos.

Para la obtención de precios en Cortina y en Obra de Excedencias se tomaron en cuenta los procedimientos del análisis constructivo del Proyecto y el Balance de Materiales descrito anteriormente.

Los precios de los materiales en Cortina varían debido al volumen aprovechable de roca producto de las excavaciones tanto exteriores como subterráneas. En los materiales 1S, 1B, 2, 2F,

3B, 4 y Relleno de la cortina tienen las mismas consideraciones por lo que los precios son los mismos; para los materiales 3C y T las consideraciones fueron diferentes, en la Alternativa CFE el volumen de roca a extraer de bancos de préstamo es de 6,000,000m³ que se colocan como material T y 3C, en cambio en la Alternativa nueva propuesta el volumen a explotar de banco de préstamo es de 2,700,000m³ que se coloca como material 3C únicamente. Es por eso que los precios de estos dos materiales en la Alternativa CFE resulta ser de mayor costo.

Para obtener los precios de la Obra de Excedencias se tomaron las siguientes consideraciones: La excavación en los canales de llamada y de descarga para la alternativa nueva propuesta tienen un menor precio unitario debido a que el volumen es mayor y la dificultad se reduce conforme se tiene mayor espacio para trabajar; el precio unitario en los concretos de la Estructura de Control es igual ya que en ambas alternativas la estructura es exterior y la dificultad que presenta es similar.

La excavación en los túneles vertederos presenta un alto grado de dificultad especialmente en la zona de Reducción que cuenta además con una pendiente de 45° respecto a la horizontal lo que dificulta aún más su excavación; la excavación de los túneles tiene dos precios, el correspondiente a la Reducción en rama inclinada y el de la Sección constante que tiene una menor pendiente, en la zona inclinada se consideró construir un barrenado piloto (Ø=2.4m) y banqueo a las secciones requeridas en cada tramo; para zona de sección constante el procedimiento es el utilizado tradicionalmente de barrenación horizontal.

Los concretos en los túneles también tienen dos precios, el correspondiente a la zona de Reducción y el de la zona de Sección constante, en la zona de reducción se consideró una suma global por \$500,000 USD por instalaciones en cada túnel y avances en tramos de 2.5m debido a la dificultad que presenta la reducción de la sección; también se consideró un mayor costo de cimbra por lo que su precio es prácticamente el doble que en la zona de Sección constante.

Respecto a la Obra de Generación el procedimiento constructivo y las consideraciones de los precios son iguales para ambas alternativas, estos precios fueron tomados de proyectos similares haciendo las modificaciones correspondientes para aplicarlos a éste Proyecto.

Análisis de los aspectos constructivos generales para la optimización del diseño de ingeniería conceptual del P.H. La Yesca localizado en el estado de Nayarit

En los Túneles de Acceso a C.M. y el de Desfogue se consideró que un 17% de su longitud se encuentra reforzada con marcos metálicos debido a la calidad del material que existe en el lugar.

A continuación se muestra el Presupuesto de forma resumida para hacer notar el ahorro que se menciona, el presupuesto detallado se encuentra en el Anexo 3 como ya se había mencionado.

Resumen del Presupuesto

ESTRUCTURA	IMPORTE TOTAL EN PESOS		
	ALTERNATIVA CFE	ALTERNATIVA NUEVA	DIFERENCIA
OBRA DE DESVÍO			
Pre-Ataguía A. Arr. y Ataguía A. Ab.	\$61,998,676.40	\$75,265,177.08	\$13,266,500.67
Portales	\$84,004,166.79	\$80,815,313.56	-\$3,188,853.22
Túneles	\$480,550,442.76	\$504,708,465.69	\$24,158,022.93
IMPORTE TOTAL OBRA DE DESVÍO	\$626,553,285.95	\$660,788,956.33	\$34,235,670.38
CORTINA			
Construcción	\$1,624,818,071.74	\$1,477,025,166.34	-\$147,792,905.40
Instrumentación	\$59,768,023.01	\$59,768,023.01	\$0.00
IMPORTE TOTAL CORTINA	\$1,684,586,094.75	\$1,536,793,189.34	-\$147,792,905.40
OBRA DE GENERACIÓN			
Obra de Toma y Canal de Llamada	\$154,345,743.75	\$145,629,538.31	-\$8,716,205.45
Conducciones a Presión	\$178,640,880.64	\$178,640,880.64	\$0.00
Casa de Máquinas	\$209,056,231.98	\$209,056,231.98	\$0.00
Túneles de Aspiración	\$70,617,083.37	\$70,617,083.37	\$0.00
Galería de Oscilación	\$64,479,392.56	\$64,479,392.56	\$0.00
Desfogue	\$96,577,031.29	\$87,256,607.50	-\$9,320,423.79
Túneles de Acceso a C.M. y G.O.	\$14,115,774.47	\$17,380,925.71	\$3,265,151.24
Subestación Elevadora	\$61,261,661.73	\$61,261,661.73	\$0.00
IMPORTE TOTAL OBRA DE GENERACIÓN	\$849,093,799.81	\$834,322,321.81	-\$14,771,478.00
OBRA DE EXCEDENCIAS			
Canal de Llamada y Estructura de Control	\$313,851,715.97	\$544,738,760.83	\$230,887,044.86
Canal de Descarga y Cubeta Deflectora	\$1,232,851,632.81	\$678,628,630.73	-\$554,223,002.07
IMPORTE TOTAL OBRA DE EXCEDENCIAS	\$1,546,703,348.78	\$1,223,367,391.56	-\$323,335,957.22
IMPORTE TOTAL OBRA CIVIL	\$4,706,936,529.28	\$4,255,271,859.04	-\$451,664,670.24
PORCENTAJE	100.00%	90.40%	9.60%

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Alternativa CFE que originalmente existía se ha optimizado en el presente trabajo; los cambios propuestos han economizado el proyecto además de mejorar las estructuras del mismo, tanto en volumen como en ubicación. Los cambios más significativos se sintetizan a continuación para dejar en evidencia que se ha cumplido con el objetivo principal de esta tesis.

Respecto a la Obra de generación los principales cambios son: La reducción del volumen de excavación en la Obra de Toma en $100,000\text{m}^3$, la reducción del túnel de Desfogue en 30m y por tanto la disminución del volumen de excavación subterránea; y la reubicación del Portal de los túneles de Desfogue y de Acceso a C.M. que ahora se desplanta en roca más competente lo que representa mayor facilidad de ejecución y menores riesgos de caídos. Lo anterior representa un ahorro de 15 millones de pesos.

En la Obra de Excedencias se propone modificar el tipo de estructura, de Vertedor en Túneles a Vertedor en Canal a cielo abierto que implica un procedimiento constructivo menos riesgoso y más rápido de ejecutar, debido a dicho cambio se tiene un ahorro de 323 millones de pesos.

En lo relativo a la Cortina se ha modificado el eje de la Cortina desplazándolo aproximadamente 63m aguas arriba; éste desplazamiento permitió la reubicación del Desfogue y el Túnel de acceso a C.M. antes mencionado, sin embargo el volumen de la Cortina aumenta respecto a la propuesta original ($12,400,000\text{m}^3$ vs $11,809,000\text{m}^3$). Teniendo en cuenta que gran parte del material producto de la excavación del vertedor a cielo abierto se utiliza en la construcción de la Cortina, comparado con la solución de vertedor en túneles donde se requeriría acudir a bancos de préstamo para extraer el material faltante de la cortina; se tiene un ahorro de 147 millones de pesos en Cortina debido a esta situación. Cabe hacer mención que en el caso de que el despalme en margen derecha para el empotramiento de la cortina se incrementara por no encontrar roca sana, se podría sustituir esta sobre excavación a base de concreto hidráulico a un

costo menor que el de construir el Portal del Desfogue en la zona considerada en la Alternativa CFE.

Generado del desplazamiento del eje de la Cortina, en la Obra de Desvío se presentan algunos cambios, que radican principalmente en la reubicación de la Pre-Ataguía Aguas Arriba (60m aguas arriba), la reducción de la excavación del Portal de Salida (36,000m³) y el aumento en la longitud de los túneles (25m). Estos cambios significan un incremento en el presupuesto de la Alternativa nueva propuesta de 34 millones de pesos, significativamente menor al ahorro que se produce en las obras antes descritas.

Estos cambios se reflejan en la Alternativa nueva, sin embargo se debe tomar con reserva los presupuestos aquí mostrados ya que no se consideran los costos no factibles de cuantificar debido al tipo y profundidad de información proporcionada por CFE, además no se han considerado el incremento en los costos debido a dificultades imprevistas en la ejecución del proyecto.

Concluyendo; del análisis realizado entre la Alternativa CFE y la Alternativa nueva se tiene un ahorro de 451 millones de pesos en todo el proyecto.

En este primer estudio basado en arreglos conceptuales concluyo que el proyecto es factible de ejecutar en 55 meses de acuerdo al programa analizado para ambas alternativas. El presupuesto aproximado correspondiente a la obra civil es de:

4,706 millones de pesos	para la Alternativa CFE
4,255 millones de pesos	para la Alternativa nueva

El tiempo de construcción así como el presupuesto podrían ajustarse dependiendo de los resultados de los estudios que actualmente se adelantan en el sitio ya que el factor geológico tiene gran incidencia en estos aspectos.

Recomendaciones:

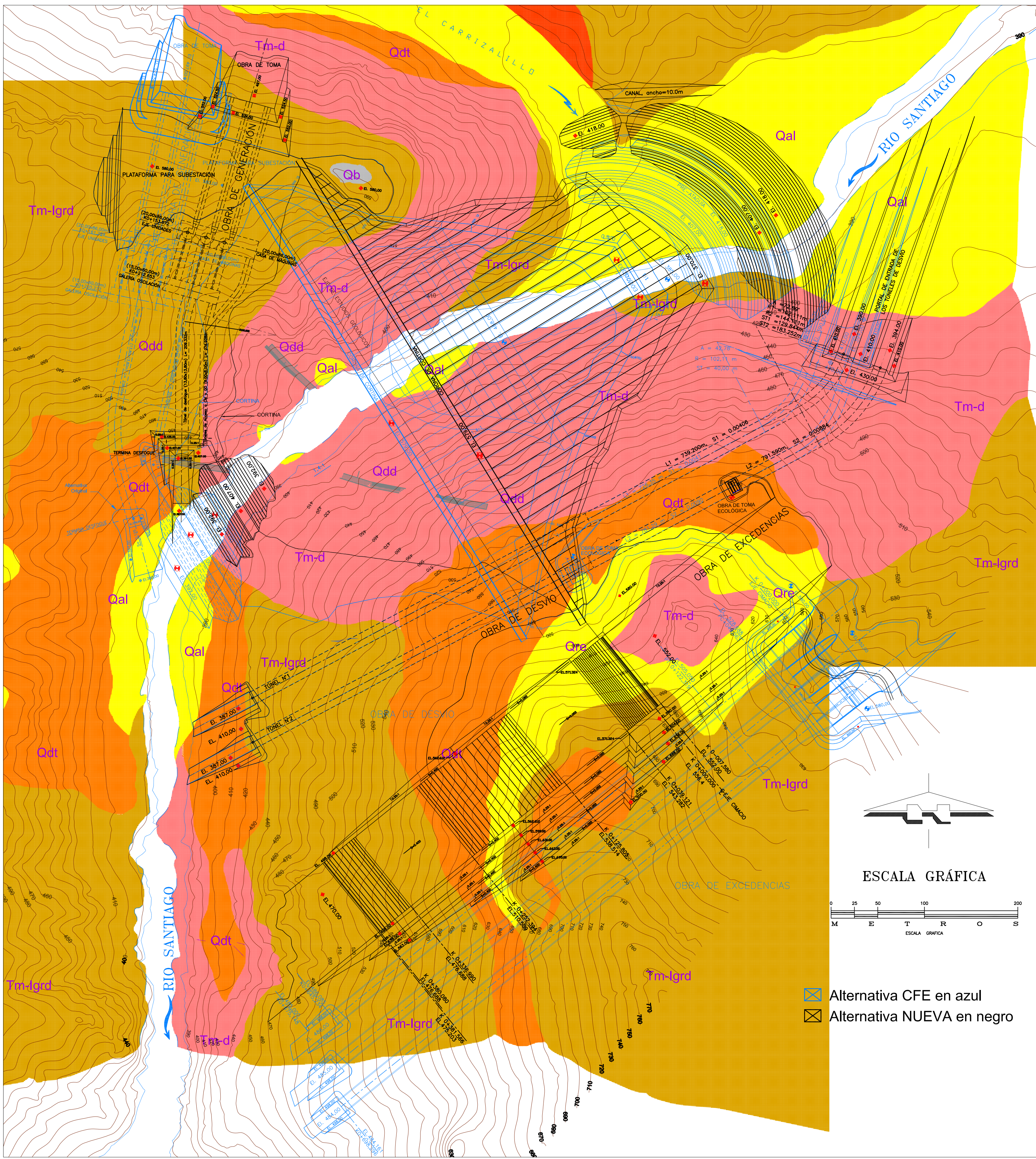
De acuerdo a lo estudiado en este informe es importante continuar con los estudios geológicos para determinar la ubicación óptima de las estructuras, especialmente el canal vertedor a cielo abierto, buscando el mayor volumen de roca aprovechable en la construcción de la cortina; en función de esto podría ajustarse el costo del proyecto.

Considero que además de los volúmenes de las estructuras es muy importante tomar en cuenta su ubicación ya que si éstas se alojan en sitios de roca de mala calidad, su excavación presentaría un mayor grado de dificultad, provocando caídos de material en zonas inestables lo que podría incrementar los costos de tratamientos y los costos no considerados por el retiro de los caídos y reposición en concreto para llegar a la línea de proyecto donde se requiera.

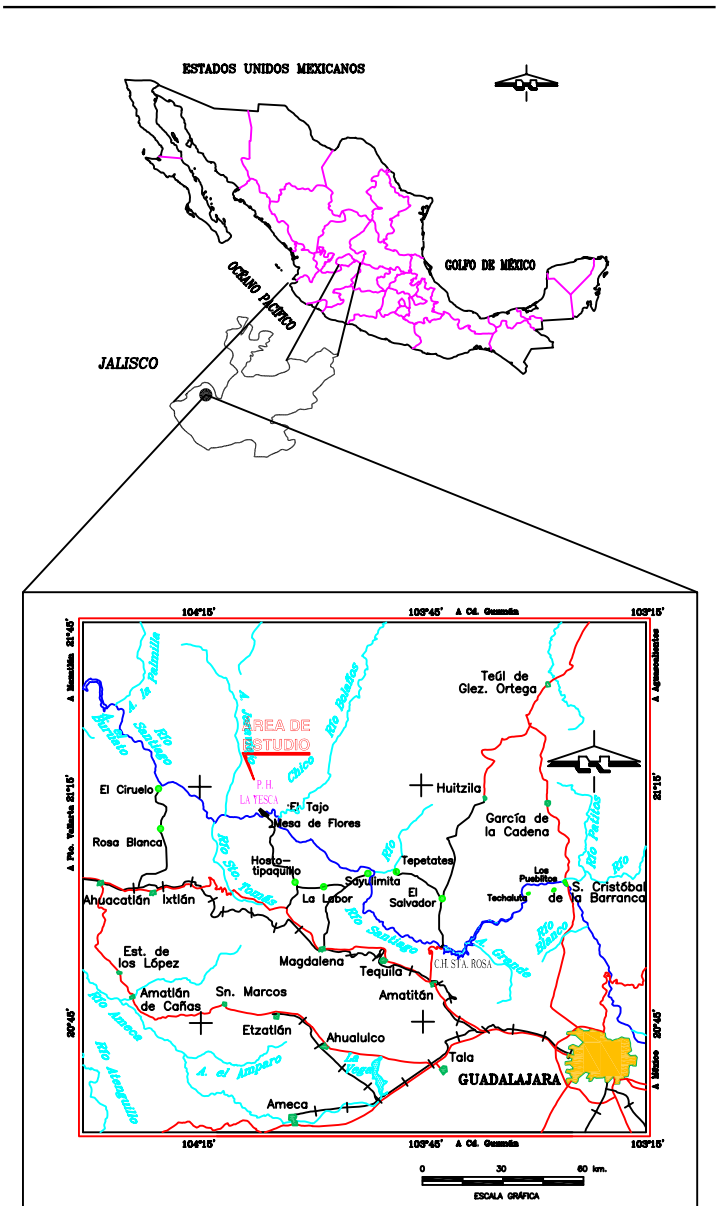
Creo conveniente estudiar la posibilidad de construir una Ataguía Aguas Arriba fuera de la Cortina como en el caso del P.H. El Cajón, a fin de no correr riesgo alguno durante el primer año de construcción de la Cortina, y cubrir cualquier contingencia que se pudiera presentar en el desplante y construcción de la Ataguía Aguas Arriba integrada a la Cortina.

ANEXO 1

Plano de las dos propuestas de arreglo general.



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



Cuaternario	Plueta. Holoceno	Qdt	Qal	Qre
	Basalto	Qdd	Talud	Aluvión
Cenozoico	Plueta. Pleistoceno	Qdd	Suelo Residual	
	Dolerítico			
Terciario	Mioceno	Tm-lgr		
	Ignimbrita Rioltica	Tm-d		
Cenozoico	Dacita	Tm-lgrd		
	Ignimbrita Dacitica	Tom-als		
Cenozoico	Andesita			
	Rioltica			

SÍMBOLOS TOPOGRÁFICOS

Curva maestra

Curva ordinaria

Cruce de coordenadas

Río

Secciones

Socavón (Ubic. Aprox.)

Camino

SÍMBOLOS GEOLÓGICOS

Contacto Geológico

Dique

Falla

Falla inferida

Lineamiento

Fractura rellena

Fractura

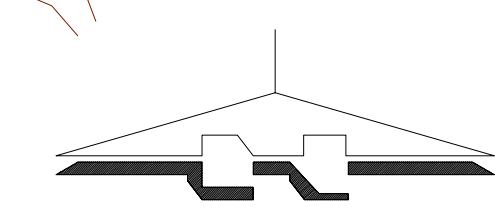
Fractura vertical

Sondeo 1991

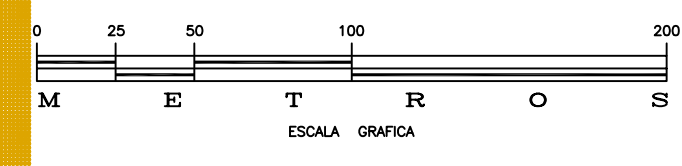
Sondeo Octubre - Diciembre 2004

Sondeo Abril 2004

Sondeo Programado 2005



ESCALA GRÁFICA



- Alternativa CFE en azul
- Alternativa NUEVA en negro

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

TEMA DE TESIS:
Análisis de los aspectos constructivos generales para la optimización del diseño de ingeniería conceptual del P.H. La Yesca localizado en el estado de Nayarit

PLANO: ARREGLO GENERAL

CONTENIDO:
Arreglo general de la Alternativa CFE (Obra de Excedencias en túneles) y de la Alternativa Nueva Propuesta (Obra de Excedencias en Canal)

CONJUNTO: PLANTA GENERAL	ACOTACIONES: METROS	1/1
ELABORÓ: ERICK PONCE PATLÁN	ESCALA: GRÁFICA	

ANEXO 2

- a) Programa general de obra de la Alternativa CFE.*
- b) Programa general de obra de la Alternativa nueva.*

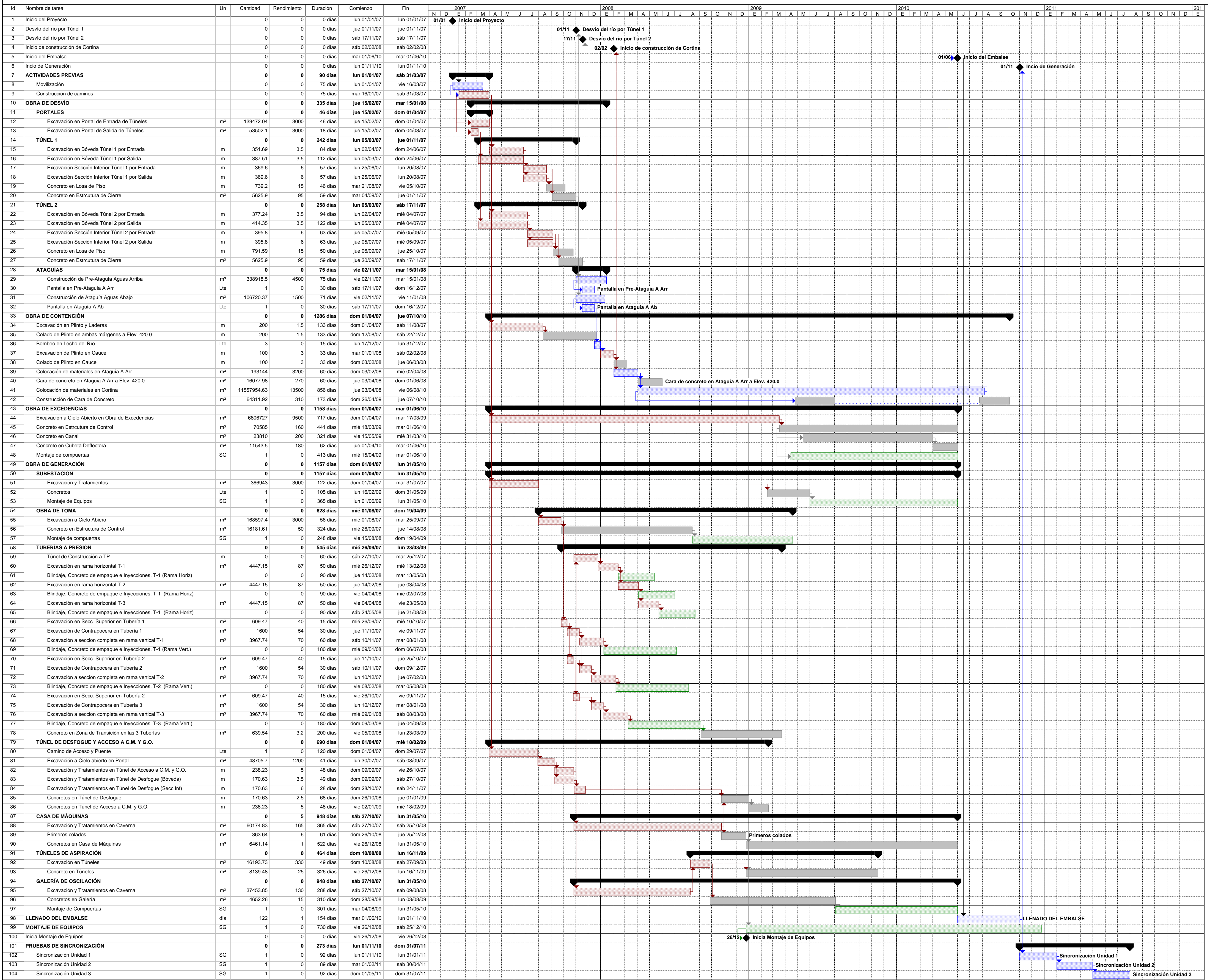


UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MÉXICO

PROGRAMA GENERAL
ALTERNATIVA NUEVA PROPUESTA



Erick
Ponce
Patlán



Proyecto: Programa Yesca NVO	Tarea	División	Progreso	Hito	Resumen	Resumen del proyecto	Tareas externas	Hito externo	Fecha límite
------------------------------	-------	----------	----------	------	---------	----------------------	-----------------	--------------	--------------

ANEXO 3

Presupuesto desglosado de ambas alternativas.

Resumen

ESTRUCTURA	IMPORTE TOTAL EN PESOS		
	ALT. CFE	ALT. NUEVA	DIFERENCIA
OBRA DE DESVÍO			
Pre-Ataguía A. Arr. y Ataguía A. Ab.	\$61,998,676.40	\$75,265,177.08	\$13,266,500.67
Portales	\$84,004,166.79	\$80,815,313.56	-\$3,188,853.22
Túneles	\$480,550,442.76	\$504,708,465.69	\$24,158,022.93
IMPORTE TOTAL OBRA DE DESVÍO	\$626,553,285.95	\$660,788,956.33	\$34,235,670.38
OBRA DE CONTENCIÓN			
Cortina	\$1,624,818,071.74	\$1,477,025,166.34	-\$147,792,905.40
Instrumentación	\$59,768,023.01	\$59,768,023.01	\$0.00
IMPORTE TOTAL OBRA DE CONTENCIÓN	\$1,684,586,094.75	\$1,536,793,189.34	-\$147,792,905.40
OBRA DE GENERACIÓN			
Canal de Llamada y Obra de Toma	\$154,345,743.75	\$145,629,538.31	-\$8,716,205.45
Conducciones a Presión	\$178,640,880.64	\$178,640,880.64	\$0.00
Casa de Máquinas	\$209,056,231.98	\$209,056,231.98	\$0.00
Túneles de Aspiración	\$70,617,083.37	\$70,617,083.37	\$0.00
Galería de Oscilación	\$64,479,392.56	\$64,479,392.56	\$0.00
Desfogue	\$96,577,031.29	\$87,256,607.50	-\$9,320,423.79
Túneles de Acceso a C.M. y G.O.	\$14,115,774.47	\$17,380,925.71	\$3,265,151.24
Subestación Elevadora	\$61,261,661.73	\$61,261,661.73	\$0.00
IMPORTE TOTAL OBRA DE GENERACIÓN	\$849,093,799.81	\$834,322,321.81	-\$14,771,478.00
OBRA DE EXCEDENCIAS			
Canal de Llamada y Estructura de Control	\$313,851,715.97	\$544,738,760.83	\$230,887,044.86
Canal de Descarga y Cubeta Deflectora	\$1,232,851,632.81	\$678,628,630.73	-\$554,223,002.07
IMPORTE TOTAL OBRA DE EXCEDENCIAS	\$1,546,703,348.78	\$1,223,367,391.56	-\$323,335,957.22
IMPORTE TOTAL OBRA CIVIL	\$4,706,936,529.28	\$4,255,271,859.04	-\$451,664,670.24

Presupuesto desglosado de ambas alternativas.

ALTERNATIVA		CFE	NUEVA	CFE	NUEVA	CFE	NUEVA	
CONCEPTO		UNIDAD	CANTIDAD		PRECIO UNITARIO EN PESOS		IMPORTE TOTAL EN PESOS	
OBRA DE DESVÍO								
PRE-ATAGUÍA AGUAS ARRIBA Y ATAGUÍA AGUAS ABAJO								
	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO EN CUALQUIER CLASE DE MATERIAL EN LA ZONA DE PRE-ATAGUÍA (INCLUYE TRATAMIENTOS)	m³	46,742.68	54,873.20	\$49.84	\$49.84	\$2,329,495.59	\$2,734,692.95
	COLOCACIÓN DE MATERIALES QUE INTEGRAN LA PRE-ATAGUÍA AGUAS ARRIBA	m³	280,498.50	338,918.50	\$68.96	\$68.96	\$19,343,156.08	\$23,371,795.02
	COLOCACIÓN DE MATERIALES QUE INTEGRAN LA ATAGUÍA AGUAS ABAJO	m³	68,002.00	68,282.00	\$68.96	\$68.96	\$4,689,412.96	\$4,708,721.74
	PANTALLA PLASTICA IMPERMEABLE EN PRE-ATAGUÍA AGUAS ARRIBA Y EN ATAGUÍA AGUAS ABAJO, DE 80 cm DE ESPESOR Y PROFUNDIDAD VARIABLE INCLUYE: SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE PVC DE Ø= 6", CONCRETO f'c= 19,6 MPa (200 kg/cm²) EN BROCAL, DEMOLICIÓN Y RETIRO DE BROCAL GUÍA DE CONCRETO Y MEZCLA AUTOFRAGUANTE	m²	2,464.50	3,074.00	\$14,459.98	\$14,459.98	\$35,636,611.78	\$44,449,967.38
Importe Total Pre-Ataguía							\$61,998,676.40	\$75,265,177.08
PORTALES								
	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO EN CUALQUIER CLASE DE MATERIAL EN PORTALES DE ENTRADA Y DE SALIDA DE LOS TÚNELES DE DESVÍO Y EN PLATAFORMAS DE OPERACIÓN DE OBTURADORES (INCLUYE CUNETAS, CONTRACUNETAS Y TRATAMIENTOS)	m³	228,982.50	192,458.04	\$87.31	\$87.31	\$19,991,851.58	\$16,802,998.35
	CONCRETO REFORZADO f'c=19,6 MPa (200 kg/cm²) EN ESTRUCTURA DE OBTURADORES, INCLUYE ACERO DE REFUERZO fy= 412,02 MPa (4200 kg/cm²)	m³	10,126.62	10,126.62	\$6,120.08	\$6,120.08	\$61,975,705.42	\$61,975,705.42
	ESTRUCTURA METÁLICA PARA ZONA DE OPERACIÓN DE COMPUERTAS, ACERO ASTM A-36	Ton	41.58	41.58	\$48,980.51	\$48,980.51	\$2,036,609.79	\$2,036,609.79
Importe Total Portales							\$84,004,166.79	\$80,815,313.56
TÚNELES								
	EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA EN CUALQUIER CLASE DE MATERIAL EN TÚNELES DE DESVÍO (INCLUYE TRATAMIENTOS)	m³	270,122.38	291,397.04	\$1,087.05	\$1,087.05	\$293,635,545.63	\$316,762,087.00
	CONCRETO f'c = 19,62 MPa (200 kg/cm²) EN LOSA DE PISO EN TÚNELES DE DESVÍO, INCLUYE ACERO DE REFUERZO fy= 412,02 MPa (4200 kg/cm²)	m³	6,965.30	7,072.25	\$6,179.57	\$6,179.57	\$43,042,536.91	\$43,703,461.66
	CONCRETO f'c = 19,62 MPa (200 kg/cm²) EN MUROS DE TÚNELES DE DESVÍO, INCLUYE ACERO DE REFUERZO fy= 412,02 MPa (4200 kg/cm²)	m³	11,307.30	11,480.93	\$6,179.57	\$6,179.57	\$69,874,248.22	\$70,947,206.91
	CONCRETO f'c = 19,62 MPa (200 kg/cm²) EN TAPÓN DE TÚNEL N°2, INCLUYE ACERO DE REFUERZO fy= 412,02 MPa (4200 kg/cm²)	m³	5,569.24	5,569.24	\$3,652.55	\$3,652.55	\$20,341,918.25	\$20,341,918.25
	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO EN CUALQUIER CLASE DE MATERIAL EN OBRA DE TOMA ECOLÓGICA (INCLUYE TRATAMIENTOS)	m³	10,827.00	2,694.00	\$86.36	\$86.36	\$935,067.65	\$232,665.76
	OBRA DE TOMA ECOLÓGICA (INCLUYE EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA, TRATAMIENTOS, CONCRETOS, ESTRUCTURA METÁLICA, TUBOS DE VENTILACIÓN Y TODO LO NECESARIO PARA SU CONSTRUCCIÓN)	Lte	1.00	1.00	\$52,721,126.11	\$52,721,126.11	\$52,721,126.11	\$52,721,126.11
Importe Total Túneles							\$480,550,442.76	\$504,708,465.69
IMPORTE TOTAL OBRA DE DESVÍO							\$626,553,285.95	\$660,788,956.33

Análisis de los aspectos constructivos generales para la optimización del diseño de ingeniería conceptual del P.H. La Yesca localizado en el estado de Nayarit

Presupuesto desglosado de ambas alternativas.

ALTERNATIVA		CFE	NUEVA	CFE	NUEVA	CFE	NUEVA	
CONCEPTO		UNIDAD	CANTIDAD		PRECIO UNITARIO EN PESOS		IMPORTE TOTAL EN PESOS	
OBRA DE CONTENCIÓN								
CORTINA								
	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO EN CUALQUIER CLASE DE MATERIAL EN LA ZONA DEL PLINTO (INCLUYE TRATAMIENTOS)	m³	158,372.50	171,592.14	\$85.03	\$85.03	\$13,466,198.44	\$14,590,246.46
	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO EN CUALQUIER CLASE DE MATERIAL EN LADERAS	m³	252,884.42	254,972.88	\$50.95	\$50.95	\$12,883,567.63	\$12,989,967.29
	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO EN CUALQUIER CLASE DE MATERIAL EN CAUCE	m³	63,213.50	60,749.78	\$53.46	\$53.46	\$3,379,449.74	\$3,247,737.08
	INYECCIÓN DE PANTALLA PROFUNDA IMPERMEABLE Y TRATAMIENTO DE FALLAS EN PLINTO	Lte	1.00	1.00	\$5,787,116.16	\$5,787,116.16	\$5,787,116.16	\$5,787,116.16
	MATERIAL SELLANTE 1S	m³	830.00	899.00	\$185.02	\$185.02	\$153,563.38	\$166,329.49
	MATERIAL SOBRE CARA DE CONCRETO 1B	m³	331,774.00	333,142.00	\$185.02	\$185.02	\$61,383,536.61	\$61,636,638.65
	APOYO DE LA CARA DE CONCRETO 2	m³	210,937.00	211,807.00	\$160.88	\$160.88	\$33,936,299.39	\$34,076,268.10
	FILTRO DE PROTECCIÓN DE JUNTA PERIMETRAL 2F	m³	5,324.00	5,346.00	\$160.88	\$160.88	\$856,544.17	\$860,083.61
	ALUVIÓN EN CUERPO DE CORTINA 3B	m³	3,385,544.00	3,399,498.00	\$82.91	\$82.91	\$280,702,258.73	\$281,859,212.92
	TRANSICIÓN T	m³	4,503,110.00	4,521,670.00	\$81.47	\$64.00	\$366,877,882.34	\$289,386,161.48
	ENROCAMIENTO COMPACTADO 3C	m³	3,837,151.00	3,852,966.00	\$85.48	\$72.02	\$328,001,397.05	\$277,507,472.33
	ENROCAMIENTO DE PROTECCIÓN 4	m³	101,451.00	101,869.00	\$127.26	\$127.26	\$12,910,962.24	\$12,964,158.19
	RELLENO EN CAJÓN DE CORTINA	m³	12,054.00	12,103.00	\$185.02	\$185.02	\$2,230,184.25	\$2,239,250.04
	CONCRETO REFORZADO EN EL PLINTO $f'c= 24,53$ MPa (250 kg/cm²), INCLUYE ACERO DE REFUERZO $f_y= 412,02$ MPa (4200 kg/cm²)	m³	4,179.12	4,527.96	\$8,536.68	\$8,536.68	\$35,675,814.62	\$38,653,750.44
	CONCRETO REFORZADO $f'c= 24,53$ MPa (250 kg/cm²) EN LA LOSA DE LA CARA AGUAS ARRIBA DE LA CORTINA. INCLUYE ACERO DE REFUERZO $f_y= 4200$ kg/cm²; JUNTAS DE TENSIÓN, DE COMPRESIÓN Y PERIMETRALES CON EL PLINTO	m³	68,230.00	64,214.00	\$6,411.63	\$6,411.63	\$437,465,715.83	\$411,716,597.92
	CONCRETO REFORZADO $f'c= 24,53$ MPa (250 kg/cm²) EN PARAPETO. INCLUYE ACERO DE REFUERZO $f_y= 4200$ kg/cm².	m³	1,862.90	1,903.40	\$5,841.85	\$5,841.85	\$10,882,785.48	\$11,119,380.47
	BOMBEO EN LECHO DE RÍO	Lte	1.00	1.00	\$18,224,795.69	\$18,224,795.69	\$18,224,795.69	\$18,224,795.69
	Importe Total Cortina						\$1,624,818,071.74	\$1,477,025,166.34
INSTRUMENTACIÓN								
	INSTRUMENTACIÓN DE LA CORTINA	Lte	1.00	1.00	\$59,768,023.01	\$59,768,023.01	\$59,768,023.01	\$59,768,023.01
	Importe Total Instrumentación						\$59,768,023.01	\$59,768,023.01
IMPORTE TOTAL OBRA DE CONTENCIÓN							\$1,684,586,094.75	\$1,536,793,189.34

Presupuesto desglosado de ambas alternativas.

ALTERNATIVA		CFE	NUEVA	CFE	NUEVA	CFE	NUEVA	
CONCEPTO		UNIDAD	CANTIDAD		PRECIO UNITARIO EN PESOS		IMPORTE TOTAL EN PESOS	
OBRA DE GENERACIÓN								
CANAL DE LLAMADA Y OBRA DE TOMA								
	EXCAVACION A CIELO ABIERTO EN CUALQUIER CLASE DE MATERIAL EN PLATAFORMA PARA OBRA DE TOMA. (INCLUYE TRATAMIENTOS)	m³	268,431.00	168,597.40	\$87.31	\$87.31	\$23,435,994.94	\$14,719,789.49
	CONCRETO f'c = 19,62 MPa (200 kg/cm²) EN LA PLANTILLA DE CANAL DE LLAMADA, INCLUYE ACERO DE REFUERZO fy= 412,02 MPa (4200 kg/cm²)	m³	218.05	218.05	\$5,028.84	\$5,028.84	\$1,096,538.47	\$1,096,538.47
	CONCRETO f'c = 24,53 MPa (250 kg/cm²) EN BOCATOMA, INCLUYE ACERO DE REFUERZO fy= 412,02 MPa (4200 kg/cm²).	m³	3,162.48	3,162.48	\$6,895.96	\$6,895.96	\$21,808,345.81	\$21,808,345.81
	CONCRETO f'c = 24,53 MPa (250 kg/cm²) EN ESTRUCTURAS DE COMPUERTAS (RANURAS), INCLUYE: ACERO DE REFUERZO fy= 412,02 MPa (4200 kg/cm²), PARTES FIJAS EN PRIMEROS COLADOS, Y CONCRETO f'c = 24,53 MPa (250 kg/cm²) PARA SEGUNDOS COLADOS	m³	11,677.77	11,677.77	\$6,993.82	\$6,993.82	\$81,672,213.73	\$81,672,213.73
	CONCRETO f'c = 24,53 MPa (250 kg/cm²) EN ZONA DE OPERACIÓN DE COMPUERTAS, INCLUYE ACERO DE REFUERZO fy= 412,02 MPa (4200 kg/cm²)	m³	1,124.31	1,124.31	\$5,043.63	\$5,043.63	\$5,670,605.25	\$5,670,605.25
	REJILLA EN BOCATOMA ACERO ASTM A-36 INCLUYE SOLDADURA	Ton	196.20	196.20	\$63,399.35	\$63,399.35	\$12,438,951.80	\$12,438,951.80
	TRABE CARRIL DE ACERO ASTM A-36 EN ZONA DE OPERACIÓN DE COMPUERTAS	Ton	158.40	158.40	\$51,913.47	\$51,913.47	\$8,223,093.76	\$8,223,093.76
Importe Total Canal de Llamada							\$154,345,743.75	\$145,629,538.31
CONDUCCIONES A PRESIÓN								
	EXCAVACION SUBTERRÁNEA EN CUALQUIER CLASE DE MATERIAL EN LA TUBERÍA A PRESIÓN (INCLUYE TRATAMIENTOS)	m³	26,325.00	26,325.00	\$830.01	\$830.01	\$21,849,897.78	\$21,849,897.78
	BLINDAJE DE ACERO DE Ø=2" EN LA TUBERIA A PRESIÓN (INCLUYE LIMPIEZA, PROTECCIÓN ANTICORROSIVA, Y REVESTIMIENTO EXTERIOR)	Ton	3,980.00	3,980.00	\$30,352.48	\$30,352.48	\$120,802,882.79	\$120,802,882.79
	CONCRETO DE EMPAQUE f'c= 24,53 MPa (250 kg/cm²) EN TUBERÍA A PRESIÓN	m³	9,271.00	9,271.00	\$3,881.79	\$3,881.79	\$35,988,100.07	\$35,988,100.07
Importe Total Conducciones a Presión							\$178,640,880.64	\$178,640,880.64

Análisis de los aspectos constructivos generales para la optimización del diseño de ingeniería conceptual del P.H. La Yesca localizado en el estado de Nayarit

Presupuesto desglosado de ambas alternativas.

ALTERNATIVA		CFE	NUEVA	CFE	NUEVA	CFE	NUEVA
CONCEPTO		UNIDAD	CANTIDAD		PRECIO UNITARIO EN PESOS		IMPORTE TOTAL EN PESOS
OBRA DE GENERACIÓN							
CASA DE MÁQUINAS							
	EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA EN CUALQUIER CLASE DE MATERIAL EN BÓVEDA Y CAVERNA DE CASA DE MÁQUINAS (INCLUYE TRATAMIENTOS)	m³	60,174.83	60,174.83	\$491.77	\$491.77	\$29,592,472.21
	EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA EN CUALQUIER CLASE DE MATERIAL EN LUMBRERAS DE BUSES, CABLES Y VENTILACIÓN (INCLUYE TRATAMIENTOS)	m³	25,639.86	25,639.86	\$1,042.45	\$1,042.45	\$26,728,283.70
	CONCRETOS f'c= 24,53 MPa (250 kg/cm²) EN CASA DE MÁQUINAS, DE PRIMEROS Y SEGUNDOS COLADOS, LOSAS DE PISOS, MUROS Y RELLENOS, INCLUYE ACERO DE REFUERZO fy = 412,02 MPa (4200 kg/cm²)	Lte	1.00	1.00	\$116,169,043.50	\$116,169,043.50	\$116,169,043.50
	CONCRETO f'c = 24,53 MPa (250 kg/cm²) EN LUMBRERAS, INCLUYE ACERO DE REFUERZO fy= 412,02 MPa (4200 kg/cm²)	m³	4,423.77	4,423.77	\$8,189.94	\$8,189.94	\$36,230,396.25
	ESTRUCTURA METÁLICA Y TRABE CARRIL ACERO ASTM A-36.	Lte	1.00	1.00	\$48,980.51	\$48,980.51	\$48,980.51
	BANOS DENTRO DE CASA DE MÁQUINAS INCLUYE MUEBLES SANITARIOS, ACABADOS, INSTALACIONES DE SUMINISTRO DE AGUA Y SANITARIA.	Lte	1.00	1.00	\$287,055.81	\$287,055.81	\$287,055.81
Importe Total Casa de Máquinas							\$209,056,231.98
TÚNELES DE ASPIRACIÓN							
	EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA EN CUALQUIER CLASE DE MATERIAL EN TÚNELES DE ASPIRACIÓN (INCLUYE TRATAMIENTOS)	m³	16,193.73	16,193.73	\$962.59	\$962.59	\$15,587,899.57
	CONCRETO REFORZADO f'c= 24,53 MPa (250 kg/cm²) EN TÚNELES DE ASPIRACIÓN. INCLUYE ACERO DE REFUERZO fy= 4200 kg/cm².	m³	8,139.48	8,139.48	\$6,760.77	\$6,760.77	\$55,029,183.80
Importe Total Túneles de Aspiración							\$70,617,083.37
GALERÍA DE OSCILACIÓN							
	EXCAVACIÓN EN BÓVEDA Y CAVERNA DE GALERÍA DE OSCILACIÓN (INCLUYE TRATAMIENTOS)	m³	37,453.85	37,453.85	\$491.07	\$491.07	\$18,392,542.53
	CONCRETO f'c = 24,52 MPa (250 kg/cm²) EN GALERÍA DE OSCILACIÓN, EN MUROS, LOSA DE PISO, LOSA EN ZONA DE OPERACIÓN Y PILAS. INCLUYE ACERO DE REFUERZO fy = 412,02 MPa (4200 kg/cm²)	Lte	1.00	1.00	\$46,086,850.03	\$46,086,850.03	\$46,086,850.03
Importe Total Galería de Oscilación							\$64,479,392.56

Presupuesto desglosado de ambas alternativas.

ALTERNATIVA		CFE	NUEVA	CFE	NUEVA	CFE	NUEVA	
CONCEPTO		UNIDAD	CANTIDAD		PRECIO UNITARIO EN PESOS		IMPORTE TOTAL EN PESOS	
OBRA DE GENERACIÓN								
DESFOGUE								
	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO EN CUALQUIER CLASE DE MATERIAL EN PORTAL DE SALIDA DEL DESFOGUE Y ACCESO A C.M. Y G.O. (INCLUYE TRATAMIENTOS)	m³	37,029.30	48,705.70	\$78.16	\$78.16	\$2,894,294.74	\$3,806,948.85
	EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA EN CUALQUIER CLASE DE MATERIAL EN TÚNEL DE DESFOGUE (INCLUYE TRATAMIENTOS)	m³	50,387.60	44,318.20	\$580.07	\$580.07	\$29,228,385.57	\$25,707,702.64
	CONCRETO REFORZADO f'c = 19,62 MPa (200 kg/cm²) EN LOSA DE PISO EN PORTAL DE SALIDA DEL DESFOGUE Y ACCESO A C.M. Y G.O., INCLUYE ACERO DE REFUERZO fy= 412,02 MPa (4200 kg/cm²)	m³	1,027.29	1,104.79	\$5,224.26	\$5,224.26	\$5,366,827.11	\$5,771,707.04
	CONCRETO REFORZADO f'c= 24,53 MPa (250 kg/cm²) EN SECCIÓN COMPLETA EN TÚNEL DE DESFOGUE. INCLUYE ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm².	m³	10,002.40	8,797.58	\$5,907.33	\$5,907.33	\$59,087,523.87	\$51,970,248.97
	Importe Total Desfogue						\$96,577,031.29	\$87,256,607.50
TÚNELES DE ACCESO A C.M. Y G.O.								
	EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA EN CUALQUIER CLASE DE MATERIAL EN TÚNEL DE ACCESO A C.M. Y G.O. (INCLUYE TRATAMIENTOS)	m³	13,388.90	16,486.28	\$797.30	\$797.30	\$10,675,033.53	\$13,144,589.31
	CONCRETO REFORZADO f'c= 24,53 MPa (250 kg/cm²) EN LOSA DE PISO DE TÚNEL DE ACCESO A C.M. Y G.O. INCLUYE ACERO DE REFUERZO fy= 4200 kg/cm².	m³	566.80	697.86	\$6,070.47	\$6,070.47	\$3,440,740.94	\$4,236,336.40
	Importe Total Túneles de Acceso a C.M. y G.O.						\$14,115,774.47	\$17,380,925.71
SUBESTACIÓN ELEVADORA (OBRA CIVIL)								
	EXCAVACION A CIELO ABIERTO EN CUALQUIER CLASE DE MATERIAL EN PLATAFORMA DE SUBESTACIÓN (INCLUYE TRATAMIENTOS)	m³	366,943.00	366,943.00	\$81.42	\$81.42	\$29,875,853.65	\$29,875,853.65
	CONCRETO REFORZADO f'c= 24,53 MPa (250 kg /cm2), INCLUYE ACERO DE REFUERZO fy= 412,02 MPa (4200 kg/cm²) EN TRINCHERAS, CIMENTACIÓN, LOSA DE PISO DE PLATAFORMA Y MAMPARAS DE TRANSFORMADORES	Lte	1.00	1.00	\$13,845,454.91	\$13,845,454.91	\$13,845,454.91	\$13,845,454.91
	ESTRUCTURA METÁLICA DE ACERO-ASTM A-36 PARA ESTRUCTURAS MAYORES Y MENORES	Lte	1.00	1.00	\$10,858,980.04	\$10,858,980.04	\$10,858,980.04	\$10,858,980.04
	CASSETAS	Lte	1.00	1.00	\$1,209,871.66	\$1,209,871.66	\$1,209,871.66	\$1,209,871.66
	EDIFICIO DE CONTROL	Lte	1.00	1.00	\$5,471,501.47	\$5,471,501.47	\$5,471,501.47	\$5,471,501.47
	Importe Total Subestación Elevadora						\$61,261,661.73	\$61,261,661.73
IMPORTE TOTAL OBRA DE GENERACIÓN							\$849,093,799.81	\$834,322,321.81

Análisis de los aspectos constructivos generales para la optimización del diseño de ingeniería conceptual del P.H. La Yesca localizado en el estado de Nayarit

Presupuesto desglosado de ambas alternativas.

ALTERNATIVA		CFE	NUEVA	CFE	NUEVA	CFE	NUEVA	
CONCEPTO		UNIDAD	CANTIDAD		PRECIO UNITARIO EN PESOS		IMPORTE TOTAL EN PESOS	
OBRA DE EXCEDENCIAS								
CANAL DE LLAMADA Y ESTRUCTURA DE CONTROL								
	EXCAVACION A CIELO ABIERTO EN CUALQUIER CLASE DE MATERIAL EN CANAL DE LLAMADA	m ³	478,251.00	1,607,075.00	\$87.31	\$77.34	\$41,754,819.73	\$124,288,050.40
	ANCLAS DE FRICCIÓN $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ DE $\varnothing 1''\times 3.0\text{m}$ DE LONGITUD EN TALUDES DEL CANAL DE LLAMADA Y ESTRUCTURA DE CONTROL, INCLUYE BARRENACIÓN EN ROCA DE $\varnothing 2\frac{1}{2}''$ RELLENO CON MORTERO $f_c=180\text{kg/cm}^2$, EXTREMO CON ROSCA ESTANDAR, TUERCA Y PLACA DE 20X20cm CON $\frac{1}{2}''$ esp.	m	6,102.00	10,404.00	\$569.94	\$492.63	\$3,477,764.27	\$5,125,320.84
	DRENAJE LARGO DE $\varnothing 2\frac{1}{2}''\times 6.0\text{m}$ DE LONGITUD EN TALUDES DEL CANAL DE LLAMADA Y ESTRUCTURA DE CONTROL	m	1,560.00	2,700.00	\$329.63	\$329.63	\$514,229.88	\$890,013.26
	DRENAJE CORTO DE $\varnothing 1\frac{1}{2}''\times 0.2\text{m}$ DE LONGITUD EN TALUDES DEL CANAL DE LLAMADA Y ESTRUCTURA DE CONTROL	m	411.60	697.60	\$367.74	\$367.74	\$151,363.31	\$256,538.02
	CONCRETO LANZADO $f_c=200\text{kg/cm}^2$ DE 7cm DE ESPESOR CON FIBRA METÁLICA EN TALUDES DEL CANAL DE LLAMADA Y ESTRUCTURA DE CONTROL	m ³	1,283.00	2,183.60	\$7,012.36	\$7,012.36	\$8,996,861.97	\$15,312,196.26
	CONCRETO $f_c = 24,53 \text{ MPa}$ (250 kg/cm ²) EN CIMACIO, INCLUYE ACERO DE REFUERZO $f_y= 412,02 \text{ MPa}$ (4200 kg/cm ²)	m ³	23,999.17	24,525.00	\$4,320.79	\$4,320.79	\$103,695,485.92	\$105,967,489.38
	CONCRETO $f_c = 24,52 \text{ MPa}$ (250 kg/cm ²) EN PILAS Y MUROS LATERALES, INCLUYE: ACERO DE REFUERZO $f_y= 412,02 \text{ MPa}$ (4200 kg/cm ²), PARTES FIJAS EN PRIMEROS COLADOS Y CONCRETO $f_c = 24,52 \text{ MPa}$ (250 kg/cm ²) PARA SEGUNDOS COLADOS EN RANURAS PARA GUÍAS DE COMPUERTAS Y AGUJAS.	m ³	21,565.63	41,638.24	\$5,093.18	\$5,093.18	\$109,837,679.12	\$212,071,183.60
	CONCRETO $f_c= 34,34 \text{ MPa}$ (350 kg/cm ²) EN ZONA DE POSTENSADO EN PILAS Y MUROS, INCLUYE: ACERO DE REFUERZO $f_y= 412,02 \text{ MPa}$ (4200 kg/cm ²) Y CABLES DE POSTENSADO Y ACCESORIOS	m ³	2,290.15	4,421.76	\$16,609.29	\$16,609.29	\$38,037,856.97	\$73,442,314.27
	CONCRETO $f_c = 24,53 \text{ MPa}$ (250 kg/cm ²) EN PUENTE DE MANIOBRAS, INCLUYE ACERO DE REFUERZO $f_y= 412,02 \text{ MPa}$ (4200 kg/cm ²), DIAFRAGMA Y TRABES DE CONCRETO PRESFORZADO.	Lte	1.00	1.00	\$7,385,654.80	\$7,385,654.80	\$7,385,654.80	\$7,385,654.80
Importe Total C. Llamada y Est. Control						\$313,851,715.97	\$544,738,760.83	

Presupuesto desglosado de ambas alternativas.

ALTERNATIVA		CFE	NUEVA	CFE	NUEVA	CFE	NUEVA	
CONCEPTO		UNIDAD	CANTIDAD		PRECIO UNITARIO EN PESOS		IMPORTE TOTAL EN PESOS	
OBRA DE EXCEDENCIAS								
CANAL DE DESCARGA Y CUBETA DEFLECTORA								
	EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO EN CUALQUIER CLASE DE MATERIAL EN CANAL DE DESCARGA Y/O CUBETA DEFLECTORA	m ³	101,614.00	5,199,652.00	\$87.31	\$77.34	\$8,871,647.42	\$402,130,958.31
	EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA EN CUALQUIER CLASE DE MATERIAL EN ZONA DE SECCIÓN CONSTANTE EN TÚNELES DE EXCEDENCIAS	m ³	426,831.75	--	\$656.87	--	\$280,375,016.99	--
	EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA EN CUALQUIER CLASE DE MATERIAL EN ZONA DE REDUCCIÓN DE TÚNELES DE EXCEDENCIAS	m ³	85,620.98	--	\$1,385.87	--	\$118,659,637.90	--
	CONCRETO REFORZADO f'c= 29,43 MPa (300 kg/cm ²) EN SECCIÓN CONSTANTE DE TÚNELES, INCLUYE ACERO DE REFUERZO fy= 412,02 MPa	m ³	77,664.16	--	\$5,989.43	--	\$465,163,788.31	--
	CONCRETO REFORZADO f'c= 29,43 MPa (300 kg/cm ²) EN ZONA DE REDUCCIÓN DE TÚNELES, INCLUYE ACERO DE REFUERZO fy= 412,02 MPa (4200 kg/cm ²)	m ³	21,032.23	--	\$10,567.80	--	\$222,264,401.83	--
	CONCRETO f'c= 29,43 MPa (300 kg/cm ²) EN LOSAS DE PISO DE LOS CANALES DEL VERTEDOR, INCLUYE ACERO DE REFUERZO fy= 412,02 MPa (4200 kg/cm ²)	m ³	--	16,432.58	--	\$6,375.11	--	\$104,759,424.64
	CONCRETO f'c= 24,53 MPa (250 kg/cm ²) EN MUROS LATERALES Y MURO CENTRAL DEL CANAL Y CUBETA DEFLECTORA, INCLUYE ACERO DE REFUERZO fy= 412,02 MPa (4200 kg/cm ²)	m ³	--	7,377.47	--	\$6,288.86	--	\$46,395,843.18
	CONCRETO f'c= 24,53 MPa (250 kg/cm ²) EN CUBETA DEFLECTORA DEL VERTEDOR, INCLUYE ACERO DE REFUERZO fy= 412,02 MPa (4200 kg/cm ²)	m ³	9,725.86	18,820.67	\$4,082.95	\$4,082.95	\$39,710,163.88	\$76,843,784.52
	ANCLAS DE FRICCIÓN fy=4200kg/cm ² DE Ø1"x3.0m DE LONGITUD EN ZONA DE REDUCCIÓN DE TÚNELES VERTEDORES, INCUYE BARRENACIÓN EN ROCA DE Ø2 1/2" RELLENO CON MORTERO f'c=180kg/cm ² , EXTREMO CON ROSCA ESTANDAR, TUERCA Y PLACA DE 20X20cm CON 1/2" esp.	m	6,000.00	--	\$524.46	--	\$3,146,776.72	--
	DRENAJE LARGO DE Ø2 1/2"x6.0m DE LONGITUD EN ZONA DE REDUCCIÓN DE TÚNELES VERTEDORES	m	1,440.00	--	\$361.73	--	\$520,895.06	--
	DRENAJE CORTO DE Ø1 1/2"x0.2m DE LONGITUD EN ZONA DE REDUCCIÓN DE TÚNELES VERTEDORES	m	400.00	--	\$422.62	--	\$169,047.59	--
	CONCRETO LANZADO f'c=200kg/cm ² DE 7cm DE ESPESOR CON FIBRA METÁLICA EN ZONA DE REDUCCIÓN DE TÚNELES VERTEDORES	m ³	1,245.30	--	\$7,500.56	--	\$9,340,451.51	--

Análisis de los aspectos constructivos generales para la optimización del diseño de ingeniería conceptual del P.H. La Yesca localizado en el estado de Nayarit

Presupuesto desglosado de ambas alternativas.

ALTERNATIVA		CFE	NUEVA	CFE	NUEVA	CFE	NUEVA	
CONCEPTO		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO EN PESOS	IMPORTE TOTAL EN PESOS			
OBRA DE EXCEDENCIAS								
CANAL DE DESCARGA Y CUBETA DEFLECTORA								
	ANCLAS DE FRICCIÓN $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ DE $\varnothing 1'' \times 3.0\text{m}$ DE LONGITUD EN ZONA DE SECCIÓN CONSTANTE DE TÚNELES VERTEDORES, INCUYE BARRENACIÓN EN ROCA DE $\varnothing 2\frac{1}{2}''$ RELLENO CON MORTERO $f'_c=180\text{kg/cm}^2$, EXTREMO CON ROSCA ESTANDAR, TUERCA Y PLACA DE $20 \times 20\text{cm}$ CON $\frac{1}{2}''$ esp.	m	35,280.00	--	\$524.46	--	\$18,503,047.10	--
	DRENAJE LARGO DE $\varnothing 2\frac{1}{2}'' \times 6.0\text{m}$ DE LONGITUD EN ZONA DE SECCIÓN CONSTANTE EN TÚNELES VERTEDORES	m	8,400.00	--	\$361.73	--	\$3,038,554.52	--
	DRENAJE CORTO DE $\varnothing 1\frac{1}{2}'' \times 0.2\text{m}$ DE LONGITUD EN ZONA DE SECCIÓN CONSTANTE DE TÚNELES VERTEDORES	m	2,352.00	--	\$422.62	--	\$993,999.80	--
	CONCRETO LANZADO $f'_c=200\text{kg/cm}^2$ DE 7cm DE ESPESOR CON FIBRA METÁLICA EN ZONA DE SECCIÓN CONSTANTE DE TÚNELES VERTEDORES	m ³	7,297.20	--	\$7,500.56	--	\$54,733,110.72	--
	ANCLAS DE FRICCIÓN $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ DE $\varnothing 1'' \times 3.0\text{m}$ DE LONGITUD EN TALUDES DEL CANAL DE DESCARGA Y/O CUBETA DEFLECTORA, INCUYE BARRENACIÓN EN ROCA DE $\varnothing 2\frac{1}{2}''$ RELLENO CON MORTERO $f'_c=180\text{kg/cm}^2$, EXTREMO CON ROSCA ESTANDAR, TUERCA Y PLACA DE $20 \times 20\text{cm}$ CON $\frac{1}{2}''$ esp.	m	3,364.00	23,232.00	\$569.94	\$492.63	\$1,917,272.86	\$11,444,776.42
	DRENAJE LARGO DE $\varnothing 2\frac{1}{2}'' \times 6.0\text{m}$ DE LONGITUD EN TALUDES DEL CANAL DE DESCARGA Y/O CUBETA DEFLECTORA	m	882.00	5,832.00	\$329.63	\$329.63	\$290,737.66	\$1,922,428.64
	DRENAJE CORTO DE $\varnothing 1\frac{1}{2}'' \times 0.2\text{m}$ DE LONGITUD EN TALUDES DEL CANAL DE DESCARGA Y/O CUBETA DEFLECTORA	m	228.00	1,562.20	\$367.74	\$367.74	\$83,845.57	\$574,489.23
	CONCRETO LANZADO $f'_c=200\text{kg/cm}^2$ DE 7cm DE ESPESOR CON FIBRA METÁLICA EN TALUDES DEL CANAL DE DESCARGA Y/O CUBETA DEFLECTORA	m ³	722.90	4,928.00	\$7,012.36	\$7,012.36	\$5,069,237.35	\$34,556,925.80
Importe Total C. Descarga y Cubeta Deflectora							\$1,232,851,632.81	\$678,628,630.73
IMPORTE TOTAL OBRA DE EXCEDENCIAS							\$1,546,703,348.78	\$1,223,367,391.56
IMPORTE TOTAL OBRA CIVIL							\$4,706,936,529.28	\$4,255,271,859.04
DIFERENCIA TOTAL ENTRE ALTERNATIVAS								\$451,664,670.24

ANEXO 4

Balance de materiales.

Resumen

ALTERNATIVA	CFE		
CARACTERÍSTICA	3 TÚNELES VERTEDORES		
	VOLUMEN APROVECHABLE	REQUERIMIENTOS	DÉFICIT
	m ³	m ³	m ³
ROCA	2,485,027.00	8,509,714.00	6,024,687.00
ALUVIÓN	5,000,000.00	4,226,961.50	0.00
TOTAL		12,736,675.50	

ALTERNATIVA	NUEVA		
CARACTERÍSTICA	VERTEDOR EN CANAL		
	VOLUMEN APROVECHABLE	REQUERIMIENTOS	DÉFICIT
	m ³	m ³	m ³
ROCA	5,802,726.00	8,544,787.00	2,742,061.00
ALUVIÓN	5,000,000.00	4,301,713.50	0.00
TOTAL		12,846,500.50	

DIFERENCIA ENTRE AMBAS ALTERNATIVAS	3,282,626.00
--	---------------------

Balance de materiales

ALTERNATIVA CONCEPTO	UNIDAD	EXCAVACIONES				VOL. APROVECHABLE		MATERIALES REQUERIDOS				
		CFE	NUEVA	% APROV	FACTOR POR EXPANSIÓN	CFE	NUEVA	CFE		NUEVA		
						ROCA		ALUVIÓN	ROCA	ALUVIÓN	ROCA	
OBRA DE DESVÍO												
PRE-ATAGUÍA AGUAS ARRIBA												
	EXCAV. A CIELO ABIERTO EN LA ZONA DE PRE-ATAGUÍA	m³	46,742.68	54,873.20	0.00%	1.10	0.00	0.00				
	MATERIALES QUE INTEGRAN LA PRE-ATAGUÍA AGUAS ARRIBA	m³							280,498.50		338,918.50	
PORTALES												
	EXCAV. A CIELO ABIERTO EN PORTAL DE ENTRADA A LOS TÚNELES DE DESVÍO Y EN PLATAFORMAS DE OPERACIÓN DE OBTURADORES	m³	175,996.50	139,472.04	70.00%	1.10	135,517.31	107,393.47				
	EXCAV. A CIELO ABIERTO EN PORTAL DE SALIDA A LOS TÚNELES DE DESVÍO	m³	52,986.00	53,502.10	70.00%	1.10	40,799.22	41,196.62				
TÚNELES												
	EXCAV. SUBTERRÁNEA EN TÚNELES DE DESVÍO	m³	270,122.38	257,897.50	100.00%	1.10	297,134.62	283,687.25				
	EXCAV. A CIELO ABIERTO EN OBRA DE TOMA ECOLÓGICA	m³	10,827.00	2,694.00	0.00%	1.10	0.00	0.00				
OBRA DE CONTENCIÓN												
CORTINA												
	EXCAV. A CIELO ABIERTO EN LA ZONA DEL PLINTO	m³	158,372.50	171,592.14	70.00%	1.10	121,946.83	132,125.95				
	EXCAV. A CIELO ABIERTO EN LADERAS	m³	252,884.42	254,972.88	0.00%	1.10	0.00	0.00				
	EXCAV. A CIELO ABIERTO EN CAUCE	m³	63,213.50	60,749.78	0.00%	1.10	0.00	0.00				
	MATERIAL SELLANTE	m³							830.00		899.00	
	MATERIAL SOBRE CARA DE CONCRETO	m³							331,774.00		333,142.00	
	APOYO DE LA CARA DE CONCRETO	m³							210,937.00		211,807.00	
	FILTRO DE PROTECCIÓN DE JUNTA PERIMETRAL	m³							5,324.00		5,346.00	
	ALUVIÓN EN CUERPO DE CORTINA	m³							3,385,544.00		3,399,498.00	
	TRANSICIÓN	m³								4,503,110.00		4,521,670.00
	ENROCAMIENTO COMPACTADO	m³								3,837,151.00		3,852,966.00
	ENROCAMIENTO DE PROTECCIÓN	m³								101,451.00		101,869.00
	RELLENO EN CAJÓN DE CORTINA	m³							12,054.00		12,103.00	
	ATAGUÍA AGUAS ABAJO	m³								68,002.00		68,282.00

BIBLIOGRAFÍA

- *“Obras Hidráulicas”*
Francisco Torres Herrera
Editorial Limusa 1980

- *“Presas de Tierra y Enrocamiento”*
Raul J. Marsal
Editorial Limusa 1975

- *“Geología Física”*
Chester R. Longwell y Richard F. Flint
Editorial Limusa

- *“Manifiesto de Impacto Ambiental”*
Modalidad Regional
P. H. El Cajón
Comisión Federal de Electricidad. 2001

- *“Información General” P. H. La Yesca*
Comisión Federal de Electricidad
Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil
Agosto de 2004

- *Enciclopedia de los Municipios de México*
Tomo “Los Municipios de Nayarit”
Centro Nacional de Estudios Municipales
Secretaría de Gobernación

BIBLIOGRAFÍA

- *Plan de Desarrollo Municipal 1996–1999*
H. XXIV Ayuntamiento de La Yesca.
- *Anuario Estadístico del Estado de Nayarit*
INEGI. 1998
- *Censo Estatal de Población y Vivienda*
INEGI. 1990
- *Conteo de Población y Vivienda*
INEGI. 1995
- *La Yesca, Cuaderno Estadístico Municipal*
INEGI. 1998
- *Nayarit. Perfil Socio Demográfico*
INEGI. 1998
- *Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Nayarit.*
Presupuesto de Egresos del Municipio de La Yesca 1999
- *Patrimonio Turístico de Nayarit*
SECTUR
- *“Nayarit, 20 Municipios”*
Flores Soria, Francisco y Pineda Galaviz, Julián
SEP. CONAFE. 1997