



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA
DE DESVÍO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO LA
PAROTA, GUERRERO**

P R O Y E C T O T E R M I N A L

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN CONSTRUCCIÓN

P R E S E N T A :

RAFAEL ALEJANDRO MARÍN ACOSTA

T U T O R :

DR. HUMBERTO MARENGO MOGOLLÓN



2012

Gracias:

A mi madre, ojalá existieran palabras para expresar mi agradecimiento, admiración y respeto, no solo por darme la vida, sino porque ha procurado a lo largo de su vida mi felicidad y la de sus hijos. Este logro es suyo.

A mi familia por todo el apoyo incondicional brindado durante toda una vida, por ser la razón de mi existencia, a Lore, Eli, Lula y Wasa, y a los de siempre, por ser a los que siento cerca, por ser y enseñarme a ser, por estar y enseñarme a estar.... No digo más nombres, ustedes saben quiénes son.

Al Dr. Humberto Marengo Mogollón, por sus valiosos consejos y conocimientos, por ser un ejemplo a seguir.

A mi Universidad Nacional Autónoma de México que me ha permitido tener una formación invaluable.

DISEÑO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA OBRA DE DESVÍO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO LA PAROTA, GUERRERO

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	8
I. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO	10
1.1 Características de la Región	11
1.2 Descripción del Proyecto Hidroeléctrico La Parota	14
1.2.1 Antecedentes	14
1.2.2 Características del proyecto	14
1.2.3 Acceso y localización	15
1.2.4 Esquema general del proyecto	16
II. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO	22
2.1 Evolución del Sistema Eléctrico Nacional	22
2.2 Sistema Eléctrico Nacional	23
2.3 La Demanda de Energía Eléctrica	24
2.3.1 Distribución de la demanda	25
2.3.2 Demanda de energía de importación y exportación	27
2.3.3 Margen de reserva	28
2.4 Fuentes de Generación Eléctrica	30
2.4.1 Estructura del sistema de generación	30
2.4.2 Diversificación de las fuentes de generación	33
2.5 Beneficios de las Centrales Hidroeléctricas	34
2.5.1 Energía hidroeléctrica. Ventajas	35
2.5.2 Energía hidroeléctrica. Inconvenientes	35
2.5.3 Beneficios de la energía hidroeléctrica La Parota	36

ÍNDICE

	Página
III. ESTUDIOS BÁSICOS DE LA OBRA DE DESVÍO	38
3.1 Estudios Topográficos	39
3.2 Estudios Hidráulicos	40
3.2.1 Descripción de la cuenca	40
3.2.2 Estaciones climatológicas	40
3.2.3 Gasto máximo	45
3.2.4 Análisis de riesgo	45
3.3 Estudios Geológicos	50
3.3.1 Descripción geológica	50
3.3.2 Clasificación del macizo rocoso	54
IV. CONSTRUCTIBILIDAD DE LA OBRA DE DESVÍO	59
4.1 Descripción de la Obra de Desvío	59
4.2 Obras Asociadas	66
4.3 Tratamientos de la Roca	69
4.3.1 Definición del sostenimiento	73
4.3.2 Procedimiento de anclaje	76
4.3.3 Procedimiento de lanzado	80
4.4 Excavación	83
4.4.1 Voladura	83
4.4.2 Excavación de los túneles	85
4.4.3 Determinación del tiempo sin sostenimiento	89
4.5 Plantilla del Túnel	91
4.6 Conexión de los Túneles con el Embalse	93
4.7 Programa de Obra	94
4.7.1 Ciclo de actividades	98
4.7.2 Programa de actividades	102
4.10 Costo Estimado	104
V. CONCLUSIÓN	109

ÍNDICE

	Página
VI. ANEXOS	
I. Propiedades Índice y Mecánicas de la Roca Intacta	113
II. Clasificación Geomecánica	115
III. Rendimiento de Equipo	118
IV. Prueba de Extracción de Anclas	119
V. Precios por Unidad de la Obra de Desvío	127
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	166

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

		Página
Cuadro	1.1 Potencia Instalada	15
Cuadro	1.2 Medidas de la Cortina	18
Cuadro	1.3 Niveles para el Embalse	18
Cuadro	1.4 Obra de Generación, Especificaciones	19
Cuadro	2.1 Distribución de la Demanda Máxima 2009	25
Cuadro	2.2 Exportación e Importación de la energía eléctrica	27
Cuadro	2.3 Capacidad efectiva por tecnología al 2009	31
Cuadro	2.4 Principales Centrales Generadoras	32
Cuadro	3.1 Escurrimientos Estimados y Registrados en la Estación Hidrométrica La Parota	44
Cuadro	3.2 Barrenos de las Campañas de Exploración 1986 y 2003	55
Cuadro	3.3 Propiedades Índice y Mecánicas de La Roca Intacta	56
Cuadro	3.4 Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski 1989)	57
Cuadro	3.5 Clasificación Geomecánica Q (Barton 2000)	57
Cuadro	4.1 Volúmenes de Concreto	68
Cuadro	4.2 Sostenimiento a partir del Índice RMR de (Bieniawski)	74
Cuadro	4.3 Valores de Índice ESR de la Clasificación Q	75
Cuadro	4.4 Equipo Principal para la Construcción de Túneles	95
Cuadro	4.5 Resumen Programa de Actividades	102
Cuadro	4.6 Programa de Actividades, Detalles	103
Cuadro	4.7 Costo Estimado	105
Figura	1.1 Estado de Guerrero, México	10
Figura	1.2 Municipios Aledaños al Municipio de Acapulco	11
Figura	1.3 Municipio de Acapulco, División Política de Ejidos	13
Figura	1.4 Localización del Proyecto Hidroeléctrico La Parota	16
Figura	1.5 Nivel del Embalse para Proyecto Hidroeléctrico La Parota	18
Figura	1.6 Esquema General del Proyecto Hidroeléctrico La Parota	20
Figura	2.1 Regiones del Sistema Eléctrico Nacional	23

Figura	2.2 Sistema Eléctrico Nacional, Capacidad de Transmisión	24
Figura	2.3 Demanda Máxima por Área y Zona (MW), 2009	25
Figura	2.4 Principales Centrales Generadoras	31
Figura	2.5 Capacidad Efectiva al 31 de Diciembre de 2009	31
Figura	3.1 Cuenca Hidrológica del Río Papagayo	41
Figura	3.2 Curva Elevaciones vs Gastos, Túneles de Desvío	49
Figura	3.3 Geología Regional, Fallas y Foliación	53
Figura	3.4 Ubicación de Barrenos en las Campañas Exploratorias	54
Figura	4.1 Esquema de las Ataguías	61
Figura	4.2 Perfil Longitudinal y Portales, Túneles de Desvío	63
Figura	4.3 Esquema Obra de Desvío	64
Figura	4.4 Esquema General del Proyecto Hidroeléctrico La Parota	65
Figura	4.5 Barrenación Para la Colocación de Anclas	71
Figura	4.6 Colocación de Marcos Metálicos Sección Superior	72
Figura	4.7 Colocación de Marcos Metálicos Media Sección Inferior	72
Figura	4.8 Sostenimiento a partir del Índice Q (Barton)	76
Figura	4.9 Detalle de las Condiciones de Anclaje	78
Figura	4.10 Equipo Requerido para Realizar Anclaje en Talud	79
Figura	4.11 Lanzado de Concreto en Bóveda	81
Figura	4.12 Lanzado de Concreto en Talud	82
Figura	4.13 Barrenación de Frente con Jumbo de 3 Brazos en Media Sección Superior	87
Figura	4.14 Barrenación Vertical con Hidrotrack en Media Sección Inferior	88
Figura	4.15 Sistema de Ataque de la MSS y la MSI	89
Figura	4.16 Tiempos de Permanencia Estable sin Sostenimiento	90
Figura	4.17 Ciclo: Construcción de Ataguía	99
Figura	4.18 Ciclo: Caminos de Acceso	99
Figura	4.19 Ciclo: Excavación y Tratamiento en Tajos	100
Figura	4.20 Ciclo: Excavación y Tratamientos en Túneles	101

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

La selección de los componentes del sistema, su programación en el tiempo y la definición de los sitios para su ejecución son actividades importantes en este proceso, para desarrollar la Obra de Desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota en el estado de Guerrero el cual conlleva implicaciones técnicas, económicas, ambientales y sociales.

Dentro de los objetivos de este trabajo es analizar el cómo se concibió el diseño de la Obra de Desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, además de mostrar una metodología para su construcción.

Se destacan las distintas fases de evaluación de La Obra de Desvío para su selección y el cómo puede llevarse a cabo; basándose en criterios de diseño y criterios obtenidos de la práctica de la construcción de obras subterráneas.

En el Capítulo I se presenta información del Proyecto Hidroeléctrico, documentando las características de la región; los ecosistemas que la conforman y clima, así como el desarrollo social ubicando los municipios y zonas de influencia del proyecto.

Antecedentes cronológicos de los primeros estudios que identificaron el lugar donde se basa la obra con la finalidad de presentar un proyecto de generación eléctrica. Se describe el proyecto con respecto a sus capacidades y potencia, se esquematiza su localización y los accesos actuales con que cuenta. Se definen las diferentes etapas del proyecto en un general.

En el Capítulo II se muestra la evolución del Sistema Eléctrico Nacional, la cobertura con la que cuenta, la demanda esperada, los recursos eléctricos y las ventajas e inconvenientes que se presentan al desarrollar un proyecto de este estilo.

En el Capítulo III se hace un análisis de los estudios asociados a la Obra de Desvío. Partiendo desde los estudios previos, la topografía local y regional, descripción de la cuenca; así como los registros de estaciones climatológicas, avenidas máximas registradas y consideraciones de diseño desde el punto de vista hidráulico, además del panorama que muestra el análisis de riesgos para obras de desvío.

Se desarrolla los estudios de geología, dentro del estudio se considera la descripción geológica, las discontinuidades; fallas, fracturas y foliación que definen el comportamiento regional. La exploración y campañas realizadas para obtener datos de pruebas que clasifican la zona de obras.

Una vez que se ha definido el proyecto de construcción de la Obra de desvío se conocen las condiciones y características del lugar, eligiendo el proceso constructivo que conviene para su construcción.

En el capítulo IV se desarrolla el tema de constructibilidad de la Obra de desvío, se define los detalles de la ubicación, el tipo de desvío, el conjunto que la conforma, las características geométricas de las estructuras; así como su configuración.

Se integra en el documento las obras asociadas que permiten el desarrollo de la Obra de desvío. En el proceso constructivo se hablan de tratamientos de roca, los tipos y procesos a seguir; para el anclaje y lanzamiento del concreto.

Se presentan criterios para las actividades durante la etapa de construcción refiriendo a tiempos sin sostenimientos de la roca y una cuantificación ágil de los tratamientos que se pueden llevar a cabo; relacionados con anclajes y recubrimientos. Para tener una evaluación preliminar de los resultados y poder cuantificar un costo de mano de obra, equipo e insumos.

Se incluyeron esquemas que ejemplifican la zona, el proyecto, tratamientos en la roca y proceso de excavación. También se habla de un programa de obra que estima el tiempo de duración basándose en rendimientos de los equipos que se pueden utilizar en este tipo de obras.

El documento destaca de forma general las consideraciones para desarrollar una obra de ingeniería, tomando en cuenta que se requiere de técnicas, productos, equipos especiales, de análisis geológicos, geotécnicos e hidráulicos; se dirige para actividades de supervisión.

Este proyecto en su mayoría está basado en documentos que corresponde al compendio de los estudios de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) referentes a la obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota.

CAPÍTULO I
INFORMACIÓN GENERAL DEL
PROYECTO HIDROELÉCTRICO

CAPÍTULO I INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO

El agua elemento esencial para el desarrollo de la vida, origen de todos los sistemas ambientales del planeta. El ciclo del agua en el planeta se presenta constantemente, se manifiesta en vapores de agua, lluvias, cataratas, manantiales, riachuelos, ríos, mares, océanos. Cuando la fuerza del agua se expresa desborda causas, crea inundaciones; esto produce daños y destrucción.

Es por ello que el hombre en su búsqueda constante de mejorar sus condiciones de vida, ha tratado de controlar las aguas de los ríos que surcan la superficie de su territorio. En su afán de resolver estas situaciones se han construido obras hidráulicas cuya utilización han permitido abastecer de agua potable, irrigar cultivos, controlar las grandes crecientes de los ríos, producir energía eléctrica, desarrollar actividades productivas y de recreación.

Acorde con lo anterior, parte de la visión de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) es desarrollar aprovechamientos hidroeléctricos de gran dimensión e importancia energética, esta visión se ve reflejada en el Proyecto Hidroeléctrico (PH) La Parota, el cual tiene la finalidad de aprovechar el potencial del río Papagayo en el estado de Guerrero. La importancia de este proyecto trasciende más allá de los beneficios energéticos, se considera que activa el desarrollo de la región y se manifiesta en los principales sectores de la economía.

En los capítulos siguientes el enfoque se desarrolla en las características y especificaciones del PH La Parota y se da una respuesta del por qué se debe realizar el proyecto, además se muestran las características de la región en estudio.



Figura 1.1: Estado de Guerrero, México

1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA REGIÓN

La región en estudio se ubica en el estado de Guerrero en el municipio Acapulco de Juárez.

El municipio de Acapulco, se localiza al sur de Chilpancingo; la capital del estado, a 133 kilómetros de distancia; dicha capital se ubica en los paralelos 16°41' de latitud norte y 99°32' de longitud oeste.

Limita al norte con los municipios de Chilpancingo y Juan R. Escudero (Tierra Colorada), al sur con el Océano Pacífico, al oriente con el municipio de San Marcos y al poniente con el municipio de Coyuya de Benítez.

El municipio de Acapulco cuenta con una extensión territorial de 1,882.60 km² lo que representa el 2.95% de la superficie estatal.

El municipio en su aspecto orográfico presenta 3 formas de relieve: Accidentado que comprende el 40%; semiplano con otro 40% y el plano del 20%.

La altitud varía desde el nivel del mar en la zona costera hasta 1,699 metros, las alturas máximas están representadas principalmente por los cerros: Potrero, San Nicolás y Alto Camarón.



Figura 1.2: Municipios Colindantes al Municipio de Acapulco

Los recursos hidrográficos lo componen los ríos Papagayo y La Sabana que cruza al municipio de Acapulco, asimismo los arroyos Xaltianguis, Potrerillo, La Provincia y Moyapa; las lagunas de Tres Palos y Coyuya; existen también manantiales de aguas termales en Dos Arroyos, La Concepción y Aguas Calientes.

El área donde se localiza el PH La Parota pertenece a la región hidrológica número 19; (Costa Grande de Guerrero), de la cuenca del río La Sabana, cuyo río descarga en la laguna de Tres Palos y en la bahía del puerto Marqués.

El clima en el municipio es predominante subhúmedo-cálido, sin embargo presenta ciertas variaciones: Caliente y húmedo en las partes bajas y templadas en las tierras altas, en esta última la temperatura media anual es de 28°C y la mínima de 22°C, la precipitación pluvial varía de 1,000 mm a 2,000 mm.

La vegetación predominante es la conocida como selva caducifolia, en la serranía se localizan áreas de bosque de pino y encino, al norte del poblado Alto del Camarón.

En relación a la fauna existente, se presentan en la región: Conejo, iguana, tejón, zorrillo, mapache, venado, zopilote, tortolita, paloma, gavilán, pelícano, gaviota, garza, tortuga marina, etc. (INEGI, 2000).

La actividad económica que se desarrolla en la región es la actividad turística, al ser la más importante por poseer un centro turístico de fama internacional, además de contar con ecosistemas de un gran atractivo natural.



Figura 1.3: Municipio de Acapulco, División Política de Ejidos

El municipio de Acapulco en su división política se compone de veinte ejidos, que se nombran de norte a sur: Bienes Comunales Dos Caminos, Exhacienda Tierra Colorada, Ejido Tierra Colorada, Ejido Michapa, Ejido Omitlán, Ejido Tepehuaje, Bienes Comunales de Chalupita, Ejido Xolalpa, Ejido Agua de Potrero, Ejido La Palma, Ejido el Zapote, Ejido Chacalapa, Ejido Las Mesas, Ejido los Huajes, Ejido Alto Camarón, El Reparo, Ejido Sabanilla, Ejido Dos Arroyos, Bienes Comunales Agua Zarca de la Peña y Bienes Comunales Cacahuatepec.

Las áreas de afectación directa del embalse de la represa son los núcleos agrarios de Dos Arroyos, Bienes Comunales de Cacahuatepec, Ejido de los Huajes y Ejido

Agua de Perro. Los poblados que se encuentran en estos ejidos y que se verán afectados son Pochotlaxco, Arroyo Verde, San José Cacahuautepac, Colonia Guerrero y La Venta Vieja. Se estiman que 1500 habitantes y 400 viviendas son las directamente afectadas. (León, 2007)

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO LA PAROTA

1.2.1 ANTECEDENTES

Sobre el río Papagayo, en el año de 1964 la CFE inició la operación de la central hidroeléctrica General Ambrosio Figueroa conocida como presa La Venta, con 30 Megawatts de potencia instalada, la cual continúa funcionando a la fecha a pesar de haberse azolvado en su totalidad. Unos años después, la Secretaría de Recursos Hidráulicos identificó un estrechamiento geológico, propicio para construir una presa de almacenamiento que asegurara el abastecimiento de agua al municipio de Acapulco. La CFE en 1976 comienza a estudiar el sitio con la finalidad de presentar un proyecto hidroeléctrico, en el año de 1988 término el estudio de factibilidad geológica, entre 1983 y 1984 realizó el estudio socio ambiental de la región; el cual actualizo en 1994 y a finales del año 2002.

La CFE comenzó con la realización de los estudios de campo, los ensayos de laboratorio y las actividades de gabinete necesarias, para llegar a la etapa de preconstrucción del Proyecto Hidroeléctrico La Parota. Los trabajos comenzaron a principios de 2003 y de acuerdo a lo programado tendrían una duración del orden de 12 meses; sin embargo, el 28 de julio de 2003 habitantes de la zona bloquearon los accesos al proyecto, por lo cual los trabajos no se concluyeron y fueron suspendidos. (Hernández, 2005)

1.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

El PH La Parota tendrá una potencia instalada de 750 MW, lo que equivale al 6.59% del total Nacional y con una producción de 1,313 GWh de energía eléctrica. (Hernández, 2005). Su importancia a nivel Nacional radicaría en ser la octava hidroeléctrica con mayor capacidad instalada y la doceava fuente con respecto a

su generación media anual. La energía que se obtendrá del proyecto hidroeléctrico La Parota equivale al 90% del consumo anual del estado de Guerrero.

Cuadro 1.1: Potencia Instalada

No.	Central Hidroeléctrica	Capacidad Efectiva MW	Generación GWh
1	Chicoasen	2,400	4,725
2	Malpaso	1,080	3,107
3	Infiernillo	1,040	2,140
4	Agua Milpa	960	1,366
5	Angostura	900	2,299
6	La Yesca	750	569
7	El Cajón	750	1,210
8	La Parota	750	1313
9	Caracol	600	822
10	Peñitas	420	1,493

1.2.3 ACCESO Y LOCALIZACIÓN

El PH La Parota se ubica en la porción sur-central del estado de Guerrero, sobre el río Papagayo, 39 km antes de su descarga en el Océano Pacífico, en las coordenadas geográficas 16°56'03" de latitud norte y 99°37'32" longitud oeste. La boquilla se ubica en las coordenadas 16°55'71" latitud norte y 99°37'37" longitud oeste. Como referencia adicional el puerto de Acapulco se encuentra a 30 km, en línea recta.

Para acceder al P.H. La Parota, se hace uso de la carretera número 95 México-Acapulco, se toma el entronque con la carretera número 200 Acapulco-Pinotepa Nacional; en dirección Cruz Grande. Realizando un recorrido de 8 km, sobre esta carretera se encuentra una desviación del lado izquierdo, la cual indica hacia El Salto. Se toma esta desviación, se recorren alrededor de 18 km de carretera y 15 km de terracería.



Figura 1.4: Localización del Proyecto Hidroeléctrico La Parota

1.2.4 ESQUEMA GENERAL DEL PROYECTO

El PH La Parota se divide en cuatro etapas. La primera etapa es la obra de desvío, la segunda etapa es la obra de contención, la tercera y cuarta etapa son la obra de generación y obra de excedencias respectivamente.

La obra de desvío como primera etapa de construcción, Es la que presenta las obras temporales, que tienen la finalidad de modificar el cauce del río, mientras se construye la cortina que guardará la presa con el propósito de mantener seco el lecho del río en la zona de trabajos, durante la construcción. A este tipo de obras también se le asocian las ataguías.

Por otra parte, el tema de la obra de desvío es razón de éste estudio, por lo tanto en los siguientes capítulos se detalla y se hace énfasis en estudios realizados, descripciones y proceso constructivo, en cada una de las secciones que contiene el trabajo.

La obra de contención es la estructura primordial de la presa. Una vez que se ha secado el lecho del río, comienza esta etapa. La cual consiste en levantar la cortina formada por rocas. Para que la cortina sea impermeable se construirá una pantalla de concreto, apoyada en el enrocamiento. A este tipo de obras de contención se les denomina enrocamiento con cara de concreto (ECC). En el proyecto se selecciono este tipo de cortina debido a que la zona se considera sísmica y una cortina de estas características proporciona un margen de seguridad ante eventos de este tipo, además de que una cortina de ECC se considera viable si es que hay poca disposición de materiales. La cortina tendrá integradas a su cuerpo principal las ataguías aguas arriba y aguas abajo para así reducir el tiempo de ejecución y costos. (Sánchez, 2007)

La cortina servirá para formar el embalse de la presa. Para definir el nivel de aguas máximo ordinario (NAMO) de la presa se analizaron varias opciones de altura de cortina, asociadas también a diferentes potencias por instalar, desde aquéllas que no producen la inundación de la presa La Venta, hasta las que implican su inundación y desmantelamiento. Considerando los beneficios económicos que ofrece la formación de un embalse con gran capacidad útil y el incremento de la potencia instalable conforme crece la cortina, se definió la elevación 181.75 msnm, la cual corresponde con la altura de la cortina de 165 m al nivel de la corona. (Vargas, 1998) En el Cuadro 1.2 y 1.3 se muestran las medidas de la cortina y niveles para el embalse.

Respecto a la Presa La Venta, es una central hidroeléctrica con una cortina de concreto de 260 metros de longitud y 40 metros de altura. Se localiza en el poblado de La Venta sobre el Río Papagayo y abastece de energía eléctrica al Estado de Guerrero, esta presa tiene 5 turbinas generadoras de 6 MW que en su totalidad generan 30 MW.

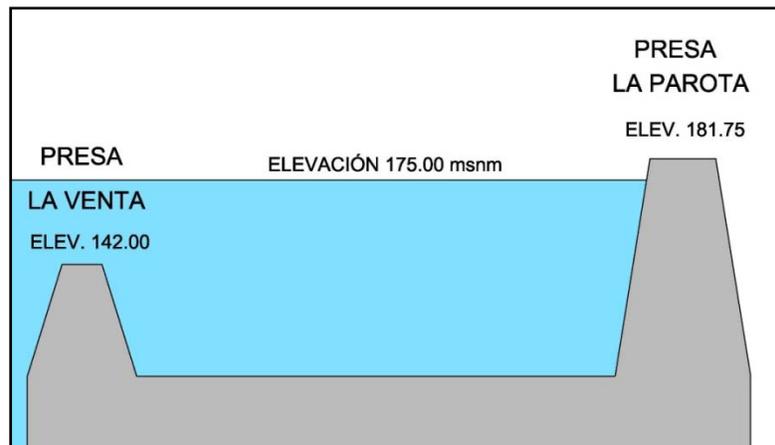


Figura 1.5: Nivel del Embalse para PH La Parota

Cuadro 1.2: Medidas de la Cortina

Cortina	
Tipo	ECC
Altura máxima	167.50 m
Elevación de la corona	181.75 msnm
Elevación del coronamiento del parapeto	183.00 msnm
Ancho de corona	8.00 m
Longitud de la corona	877.00 m
Volumen	1370.00 Mm ³
Bordo libre	3.00 m

ECC: Enrocamiento con cara de concreto

Cuadro 1.3: Niveles del Embalse

Embalse			
	Area km ²	Capacidad Mm ³	Nivel msnm
NAME	142.13	7,188.72	180.50
NAMO	123.78	5,840.68	175.00
NAMINO	76.10	2,872.61	143.00

NAME: Nivel de aguas máximas extraordinarias

NAMO: Nivel de aguas máximas de operación

NAMINO: Nivel de aguas mínimas de operación

Aguas arriba del sitio de la presa, es necesaria la construcción de seis diques de contención. Estos diques tendrán alturas variables entre 12 y 28 m con la finalidad de cerrar los puertos, situados al Oeste de la boquilla. (Hernández, 2005)

La obra de generación se define como la tercera etapa del proyecto hidroeléctrico, es aquí donde se llevan a cabo las instalaciones y equipamientos para generar electricidad e incorporarla al sistema eléctrico Nacional, tales como la obra de toma, la tubería a presión, la casa de máquinas, la tubería de desfogue, además de una subestación. La obra de toma, consta de tres tomas diseñadas para un gasto de 249.50 m³/s; por toma, las tuberías a presión de acero de 7.0 m de diámetro y 180.76 m de longitud cada una.

La Casa de máquinas, será del tipo subterránea, equipada con turbinas Francis, para una carga neta de diseño de 131.53 m y galerías de oscilación.

En la tubería de desfogue. El agua turbinada se integrará nuevamente al río por medio del túnel, diseñado para operar como canal. El tipo de sección es arco de 16 x 20 m con una longitud de 289.60 m, el canal de descarga de sección trapecial con ancho variable de 19 a 60 m y longitud de 56 m. (Hernández, 2005)

Cuadro 1.4: Obra de Generación, Especificaciones

Generación	
Casa de máquinas	Subterránea
Número de conducciones	3
Longitud de las conducciones	180.76 m
Diámetro de las conducciones	7 m
Número de unidades	3
Tipo de unidades	Francis
Gasto de diseño por unidad	249.50 m ³ /s
Gasto de diseño de la obra de toma	748.50 m ³ /s
Potencia de diseño de cada turbina	259.86 MW
Potencia de diseño de la planta	750 MW
Potencia al NAMO	900 MW
Longitud de los desfogues	340 m
Generación media anual total	1,313 GWh
Gasto medio aprovechable	130.10 m ³ /s

NAMO: Nivel de aguas máxima de operación

En la cuarta y última etapa de construcción se lleva a cabo la obra de excedencias, la cual consiste en construir un canal que permita controlar el nivel del agua en la presa durante la época de lluvias, por ejemplo, si el volumen de agua que llegó al río es mucho mayor que el volumen del embalse de la presa, éste excedente debe ser canalizado aguas abajo sobre el cauce del río, sin perjudicar la obra contención. La obra se localiza en la margen derecha, formada por un canal de llamada a cielo abierto común a la toma y excedencias, estructura de control, con seis compuertas radiales, canal de descarga con muro divisorio, cubeta deflectora y tanque disipador.

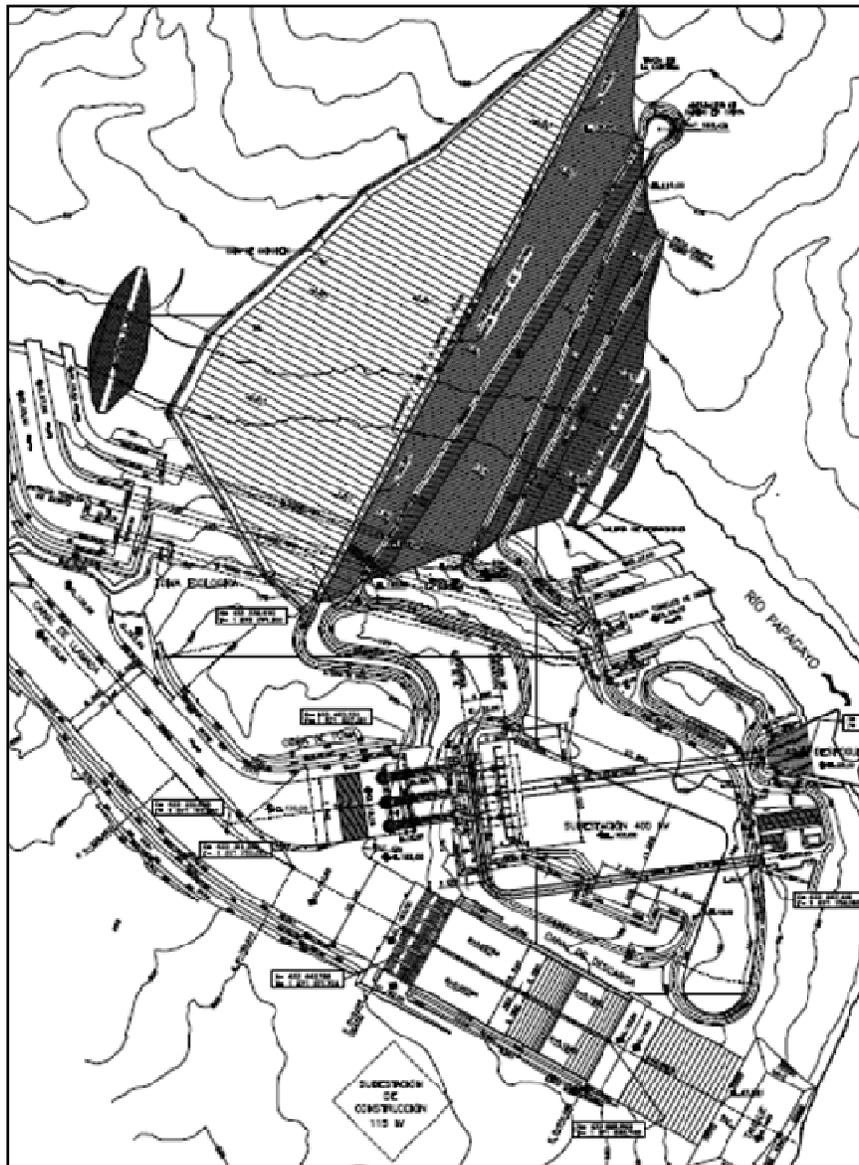


Figura 1.6 Esquema General del Proyecto Hidroeléctrico La Parota

CAPÍTULO II
JUSTIFICACIÓN DEL
PROYECTO HIDROELÉCTRICO

CAPÍTULO II JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO

La creación de proyectos de generación eléctrica, en este caso del proyecto hidroeléctrico La Parota viene vinculado con las necesidades que rigen a la población tratando de cubrir la demanda de los usuarios. Para poder realizar esta cobertura se requiere de toda una infraestructura ligada que permite cubrir la demanda diferencial en el territorio, por ello se hace uso de las redes de transmisión y de las diversas tecnologías que aportan electricidad al sistema. Parte importante de estas tecnologías es su margen de reserva que puedan ofrecer para mantener un índice aceptable de confiabilidad.

2.1 EVOLUCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL

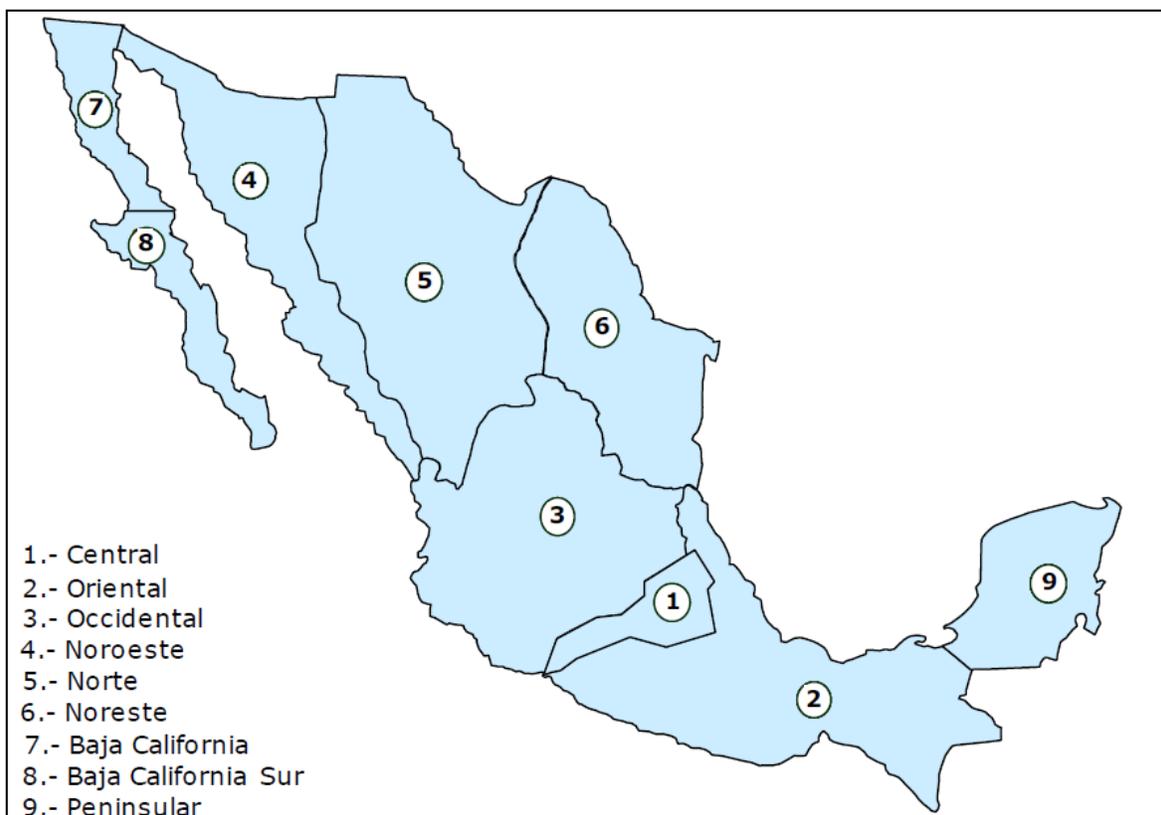
La capacidad instalada de generación en 1960 era de 3,021 MW y el suministro de electricidad mediante diversos sistemas aislados.

Al paso del tiempo, las redes regionales se interconectaron utilizando mayores tensiones de transmisión (400kV y 230 kV), la frecuencia se unificó a 60 Hz., se desarrollaron grandes proyectos hidroeléctricos y termoeléctricos, y se logró la diversificación del parque de generación mediante el uso de energía geotérmica, nuclear, de carbón y de manera incipiente la eólica.

En este siglo el Sistema Eléctrico Nacional contaba con una capacidad efectiva de 51,686 MW y un total de 812,282 km de líneas de transmisión y distribución. (POISE, 2010)

El Sistema Eléctrico Nacional se organiza en nueve regiones, como se muestra en la Figura 2.1.

Las siete áreas que conforman el macizo continental se encuentran interconectadas y forman el Sistema Interconectado Nacional (SIN). Su objetivo consiste en compartir los recursos y reservas de capacidad ante la diversidad de demandas y situaciones operativas. Las dos regiones de la península de Baja California permanecen como sistemas aislados.



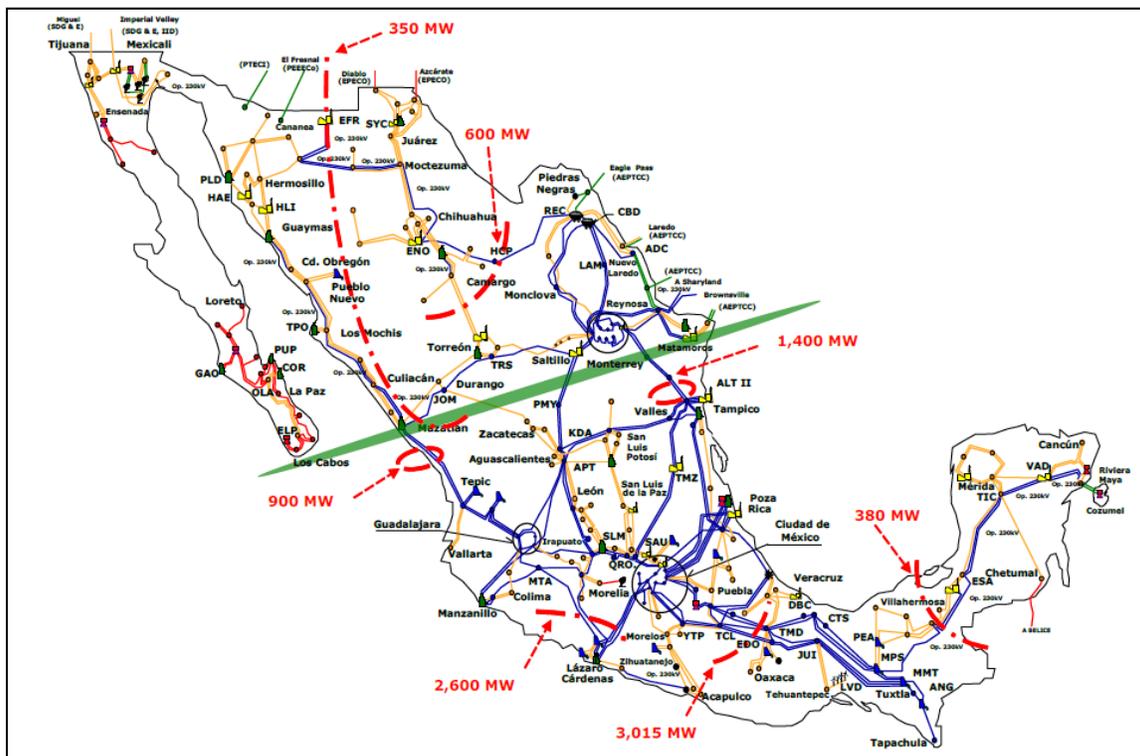
FUENTE: POISE

Figura 2.1: Regiones del Sistema Eléctrico Nacional

2.2 SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL

La red de transmisión se ha desarrollado tomando en cuenta la magnitud y dispersión geográfica de la demanda, así como la localización de las centrales generadoras. En algunas áreas del país, los centros de generación y consumos de electricidad se encuentran alejados entre sí, por lo que la interconexión se ha realizado de manera gradual.

Las redes principales para transferir grandes bloques de energía entre áreas del sistema y los sistemas de transmisión regionales es de importancia que cuenten con un crecimiento pues con ello se mejorarán la confiabilidad del suministro y la operación económica del sistema. La atención de los requerimientos se logra combinando los recursos locales de generación y la disponible en otras regiones del sistema, vía la red de transmisión.



FUENTE: POISE

Figura 2.2: Sistema Eléctrico Nacional, Capacidad de Transmisión entre Corredores, Año 2009

2.3 LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El abasto eficiente y oportuno de la electricidad es el soporte básico de la plata productiva del país. Un abasto adecuado (satisfacer la demanda) crea factores para el desarrollo económico.

El fundamento de la demanda eléctrica reside en la necesidad de energía. Esta es requerida por diversos sectores que la componen. En México se divide principalmente en los sectores: industrial, comercial, doméstico y de servicios.

Como se sabe, el nivel socioeconómico de los usuarios se ve reflejado en el consumo de energía eléctrica, y a su vez, el tipo de equipamiento depende de la región geográfica donde se encuentran estos usuarios. Al incrementarse los ingresos per cápita de los usuarios, se incrementan la compra de productos eléctricos cuya operación incrementa directamente el consumo y demanda de energía eléctrica de los usuarios así como del Sistema Eléctrico Nacional.

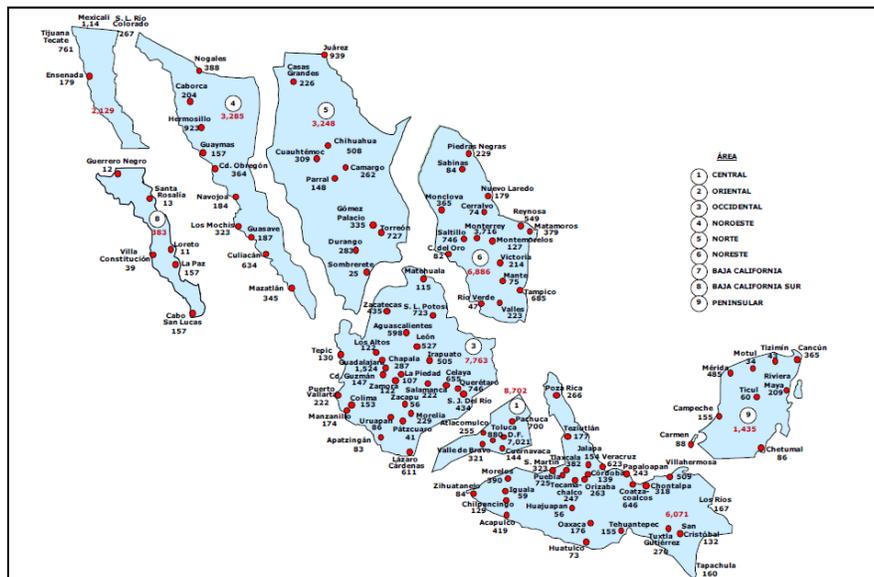
2.3.1 DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA

Para analizar el comportamiento de la demanda se plantean una serie de panoramas que ejemplifican el estado anterior, actual y un pronóstico esperado de la demanda de energía eléctrica y del Sistema Eléctrico Nacional.

Cuadro 2.1 Distribución de la Demanda Máxima en 2009

Sistemas	Demanda 2009	
	(MW)	%
Interconectado Nacional	33,568	93.0
Baja California	2,129	5.9
Baja California Sur	360	1.0
Aislados	31	0.1
Total no coincidente	36.088	100.0

Para observar el panorama de la distribución de la demanda en el 2009. Se presenta en el Cuadro 2.1 valores en MW y porcentajes de los que destacan el Sistema Interconectado Nacional, la región peninsular y sistemas pequeños aislados. También de forma ilustrativa se presenta la Figura 2.3, la cual representa la demanda máxima por área y zona del Sistema Eléctrico Nacional en el 2009. Donde se puede observar que la región oriental, donde se ubica el proyecto hidroeléctrico La Parota, presenta demandas máximas en MW entre los 700 y 400. Como ejemplo se encuentra Acapulco con 419 MW, Puebla con 725 MW y Veracruz con 623 Megawatts.



FUENTE: POISE
 Figura 2. 3: Demanda Máxima, por Área y Zona (MW), Año 2009

La Figura 2.4 representa el crecimiento medio anual de la demanda máxima bruta por área (%) donde se puede observar que las regiones que presentaron menor demanda durante el periodo 2000-2009 son: la región central y la oriental, con valores de 1.9 y 2.1 por ciento, respectivamente.

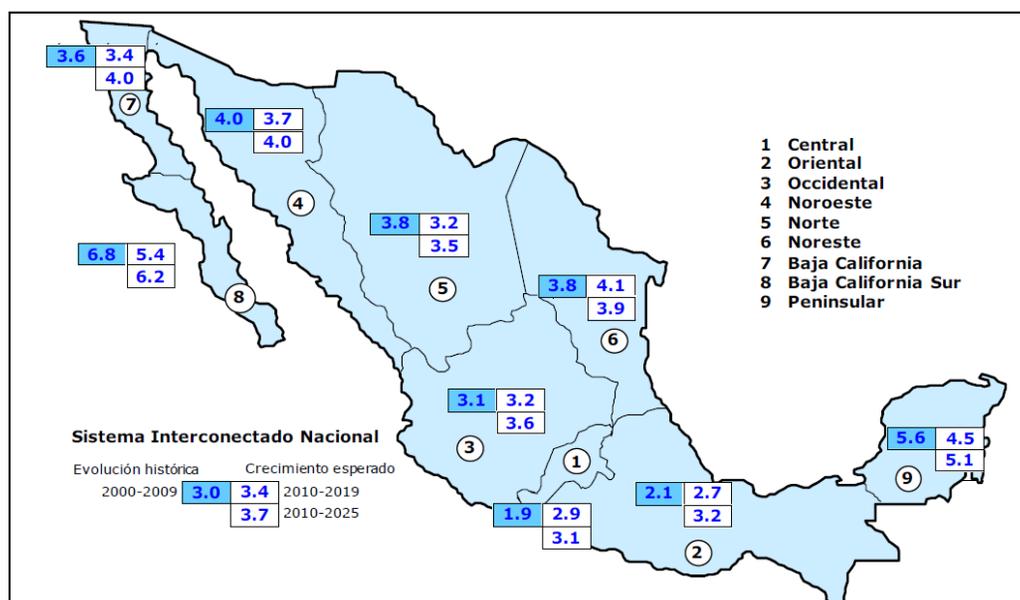
El crecimiento esperado para los próximos años se calculo con base a los pronósticos de la demanda de energía eléctrica que toman en cuenta los siguientes factores:

a) La evolución de las ventas en los sectores tarifarios y zonas del país, b) los registros históricos, solicitudes de servicio y encuestas a usuarios de cargas importantes (con demanda de potencia superior a 1 MW y que en su mayoría corresponde al sector industrial), c) la evolución histórica de las pérdidas de energía en zonas, regiones y áreas.

De estos datos se obtuvo que las regiones que presentaron mayor demanda fueron: La Peninsular y Baja California Sur.

No obstante lo requerimientos de energía eléctrica que presenten cada región no son solo factor para definir proyectos generadores de energía en la región. Se requiere del Sistema Interconectado Nacional para su distribución. El desarrollo de un proyecto de generación eléctrica se fundamenta en el desarrollo a nivel nacional, los resultados no solamente se deben esperar de forma puntual; pues tienen la capacidad de influir en todo el territorio Nacional, apoyando con bloques grandes de energía por medio del (SIN), esto dependerá de la capacidad de transmisión con que cuente el sistema.

Por otro lado podemos observar que la región oriental donde se encuentra ubicado el Proyecto Hidroeléctrico La Parota presenta valores de crecimiento de demanda para el 2010-2019 de 2.7% y para el 2010-2025 de 3.2 por ciento. Comparando con los demás, se consideran bajos. Pero, como hemos señalado más arriba, la demanda regional no solo debe ser factor para tomar en cuenta la creación de una central de este tipo, la aportación eléctrica depende del desarrollo de la red de transmisión en el (SIN) del país, para que los beneficios se aprovechen en cual parte de la Nación.



FUENTE: POISE

Figura 2.4: Crecimiento Medio Anual de la Demanda Máxima Bruta por Área (%)

2.3.2 DEMANDA DE ENERGÍA DE IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN

Otro apartado dentro del tema de la demanda de energía eléctrica es la que energía que pueda ser de exportada e identificar las regiones donde se requiere energía de importación.

En el Cuadro 2.2 se muestran las transacciones de energía de exportación e importación por área de control del 2000-2009

Cuadro 2.2: Exportación e Importación de Energía Eléctrica 2000-2009 (GWh)

AÑO	EXPORTACIÓN					IMPORTACIÓN					BALANCE	
	ORIENTAL	NOROESTE	BAJA CALIFORNIA	PENINSULAR	TOTAL	NOROESTE	NORTE	NORESTE	BAJA CALIFORNIA	TOTAL	NETO	EXP IMP
1999	0	0	31	100	131	4	7	2	646	659	-528	
2000	0	2	66	127	195	4	129	9	927	1,069	-874	
2001	0	1	112	158	271	4	235	6	82	327	-56	
2002	0	0	164	180	344	5	189	26	311	531	-187	
2003	0	0	765	188	953	5	21	0	45	71	-882	
2004	0	0	770	236	1,006	6	2	0	39	47	959	
2005	1	0	1,037	253	1,291	6	6	0	75	87	1,204	
2006	2	16	1,072	209	1,299	6	2	1	514	523	776	
2007	2	13	1,211	225	1,451	6	2	3	266	277	1,174	
2008	3	4	1,197	248	1,452	6	3	3	340	351	1,102	
2009	22	27	984	216	1,249	6	3	57	280	346	903	

FUENTE: POISE

En 2009 la exportación fue de 1,249 GWh, de los cuales 1,011 GWh se enviaron a los sistemas eléctricos de los Estados Unidos de América (EUA), 216 GWh a Belice y 22 GWh a Guatemala.

En el mismo año la importación fue de 346 GWh, de los cuales 280 GWh corresponden al área de Baja California, 6 GWh a la Noroeste, 3 GWh a la Norte y 57 GWh a la Noreste.

Con la diferencia entre las cifras totales de exportación e importación en 2009, se obtiene un balance neto de exportación de 903 GWh.

2.3.3 MARGEN DE RESERVA

La confiabilidad de un sistema eléctrico depende de su capacidad para satisfacer la demanda máxima de potencia (MW) y de energía (GWh).

Para evaluar la confiabilidad del suministro de cualquier sistema eléctrico es necesario conocer el margen de reserva y margen de reserva operativo (MR, MRO), así como el margen de reserva de energía (MRE). Estos indicadores se consideran importantes por las razones siguientes:

1. La capacidad del sistema está sujeta a disponibilidades como consecuencia de salidas programadas de unidades generadoras por mantenimiento, fallas degradaciones y causas ajenas. Por tanto para alcanzar el nivel de confiabilidad, en todo sistema la capacidad de generación debe ser mayor que la demanda máxima anual.
2. Cuando el sistema eléctrico dispone de un MR aceptable y se cuenta con los recursos necesarios para dar mantenimiento a las unidades generadoras, así como para atender las fallas que normalmente ocurren, se incrementa la flexibilidad para enfrentar eventos críticos o contingencias mayores, tales como:
 - Desviación del pronóstico de la demanda
 - Bajas aportaciones a centrales hidroeléctricas
 - Retraso en la entrada de operación de nuevas unidades o líneas de transmisión
 - Fallas de larga duración en unidades térmicas.

3. Dado que la energía eléctrica no puede almacenarse y se debe producir cuando se necesita, el valor del margen de reserva depende de los tipos de centrales que la conforman, de la capacidad y de las unidades generadoras y de la estructura del sistema de transmisión.
4. Cuando diversos sistemas regionales se encuentran sólidamente interconectados, es posible reducir el margen de reserva, ya que los recursos de capacidad de generación pueden compartirse eficientemente entre las regiones. Sin embargo, no siempre es posible técnica y económicamente compartir los recursos.

En la planificación de sistemas eléctricos no existe un punto de vista único para evaluar el margen de reserva. Hay métodos basados en la probabilidad de pérdida de carga, criterios económicos en función del costo de falla, evaluaciones deterministas sustentadas en valores medios de disponibilidad de las centrales generadoras y el comportamiento estacional de la demanda.

Los indicadores de reserva global no describen adecuadamente el comportamiento regional del sistema, por lo que es necesario calcular el margen de reserva local. Para este análisis se debe considerar la capacidad de generación local y la capacidad de importación del resto del sistema mediante enlaces de transmisión.

En el complemento de los indicadores anteriores, el margen de reserva eléctrica se define como la diferencia entre la energía disponible respecto al consumo anual demandado. Está formado por la energía que pudiera generarse pero que no se despacha (termoeléctrica, cabe aclarar que esta no es almacenada) más la hidroeléctrica acumulada en los grandes vasos, la cual puede transferirse interanualmente para convertirse en energía eléctrica. Por lo tanto se aclara de mejor manera, que la energía producida por hidroeléctrica es cuantificable y tomada en cuenta cuando se encuentra alojada en la represa. (POISE, 2010)

2.4 FUENTES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Las fuentes de generación eléctrica se muestran en una cierta diversidad, traen consigo nuevas tecnologías y nuevos panoramas. Tratan de omitir a la tecnología que usa combustibles fósiles. Las nuevas tecnologías muestran las otras variables y estudios. Hacen que las tecnologías existentes se modernicen para volverse competitivas.

Las diversas fuentes de energía eléctrica que se presentan en México son: a base de combustibles fósiles con sistemas que tratan de captar las emisiones, a base minerales como el carbón, a base de centrales hidroeléctricas en pequeñas y grandes, a base de gas, a base del sol por medio celdas solares, a base de campos eólicos y a base de geotérmicas. Cada una de estas tecnologías presenta sus ventajas e inconvenientes, como ejemplo puede mencionarse que la energía eólica presenta generación eléctrica intermitente; esto se vuelve un inconveniente al no poder cubrir la demanda y los picos de esta.

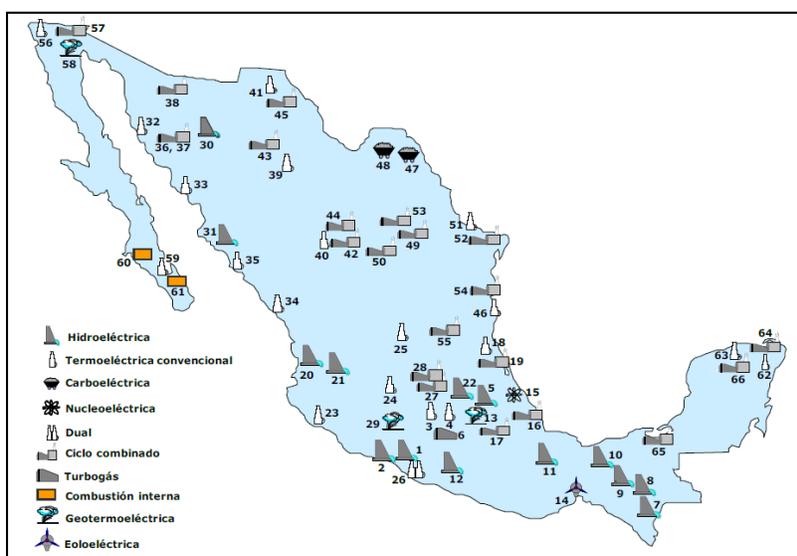
2.4.1 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE GENERACIÓN

En el cuadro 2.3 se clasifica la capacidad efectiva de generación eléctrica por tecnología en las 9 regiones del país y de los pequeños sistemas aislados. Donde se destacan con mayor capacidad efectiva instalada la región oriental con 12,856 MW y Noreste con 11,114 MW. Las nueve regiones y los pequeños sistemas aislados entregan un gran total de capacidad instalada efectiva de 56,686 MW, repartidos en las diferentes tecnologías desarrolladas en la Nación. Las tecnologías que compiten con mayor capacidad instalada nombrándolas de mayor a menor son la de ciclo combinado, la termoeléctrica y la hidroeléctrica. Los rangos de generación están en el orden de los 11,000 a 17,000, por último en la Cuadro 2.3 se señala la participación de cada tecnología para el año 2009.

Cuadro 2.3: Capacidad Efectiva por Tecnología al 2009 y Área de Control (MW)

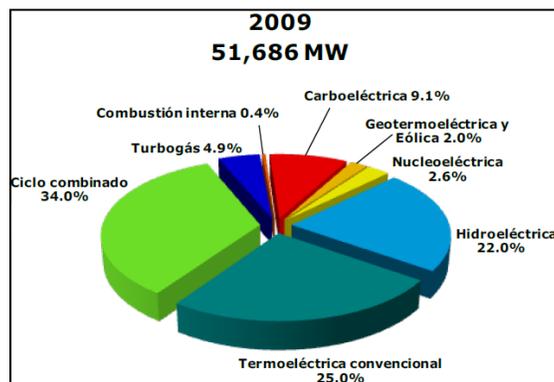
Tecnología	Central	Oriental	Occidental	Noroeste	Norte	Noreste	Baja California	Baja California Sur	Peninsular	Pequeños Sistemas ^{2/}	Total
Termoeléctrica convencional	2,250	2,217	3,466	2,052	936	1,100	320		113	442	12,895
Ciclo combinado	1,038	2,807	1,098	735	2,138	7,012	1,262		1,481		17,572
Turbogás	790	206	24	100	161	284	299		236	377	2,505
Combustión interna									183	33	216
Carboeléctrica			2,100			2,600					4,700
Hidroeléctrica	1,628	6,136	2,532	941	28	118					11,383
Nucleoeléctrica		1,365									1,365
Geotermoeléctrica		40	195				720			10	965
Eololéctrica		85								1	85
Total	5,706	12,856	9,414	3,828	3,263	11,114	2,601	531	2,300	72	51,686

FUENTE: POISE



FUENTE: POISE

Figura 2.4: Principales Centrales Generadoras



FUENTE: POISE

Figura 2.5: Capacidad Efectiva al 31 de Diciembre de 2009

Cuadro 2.4: Principales Centrales Generadoras

Núm	Nombre de la Central	Área	Estado	Municipio	Tecnología	Combustible	/4	/5	Núm. de Centrales Unid.	Capacidad	Generación	Factor de planta	
										Efectiva MW	Bruta GWh	%/6	
1	Infiernillo	Central	Guerrero	La Unión	HID				1	6	1,040	2,140	23.8
2	La Villita (José María Morelos)	Central	Michoacán	Lázaro Cárdenas	HID				112	4	300	921	35.1
3	Tula (Francisco Pérez Ríos)	Central	Hidalgo	Tula	TC, CC	COM YGAS			1	11	2,065	8,514	47.7
4	Valle de México	Central	México	Acolman	TC, CC	GAS			1	7	999	6,065	69.3
5	Necaxa (extinta LyFC)	Central	Puebla	J. Galindo	HID				1	10	109	312	32.7
6	Generación Distribuida (extinta LyFC)	Central	México y D.F.	Varios	TG	GAS			12	13	416	1,717	58.8
7	Angostura (Belisario Domínguez)	Oriental	Chiapas	V. Carranza	HID				1	5	900	2,299	29.2
8	Chicoase (Manuel Moreno Torres)	Oriental	Chiapas	Chicoasen	HID				1	8	2,400	4,725	22.5
9	Malpaso	Oriental	Chiapas	Tecpatán	HID				1	6	1,080	3,107	32.8
10	Peñitas	Oriental	Chiapas	Ostucacán	HID				1	4	420	1,493	40.6
11	Temascal	Oriental	Oaxaca	San Miguel	HID				1	6	354	1,213	39.1
12	Caracol (Carlos Ramírez Ulloa)	Oriental	Guerrero	Apaxtla	HID				1	3	600	822	15.6
13	Humeros	Oriental	Puebla	Chignautla	GEO				1	8	40	325	92.6
14	La Venta	Oriental	Oaxaca	Juchitán	EOL				1	104	85	249	33.6
15	Laguna Verde	Oriental	Veracruz	Alto Lucero	NUC	UO ₂			1	2	1,365	10,501	87.8
16	Dos Bocas	Oriental	Veracruz	Medellín	CC	GAS			1	6	452	2,530	63.9
17	San Lorenzo	Oriental	Puebla	Cuatlacingo	CC	GAS			1	3	382	403	16.7
18	Tuxpan (Adolfo López Mateos)	Oriental	Veracruz	Tuxpan	TC, TG	COM YGAS			1	7	2,263	8,155	41.1
19	Tuxpan II, III, IV y V (PIE)	Oriental	Veracruz	Tuxpan	CC	GAS			3	12	1,973	15,237	88.2
20	Agua Millpa Solidaridad	Occidental	Nayarit	El Nayar	HID				1	3	960	1,366	16.2
21	El Cajón (Leonardo Rodríguez Alcaine)	Occidental	Nayarit	Santa María del Oro	HID				1	2	750	569	8.7
22	Zimapán (Fernando Hiriart Balderrama)	Occidental	Hidalgo	Zimapán	HID				1	2	292	1,167	45.6
23	Manzanillo I y II	Occidental	Colima	Manzanillo	TC	COM			1	6	1,900	7,291	43.8
24	Salamanca	Occidental	Guanajuato	Salamanca	TC	COM YGAS			1	4	866	400	5.3
25	Villa de Reyes	Occidental	San Luis Potosí	Villa de Reyes	TC	COM			1	2	700	3,092	50.4
26	Petacalco (Plutarco Elías Calles)	Occidental	Guerrero	La Unión	DUAL	COM YK			1	6	2,100	12,299	66.9
27	El Sauz	Occidental	Querétaro	P. Escobedo	CC	GAS			1	7	603	4,260	80.7
28	El Sauz (Bajo) (PIE) 2/	Occidental	Guanajuato	S. Luis de la Paz	CC	GAS			1	4	495	4,162	96
29	Los Azules	Occidental	Michoacán	Cd. Hidalgo	GEO				1	15	195	1,498	87.9
30	El Novillo (Plutarco Elías Calles)	Noroeste	Sonora	Soyopa	HID				1	3	135	434	36.7
31	Huites (Luis Donaldo Colosio)	Noroeste	Sinaloa	Choiy	HID				1	2	422	911	24.7
32	Puerto Libertad	Noroeste	Sonora	Pitiquito	TC	COM			1	4	632	2,382	43
33	Guaymas II (Carlos Rodríguez Rivero)	Noroeste	Sonora	Guaymas	TC	COM			1	4	484	1,488	35.1
34	Mazatlán II (José Aceves Pozos)	Noroeste	Sinaloa	Mazatlán	TC	COM			1	3	616	2,576	47.7
35	Topolobampo II (Juan de Dios Bátiz)	Noroeste	Sinaloa	Ahome	TC	COM			1	3	320	1,583	56.5
36	Hermosillo	Noroeste	Sonora	Hermosillo	CC	GAS			1	2	227	1,567	78.8
37	Hermosillo (PIE) 2	Noroeste	Sonora	Hermosillo	CC	GAS			1	1	250	2,025	92.5
38	Naco Nogales (PIE) 2	Noroeste	Sonora	Agua Prieta	CC	GAS			1	2	258	2,092	92.6
39	Francisco Villa	Norte	Chihuahua	Delicias	TC	COM YGAS			1	5	300	1,010	38.4
40	Lerdo (Guadalupe Victoria)	Norte	Durango	Lerdo	TC	COM			1	2	320	1,346	48
41	Samalayuca I y II	Norte	Chihuahua	Cd. Juárez	TC, CC	COM YGAS			2	8	838	4,957	67.5
42	Gómez Palacio	Norte	Durango	Gómez Palacio	CC	GAS			1	3	240	1,163	55.4
43	El Encino (Chihuahua II)	Norte	Chihuahua	Chihuahua	CC	GAS			1	5	619	4,541	83.7
44	La Laguna II (PIE) 2	Norte	Durango	Gómez Palacio	CC	GAS			1	3	498	3,767	86.4
45	Chihuahua III (PIE) 2	Norte	Chihuahua	Juárez	CC	GAS			1	3	259	1,655	73.4
46	Altamira	Noreste	Tamaulipas	Altamira	TC	COM YGAS			1	4	800	1,634	23.3
47	Río Escondido (José López Portillo)	Noreste	Coahuila	Río Escondido	CAR	K			1	4	1,200	8,707	82.8
48	Carbón II	Noreste	Coahuila	Nava	CAR	K			1	4	1,400	8,179	66.7
49	Huinálati y II	Noreste	Nuevo León	Pesquería	CC, TG	GAS			2	8	978	4,912	57.3
50	Saltillo (PIE) 2	Noreste	Coahuila	Ramos Arizpe	CC	GAS			1	2	248	1,815	83.7
51	Río Bravo (Emilio Portes Gil)	Noreste	Tamaulipas	Río Bravo	TC, CC	COM YGAS			1	4	511	1,442	32.2
52	Río Bravo II, III y IV (PIE) 2	Noreste	Tamaulipas	Valle Hermoso	CC	GAS			3	9	1,490	7,843	60.1
53	Monterrey III (PIE) 2	Noreste	Nuevo León	S. N. Garza	CC	GAS			1	2	449	3,597	91.5
54	Altamira II, III, IV y V (PIE) 2	Noreste	Tamaulipas	Altamira	CC	GAS			3	15	2,652	18,682	80.4
55	Tamazunchale (PIE) 2	Noreste	San Luis Potosí	Tamazunchale	CC	GAS			1	6	1,135	8,086	81.3
56	Presidente Juárez	Baja California	Baja California	Rosarito	TC, CC, TG	COM YGAS			3	13	1,303	4,416	43.2
57	Mexicali (PIE) 2	Baja California	Baja California	Mexicali	CC	GAS			1	3	489	2,261	52.8
58	Cerro Prieta	Baja California	Baja California	Mexicali	GEO				4	13	720	4,880	77.4
59	Punta Prieta	Baja California	Baja California Sur	La Paz	TC	COM			1	3	113	616	62.5
60	San Carlos (Agustín Olachea A.)	Baja California	Baja California Sur	San Carlos	CI	COM YDIE			1	3	104	651	71.3
61	Baja California Sur I	Baja California	Baja California Sur	La Paz	CI	COM YDIE			1	2	79	504	73
62	Valladolid (Felipe Carrillo Puerto)	Peninsular	Yucatán	Valladolid	TC, CC	COM YGAS			2	5	295	1,807	69.9
63	Meérida II	Peninsular	Yucatán	Meérida	TC, TG	COM YGAS			2	3	198	1,061	61.2
64	Valladolid III (PIE) 2	Peninsular	Yucatán	Valladolid	CC	GAS			1	3	525	3,737	81.3
65	Campeche (PIE) 2	Peninsular	Campeche	Palizada	CC	GAS			1	1	252	862	39
66	Meérida III (PIE) 2	Peninsular	Yucatán	Meérida	CC	GAS			1	3	484	2,299	54.2
Suma									94	439	47,945	228,331	54.4
Otras Termoeléctricas 7									48	180	2,119	1,811	9.8
Otras Hidroeléctricas									65	155	1,621	4,965	35
Total									207	774	51,686	235,107	52.3

2/ Pr oductor Independiente de Energía

3/ HID: Hidroeléctrica, TC: Termoeléctrica Convencional, CC: Ciclo Combinado, TG: Turbogás, CAR: Carboceléctrica, NUC: Nuclear, GEO: Geotermoeletricia, EOL: Eoloeletricia, CI: Combustión Interna

4/ COM: Combustión, GAS: Gas, K: Carbón, UO₂: Oxidación, DIE: Diesel

5/ Fuente: SENER

6/ Calculado con la capacidad media equivalente

7/ Incluye eoloeletricia

FUENTE: POISE

2.4.2 DIVERSIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE GENERACIÓN

Frente a la volatilidad de los precios de los combustibles y a la incertidumbre en la evolución y costos de las tecnologías para generación de electricidad la diversificación adquiere una importancia relevante para reducir riesgos. Así, un plan de expansión con mayor grado de diversificación, aun con un mayor costo permitirá reducir la exposición de desabasto de energía a un menor riesgo.

Las ventajas más importantes de una diversificación energética son: mayor protección contra la volatilidad de los precios de los energéticos primarios, menor dependencia de un proveedor único de combustible y reducción de la contaminación atmosférica mediante el uso de fuentes de energía renovable y generación limpia.

A continuación se describen brevemente escenarios de algunas ventajas de aquellas tecnologías que se han considerado en el análisis de largo plazo.

Centrales carboeléctricas. El uso del carbón resulta atractivo tomando en cuenta que: a) se constituyen como una tecnología madura, b) resulta el energético primario con más reservas a nivel mundial y c) el precio del energético ha sido menos volátil, aunque en los últimos años ha tenido incrementos.

Sin embargo, actualmente hay una gran presión mundial para reducir las emisiones de gas de efecto invernadero, por lo que las tecnologías para carboeléctricas deberán considerar en el futuro la mejora de los propios sistemas.

Además de las inversiones necesarias en este tipo de centrales, se requiere otras para la recepción y manejo del carbón, así como la construcción o adecuación de puertos e infraestructura para el transporte de este energético en el territorio nacional.

Para las Centrales nucleoeeléctricas. En los últimos años, el avance de esta tecnología ha permitido un incremento importante en la seguridad de su operación, los costos nivelados de generación serán competitivos con la tecnología de ciclos combinados.

Ciclos combinados con gasificación integrada. Lo que atrae de esta tecnología es la posibilidad del aprovechamiento de diversos combustibles mediante su gasificación, el gas es utilizado en las turbinas. La gasificación de carbón, biomasa y residuos de refinación son opciones por considerar. Con este proceso será

posible avanzar en la solución del problema ambiental asociado con la combustión de energéticos primarios de baja calidad.

Aunque el nivel de emisiones por la combustión del gas es menor a la del carbón o combustóleo, los ciclos combinados podrán considerarse como tecnología de generación limpia siempre y cuando incorporen dispositivos de reducción de CO₂, de no ser así siguen dentro del catalogo de las tecnologías que emiten gases de efecto invernadero.

Centrales hidroeléctricas. Los costos de inversión inicial de una central hidroeléctrica son mayores a los de las tecnologías a base de combustibles fósiles, más sin embargo los costos de mantenimiento y vida útil que han presentado promedian el costo de inversión a largo plazo. Se presentan problemas sociales derivados de su construcción. La certidumbre de su producción depende de la disponibilidad del recurso hídrico, más sin embargo es una tecnología que se sigue desarrollando, al tener el carácter de tecnología de hidroenergía limpia y renovable.

El siguiente tema trata con una mayor amplitud lo correspondiente a centrales hidroeléctricas para puntualizar los beneficios directos e inconvenientes correspondientes a su construcción.

2.5 BENEFICIOS DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

Centrales hidroeléctricas. Estas centrales operan siempre de forma competitiva dependiendo de su tipo ya sea en las horas de demanda máxima o con producción continua. Ofrecen los siguientes beneficios de forma directa:

- I) Utilizan energía renovable
- II) La energía que se produce es barata, poco costo en producción y mantenimiento
- III) Se consideran dentro de las tecnologías de generación limpia al no generar gases de efecto invernadero. No contaminan aire ni desprende calor
- IV) Su construcción tiene el mayor componente de integración Nacional, al aprovechar los recursos humanos, y tecnológicos

- V) Es una tecnología madura en la Nación, se apoya de una serie de centrales hidroeléctricas que han trabajado más allá de su vida útil y funcionamiento eficiente
- VI) Las obras civiles y las presas puede destinarse a otros usos

2.5.1 ENERGÍA HIDROELÉCTRICA. VENTAJAS

Los aspectos en los que se espera obtener ventajas por la implantación de la de la central hidroeléctrica están relacionados con:

- Respuesta inmediata a la demanda
- Producción de energía no contaminante para uso industrial, comercial, residencial y muchos otros.
- La generación de empleos, se desarrollaran nuevas ciudades, nuevos empleos y oportunidades económicas para las comunidades
- Control de inundaciones
- Recreación y navegabilidad en la región, permitiendo el turismo y el acceso a nuevos escenarios formados por el nuevo ecosistema
- La presa aumentará la productividad de las tierras cultivables; al poder irrigar la superficie de las tierras y consecuente el suministro de alimentos

2.5.2 ENERGÍA HIDROELÉCTRICA. INCONVENIENTES

- El hábitat de miles de especies desaparecerán, mas sin en cambio se implementan planes de rescate de especies a gran escala.
- Se altera el flujo de un río que quizá ha existido por más de 500 años, se perturban los peces que viven en el río, se perturba la vida silvestre que vive fuera del río. El vaso de almacenamiento que se crea al construir la presa, también tiene sus efectos negativos. Como el desplazamiento y la reubicación de poblados afectados por el vaso de almacenamiento cuando el agua alcanza su nivel más alto.

2.5.3 BENEFICIOS DE LA ENERGÍA HIDROELÉCTRICA DE LA PAROTA

Conforme se ha desarrollado el tema: Justificación del Proyecto Hidroeléctrico la Parota, se puede observar que solo existen tres maneras de generar grandes cantidades de energía eléctrica, la hidroeléctrica, la quema de combustibles fósiles o de plantas nucleares. Cada una presenta ciertas ventajas y desventajas. El simple sistema de generación de las presas hidroeléctricas es utilizado en todas partes, dado que el combustible de las turbinas es el agua, la cual es gratis; una vez que se construye la presa, sino que además no es nada contaminante. Las desventajas de la de combustibles fósiles requieren de minas de carbón y la quema de combustibles que resulta en la contaminación del aire. La energía nuclear tiene el problema del almacenamiento de los desechos nucleares. La gran ventaja de la energía hidroeléctrica es el hecho de que podemos usar la electricidad en las horas de mayor demanda. La demanda de energía hidroeléctrica varía constantemente durante el día, con la energía hidroeléctrica las turbinas pueden mantenerse girando en un proceso llamado rotación de reserva (es posible regular la rotación para responder a la demanda en segundos). Al irse incrementando la demanda durante el día las compuertas de las turbinas se abren lo que hace que giren a su velocidad máxima para suministrar la energía necesaria. Este factor de flexibilidad hace que la energía hidroeléctrica sea mucho más valorada que la energía generada por el fuego del carbón o por una planta nuclear. Las turbinas generan 1,313 GWh, suficiente electricidad para suplir las necesidades de millones de personas.

Un objetivo que puede cumplir una hidroeléctrica como La Parota, es lograr el nivel aceptable de margen de reserva local y de otras regiones. Para equiparar los márgenes en cada una de las regiones se requiere la instalación de capacidad de generación local para cumplir criterios técnicos y económicos, así como de refuerzos de transmisión que incrementen la transferencia entre regiones. La creación de hidroeléctricas permite alcanzar un mayor margen de reserva que sea aceptable; al contar con el agua del vaso de almacenamiento, la cual puede interpretarse como energía eléctrica almacenada.

Por último nuevamente mencionar que el agua es un bien preciado, almacenarla permite administrarla, esto permite el ahorro y el ahorro es un elemento fundamental para el desarrollo. Se gana el control del río, se satisfacen las necesidades vitales de agua, y la economía rural y urbana pueden unirse.

CAPÍTULO III
ESTUDIOS BÁSICOS DE LA
OBRA DE DESVÍO

CAPÍTULO III ESTUDIOS BÁSICOS DE LA OBRA DE DESVÍO

Para llegar al diseño de la obra de desvío se requiere de la caracterización del macizo rocoso y la evaluación del comportamiento hidráulico, como parte básica de la ingeniería, utilizando información de las diferentes disciplinas como: Topografía, Hidrología, Geología, Sismotectónica y Geofísica.

El orientarnos al diseño óptimo o adecuado de la obra de desvío es parte de los estudios de Hidrología y Geología tomando en cuenta los siguientes factores: (López, 1999)

- El régimen de escurrimiento
- Magnitud y frecuencia de las avenidas
- Métodos para hacer el desvío
- Tiempo de la construcción
- Las condiciones del sitio
- Consecuencia en caso de falla
-

La geología proporciona información de las características físicas de la roca y depósitos aluviales en el cauce, así como la presencia de tectonismo, fallas, inestabilidad o permeabilidad de las formaciones geológicas del sitio; la presencia de estas condiciones pueden ocasionar problemas de estabilidad y del buen comportamiento de la presa durante la vida útil de la obra y reducir su utilidad en conjunto o aumentar el costo de la obra. (Barrera, 2007)

Por ello es de importancia significativa el realizar estudios en campo con métodos directos como: levantamientos geológicos superficiales, sondeos, galerías, trincheras y pozos a cielo abierto, muestreo de los materiales y pruebas de laboratorio. Además de los métodos indirectos: como fotogeología, métodos geofísicos y mecánica de rocas. Pruebas de laboratorio con pruebas físicas de resistencia, módulo de deformabilidad, permeabilidad, esfuerzos en el macizo rocoso, propiedades índice, mecánicas, sónicas y elásticas.

En los siguientes párrafos se describen los estudios topográficos, hidráulicos y geológicos que componen la Obra de Desvío.

3.1 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

Dentro de los estudios básicos asociados a una obra, están los estudios topográficos. Los cuales siempre van de la mano de todo proyecto, antes, durante y al concluir. Pues permite documentar de forma descriptiva una región con sus formas y detalles, representando elementos naturales y artificiales presentes.

Los estudios previos al proyecto permiten plasmar las condiciones de un lugar, definir los límites del proyecto y trasladar esta información de campo al gabinete; para así poder confeccionar un plano.

Es el caso para la obra de desvío, pues con esta información recabada permite desarrollar los estudios siguientes asociados a la obra, como la ubicación del proyecto geométrico, los accesos a éste, los estudios hidrológicos e iniciar con los estudios geológicos y geofísicos; que permiten obtener el modelo geológico, y realizar sondeos; para pruebas de laboratorio.

En el proyecto hidroeléctrico La Parota se realizaron trabajos topográficos de seccionamiento transversal del río a lo largo del desarrollo de sus corrientes principales en el vaso, hasta su desembocadura. Asimismo, los levantamientos fotogramétricos de alta resolución del área de influencia del proyecto, como:(Hernández, 2005)

- La delimitación de la zona federal, tanto actual como futura
- Las comunidades propietarias de los terrenos, los límites del vaso y el alcance de los derechos por pagar
- Los levantamientos de las superficies donde se definirán las ubicaciones de los nuevos poblados de reacomodos.
- Los levantamientos correspondientes al trazo de los caminos definitivos de acceso
- También se efectuó el levantamiento fotogramétrico de las zonas identificadas con riesgo de inundación ante diferentes condiciones de operación del vertedor de la presa

Los planos que definen el proyecto de la obra de desvío, desde el punto de vista topográfico son básicamente: la planta general sobre topografía base, el perfil longitudinal y secciones transversales.

Las tareas de proyecto, replanteo, construcción, medición de obra y posible control posterior de deformaciones, se engloba en la topografía de apoyo.

3.2 ESTUDIOS HIDRÁULICOS

Los estudios referidos a la hidrología aplicada corresponden al diseño y operación de proyectos de ingeniería para el control y aprovechamiento del agua. (Aparicio, 1992) Responde al estudio de eventos hidrometeorológicos con los que se lleva a cabo el diseño desde el punto de vista hidráulico.

Definir las características de la cuenca es de gran relevancia siendo uno de los primeros panoramas que muestran la situación. Además de los estudios de geomorfología y la urbanización que permiten asociar parámetros como el área de la cuenca, volumen de escurrimiento, volumen a almacenar, las pendientes, velocidades de escurrimiento y superficies susceptibles a inundar. (Aparicio, 1992)

3.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA

La cuenca del río Papagayo es una cuenca exorreica. Se ubica geográficamente dentro del Estado de Guerrero y ocupa los municipios de Acapulco, Chilpancingo, Mochitlán, Quechultenango, Juan R. Escudero, San Marcos, y Tecuanapa.

Los escurrimientos de la cuenca parten desde los 3,000 msnm, dentro de la cuenca se encuentra los ríos: San Miguel, Potrero, Chapalapa, Huacapa, Azul y Unión; nombrados de Oeste a Este; según su ubicación geográfica dentro de la cuenca. Estos ríos con sus aportaciones forman la corriente principal que recibe el nombre de Río Papagayo, recorre 70 km hacia el sur, y desemboca en el Océano Pacífico.

3.2.2 ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS

Parte importante para el estudio es la recolección y el análisis de datos. La información hidrométrica de la cuenca corresponde a más de veinte estaciones, de las cuales se tomo la información de ocho de estas. Se consideraron por la cercanía al proyecto. Las cuales son: (Sánchez, 2007)

1. Colotlipa. Situada sobre el río Azul, aguas abajo de una presa derivadora, operó de 1947 a 1970
2. El Puente. Situada sobre el río Omitlán, muy cerca de la confluencia con el río Chapalapa, opera desde 1953 a la fecha
3. El Salitre. Situada sobre el río Omitlán, muy cerca de la confluencia con el río Papagayo, operó de 1949 a 1963

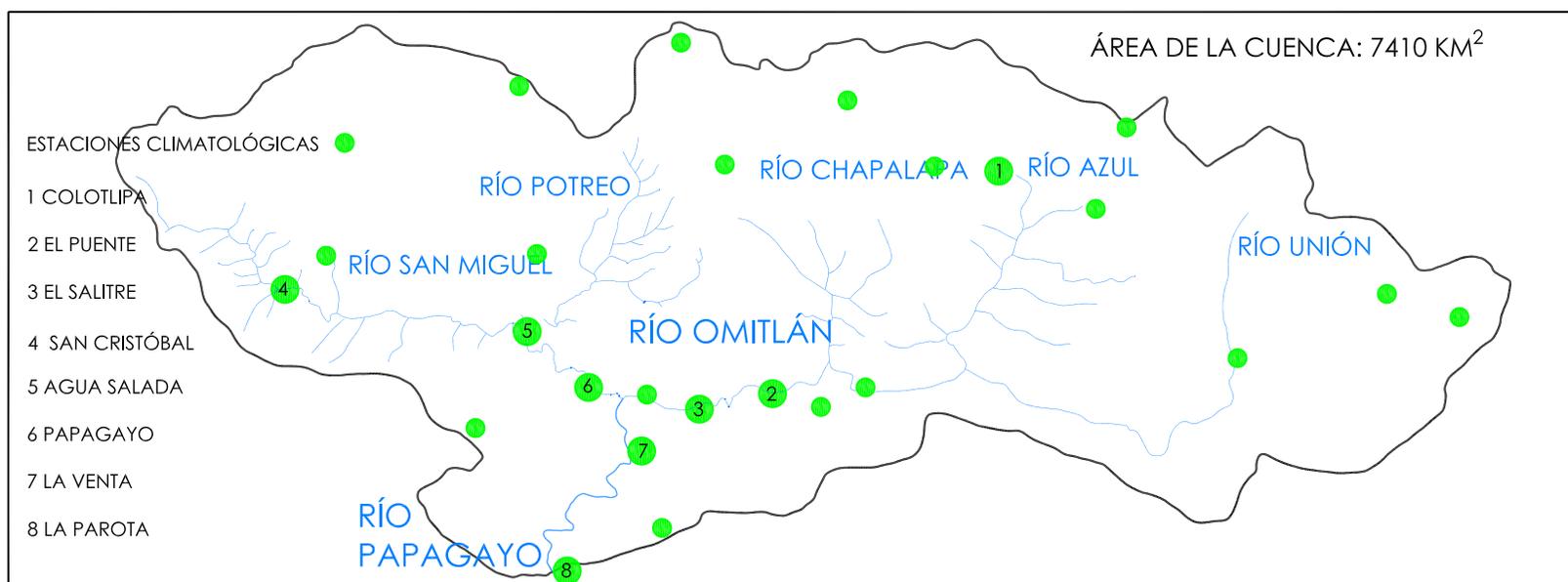


Figura 3.1 Cuenca Hidrológica del Río Papagayo

Sobre río San Miguel a la margen derecha del río Papagayo, la información hidrométrica proviene de tres estaciones:

1. San Cristóbal. Situada en la margen del río San Miguel, en el Municipio de Chilpancingo, operó de 1966 a 1968.
2. Agua Salada. Situada en la confluencia de los ríos San Miguel y Potrero, opera desde 1968 a la fecha.
3. Papagayo. Situada aguas arriba de la confluencia del río Papagayo con el río Omitlán operó de 1955 a 1964.

Después de la confluencia del río Omitlán con el río Papagayo, la información hidrométrica corresponde a dos estaciones:

1. La Venta, Situada en la margen del río Papagayo, operó de 1963 a 1976
2. La Parota, Situada en la margen del río Papagayo, en el municipio de San Marcos, ubicada en el sitio de la boquilla del proyecto, opera desde 1962 y a la fecha sigue operando.

Para definir los escurrimientos aprovechables se hizo uso de la información de la estación hidrométrica La Parota, así como los registros correlacionados de las estaciones El Puente, El Salitre, Agua Salada y Papagayo.

Los registros históricos corresponden de 1951 a 2009 contando con 59 años de información que se describen en la Cuadro 3.1.

Del Cuadro 3.1 se identifica lo siguiente: El mes que menos precipitación presenta es el mes de Abril con dos casos de precipitación media mensual; el mínimo de 56 Mm^3 y el máximo con de 85 Mm^3 .

El mes que más llueve es el mes de Septiembre con una precipitación de media mensual mínima de 1,200 Mm^3 y precipitación máxima media mensual de 3,595 Mm^3 .

Haciendo un análisis de volúmenes medios anuales para determinar los años húmedos, los medios y los secos, se estableció como parámetro de referencia, el escurrimiento medio anual de $4,341 \text{ Mm}^3$, (\pm) la desviación estándar de $1,277.60 \text{ Mm}^3$, que corresponde a los límites para determinar qué tipo de año es, de tal manera que volúmenes de más de $5,618 \text{ Mm}^3$ corresponde a años húmedos y valores inferiores a $3,063.40 \text{ Mm}^3$ se consideran años secos. De los 59 años de registros se identifican 7 años húmedos, 8 años secos y 44 medios.

En los meses de Julio, Agosto, Septiembre y Octubre, se presentan escurrimientos registrados por arriba del 74% del escurrimiento anual, que equivale a un volumen de $3,212 \text{ Mm}^3$ y el 26% de escurrimientos lo conforman los 8 meses de Noviembre a Junio y tienen un volumen equivalente a $1,129 \text{ Mm}^3$.

P.H. LA PAROTA	RÍO: PAPAGAYO CUENCA: RÍO PAPAGAYO					1951- 2009			VOLUMENES MENSUALES EN MILLONES DE METROS CÚBICOS				
	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1951	117	77	71	58	61	164	417	675	1,439	830	285	168	4,360
1952	112	81	74	57	69	433	802	1,180	2,805	1,468	371	200	7,653
1953	134	86	76	61	64	191	376	611	909	716	363	174	3,763
1954	114	77	65	57	99	431	1,031	882	1,972	2,354	451	221	7,756
1955	149	96	82	64	63	170	1,351	1,028	1,747	1,420	429	221	6,821
1956	155	105	88	65	129	570	882	594	1,291	609	252	163	4,904
1957	118	78	72	60	59	223	369	540	1,098	524	211	139	3,491
1958	173	94	81	61	67	241	859	867	1,462	1,182	989	313	6,389
1959	198	122	105	85	92	263	476	744	815	1,257	487	222	4,865
1960	146	98	84	65	70	109	355	510	774	799	467	191	3,666
1961	131	87	74	55	55	270	499	579	1,594	515	1,021	299	5,179
1962	170	94	80	63	76	168	355	383	1,006	856	314	186	3,751
1963	138	86	77	61	73	108	483	708	1,067	936	314	177	4,228
1964	128	87	71	52	66	167	643	658	1,269	636	259	182	4,217
1965	124	82	71	57	62	156	265	437	755	658	213	138	3,016
1966	102	79	76	71	77	170	397	657	909	735	254	145	3,671
1967	123	87	72	63	80	283	488	578	3,009	1,425	382	170	6,759
1968	140	92	56	51	99	230	670	665	848	675	305	203	4,034
1969	135	77	68	56	51	99	307	1,048	1,486	689	257	168	4,442
1970	120	83	63	52	46	209	577	1,241	2,105	942	364	210	6,011
1971	145	94	82	69	63	188	378	560	1,198	856	270	172	4,077
1972	113	80	65	49	54	257	536	497	605	361	215	138	2,970
1973	93	62	55	58	56	387	543	707	1,877	1,037	388	220	5,482
1974	149	93	75	58	62	602	549	530	1,848	547	259	151	4,922
1975	104	73	64	52	80	282	479	826	1,412	461	276	150	4,259
1976	94	62	52	40	38	153	269	295	415	1,426	322	174	3,341
1977	103	71	112	52	73	183	300	398	572	484	206	143	2,697
1978	99	65	58	46	59	251	702	560	840	657	272	177	3,783
1979	122	106	93	69	88	129	321	696	1,456	386	214	151	3,830
1980	164	98	80	65	69	126	310	832	910	591	297	183	3,723
1981	127	81	78	64	51	272	588	1,417	1,641	1,545	442	244	6,548
1982	159	92	82	66	80	113	281	271	387	334	147	95	2,105
1983	69	57	53	37	39	90	392	345	728	445	215	131	2,600
1984	109	69	52	44	55	246	741	1,000	3,595	620	289	174	6,992
1985	127	76	64	52	58	236	514	933	705	500	250	150	3,664
1986	104	69	58	48	76	307	519	424	645	413	183	124	2,969
1987	86	55	52	45	51	254	567	700	664	401	166	108	3,151
1988	76	54	46	41	38	312	647	1,227	1,538	494	239	136	4,849
1989	106	67	60	50	52	354	444	725	1,921	974	282	132	5,168
1990	132	87	72	63	79	195	555	584	601	613	324	178	3,481
1991	124	79	65	60	43	202	396	452	585	890	276	163	3,335
1992	122	109	73	60	78	130	380	712	1,057	955	345	191	4,213
1993	137	93	72	58	60	313	1,181	794	1,417	686	309	196	5,316
1994	122	81	70	63	49	142	214	420	496	558	229	131	2,575
1995	84	63	55	46	66	214	484	1,278	1,082	605	241	154	4,371
1996	107	66	46	39	50	334	573	1,095	906	1,314	279	188	4,999
1997	105	76	69	58	77	139	283	246	551	1,249	214	128	3,195
1998	105	68	61	48	46	119	336	566	1,439	1,172	397	210	4,567
1999	143	84	64	44	37	229	590	887	1,383	1,167	307	163	5,098
2000	117	80	71	59	90	370	335	708	1,142	620	213	136	3,941
2001	97	65	63	45	53	173	452	597	794	476	200	128	3,143
2002	105	68	61	48	60	197	379	316	707	637	967	212	3,757
2003	125	78	65	51	71	224	484	548	959	874	270	149	3,897
2004	126	77	64	52	61	234	320	554	935	905	317	173	3,819
2005	130	82	72	53	51	145	621	638	857	673	233	151	3,704
2006	105	74	64	53	66	230	438	565	1,111	1,244	524	266	4,739
2007	161	104	90	73	80	158	357	973	1,249	482	256	174	4,156
2008	126	83	72	61	58	149	604	800	1,634	980	314	194	5,077
2009	138	94	83	66	94	164	273	294	583	427	276	138	2,630
MEDIA	123	81	70	56	66	228	507	687	1,200	818	329	174	4,341
MEDIANA	123	81	71	57	63	209	479	657	1,067	686	279	172	4,077
MÍNIMO	69	54	46	37	37	90	214	246	387	334	147	95	2,105
MÁXIMO	198	122	112	85	129	602	1,351	1,417	3,595	2,354	1,021	313	7,756
DESV. EST.	24.6	14.0	12.8	9.2	17.5	105.3	220.8	269.0	627.4	382.7	174.5	41.9	1,277.6
COEF. VAR.	0.199	0.172	0.183	0.164	0.266	0.462	0.435	0.391	0.523	0.468	0.531	0.241	0.294
Q MEDIO	46.1	30.4	26.2	21.0	24.5	85.2	189.4	256.6	448.1	305.6	122.8	64.9	137.7
% ESC	2.8%	1.9%	1.6%	1.3%	1.5%	5.3%	11.7%	15.8%	27.6%	18.9%	7.6%	4.0%	100.0%

FUENTE: C F E

Cuadro 3.1: Escurrecimientos Estimados y Registrados en la Estación Hidrométrica la Parota [Mm³]

3.2.3 GASTO MÁXIMO

Con la finalidad de calcular las dimensiones de las estructuras para el desvío del río durante la etapa constructiva del proyecto, se realizó el análisis de gastos medios diarios registrados en la estación hidrométrica La Parota 1963-2009, para definir la avenida de probable ocurrencia en el sitio.

El estudio se inició recopilando información histórica sobre gastos máximos, a nivel mensual, de las siguientes estaciones hidrométricas: La Parota, Agua Salada y El Puente.

La Parota presenta 2 casos máximos históricos. El primero es el gasto máximo estimado de $11,653 \text{ m}^3/\text{s}$ y corresponde al día martes 26 de septiembre de 1967. El gasto fue estimado por medio de polígonos de Thiessen, al no contar con algunos datos; porque la estación fue arrastrada por la corriente. (Sánchez, 2007) El segundo caso es del gasto máximo registrado de $9,238 \text{ m}^3/\text{s}$ y corresponde al día viernes 14 de septiembre de 1984.

Agua Salada, presenta un solo caso de gasto máximo registrado de $2,679 \text{ m}^3/\text{s}$ y corresponde a Julio de 1993 y El Puente, presenta un solo caso de gasto máximo registrado de $1,594 \text{ m}^3/\text{s}$ y corresponde a Septiembre de 1974.

3.2.4 ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis de riesgos se puede considerar como una evaluación de las causas de las posibles amenazas a probables eventos no deseados y los daños y consecuencias que éstas puedan producir.

Dentro del diseño de proyectos hidroeléctricos el análisis de riesgos sirve para tener una interpretación del panorama. Reduce la incertidumbre de un diseño o evaluación planteada de las estructuras o complejos por construir. El poder valor y cuantificar los posibles riesgos que se van a tomar permite conocer las implicaciones a las que estamos sujetos, así como su magnitud.

Los riesgos no contemplados se reflejan en colapsos, fallas, accidentes, pérdidas de vidas, inundaciones, contingencias, pérdidas económicas, desconfianza e incertidumbre.

Según el Comité Internacional de Grandes Presas (ICOLD, 1995). Se define como falla o ruptura: El colapso o movimiento de una parte de la presa que no puede retener el agua

FACTORES DE INFLUENCIA

Los factores que puede producir una falla en Presas se pueden clasificar en: Factores naturales, de diseño, construcción, mantenimiento y operación.

Una presa es un complejo de gran dimensión. Su magnitud despierta preocupación; garantizar la seguridad de las presas es una respuesta necesaria ante los factores mencionados.

Dentro de los fenómenos naturales podemos considerar sismos de gran intensidad, avenidas extraordinarias que consigo acarrear ciertas cantidades de sedimentos que se alojan en la cortina, los cuales pueden producir empujes en presencia de sismo; lo que en muchas ocasiones no se contempla dentro del diseño. Estos fenómenos pueden desatar la súbita liberación de miles de toneladas de agua sobre asentamientos humanos, puede causar pérdidas humanas y materiales, además de graves daños al medio ambiente.

Respecto a los criterios de diseño usuales con factores de seguridad, sistema determinista; el cual no involucra los estados futuros del sistema, su uso está siendo igualado cada vez más por los criterios probabilísticos, los cuales también son de carácter científico pero involucran los estados futuros del sistema además de que esta inherente el concepto de confiabilidad. (Marengo, 2011)

Otro de los factores es la calidad de la construcción. Se considera uno de los factores más difíciles de controlar al tener diferentes elementos o variables que intervienen, desde el control y calidad de los materiales, las técnicas y capacidades del constructor, los conocimientos actualizados de la supervisión, los plazos por cumplir con un programa de tiempo y costo que en muchas ocasiones es incompatible.

Por último el mantenimiento es elemento que garantiza la confiabilidad de las estructuras, muestra el desempeño a las diferentes solicitudes de operación. Es por ello de importancia contar con un comité que se conforme con el diseñador y supervisión, los cuales se encuentran ligados a los detalles que componen el proyecto.

Por otro lado las tres principales causas de falla de las presas son: el desbordamiento, la erosión interna y el debilitamiento de la cimentación. Ante el cambio climático que está presentando el planeta, los fenómenos meteorológicos se presentan con mayor frecuencia e intensidad esto puede producir lluvias

excesivas las cuales puede tener poca duración pero con precipitaciones muy altas que se interpretan como crecientes que puede provocar el desbordamiento. Otra situación que se puede presentar es la saturación del suelo debido a tiempo prolongado de exposición de lluvia lo que trae como consecuencia desplazamientos de grandes bloques de tierra que pueden producir un oleaje que conlleve al desbordamiento.

Como ejemplo de estos tipos de eventos, se tiene el antecedente

Con respecto a la erosión interna esta se presenta por la migración de materiales y el consecuente desarrollo de vacíos son tan graduales que no permiten ser detectados hasta que se encuentran muy avanzados y las fuerzas sísmicas pueden provocar la licuefacción de los materiales no cohesivos de grano fino en los terraplenes y en la zona de cimentación. (Marengo 2011)

Como ejemplo de estos tipos de eventos, se tiene el antecedente en la cuenca del río Papagayo que se presentó en el año de 1967 ante una avenida de un gasto de $11,800 \text{ m}^3/\text{s}$, la cual provocó el desbordamiento de la presa La Venta, la azolve e inundó la casa de máquinas. La presa no llegó a la falla o colapso pero si fue desbordada y pone en tela de incertidumbre su confiabilidad.

Para las obras de desvío se deben de tomar en cuenta estos factores para la toma de decisiones ante de diversas condiciones de funcionamiento.

CONSIDERACIONES DE DISEÑO

En la práctica general de la ingeniería, las obras de desvío se diseñan desde el punto de vista hidrológico con periodos de retorno que oscilan entre los 30 y 50 años para las presas de tierra y enrocamiento. Se constató que en la mayoría de los casos en los que ha ocurrido fallas en las obras de desvío, los niveles de seguridad adoptados fueron solamente una pequeña fracción de los requeridos, en comparación con los que se consideraron al término de construcción de la presa. (Marengo, 2005)

Los aspectos relevantes del por qué se le da poca importancia a la seguridad de las presas durante la construcción son: (Marengo, 2005)

- Tradicionalmente se consideran solamente los daños que podrían suceder aguas debajo de la zona de construcción de la presa. Sin embargo, también deberían considerarse los daños ocasionados a las propias estructuras y la

pérdida económica por energía no generada, cuando éste sea el propósito de la presa y los daños causen retraso en la misma.

- En muchas ocasiones los daños se consideran responsabilidad del constructor, sin importar las consecuencias.
- Hay una noción irracional de que la avenida máxima de diseño no se puede presentar debido al corto periodo de tiempo que dura la construcción, lo cual es una mala consideración; únicamente es poco probable que durante el tiempo de construcción no se presente la avenida máxima de diseño.

Por otro lado el proyecto de una obra de contención, debe de tomar en cuenta el desvío de la corriente, si este se hará en uno de los lados, en ambos lados o a través de la cortina, antes o durante el período de construcción.

Definir el tipo de desvío es una parte que se debe analizar de manera minuciosa. Los métodos comunes para desviar la corriente durante el desplante de la cortina, los cuales se puede utilizar, uno o en combinación; son: Túneles perforados en laderas, canales provisionales a través de la cortina, conductos por debajo o a través de la cortina, desvío a diferentes niveles del cuerpo de la cortina cuando ésta sea de concreto. (Torres, 1980)

Elegir el método más adecuado para manejar el gasto de la corriente durante la construcción es fundamental para que el costo de la presa resulte económico, pues la obra de desvío es la encargada de habilitar las zonas de trabajos durante el periodo que dura la construcción de la presa. El método elegido representará una disyuntiva entre el costo de construcción de la obra de desvío y la magnitud del riesgo que se corre. (Cortés, 2005)

Una adecuada elección evitará daños ante avenidas potenciales y permitirá el progreso de las obras. La magnitud del escurrimiento por desviar determina de forma directa la capacidad de la obra de desvío o la altura de las ataguías. Es decir, para una avenida, a mayor altura de las ataguías, la capacidad del desvío puede ser menor o viceversa. En este aspecto, debemos mencionar que la rugosidad de las paredes de la obra de desvío, juega un papel importante, la cual influye en la capacidad hidráulica de la estructura.

Retomando la información de los estudios realizados referente a estudios hidrológicos, sabemos que en la región se presentó una avenida excepcionalmente grande de $11,647 \text{ m}^3/\text{s}$. Por consiguiente hablando en términos desde el punto de vista económico, no se considera conveniente llevar a cabo un

proyecto para desviar la mayor avenida que se haya presentado o que se estime que pueda ocurrir en el sitio y, por lo tanto parte de la decisión será usar una avenida menor. Al usar una avenida menor los costos de construcción puede verse reducidos pero la magnitud del riesgo aumentada.

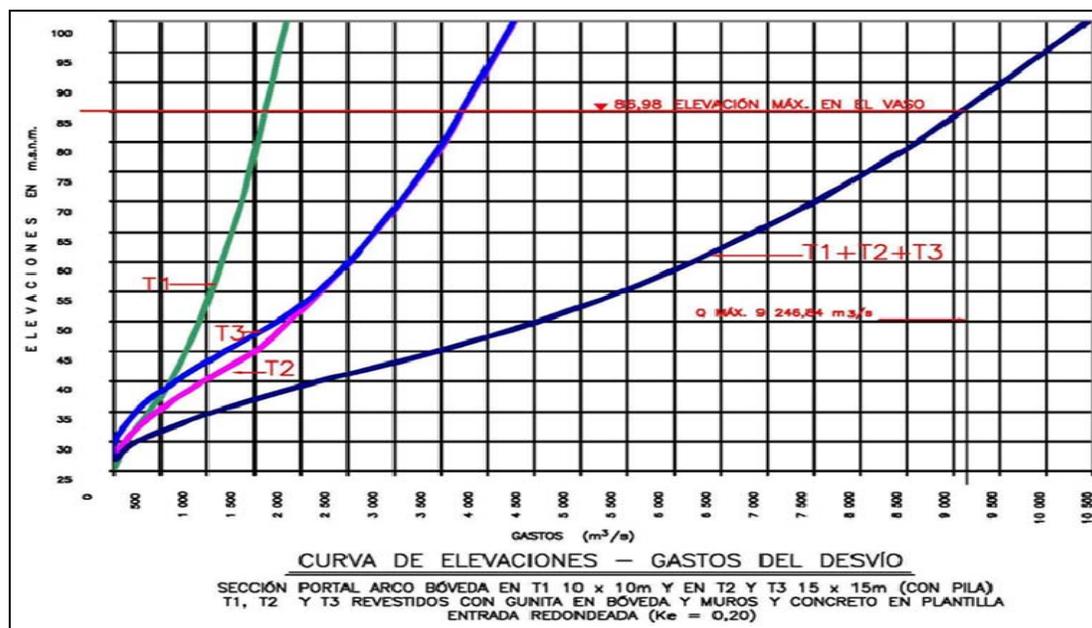


Figura 3.2: Curva Elevaciones vs Gastos, Túneles de Desvío

El túnel de predesvío transita un gasto de $1,600 \text{ m}^3/\text{s}$, los túneles 2 y 3 transitan un gasto de $3,700 \text{ m}^3/\text{s}$ cada uno. En conjunto los túneles de la obra de desvío transitan un gasto máximo de $9,246.84 \text{ m}^3/\text{s}$, cuando se encuentran en la elevación $86,98 \text{ msnm}$. La Figura 3.2 ilustra el comportamiento.

La importancia de eliminar el riesgo de inundación es relativamente grande, Por ello, se recomienda que al elegir la avenida de diseño, se deben considerar los siguientes aspectos: (Marengo, 2004)

- El tiempo que dura la construcción de la obra, con objeto de determinar el número de estaciones en las que se producen las avenidas.
- El costo de los posibles daños a la obra completa o en construcción de llegar a inundarse.
- La seguridad de los trabajadores y de los habitantes aguas abajo, en el caso de falla de la obra de desvío y que produzca inundaciones anormales, y
- El costo de los retrasos para completar la obra.

3.3 ESTUDIOS GEOLÓGICOS

Los estudios geológicos constituyen una de las etapas para la localización y orientación más conveniente de la obra de desvío, el éxito de una obra de ingeniería civil depende de que esta se adapte a las condiciones geológicas del lugar en que se construye. Además deben de llevarse a cabo en la medida de lo requerido con amplitud y precisión, para una adecuada determinación de las condiciones reales del macizo rocoso. Tales condiciones determinarán la forma de llevar a cabo una excavación subterránea, o bien encontrar los estratos de roca con problemas de estabilidad.

3.3.1 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

La forma de cañón angosto con la que cuenta el sitio de la boquilla, es una de las condiciones a favor para alojar una presa. Para verificarlo, los estudios geológicos nos proporcionan parte de la respuesta.

El contar con información geológica de la zona de trabajos, en este caso la zona de obras; donde se alojará la obra de desvío, permite definir la composición, estructura y las alteraciones que ha experimentado la roca.

Para el diseño básico se programó levantar 66.50 ha de geología de detalle, de las cuales 12.50 ha se realizaron en la zona de obras; 9 en bancos de materiales, 20 en la zona de diques y 25 en las zonas de reacomos. (Hernández, 2005) Para conformar el plano geológico regional se adquirieron e interpretaron fotografías aéreas y se hicieron varios reconocimientos del área del vaso.

En las 12.50 ha de zona de obras, se realizaron campañas de estudios, levantando a detalle las estructuras geológicas; de diversas rocas que la conforman, y delimitando las formaciones litológicas, también los suelos producto de alteración. Se consideraron 26 perforaciones de barrenos con recuperación de núcleos, distribuidos en la zona de obras del siguiente modo: 3 en la obra de desvío, 3 en ataguías, 9 en la zona del plinto, 6 en el vertedor y 5 en casa de máquinas. (Hernández, 2005) Se excavaron socavones en las márgenes, trincheras y cortes en balcón. Todo ello para integrar el modelo geológico.

Las rocas que afloran en el área de la boquilla de La Parota, son principalmente metamórficas, que fueron afectadas por el calor o la presión, pertenecen a una edad del Paleozoico ó Cretácico.

En la región se distinguieron dos tipos de rocas: gneis de biotita y gneis cuarzofeldespático. Esta secuencia está cubierta por depósitos aluviales y de talud no consolidados.

Todas las muestras son de rocas metamórficas. Las muestras extraídas corresponden a gneis de biotita con mayor proporción de micas que cuarzo y feldespatos, presentan un bandeamiento bien definido debido a la intensidad de la foliación. En los barrenos se observan diques de composición ácida e intermedia que atraviesan al gneis en forma discordante y otros en forma paralela a la foliación; sus contactos con la roca que los encajona, están generalmente sellados.

Los gneis de biotita y cuarzo feldespáticos forman un paquete de considerable espesor, muestran una textura granoblástica de grano medio a fino y son los de mayor ocurrencia, se distinguen por su foliación persistente, esta última, es la principal característica estructural del macizo rocoso, representada por una alternancia en bandas de micas, cuarzo y feldespatos.

El gneis sano es de color gris claro a blanco grisáceo, duro y compacto; cuando está afectado por el intemperismo, su coloración cambia a tonalidades pardas. (Barrera, 2007)

En el sitio, se han observado cuerpos intrusivos de composición granítica en forma de diques de color blanco grisáceo a pardo, siendo estos de una consistencia sólida; también se observaron en la biotita esquistos.

Se definieron como principales sistemas de discontinuidades: Las fallas, las fracturas y la foliación.

La falla más importante reconocida en las campañas de estudios se encuentra en la margen izquierda y es sensiblemente paralela al cauce del río. Esta falla se cruzó en uno de los sondeos perforados y se verificó en una trinchera.

La margen derecha, se encuentra afectada por planos de falla pequeños del tipo normal de poca ocurrencia y continuidad, algunas están selladas por cuarzo de segregación o arcillas como material de relleno en espesores hasta de 2 cm, son sistemas de fallas locales paralelas al sistema de fracturamiento predominante. (Barrera, 2007) Las juntas se describen como onduladas o poco rugosas.

Fracturamiento del gneis de biotita a lo largo de los planos de foliación en la parte superficial del macizo rocoso. Existen en la mayoría de los afloramientos intemperizados y descomprimidos, en aflojamientos de roca sana, su ocurrencia se estima en una fractura por metro, están selladas por cuarzo de segregación o material de tipo granítico, alcanzando en algunos casos espesores de 15 cm, dando esto mayor consistencia al macizo rocoso. Las fracturas mayores rigen el escurrimiento superficial del área. Se agrupan por su orientación y frecuencia en tres sistemas de fracturamiento. (Noreste a Sureste, de Este a Oeste y Noreste a Suroeste) (Barrera, 2007) Se obtuvieron del análisis de la información geológica superficial.

En la boquilla, las discontinuidades más relevantes, tanto por su desarrollo como por su frecuencia, la constituye la foliación. Ésta característica está mejor definida en el gneis de biotita, donde se observan algunas fracturas en los planos de foliación por relajación de esfuerzos en la parte superficial, a lo largo de las bandas de concentración de micas especialmente y a profundidad según se observa en los barrenos. El mayor número de las fracturas ocurre en las bandas de mica.

Las fracturas que atraviesan perpendicularmente u oblicuamente a los planos de foliación son poco frecuentes, con espaciamiento de 6 a 9 m en promedio.

En los ejes de la obra de desvío, también se presentan planos bien definidos por bandas negruzcas de biotita de hasta 3 cm de espesor, que dan origen a superficies semiplanas rugosas-onduladas.

Esta condición es parcialmente desfavorable para la estabilidad de la roca. La estructura de foliación se presenta perpendicular a los ejes de la obra de desvío, presentándose en la salida, aunque en la zona se presentan las mayores concentraciones del material cuarzo-feldespático.

En la roca sana la foliación está cerrada o sellada por cuarzo de segregación que en algunos casos presenta deformación y plegamientos pequeños o poco definidos.



Figura 3.3: Geología Regional, Fallas y Foliación

3.3.2 CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

De las campañas de exploración directa se tienen los barrenos asociados a la obra de desvío: BNO-01, BNO-05 de la etapa de 1986 y los sondeos PD-01 y PD-04 de la campaña del 2003. Éstos se realizaron con profundidades que varían desde los 90 m hasta los 160 m.

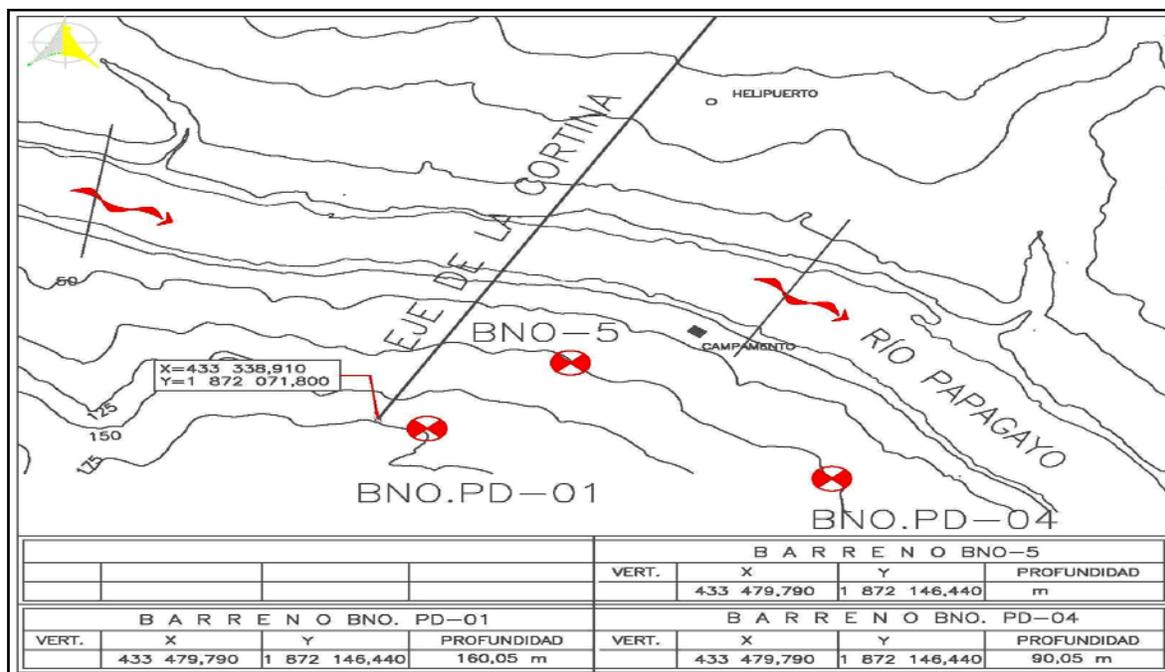


Figura 3.4: Ubicación de los Barrenos de las Campañas Exploratorias

La evaluación de los registros permitió realizar la interpretación de la masa rocosa en el subsuelo, acerca de las características litológicas y estructurales, propiedades índice, mecánica de rocas, parámetros de índice de calidad y pruebas de permeabilidad tipo Lugeon.

El Cuadro 3.2 contienen el condensado de los barrenos cercanos a la obra de desvío, ejecutados en las dos campañas de exploración. Además se incluyen los valores promedio de recuperación del índice de calidad de la roca (RQD), y permeabilidad global en unidades Lugeon.

Cuadro 3.2 Barrenos de las Campanas de Exploración 1986 y 2003

Barreno	Descripción	Profundidad (m)	Recuperación (%)	RQD (%)	Profundidad (m)	Permeabilidad UL
BNO-01	Gneis de biotita con diques graníticos paralelos a la foliación	16	100	75	10	4,75
		36	100	30	35	10
		103	100	98	105	2
		140	98	85	140	4
BNO-05	Gneis de biotita con cuarzo y diques graníticos y anfibolíticos	25	100	100	25	2
		45	98	96	50	3
		80	99	100	90	16
		110	99	100	-	-
PD01	Gneis de biotita con horizontes de cuarzo y diques graníticos y anfibolíticos	0	77	48	5	2
		22	98	89	120	0,04
		35	95	64	135	0
		51	97	91	155	0,8
PD04	Gneis de biotita con transición a gneis de cuarzo feldespático	0	62	20	50	11,6
		50	96	56	65	16
		61	99	81	85	13,8

Con objeto de determinar las propiedades índice y mecánicas de la roca intacta, se efectuaron ensayos de laboratorio en muestras de roca gneis debidamente seleccionadas, a partir de los núcleos recuperados en los sondeos de exploración directa realizados en la campaña de 2003 (PD-01 y PD-04); los resultados promedio de dichos ensayos se muestran en el Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3: Propiedades Índice y Mecánicas de La Roca Intacta

Roca: Gneis de Biotita		
Resistencia a la Compresión Simple	MPa	51,79
Resistencia a la Tensión Indirecta	MPa	10,29
Módulo de Deformabilidad E_{t50}	MPa	47080
Peso Volumétrico	kN/m ³	26,39
Índice de Alteración	%	0,12

Del cuadro 3.3 se puede observar que la resistencia a la compresión simple tiene un valor de 51.79 MPa (528 Kg/cm²), en la prueba de tensión indirecta se obtuvo un valor de 10.29 MPa (105 Kg/cm²), el módulo de elasticidad tangente al 50% de 47,080 (480,082.3 Kg/cm²), el peso volumétrico de 26.39 KN (2690 Kg/m³) y un índice de alteración de 0.12 por ciento. Con esta información se puede hacer uso de dos modelos de clasificación geomecánica de: RMR de (Bieniawski 1989) y Q de (Barton 2000).

Son modelos que se consideran de los más utilizados para la clasificación y caracterización de macizos rocosos (González, 2002), se consideran prácticos y ágiles.

Los modelos usan parámetros que con respecto a una tabla se le asigna puntuación (calificación). Estos parámetros en el modelo de Bieniawski son: resistencia de la matriz rocosa, índice de recuperación (RQD), separación entre diaclasas, estado de las discontinuidades y agua freática, además de una corrección por orientación de las discontinuidades.

Para el modelo de Q de Barton utiliza seis parámetros: calidad del testigo (RQD), índice de diaclasado, índice de rugosidad (de alteración), factor de reducción de presencia de agua y condiciones tensionales de la roca.

Cuadro 3.4: Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)

Clasificación Geomecánica RMR			
Gn-b			
Parametros			
Parametros		Valor	Puntuación
1	Resistencia de la Matriz Rocosa	51,79 Mpa	7
2	RQD	75.00	17
3	Separación entre diaclasas	>2m	20
4	Estado de las discontinuidades:		
	Longitud	3.0--10.0 m	2
	Abertura	.1 -- 1 mm	3
	Rugosidad	Liger. Rugos	1
	Relleno	Duro >5mm	2
	Alteración	Liger. Alter	6
5	Agua Freática		4
	Caudal por 10 m de Tunel	10-25 l/min	
	Rel. P de Agua/Tension principal M		
	Estado General	Humedo	
Correccion Por Orientación de las discontinuidades			
Dirección del Buzamiento		Favorables	-2
Puntuación Total			60
Clasificación			
Clase		III	
Calidad		MEDIA	
RMR		41-60	

Cuadro 3.5: Clasificación Geomecánica Q (Barton, 2000)

Clasificación Geomecánica Q			
	Valor	Puntuación	
1. Calidad del testigo	RQD	75	
2. Índice de diaclasado	Jn	2	
3. Índice de rugosidad de las discontinuidades	Jr	1.5	
4. Índice de alteración de las discontinuidades	fr Ja	0.75	
5. Factor de reducción por la presencia de agua	Presión de agua kg/cm ²	Jw	1
6. Condiciones tensionales de la roca	SRF	2.5	
Índice de calidad del macizo rocoso según Barton	Q	=	30
	Roca		Buena

CAPÍTULO IV
COSTRUCTIBILIDAD DE LA
OBRA DE DESVÍO

CAPÍTULO IV CONSTRUCTIBILIDAD DE LA OBRA DE DESVÍO

Para la ubicación de la obra de desvío se revisó la información de los estudios geológicos con respecto a los resultados de fallas, fracturas y foliación, y en base a los valores de las figuras: 3.4 y 3.5 (clasificación RMR y Q), se define el proyecto en la margen derecha del río; se cataloga al macizo rocoso de la margen derecha como de buena calidad; pues los valores del índice de calidad de roca (RQD) superiores al 75%; la clasificación Q (Barton) con valor de 30; la clasificación RMR (Bieniawski) de 60, califican al macizo rocoso en la clase II y calidad de roca, como roca media; además de presentar baja permeabilidad menor a 6 UL. Con los resultados obtenidos se ultima que el sitio es técnicamente factible para la construcción de la obra de desvío.

Respecto a los estudios hidráulicos se definieron las secciones de los túneles, el nivel de desplante, pendientes, la rugosidad que componen los túneles, y las consecuencias en caso de falla de la obra de desvío. Se definió el gasto máximo que puede transitar en cada uno de los túneles así como el periodo de retorno.

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA DE DESVÍO

El sitio donde se va a desplantar la presa tiene el atributo de contar con cañones angostos en zona de la boquilla. Los estudios geológicos han mostrado lo factible de la zona, para poder desarrollar una obra de desvío a base de túneles excavados en roca. La obra se complementa en conjunto por la preatagüa de aguas arriba, las atagüas de aguas arriba y aguas abajo incorporada a la cortina, así como 3 túneles.

La preatagüa de aguas arriba tienen la finalidad de encausar el gasto de la corriente del río Papagayo, al canal de llamada del túnel número 1. Se colocará a 355 m aguas arriba, medidos desde el eje de la cortina. La preatagüa tendrá una altura de 10 m y una longitud de 180 m, la elevación de la corona corresponde a 38.50 msnm y taludes 2:1.

Para la construcción de la atagüa que va incorporada al cuerpo de la cortina se deben considerar trabajos simultáneos a la construcción del túnel 1 (túnel de

predesvío). Trabajos de tratamiento del plinto en el lecho del río y sus márgenes para posterior alzamiento de las ataguías.

Las ataguías, tanto de aguas arriba como aguas abajo estarán integradas al cuerpo de la cortina, ésta estará conformada por materiales graduados. La ataguía aguas arriba se realizará por etapas, tendrá una altura de 69 m, longitud de 417 m y ambos taludes de 1.5:1. La elevación a la corona corresponde a 87 msnm.

Respecto a la ataguía de aguas abajo tendrá una altura de 17 m, su longitud será de 205 m, con taludes de 2:1 aguas arriba y aguas abajo taludes de 2:1 y 1.5:1, la elevación de su corona corresponde a 43 msnm.

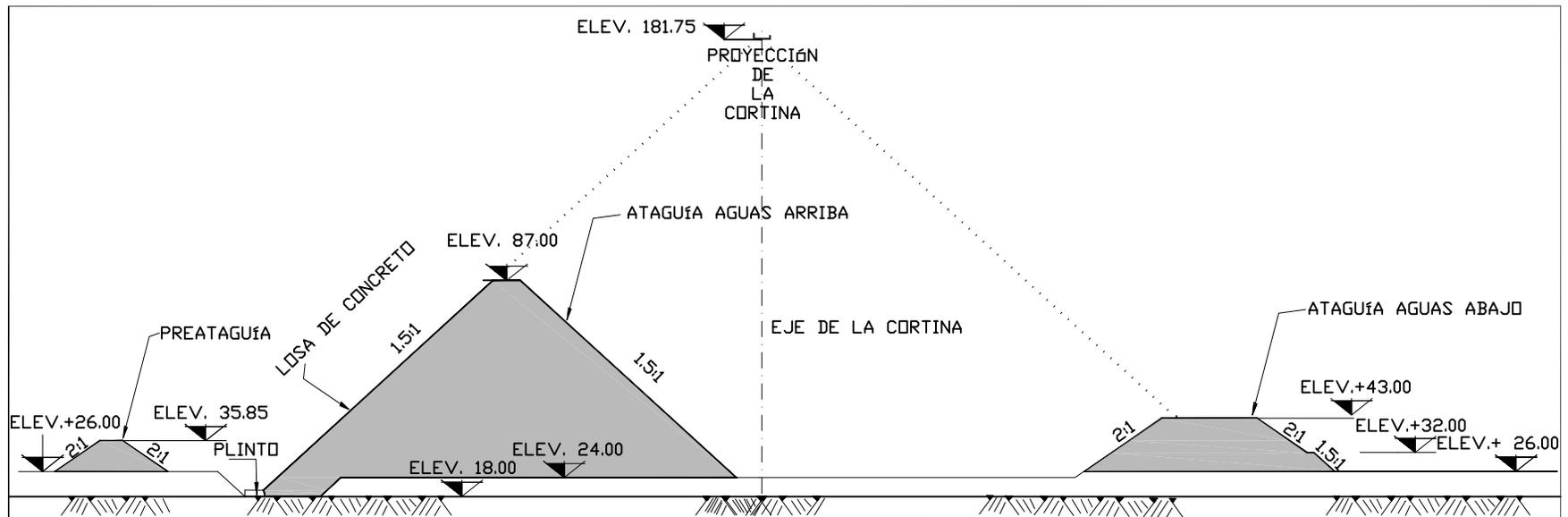


Figura 4.1 Esquema de las Ataguías

Los túneles de la obra de desvío que se muestra en la Figura 4.2. Se configuran de la siguiente manera: El túnel 1, nombrado como túnel de predesvío tienen una sección portal arco bóveda de 10 x 10 m, longitud de 526 m, se desplanta en el nivel 25.5 msnm, en la entrada y en la salida en el nivel 25.00 msnm, y con una pendiente de $S_1=0.000951$. Este túnel de predesvío tiene por objetivo conducir solo la avenida en la temporada de estiaje para adelantar los trabajos de la obra de contención mientras se avanza en la construcción de los otros dos túneles y en la colocación de materiales para la ataguía integrada a la cortina, plinto y pared de concreto.

Sensiblemente paralelos al túnel de predesvío se excavarán los otros dos túneles Túnel 2 y Túnel 3 con sección portal arco bóveda de 15 x 15 m y longitudes de 571 y 598 m respectivamente. Se desplanta en las cotas 27.00 y 30.00 msnm en la entrada, y en la salida ambos túneles terminan en la cota 26.00 msnm. Presentan pendientes del orden de $S_2=0.001751$ y $S_3=0.006691$.

Los tres túneles estarán revestidos de concreto hidráulico en la base, las paredes y la clave con concreto lanzado. Los elementos de sujeción se sugieren a base de marcos y anclas.

En los tajos se construirán los portales de entrada y salida respectivos de cada túnel. El portal de entrada estará constituido básicamente por taludes verticales que parten desde las cotas 25 hasta la cota 50 msnm y que a partir de la primera berma presentan un cambio de pendiente de 0,25:1 y 0,5:1. Los canales de llamada para los túneles de desvío y predesvío, que arrancan desde el cauce del río, quedarán separados por pilares de roca in situ, que tendrán funciones principalmente hidráulicas para el pilar entre el predesvío (túnel 1) y el túnel 2, y de mejora en la estabilidad del talud frontal entre los túneles de desvío 2 y 3.

El portal de salida del túnel de predesvío, se excavará con taludes verticales a partir del piso en la elevación 25 msnm, hasta la berma en la elevación 55 msnm, desde ésta, el talud concluirá hacia el perfil del terreno natural con pendiente de 0,25:1. El emportalamiento de salida para los túneles 2 y 3, estará separado del portal de predesvío, iniciará con taludes verticales desde la cota 26 msnm con bermas a la elevación 52 y 70 msnm en los taludes laterales y frontal, respectivamente, desde estas elevaciones continúa con pendientes 0,25:1, finalizando con taludes 0,5:1 hasta la intersección con el perfil del terreno natural. (CFE², 2004)

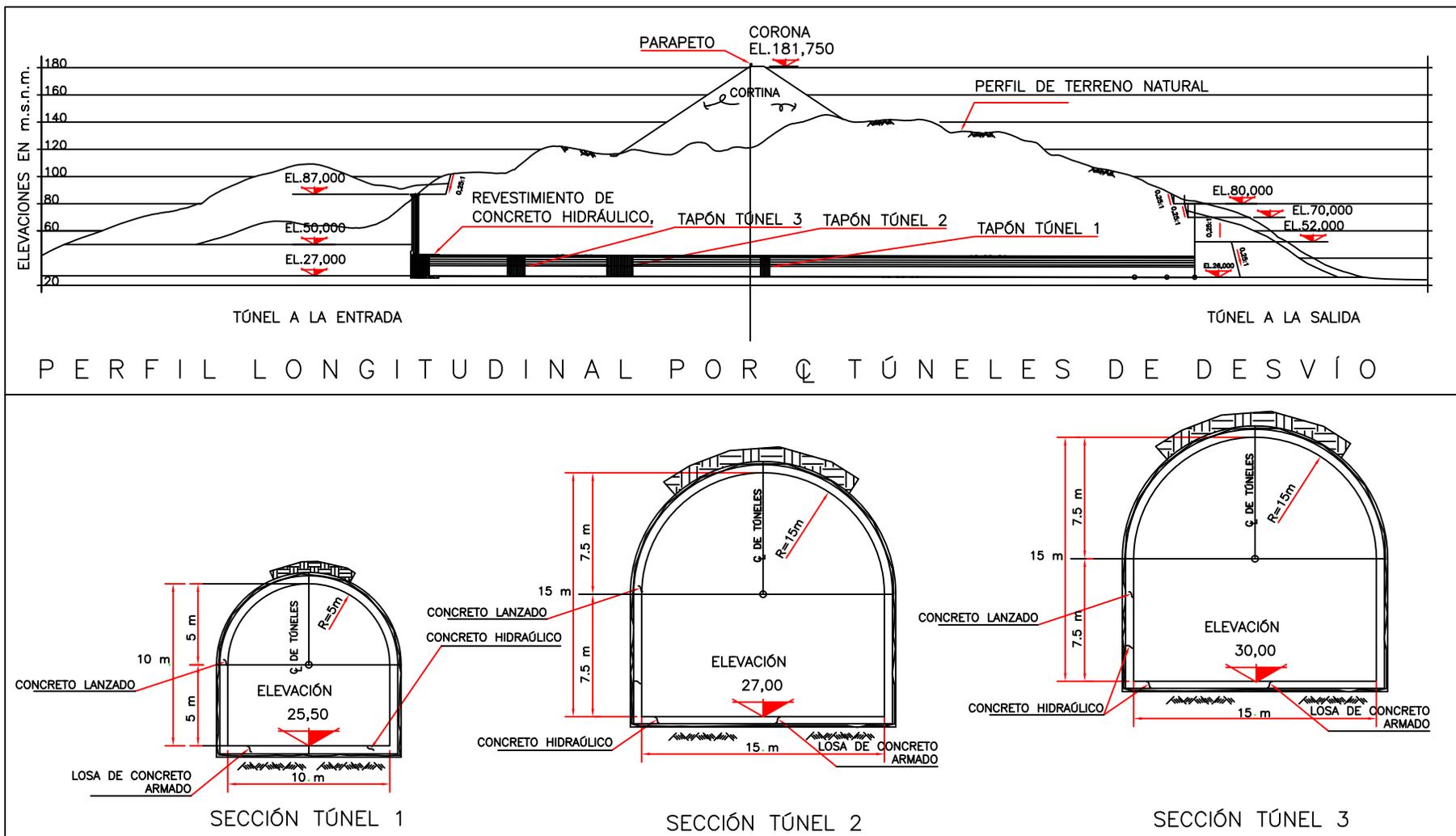


Figura 4.2: Perfil Longitudinal y Sección Portal, Túneles de Desvío

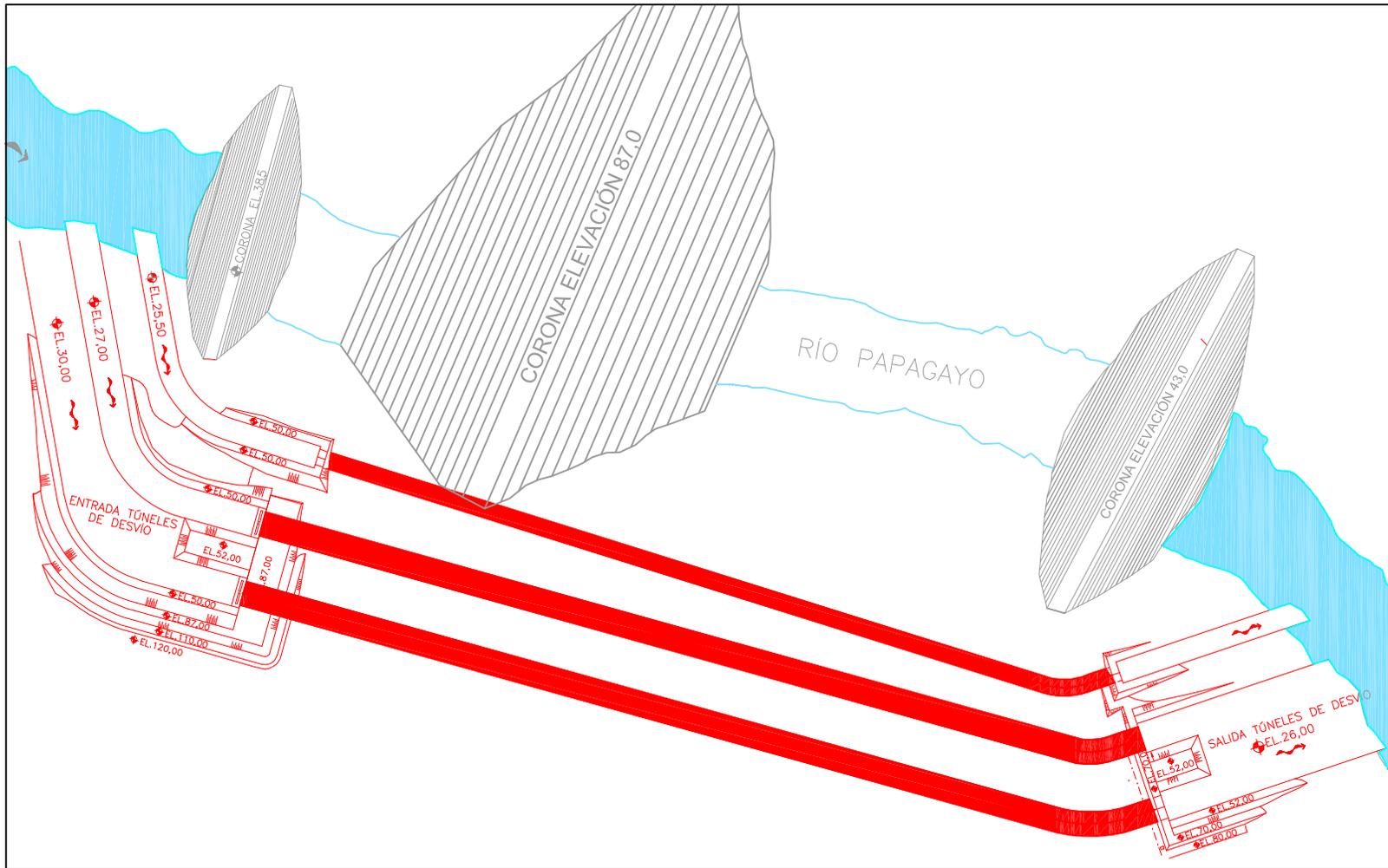


Figura 4.3 Esquema de La Obra de Desvío

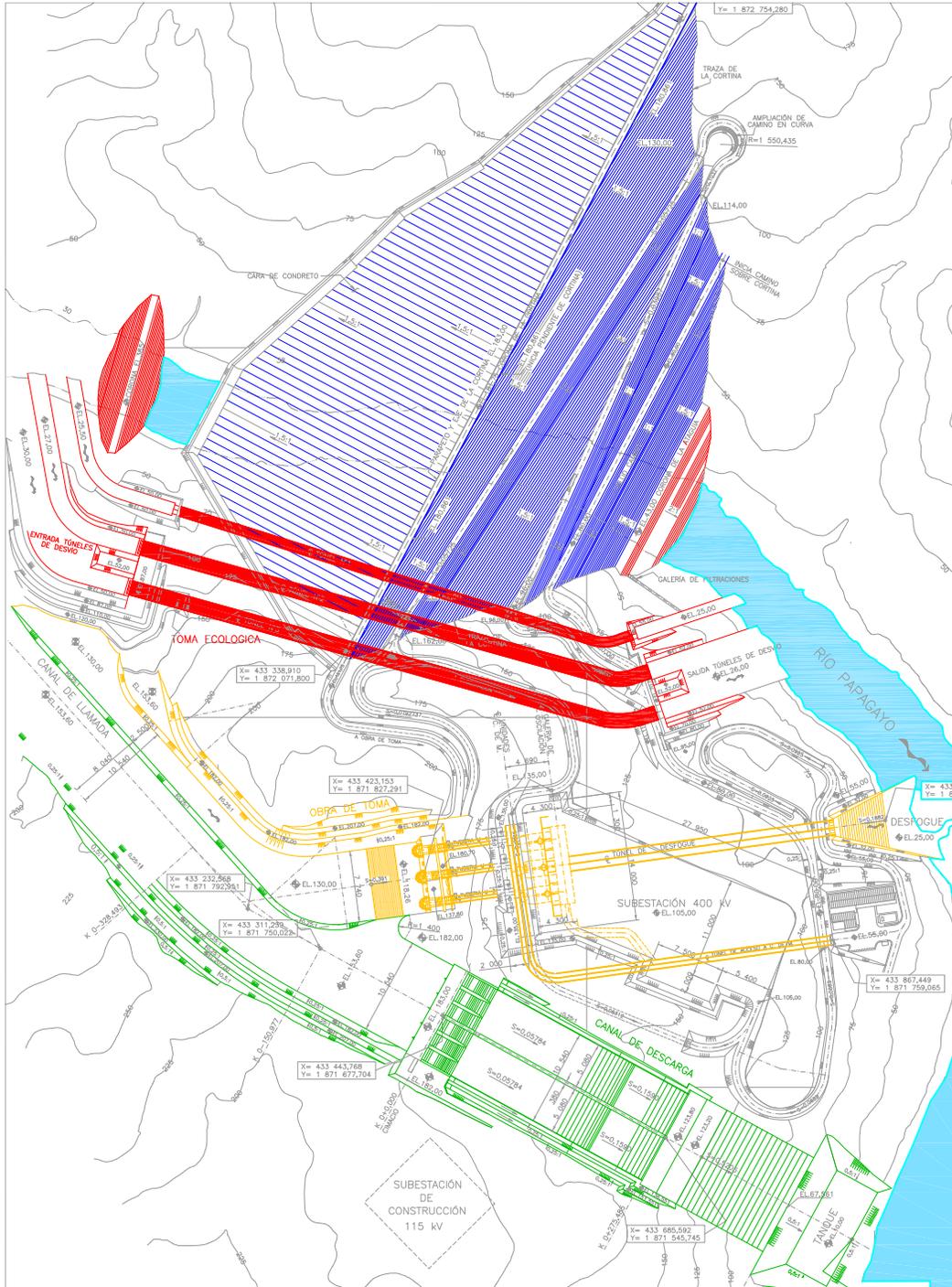


Figura 4.4 Esquema General del Proyecto Hidroeléctrico La Parota

4.2 OBRAS ASOCIADAS

Para poder vislumbrar como inicia la obra de desvío es importante mencionar las actividades previas a la ejecución. Las obras asociadas juegan ese papel importante, al ser la etapa que abre o inicia las obras inducidas y la compensación social generadas por la construcción del proyecto. (CFE, 2010)

Dentro de las actividades para el desarrollo de este tipo de obras es necesario: Verificar, revisar y cotejar los permisos de construcción, manifestaciones de impacto ambiental, con las autoridades requeridas ya sean municipales, estatales o federales. Una vez confirmada esta información se realiza la recolección por parte de alguna institución especializada en el acomodo de las especies de flora y fauna.

De las obras inducidas se puede enunciar los caminos, puentes electrificación tanto en obra como rural y las que soliciten propietarios en el área de influencia del proyecto.

Para las actividades de desmonte y despalme éstas deben estar de acuerdo al manifiesto de impacto ambiental, como ejemplo se ejecutan entre 20 y 50 cm fuera de los cerros del proyecto. (CFE, 2010)

De las zonas donde se realice la obra y zonas que se requieran para desarrollar el proyecto nos apoyamos en los estudios de topografía, referentes a levantamientos, con los cuales podemos delimitar el área de trabajo. Pues una vez establecidos los límites y liberados los predios podemos construir las instalaciones de campo como lo serían oficinas, comedores, talleres, clínicas, almacenes, casetas de vigilancia, platas de producción, etc. y por último, se sitúa al personal en campamentos aledaños a la obra.

Dentro de las obras asociadas estan los caminos, los cuales tienen el propósito de dar accesibilidad al sitio, son elementos de primera etapa. El habilitar caminos ya sean de carácter provisional o definitivo permite introducir el equipo necesario para desarrollar los trabajos en la obra, también mejora el desempeño del equipo de construcción al tener acceso a los diferentes bancos de materiales, frentes de

trabajo, tiraderos y plantas de producción. De estos caminos hacen uso el constructor, la supervisión y terceros como los proveedores de insumos.

El diseño de los caminos de acceso se debe hacer cubriendo las necesidades de espacio con amplias adecuaciones respetando las pendientes, el ancho, las superficies de rodamiento, colocando alcantarillas, cunetas y cercos de alambre a ambos lados del camino. Para que las unidades de acarreo transiten sin riesgo durante el desempeño de las labores, a una velocidad adecuada que permita realizar los ciclos de acarreo conforme se programaron.

Una vez contando con acceso al sitio de trabajo para iniciar las actividades de construcción, se debe proceder con la ejecución del camino de construcción a los tajos y bermas en los diferentes niveles de la entrada y salida de los túneles y simultaneo a esto los caminos de acceso a los portales. (CFE, 2009)

Otras de las obras asociadas son las instalaciones. Una de ellas muy relevante es la planta de producción de concreto. Una planta de producción de concreto es esencial en proyectos que se encuentran fuera de ciudades, donde el acceso es limitado, el tiempo de traslado pueda ser excesivo y los costos de transporte superados.

En esta sección se ejemplifica con amplitud al observar que una planta productora de concreto es un elemento en constante interacción con el proceso de construcción. Su producto conforma una de las mayores incidencias, por lo tanto es importante saber y tomar en cuenta las condiciones que conservan la calidad de los insumos, así como las recomendaciones que aportan el mejor desempeño sin dejar de mencionar los agentes externos que afectan al producto.

La selección, localización y arreglo de una planta o plantas para la producción del concreto, así como sus respectivos patios para el almacenamiento de agregados, piletas para curado de cilindros, instalaciones hidráulicas, silos de cemento, planta de hielo, laboratorio; debe estar dentro del plan organizacional. Pues se debe contar con una producción suficiente para la demanda que establece el programa general de construcción de la obra. Para fines del programa de actividades las plantas de fabricación de concreto tienen un rendimiento de 50 m³/hr. (CFE, 2008) Es conveniente tomar en cuenta las recomendaciones que permiten la obtención de un producto con calidad que cumpla con lo requerido, por ello lo siguiente se

hace relevante. La planta de producción debe estar a una distancia que permita que los tiempos de acarreo sean mínimos con respecto a la colocación del concreto; creando una holgura para situaciones imprevistas dentro de las actividades que se desarrollan en el proceso constructivo de la obra, para evitar desperdicios por concretos pasados en tiempo.

Para la elaboración del concreto hay que tomar ciertas medidas con respecto a la temperatura para los diferentes volúmenes de concreto: masivo, semimasivo o normal. Este requisito se puede satisfacer adoptando medidas especiales como ejemplo: bajar la temperatura del agua de mezclado; utilizando hielo en sustitución parcial del agua, proteger a la sombra los almacenamientos de los agregados y el cemento, contar con cubiertas en las bandas y tolvas de la planta de concreto, regar con agua fría o preenfriar los depósitos de grava y arena, y efectuar colados durante las horas de baja temperatura ambiental. (CFE, 2008)

Cuadro 4.1: Volúmenes de Concreto

Tipo de concreto	Espesor del elemento por colar cm	Temperatura máxima en planta °C	Temperatura máxima de colocación °C
Masivo	>100	20	23
Semimasivo	60-100	24	27
Normal	<60	28	31

Con respecto a el agua que se utilice en la obra para la elaboración y curado del concreto puede obtenerse del Río Papagayo, esta debe estar limpia, libre de aceites, sales, materia orgánica, grasas, impurezas y libre de sólidos en suspensión. Se debe analizar y procesar; para tal fin, deben construirse cárcamos debidamente preparados con materiales granulados filtrantes para extraer el agua y conducirla a tanques de almacenamiento; provistos con filtros, ubicados con adecuada estrategia en la obra para poder realizar una recolección del líquido y distribución.

Por último para asegurar la calidad del concreto, es pertinente el uso de medidas de control ágiles y oportunas sobre los materiales empleados. Por ejemplo, obtener registros de: Fecha, turno de trabajo, hora de elaboración de la mezcla, volumen de concreto elaborado, revenimiento y temperatura del concreto mezclado, lugar de destino y número de colado, hora de descarga de la mezcla en

el sitio de colocación, así como registro de la resistencia del concreto ($f'c$) y evitar exceder el tiempo de fabricación de 90 minutos ó 300 revoluciones del camión olla.

La resistencia mínima de algunos concretos que se utilizan en la construcción de este tipo de proyectos, se indica a continuación:

- Concreto simple o reforzado $f'c=19,62$ MPa (200 kg/cm^2) en losa de piso de los túneles, empaque de ademes metálicos, restituciones y rellenos. El revenimiento máximo del concreto sugerido debe ser de 10 ± 2 cm para tiro directo y de 14 ± 2 cm para concreto bombeado.
- Concreto lanzado adicionado con fibras metálicas de $f'c=19,62$ MPa (200 kg/cm^2) en túneles de conducción y taludes. El revenimiento máximo del concreto sugerido debe ser de 16 ± 2 cm.
- Mortero para inyección de anclas y tratamiento de $f'c=19,62$ MPa (200 kg/cm^2)

4.3 TRATAMIENTOS DE LA ROCA

Dentro de los tratamientos se debe definir el sostenimiento. EL sostenimiento se refiere a los elementos estructurales se sujeción del terreno, aplicados inmediatamente a la excavación de un túnel, con el fin de asegurar su estabilidad durante la construcción y después de ella, así como garantizar las condiciones de seguridad. (González, 2002)

El sostenimiento es parte del tratamiento en la roca que tiene la finalidad de estabilizar por medio de anclajes, reforzar secciones del macizo rocoso debido al desconfinamiento del terreno natural producido por las excavaciones. El tratamiento es un proceso que se da posterior a una excavación que alojarán las estructuras exteriores y subterráneas, como los portales y túneles de conducción, pues la excavación de una oquedad en el subsuelo provoca alteraciones importantes de la distribución original de esfuerzos en el medio, concentrándolos en la vecindad del agujero. Si la resistencia del material a pesar del desconfinamiento, es mayor que los nuevos esfuerzos provocados por la redistribución, entonces la oquedad puede ser estable, de lo contrario es necesario reforzarla. Por otro lado la despresurización del agua en el subsuelo

atrae flujo hacia la excavación lo cual en si ya es una molestia que puede agravarse por el deterioro de los materiales, o bien arrastrar los materiales produciendo caídos. Por ello se colocan drenes en el interior para permitir los flujos y evitar presiones acumuladas sobre el revestimiento del túnel.

Los objetivos que cumple el sostenimiento son los siguientes: (González, 2002)

- Evita que el terreno pierda sus propiedades de resistencia
- Evita el desprendimiento de cuñas o zonas sueltas del terreno por el proceso de excavación
- Limita las deformaciones en la oquedad creada
- Controla las filtraciones y protege las rocas frente a la intemperización
- Proporcionan seguridad al personal ante posibles caídos y desprendimientos

Los tratamientos de la roca son los medios por los cuales se trata de sanar las superficies que sufren alteraciones debidas a discontinuidades, excavaciones, relajamientos de la roca, intemperización, flujos de agua. Básicamente está basado en tratamientos primarios y secundarios.

Los tratamientos primarios son realizados inmediatamente después de la excavación se basan en revestimientos ligeros, anclajes puntuales, anclajes sistemáticos; con malla electrosoldada de diámetros entre 4 y 6 mm, y concreto lanzado, adicionados con fibras en proporción de 40 a 50 kg/m³; se usan en sustitución de la malla electrosoldada o sumado a esta. Este procedimiento se describe en la sección 4.3.2.

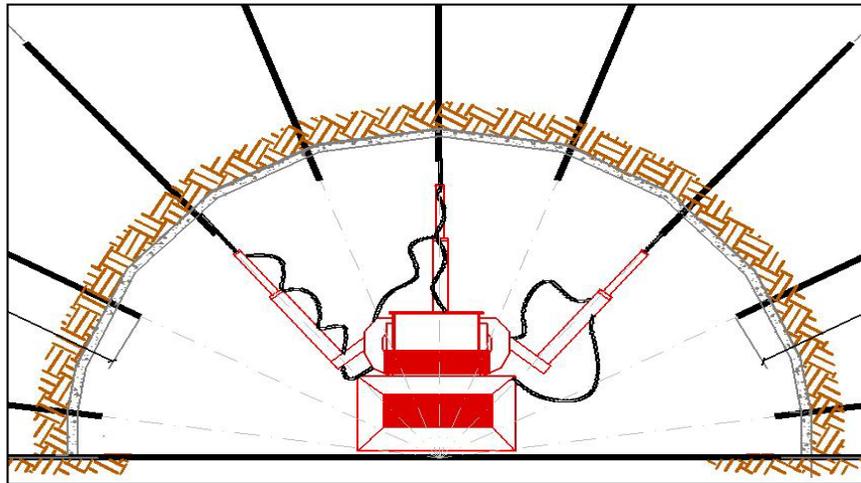


Figura 4.5: Barrenación Para Colocación de Anclas

Los tratamientos secundarios se refieren a los sostenimientos en secciones débiles del túnel que presentan menor calidad en la roca por medio de perfiles de acero en forma de marcos que ejercen fuerzas resistentes cuando trabajan en contacto con el terreno. Estas fuerzas son del orden de 3 a 6 T/m². Una vez estabilizada la excavación y finalizada la instalación del sostenimiento secundario los túneles se cubren con una última capa de concreto llamada revestimiento definitivo y sus funciones son contribuir a la estabilidad a lo largo del uso del túnel mejorar su estética y disminuir la fricción del agua. (González, 2002)

Los marcos metálicos forma parte de los tratamientos de la roca se considera dentro de los tratamientos secundarios. Estos marcos pueden ser habilitados en módulos en el exterior y se coloca en zonas donde la roca sea de muy mala calidad. Los marcos normalmente están confeccionados a base de vigas de acero con perfiles tipo I. Para la confección de los marcos se toman en cuenta las dimensiones que permitan dejar libre el área hidráulica establecida en proyecto.

La colocación de marcos para sostenimiento de las excavaciones se comienza a realizar con una capa de concreto lanzado en toda la zona, se realizan barrenaciones usando el equipo Jumbo eléctrico con diámetros desde 1 ½ a 2 ½ pulgadas para la bóveda y muros. En la zonas donde se ubicarán marcos

metálicos, se colocarán anclas adicionales de 1 ½ pulgadas en barrenos de 2 ½ pulgadas, que sujetarán a los marcos, con ganchos a 90° soldada al marco metálico para su fijación y anclas de fricción con placas de acero. Una vez colocados cada marco debe ser identificado.

El empaque de los marcos metálicos, es decir, realizar la colocación de concreto hidráulico en los marcos metálicos instalados. Se colocará conforme se vaya avanzando en el frente sin intervenir en el ciclo de excavación. (CFE, 2008)

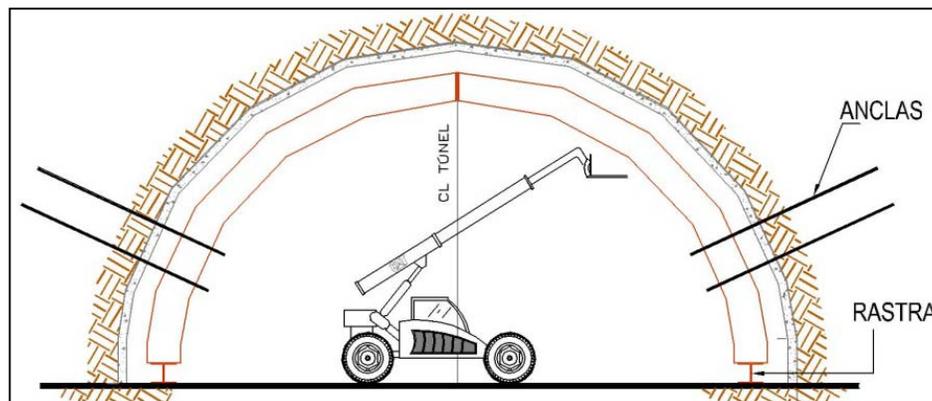


Figura 4.6 : Colocación de Marcos Metálicos Media Sección Superior

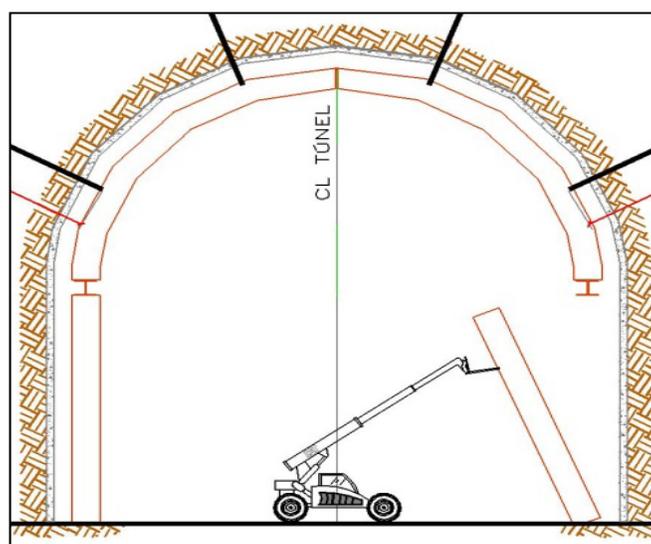


Figura 4.7 : Colocación de Marcos Metálicos Media Sección Inferior

4.3.1 DEFINICIÓN DEL SOSTENIMIENTO

Los métodos empíricos proporcionan una aproximación al sostenimiento de túneles y no se consideran un método de cálculo, sin embargo pueden ser muy útiles para estimar costos en la etapas del anteproyecto y para cotejar el diseño en obra. Los métodos empíricos para el cálculo de sostenimiento se basan en las clasificaciones RMR (Bieniawski) y Q (Barton).

El Sostenimiento a partir del índice RMR = 60 que se obtuvo en el Capítulo referente a clasificación del macizo rocoso, (Bieniawski, 1989) indica los tipos de sostenimiento a emplear según el Cuadro 4.2. Para nuestro caso se acota entre la clasificación II y III que se define: Para la excavación avances a media sección con tramos de 1,5 m a 3 m y completando el sostenimiento a 20 m al frente de la excavación además del uso de anclas y concreto lanzado. Para el anclaje se tiene anclaje sistemático de 3 a 4 m con separaciones de 1,5 a 2 m en clave y laterales, además de malla electrosoldada en clave. Para el concreto lanzado se define de 5 a 10 cm en clave y 3 cm en laterales. No se requiere de un sostenimiento temporal durante los avances de la excavación, siempre y cuando se respete el avance máximo permitido.

Cuadro 4.2: Sostenimiento a partir del Índice RMR (Bieniawski, 1989)

Clase RMR	Excavación	Sostenimiento		
		Anclas	Concreto Lanzado	Sostenimiento Temporal
I 100-81	Sección completa Avances de 3 m.	Innecesario salvo alguna ancla ocasional	No.	No.
II 80-61	Sección completa Avances de 3 m.	Anclaje local en clave con longitudes de 2-3 m y separación de 2-2,5 m, eventualmente con malla electrosoldada	5 cm en clave para impermeabilización	No.
III 60-41	Avance a media sección Avances de 1,5 a 3 m. Completar sostenimiento a 20 m del frente	Anclaje sistemático de 3-4 m con separaciones de 1,5 a 2 m en clave y laterales. Malla electrosoldada en clave	5 a 10 cm en clave y 3 cm en laterales	No.
IV 40-21	Avance a media sección Avances de 1 a 1,5 m. Sostenimiento inmediato del frente Completar sostenimiento a menos de 10 m del frente	Anclaje sistemático de 4-5 m con separaciones de 1-1,5m, clave y laterales con malla electrosoldada	10 a 15 cm en clave y 10 cm en laterales. Aplicación según avanza la excavación	Sostenimiento ligero espaciado 1,5 m cuando se requieran
V ≤ 20	Fases múltiples Avances de 0,5-1 m. Concreto lanzado inmediatamente después de cada avance.	Anclaje sistemático de 5-6 m con separaciones de 1-1,5m, clave y laterales con malla electrosoldada. Anclaje en solera	15-20 cm en clave, 15 cm en laterales y 5 cm en el frente. Aplicación inmediata después de cada avance	Sostenimiento pesado separado 0,75 m con blindaje de chapas y cerradas en solera
Túneles de sección en herradura, máxima anchura 10 m, máxima tensión vertical 250 kp/cm ²				

Para la estimación de los sostenimientos a partir de Q de Barton se define de la siguiente forma:

Ancho, diámetro o altura dividido entre ESR (excavation support ratio) del Cuadro 4.8, de este valor se obtenido el cociente que es asociado con el valor de $Q = 30$ resultado obtenido en el Capítulo referente a la clasificación del macizo rocoso por el método Q de Barton.

Posteriormente en la figura: 4.8 acotamos los valores 11 y 16 que hacen referencia a líneas de proyecto de excavación de los túneles (secciones portales) y $ESR = 1$ según lo que indica la Cuadro 4.3, de esta secuencia de pasos se obtuvo lo siguiente:

Cuadro 4.3 Valores del índice ESR de la Clasificación. Q (Barton, 2000)

Tipo de excavación		
A	Labores mineras de carácter temporal	2.6
B	Galerías mineras permanentes (excluye galerías de alta presión) túneles piloto y galerías de avance en grandes	1.6-2.0
C	Cavernas de almacenamiento, plantas de tratamiento de aguas, túneles de carreteras secundarias y de ferrocarril	1.2-1.3
D	Centrales hidroeléctricas, túneles subterráneos, túneles carreteros primarios y de ferrocarril, refugios subterráneos para defensa civil, emboquilles e intersecciones de túneles	0.9-1.1
E	Centrales nucleares subterráneas, estaciones de ferrocarril, instalaciones públicas y deportivas, túneles para tuberías principales de gas	0.5-0.8

Se debe considerar anclaje sistemático con separación de anclas de 2,3 a 2,5 m, longitud de anclas entre 3 y 5 m, separación entre anclas de 3m y concreto lanzado de 40 mm de espesor.

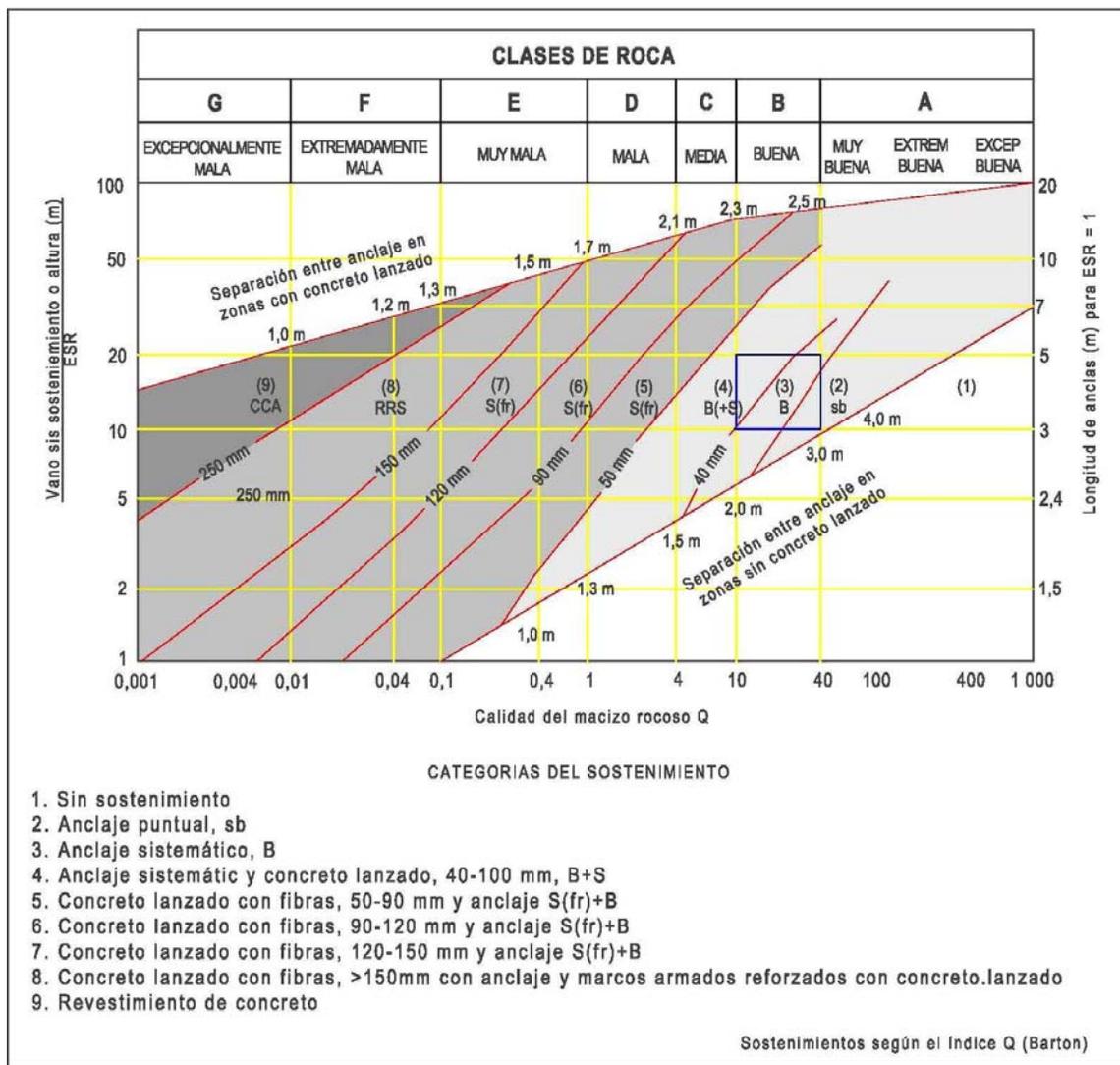


Figura 4.8: Sostenimiento a partir del Índice Q (Barton, 2000)

4.3.2 PROCEDIMIENTO DE ANCLAJE

Los anclajes que pueden presentarse son de dos tipos activos y pasivos. Los activos son aquellos que al ser colocados se les aplica una tensión alrededor de 5 a 15 toneladas y los otros son semejantes pero sin aplicarles una tensión; responden a los desplazamientos naturales de la zona.

La siguiente secuencia de actividades se establece como un criterio a seguir para el procedimiento de anclaje.

Las actividades para el tratamiento en las rocas son las siguientes: (CFE, 2009)

1. Perforación para el anclaje
2. Limpieza del barreno
3. Introducción y sujeción
4. Tensado del ancla
5. Preparación para la inyección
6. Inyección del ancla

La perforación se debe llevar a cabo con equipo hidráulico, del tipo hidrotrack o afín, con diámetros de barreno que van desde 1 ½ pulgadas hasta 3 pulgadas.

Al inicio de cada barreno el equipo será orientado para que la perforación cruce los planos de debilidad. Al llegar a la profundidad indicada, el perforista debe rectificar y sopletear el barreno para asegurar que no existen bloques flojos en las paredes que dificulten o impidan las operaciones posteriores.

Posteriormente al sopleteado que hizo el equipo de barrenación, se debe lavar el barreno y después limpiar con un chiflón de aire comprimido que debe abarcar hasta el fondo del barreno con la finalidad de expulsar todo el polvo y agua para lograr una superficie limpia y escasamente húmeda.

El ancla que se utilizan frecuentemente es a base de varilla corrugada de 1 y 1 ½ pulgadas de diámetro, con una $f_y=411,9$ MPa (4200 kg/cm²) y longitudes desde 4 hasta 24 m. El ancla es introducida al barreno con herramienta manual, inmediatamente después se coloca el cemento encapsulado en la base del brocal y la varilla es inmovilizada mediante cuñas de madera. Se colocan las mangueras de inyección y la manguera testigo fijándola al ancla con cinta adhesiva e introduciéndola en el barreno; es indispensable tener cuidado de evitar enredar, aplastar o romper la manguera de purga durante éstas operaciones, pues si resulta dañada no permitirá la correcta cementación al final.

Este proceso se lleva a cabo con 5 personas capacitadas y eventualmente con el apoyo del manipulador autoelevable tipo JCB modelo 535 o afín.

Una vez terminada la sujeción de la varilla en el fondo del barreno, se coloca la placa de (20 cm x 20 cm x ½”), la arandela y la tuerca. La placa debe de estar

soldada por 4 alambres de 6,35 mm de diámetro y 0,50 m de longitud, para integrarse a la malla. Finalmente se aprieta la tuerca al torque indicado para obtener una tensión entre 1 a 3 toneladas ó según se requiera en el proyecto. Después de su tensado serán inyectadas en toda su longitud con inyección de mortero $f'c=19,6 \text{ MPa}$ (200 kg/cm^2)

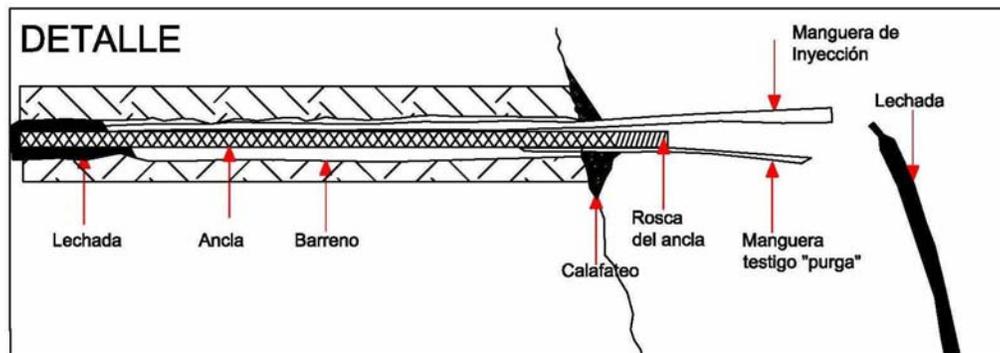


Figura 4.9: Detalle de las Condiciones del Anclaje

El brocal de las anclas colocadas debe ser calafateado a base de cemento-arena, con una densidad adecuada en la mezcla la cual permita el flujo, respetando los orificios en la placa de acero; destinados uno a la inyección y otro a la salida del aire "la purga" de la lechada a base de cemento-arena. Las mangueras deben ser debidamente identificadas, mediante una marca de pintura o cinta adhesiva, a fin de no equivocarse el sentido de los trabajos de inyección y purga del ancla.

Con la ayuda del agitador manual tipo C, el equipo hidroneumático manual y el compresor de 110 psi. Se conectan a la manguera de inyección desde la lechada hasta el equipo hidroneumático. Se lleva una línea de inyección hasta cada placa de apoyo, cuyo extremo será dotado de una boquilla ajustada, se introduce la lechada con un caudal moderado, a la presión especificada, que permita la salida del aire encerrado en el interior del barreno, a medida que avanza el émbolo de lechada esta saldrá por la manguera testigo. Si se presentan fugas por el calafateo se sellara mediante cuñas de madera o mortero de yeso, hasta eliminar toda salida por el brocal. Una vez lleno el barreno se aplica una presión de 49 Pa

(0,5 kg/cm²), se retira la línea de inyección, se dobla y sujetan las mangueras para evitar el regreso de la mezcla.

Simultáneamente a la perforación del anclaje se perforan los drenes cortos y largos los cuales se proceden a emboquillarlos a base de tubo de PVC con perforaciones en su longitud, la barrenación para el drenaje largo frecuentemente se realiza con diámetro de 3 pulgadas y para el drenaje corto de 1 ½ pulgadas. (CFE, 2008) Se procede con el lavado de la superficie con agua a presión, se coloca la primera capa de concreto lanzado con la ayuda de la lanzadora MAYCO LS-40. Después de fraguada la primera capa de concreto se continua con la fijación de la malla al talud, consecutivamente se coloca la segunda capa de concreto lanzado, previo al lanzamiento se colocan testigos para el control del espesor del concreto y posteriormente se podrá ir terminando con los ciclos de excavación y tratamiento de la roca.

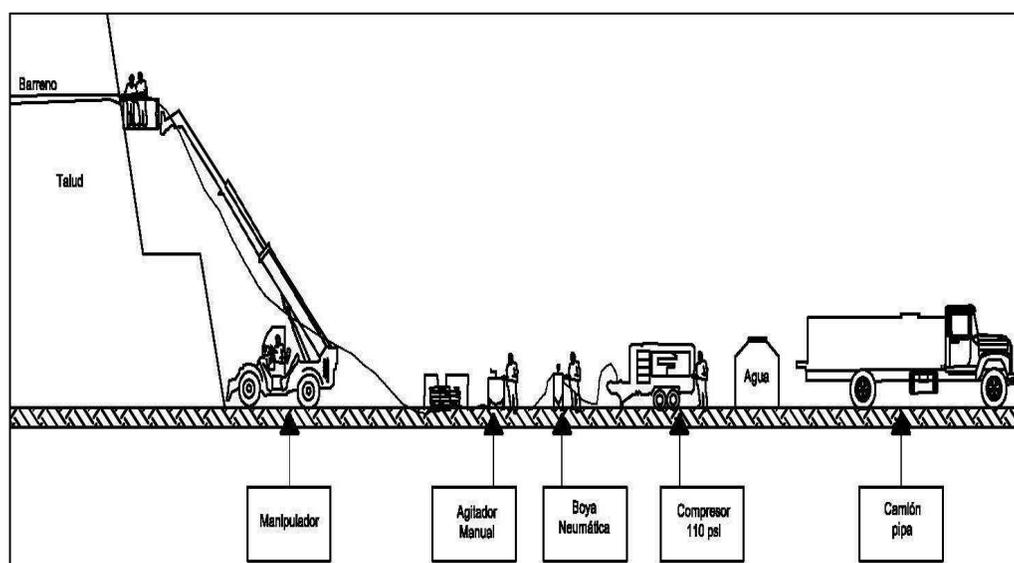


Figura 4.10: Equipo Requerido para Realizar Anclaje en Talud

Una vez realizado el proceso completo de colocación del ancla y el mortero haya alcanzado una resistencia por arriba del 80% se pueden realizar las pruebas necesarias que garantizan el esfuerzo de trabajo al que está sometido dicho elemento.

La prueba de extracción de anclas se realiza con un equipo neumático a base de gatos, postes, marcos, manómetros y micrómetros. Este equipo presenta dificultad en su manipulación por el peso que tiene. Su colocación debe ser debidamente calibrada, para que los registros no presenten variaciones. La prueba comienza sujetando el ancla con el equipo de forma que pueda ir aplicando incrementos de carga. Inicia con una precarga de 500 kg que sirve para acomodar el equipo, se continúa con una serie de 5 incrementos de carga por lapsos de 3 minutos. Las cargas que se asigne dependen de la carga de diseño del ancla. Las variaciones que se presenten respecto a desplazamientos deben de ser en cada uno de los casos nulos o por lo menos a un decimo de milímetro. La prueba se termina cuando se concluyen con los 5 incrementos o un desplazamiento de 40 mm y cuando el ancla falla por ruptura del acero o falla de continuidad del acero-mortero-terreno. Esta prueba se desarrolla seleccionando de forma aleatoria un ancla de una muestra de entre 50 y 70 anclas. Los datos se registran en formatos que incluyen las variaciones de cada uno de los incrementos. Para fines de profundizar en el tema se incluye un documento en la sección de anexos capítulo VI referente a pruebas de extracción de anclas.

4.3.3 PROCEDIMIENTO DE LANZADO

La aplicación del concreto lanzado tiene como fin proteger superficies de roca contra la erosión e intemperismo, proveer soporte en zonas de alto fracturamiento o alteración en macizos de roca, y permitir la regularización de superficies de roca sobre las que se apoyan otros materiales.

EL proceso de lanzado se realiza en el interior del túnel y en el exterior. Utiliza equipos con características similares. Para el lanzado en el exterior, en tajos y bermas, se usa equipo de la lanzadora MAYCO LS-40; un compresor ingersoll rand 750 psi o afín y un manipulador autoelevable tipo JCB 535. Se considera como equipo de menor dimensión comparado con el equipo que se ocupa en el interior; de forma esquemática la Figura 4.12 representa el equipo que es utilizado en el exterior. La producción del equipo de lanzado debe ser como mínimo de 4 m³/hr.

Para el interior del túnel; se usa un equipo autónomo denominado Robot lanzadora operado a control remoto y el uso de un camión revolvedora para proveer de concreto.

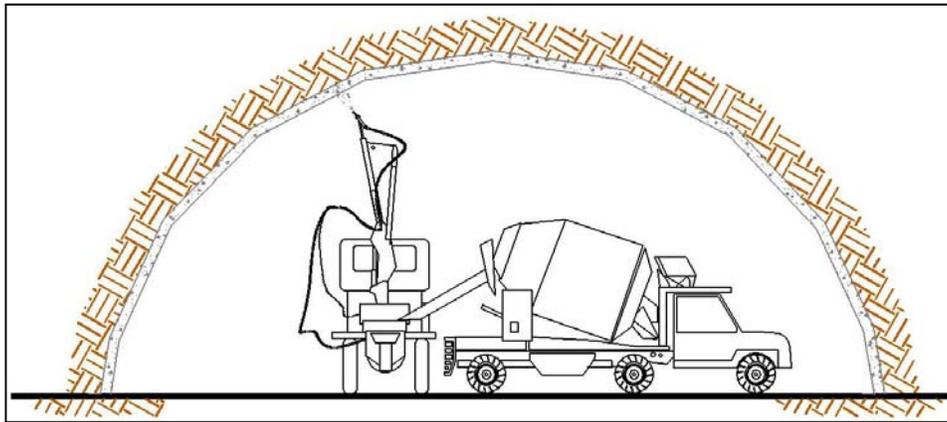


Figura 4.11: Lanzado de Concreto en Bóveda

En el proceso de vía húmeda, todos los materiales se agregan previamente, produciéndose una mezcla de consistencia plástica, la cual es lanzada a través de una boquilla con aplicación de aire comprimido.

Antes de comenzar con el lanzamiento de concreto, todas las superficies que vayan a cubrirse de concreto lanzado, deben limpiarse eliminando polvo, aceite, vegetación, restos de materiales rebotados; producto de lanzados previos y fragmentos de roca flojos o sueltos. Para la limpieza se debe utilizar chiflón de aire con agua a presión y apoyo de equipo para la inspección.

La producción del equipo de lanzamiento debe ser como mínimo de 3 m³/hr efectivos. Todas las mangueras para el lanzamiento deben ser de alta presión y del diámetro adecuado, debiéndose utilizar boquillas cónicas para crear un efecto de abanico en el lanzamiento del concreto.

Para el suministro de aire se debe verificar que el compresor suministre el volumen suficiente de aire a la presión correcta, y que no presente variaciones o fluctuaciones de gasto y presión.

El refuerzo puede ser mediante malla electrosoldada de alambre de $f_y = 514.88$ MPa (5250 kg/cm²) o agregando fibras metálicas con proporción estimada de 40 a 50 kg de fibra metálica por cada metro cúbico de concreto.

El proceso de lanzamiento debe iniciarse desde las partes bajas de las superficies por tratar, continuando posteriormente con las superiores para evitar acumulaciones de material de rebote; el espesor de la capa de concreto debe ser uniforme, estar

exenta de foliaciones, huecos u otros defectos. El rebote recomendable debe estar entre 10% en muros y 25% en bóveda. La distancia entre el frente y la boquilla puede fluctuar entre 0.6 y 1.2 m, la dirección de esta última debe conservarse perpendicular al frente, haciendo elipses horizontales traslapadas aproximadamente 0.5 m en el semieje mayor (horizontal) y 0.2 m en el semieje menor (vertical). Todo el material de rebote se debe desechar; asimismo, todo el concreto lanzado que no se encuentre adherido con firmeza a la superficie debe desprenderse intencionalmente. La superficie terminada debe quedar uniforme, regular y con una rugosidad equivalente al tamaño máximo del agregado.

Para mantener constante la calidad se recomienda muestrear una vez al día ó cada 40 m³. Se realiza la verificación de temperatura de colocación; la cual no deberá exceder de 35 °C, y el revenimiento.

En el caso de utilizarse fibras metálicas, se deberá verificar la tenacidad en flexión. En caso de suspensión de los trabajos de un colado por más de 90 minutos, se deberá preparar la superficie para una junta de construcción.

Como información adicional el lanzado por vía seca no se permite en obras subterráneas por la presencia de polvo muy denso durante el lanzado; el cual es difícil de desalojar y no se ajusta a estándares de calidad del aire para la realización de este tipo de trabajos.

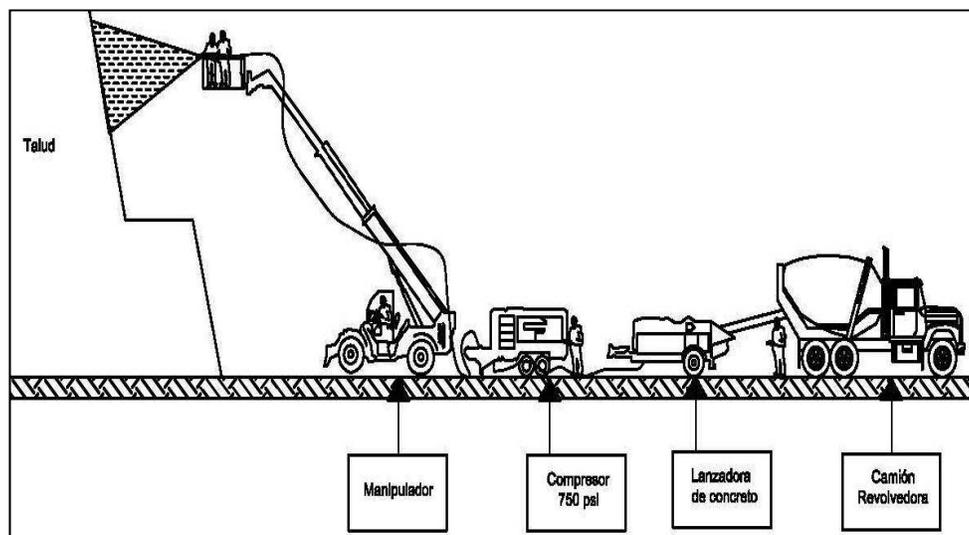


Figura 4.12: Lanzado de Concreto en Talud

4.4 EXCAVACIÓN

La excavación de los túneles en roca depende de la facilidad para desencajar la roca con alguno de los métodos de perforación. Se parte de la resistencia a la compresión simple y de la velocidad de propagación de onda sísmica (obtenido de los ensayos de mecánica de rocas) con estos datos se puede determinar el proceso de excavación a utilizar; buscando conseguir un balance entre lo económico y el plazo de ejecución. (González, 2002) Con rendimientos de excavación de los más alto posible y realizándose en el menor número de fases. Por ello es razonable entender que la selección del método se base en criterios de rentabilidad económica, longitud, tipo de sección y calidad del macizo rocoso.

En este caso se considero el proceso de excavación a base de perforación y voladuras pues este método se usa en rocas con velocidades de onda sísmica mayor a 2500 m/s. Para el caso de La Parota las velocidades que se presentaron en roca sana son de 3700 m/s hasta 5000 m/s. (Barrera, 2007)

Por lo tanto los otros métodos por medio de excavaciones mecanizadas, como las rozadoras y túneladoras (topos), no figuran, pues se usan en rocas con velocidades de onda sísmica entre el rango de 1900 y 2500 m/s, es posible usarlos pero los rendimientos se ven muy disminuidos, (González, 2002) además que la longitud del túnel es pequeña en comparación en comparación al uso de estos equipos, los cuales han presentado rentabilidad económica por encima de los 10 Km y su uso se ha presentado con mayor frecuencia en suelos blandos y en secciones circulares.

4.4.1 VOLADURA

Para realizar las excavaciones se efectúan voladuras, siguiendo técnicas controladas en la que se utilizará el precorte o poscorte según sea el caso.

La primera fase del efecto de choque de la explosión, produce en el material un esfuerzo por la onda, con una presión inicial del orden de 10.4 MPa (106 kg/cm²), lo que en un medio cerrado produce que dicha carga exceda la resistencia a la compresión de cualquier material rocoso.

En la segunda fase, la presión de los gases de los explosivos esta dentro del orden de 10.2 MPa (104 kg/cm²), empuja al material hacia afuera ocasionando una segunda desintegración del material.

La voladura depende de un factor de carga. Se define como la cantidad de explosivo utilizado para fragmentar un metro cúbico de roca y se expresa en grs/m³.

Un posible Factor de Carga a utilizar varía de acuerdo al tipo de roca, pero aun en casos en los que se explota un mismo tipo de roca este factor puede cambiar, dependiendo del intemperismo, la geología del yacimiento o la capacidad del equipo de acarreo y trituración con que se cuente. Las rocas ígneas están dentro de un rango de 500 a 700 grs/m³, las sedimentarias de 200 a 400 grs/m³ y las metamórficas de los 350 a 600 grs/m³.

Los materiales que se ocupan para realizar una voladura son: iniciadores tipo Nonell, alto explosivo, emulsión tovox, bajo explosivo ANFO, cordón detonante para conectar y fulminante con mecha. Estos accesorios pueden presentar variaciones pero el principio es similar.

El diseño de voladuras es un tema muy extenso que parte de toda una teoría para realizar las cargas, determinar las cantidades, parámetros de diseño, plantillas de barrenación, tiempos de retardo y efectos de la voladura; como vibraciones y sobrepresión etc., así como el manejo adecuado de los explosivos en obra. El diseño de voladuras se encuentra fuera del marco de referencia de este trabajo y solo se aboca en mencionar los sistemas para realizar cortes.

El sistema de precorte consiste en ejecutar la barrenación perimetral con separación muy próxima y con una carga diseñada. Las operaciones de voladuras de precorte, se llevan a cabo para tener un corte previo que aísla la zona por excavar con la finalidad de reducir los daños a las partes aledañas a la excavación.

El poscorte se define como un método de voladura en el cual las perforaciones de los barrenos perimetrales con diámetro de 1 7/8 de pulgada, están con separación muy próxima alrededor de 60 cm y cargas muy ligeras, con respecto a las cargas principales, las cuales son detonadas simultáneamente. Este método se debe utilizar para las excavaciones en túneles en todo el perímetro de las secciones. El propósito del sistema poscorte es conseguir una superficie lo más uniforme.

Se deben realizar pruebas para determinar apropiadamente el diámetro y separación de barrenos, así como la cantidad y distribución de las cargas de explosivos para evitar vibraciones que sobrepasen los límites permisibles (Velocidad de partícula (V_p) no mayor a 110 mm/s). (CFE, 2008)

Una vez realizada la voladura principal se debe esperar mientras se despeja de polvos, se inspecciona el sitio verificando el tamaño de los fragmentos. Si se obtienen fragmentos grandes que no se puedan manejar eficientemente, se deben utilizar una voladura secundaria. Lo cual consiste en barrenar el fragmento grande de roca con barrenos de diámetro pequeño y reducida carga de explosivo para quebrar la roca sin que produzca el vuelo de fragmentos.

Desde el punto de vista constructivo, la sección arco boveda es muy común en túneles, pues representa una cierta facilidad en su ejecución, la parte superior se excava como sección circular y la inferior se banquea, se puede obtener la sección deseada en 3 ó 4 voladuras.

Es importante recalcar el riesgo asociado con los sistemas de detonación provocados por los rayos o relámpagos, asimismo, la corriente en forma de electricidad estática y la energía de radiofrecuencia. De igual forma, las líneas de alto voltaje presentan el riesgo de corriente inductiva y conducción de rayos. Se debe tomar todas las medidas preventivas y de seguridad a fin de evitar cualquier accidente durante esta actividad. (CFE, 2008)

4.4.2 EXCAVACIÓN DE LOS TÚNELES

Las excavaciones de los túneles inician en los tajos de entrada y salida arrancan posterior a las actividades de desmonte y despalme del área donde se excavarán. El trabajo de desmonte se realiza con tractor D-8T o afín, hasta las plataformas de carga que permitan maniobrar a un cargador tipo Caterpillar 950 y a los camiones de volteo de 7 y 14 m³. (CFE, 2009)

Una vez excavado el tajo se efectúa el emportalamiento del túnel y tratamientos en la roca, se instalan las acometidas eléctricas, los sistemas de ventilación y el equipo de bombeo.

Los equipos de apoyo como los compresores, la subestación eléctrica, el suministro de agua y taller de soldadura etc., se instalarán en el exterior de cada

portal, en un sitio estratégico que no interfiera en todo el período de construcción. Desde estas instalaciones se alimentará y apoyará a cada uno de los frentes de trabajo. (CFE, 2008)

La ventilación en excavaciones subterráneas debe tener un esquema que se detalle identificando las líneas de extracción e inyección de aire; para mantener las condiciones de temperatura y calidad. Los ductos de ventilación se deben alojar en la media sección en la clave del túnel.

Al tratarse de una obra subterránea es frecuente la presencia de agua debido a filtraciones, uso de equipos hidráulicos, barrenaciones y colados, por tanto es indispensable contar con equipos destinados a un constante bombeo de las áreas de trabajo. Realizar canales provisionales en las obras para conducir estos escurrimientos a los cárcamos y conservar las zonas de trabajos secas. El bombeo es relevante para el desarrollo de los trabajos y obtener rendimiento esperado, se vuelve significativo para considerarlo dentro de los costos, por mínimo que parezca.

El ciclo de excavación en los túneles está constituido por: (CFE, 2008)

1. Trazo
2. Barrenación
3. Sopleteo
4. Carga-Voladura
5. Ventilación
6. Rezaga
7. Tratamiento

El ciclo de excavación consiste en el trazo topográfico ubicando la plantilla donde se colocaran los explosivos. Después se procede con la barrenación, el sopleteo, carga de explosivos, conexión y voladura. Una vez realizado se procede al retiro de la rezaga por medio de cargador frontal sobre neumáticos tipo CAT 990, Caterpillar 966 o similar y depositados sobre camiones CFC tipo 773 o similar. Concluida la rezaga se procede a los tratamientos de la roca mencionados en la sección anterior.

La excavación de los túneles, se debe realizar en dos etapas, la primera corresponde a la bóveda y se define como la media sección superior (MSS) y la otra corresponde a los muros que se define como media sección inferior (MSI).

MEDIA SECCIÓN SUPERIOR

La excavación dentro del túnel se inicia con la media sección superior, en la entrada y en la salida. La barrenación horizontal se debe ejecutar con jumbo eléctrico; el cual tiene tres brazos incorporados con ubicación milimétrica, mejora los rendimientos al realizar plantillas de barrenos. Posteriormente utilizando las técnicas de poscorte perimetral, se hace la carga de explosivos de forma manual y el rezagado se realiza primeramente sobre material atacable por medios mecánicos con uso de tractor de orugas tipo CAT D8 o con cargador Caterpillar 966 y camiones articulados.

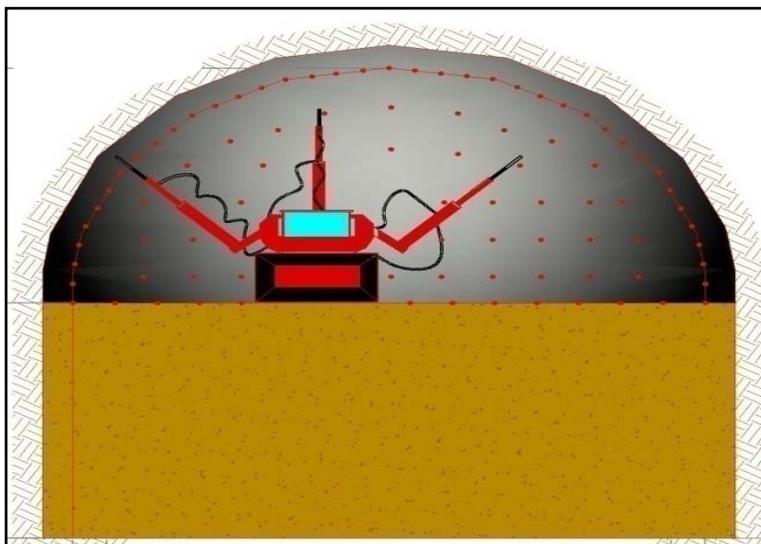


Figura 4.13: Barrenación de Frente con Jumbo de 3 Brazos en Media Sección Superior

Para garantizar la estabilidad de la excavación, se hace hincapié de la rapidez con que debe realizarse el trabajo de colocación de soporte primario (concreto lanzado, anclaje y drenaje).

Se continua excavando, hasta la liberación de la media sección superior (MSS) y una vez se comuniquen los frentes y se haya completado el sostenimiento definitivo se iniciarán la excavación de la media sección inferior.

El material producto de la voladura debe ser calificado por su granulometría para definir su destino como aprovechable o como desperdicio. El material aprovechable podrá ser enviado directamente a otros elementos que el proyecto requiera como cortina o ataguías y a los bancos de almacén.

MEDIA SECCIÓN INFERIOR

La excavación dentro del túnel de la media sección inferior (MSI) se realiza por medio de voladuras, se hace una barrenación vertical con el equipo del tipo hidrotrack, la carga de explosivos se hace de forma manual y la rezaga con cargador frontal Caterpillar 966 y camiones Caterpillar articulados. Los banqueos puede ser variables en altura, pero puede prevalecer valores alrededor de 6,0 m. Las cuales varían dependiendo de la velocidad de partícula que se obtenga en la voladura. También se efectuarán trabajos de precorte en los límites de la excavación. En los banqueos podrá utilizarse la barrenación vertical retirando los bordes laterales, posteriormente se realicen actividades de colados en dichas zonas. Sin embargo, en zonas donde estén colocando los marcos metálicos, se sugiere realizar la perforación para el banqueo de forma horizontal, con el fin de utilizar el poscorte y reducir la afectación a la pared final de la excavación. (CFE, 2008)



Figura 4.14: Barrenación Vertical con Hidrotrack en Media Sección Inferior

Se continúa excavando, hasta la liberación completamente de la media sección inferior (MSI) y una vez que se haya completado el sostenimiento definitivo se iniciarán con la colocación de concreto hidráulico en el piso del túnel.

Cuando la excavación llegue a las zonas de lumbreras provisionales y de cierre final se hará la excavación de acuerdo a lo indicado y se dejará la sección lista

para recibir el concreto cuando se realicen actividades de colados en dichas zonas.

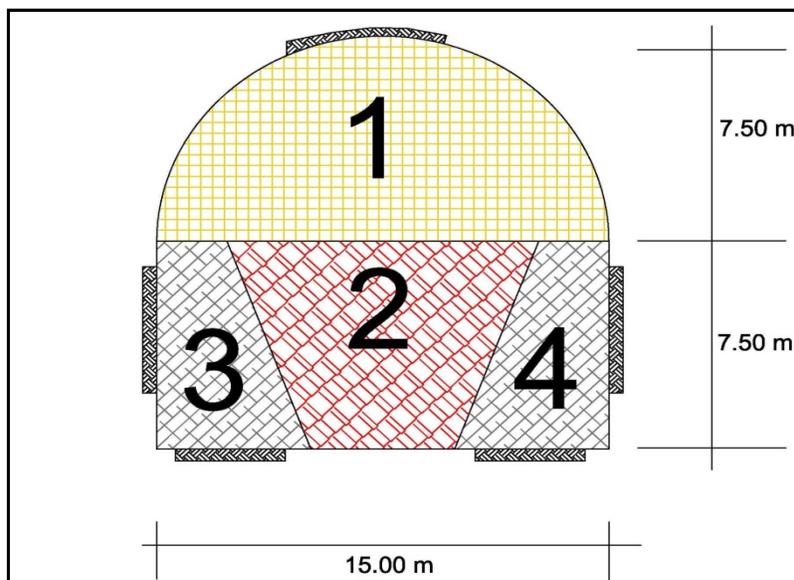


Figura 4.15: Sistema de Ataque de la MSS y la MSI

En la Figura 4.15 se muestra la configuración de ataque de la Media Sección Superior MSS y la Media Sección Inferior, las cuales se realizan en cuatro etapas. Se excava primeramente la sección circular, posteriormente la parte central de la MSI a lo cual se le denomina banqueo, por último los laterales; los cuales sirven de apoyo de las paredes del túnel; además de contribuir al facilitar la colocación de marcos metálicos en la MSS, si estos se requieren en la zona.

4.4.3 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO SIN SOSTENIMIENTO

Una variable difícil de calcular es el tiempo que puede pasar sin realizar ningún tratamiento en el macizo rocoso. Para ello se puede hacer uso de un método empírico que permite la estimación del tiempo en el cual el intemperismo afecta a las zonas excavadas.

Esto se realiza a partir del índice RMR estimando la longitud de pase (longitud de avance sin sostenimiento) Figura: 11.5. De la figura podemos observar que con el valor de 60 del RMR podemos determinar el tiempo sin sostenimiento, dependiendo de los tramos de longitud de avance de excavación. Para tramos de 1,8 m se tiene un tiempo de un mes; para tramos de 3m se tiene tiempo sin

sostenimiento de 20 días y para un tramo mayor de avance de 10 m se tiene un tiempo de 15 días. Después de este rango de avance (10 m) se pueden presentar colapsos inmediatos.

Este procedimiento también puede funcionar a la inversa observando el tiempo que ha pasado sin sostenimiento y cruzando con el valor del RMR. Esto demostrará si se encuentra dentro de los límites permisibles antes de colapsos o caídos debidos al intemperismo del material.

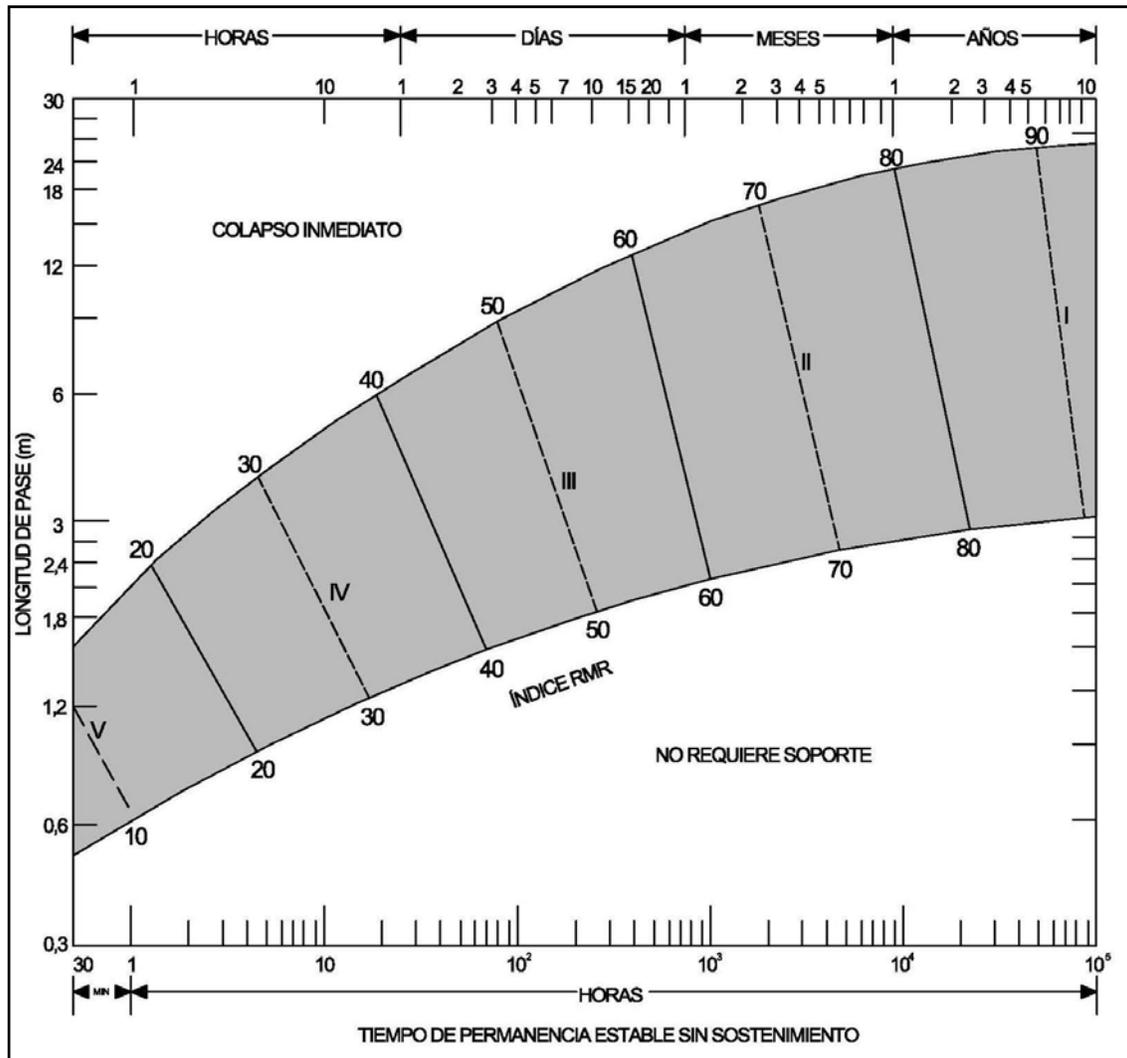


Figura 4.16: Tiempos de Permanencia Estable sin Sostenimiento (Bieniawski, 1989)

Por otro lado se puede determinar la carga de roca o presión sobre el sostenimiento, se puede estimar según la expresión:

$$P = \frac{100 - RMR}{100} \gamma B$$

Donde γ es el peso específico de la roca y B es el ancho del túnel.

En este caso la presión sobre el sostenimiento que se puede presentar es de 0.11MPa (10.4T/m²). Esta expresión empírica hay que utilizarla con precaución pues puede dar resultados poco representativos. (González, 2002)

4.5 PLANTILLA DEL TÚNEL

Después de realizar el banqueo de la sección inferior de la excavación, se realiza un relleno de material para dar niveles de desplante de la plantilla del túnel.

Previo a la colocación de concreto en el piso, se limpia la roca y se coloca concreto de reposición. Esto se realiza con regla vibratoria a todo lo ancho del túnel para garantizar la rasante y nivel transversal correspondiente.

Los concretos se deben colocar de tal forma que su avance asegure colocar concreto fresco sobre concreto aún no fraguado, para que mediante vibrado, las capas subsecuentes formen un solo bloque con las anteriores. La colocación del concreto a tiro directo del equipo de transporte, se realizará con canalón, con banda transportadora, tubería o algún otro elemento según las necesidades de cada estructura. En el caso de canalón, este deberá estar correctamente soportado, limpio, proporcionando una pendiente que facilite el flujo del concreto fresco y de tal manera que pueda ser movido eficientemente ya sea a mano o con alguna herramienta o equipo. El vibrado de concreto se realiza con vibradores de 2 ½ y 3 pulgadas hasta compactarlo completamente, sin dejar huecos ni provocar segregación o sangrado excesivo.

Los recubrimientos mínimos especificados y el empleo de varillas "maestras", instaladas deben verificarse por el área de topografía; para evitar posibles

interferencias con los apoyos de la cimbra, y de igual manera la colocación de silletas y espaciadores de apoyo. Procurando formar una cuadrícula con el acero del armado debidamente amarrado con alambre recocido, para que no permita la deformación y desviación del acero con el tránsito o movimiento del personal.

Se recomienda tomar en cuenta los siguientes aspectos: (CFE, 2008)

1. El recubrimiento mínimo de cualquier varilla no será menor de 4 cm.
2. No se debe traslapar más del 30% del refuerzo en una misma sección transversal.
3. Las varillas longitudinales al túnel, deben de tener un traslape mínimo de 40 diámetros de la varilla.
4. Los dobleces de las varillas deben de ser en frío.
5. Todas las varillas mayores del número 8 deben estar unidas a tope por medio de conectores o unión mediante soldadura.

El acero de refuerzo utilizado en este tipo de proyectos es de una $f_y = 411,9 \text{ MPa}$ (4200 kg/cm^2).

Desde la dosificadora instalada se suministra el concreto, mismo que es acarreado en ollas revolventoras montadas sobre camión. La descarga del concreto en el sitio de colado se debe hacer a partir de la posición final de colocación para minimizar la segregación.

Previamente a la colocación del concreto, las cimbras deben estar limpias de cualquier acumulación de colados anteriores, y cubrirse con aceite mineral u otro material que evite la absorción de agua y adherencia de la cimbra al concreto. La cimbra para colados de concreto, debe ser lo suficientemente estanca para evitar la pérdida de materiales.

No se recomienda la caída libre del concreto mayor de 1,0 m de altura; la distancia entre cada caída no debe exceder de 3,0 m, para evitar el posible acarreo de concreto.

Para realizar el curado y protección de la losa de piso se debe usar membrana o capa de curado de base acuosa, aplicada por aspersion inmediatamente después

de dar el acabado a la superficie. Posterior al secado de la membrana, se debe colocar encima un manto para mantener la humedad constante. En los concretos masivos el curado debe ser exclusivamente con agua limpia manteniendo húmedas todas las superficies expuestas; el curado se debe realizar por lo menos durante 14 días ininterrumpidamente.

4.6 CONEXIÓN DE LOS TÚNELES CON EL EMBALSE

Una vez terminadas las actividades de excavaciones, tratamientos de la roca, colocación del piso de concreto de los túneles, y retiro de instalaciones eléctricas, de ventilación y bombeo. Se efectúan las excavaciones en aluvión y roca a cielo abierto para alcanzar la rasante del piso del canal de llamada, que permite conectar los túneles con el embalse y permitir la operación de los mismos.

La preatagüa se comienza a levantar aguas arriba para realizar el cierre del cauce de la corriente. El cierre debe ser cuidadosamente planeado para evitar que la corriente arrastre el material que se está colocando; esto se logra calculando las dimensiones y la cantidad de material para efectuar el cierre, tomando en cuenta la energía de la corriente durante las diferentes etapas del proceso. La operación se inicia, arrojando rocas desde camiones por una o ambas márgenes del río. (Marsal, 1975)

Una vez que se termina la construcción de la cortina, la obra de generación y de excedencias, se procede a cerrar el túnel de desvío con un tapón de concreto, a fin de iniciar el llenado del vaso de la presa; previamente se instala una compuerta que permita continuar con los trabajos de construcción del tapón definitivo. Para ello se elige una sección en la que se construirán y colocarán guías, apoyos, malacates, etcétera, que permita posteriormente colocar la compuerta.

La resistencia de esta estructura debe ser tal que soporte la máxima carga de agua que pueda haber antes de colocar el tapón. El tapón de concreto mencionado, sirve para evitar el paso de la corriente por el túnel de desvío y reducir filtraciones. Consiste en un colado masivo de concreto que cubre toda la

sección del túnel y cuya longitud suele ser de dos o tres veces el diámetro del túnel. Para lograr un sello adecuado entre el tapón y la roca se dejan conductos en la periferia, por los que posteriormente se hacen inyecciones.

Como la obra de desvío está formada por tres túneles se puede iniciar el cierre obturando alguno de ellos, por lo tanto la carga sobre sus compuertas podrá ser reducida; en cambio, el túnel que se cierre al final debe tener compuertas que resistan la carga que se alcanza al pasar el agua por la obra de excedencias.

4.7 PROGRAMA DE OBRA

Dentro de todo de Proyecto se requiere mantener el control, este control se refleja en los programas; aplicando conocimientos, habilidades, técnicas, herramientas y entendimiento del ambiente del proyecto para satisfacer las necesidades; son un medio para controlar la construcción en proceso desde un avance físico, financiero, de insumos, recursos y maquinaria.

Un programa se define como un grupo de proyectos relacionados y administrados en forma coordinada. El programa de obra permite identificar aquellos aspectos que son relevantes para mantener el control eficaz y eficiente.

Los programas de actividades se realizan en función del tiempo, definir la duración de un proyecto permite cuestionar su viabilidad, contemplar retrasos y costos.

Parte importante que define el programa de actividades es el equipo necesario para la realización de las labores, en este caso equipo para construcción de túneles y obras subterráneas. En la Cuadro 4.4 se en lista el equipo principal para la construcción de túneles.

Cuadro 4.4: Equipo Principal para la Construcción de Túneles

NOMBRE	MARCA	MOD.	IMAGEN
1	JUMBO DE TRES BRAZOS TAMROCK	DT1130	
2	TRACTOR CATERPILLAR D8T		
3	MOTOCONFORMADORA CASE DPH		
4	RETROEXCAVADORA JCB C3		

NOMBRE	MARCA	MOD.	IMAGEN
5	RETROEXCAVADORA CATERPILLAR	330 DL	
6	MANIPULADOR TELESCÓPICO JCB	540	
7	CARGADOR FRONTAL CATERPILLAR	950 H	
8	CAMIÓN ARTICULADO CATERPILLAR	730	

NOMBRE	MARCA	MOD.	IMAGEN
9	EQUIPO DE LAZADO DE CONCRETO	NORMET SPRAYMEC	
10	CAMIÓN VOLQUETE 14 m³	KENWORTH	
11	HIDROTRACK COPCO ATLAS		
12	PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CONCRETO		
13	TRACK DRILL INGERSOOLL RAND	ECM 350	

4.7.1 CICLO DE ACTIVIDADES

Los programas de actividades de una obra se basan en los rendimientos promedio de los ciclos que se desarrollan en la obra, definiendo los rendimientos de maquinaria, personal e insumos.

En este caso para desarrollar el programa de obra del proyecto de la Obra de Desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota. Los ciclos de actividades que predominan son los movimientos de tierras y los tratamientos para la estabilidad de la roca. Los ciclos se describen a continuación, por cada una de las partidas que se desarrollaron.

Los factores que no se pueden contemplar dentro de los ciclos de actividades, se deben de tomar en cuenta en un promedio estimado, pues también altera la duración. Como algunos ejemplos podemos mencionar las estaciones del año, la temperatura del ambiente, los días más calurosos, lluvias y tiempos muertos; a consecuencia de descomposturas, paros, bloqueos, alimentos, etc. El tiempo muerto propuesto que se asigno es de 60 minutos.

Para medir la duración de los trabajos se proponen horarios de 24 hrs. Al día durante 5 días a la semana y en fin de semana se define un turno de 6 hrs.

1.- Preatagüía y Atagüía Aguas Abajo

Ciclo: Construcción de Atagüías. Se basa en las siguientes actividades, para tramos de 90m³ de material colocado.

- a. Trazo = 20 Minutos
- b. Desmonte y despirme = 15 Minutos
- c. Excavación de laderas = 30 Minutos
- d. Colocación de materiales graduados = 60 Minutos

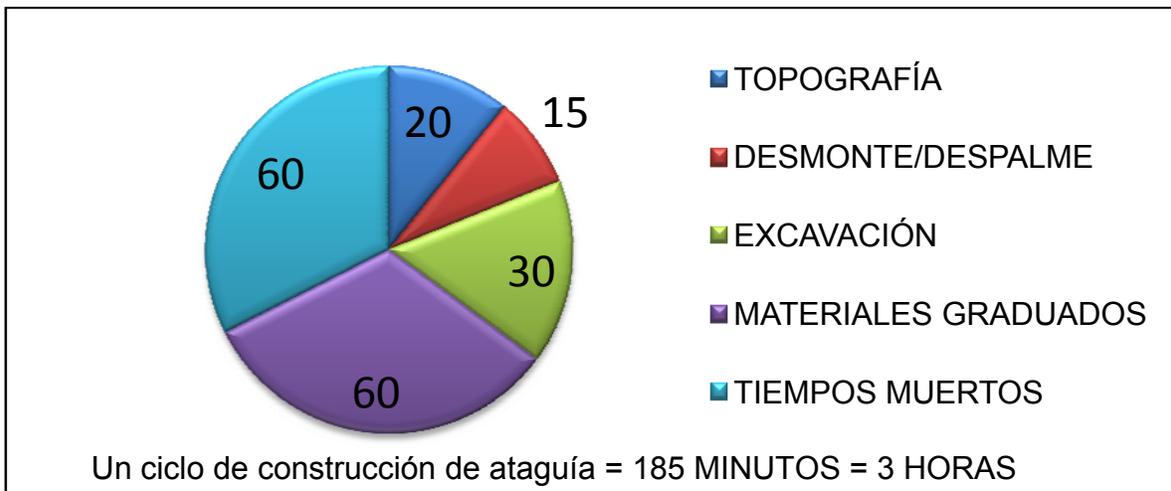


Figura 4.17: Ciclo: Construcción de Ataguía

2.- Caminos de Acceso a los Portales de los túneles de conducción

Ciclo: Excavación caminos de acceso. Se basa en las siguientes actividades, para tramos de 70 m³ de excavación.

- a. Trazo de los caminos = 20 Minutos
- b. Desmonte y despalde = 10 Minutos
- c. Excavación = 30 Minutos
- d. Perfilamiento de taludes = 30 Minutos
- e. Nivelación y compactación = 20 Minutos



Figura 4.18: Ciclo: Caminos de Acceso

3.- Excavación y tratamientos de estabilidad de los tajos en los portales de entrada y salida.

Ciclo: Excavación de tajos. Se basa en las siguientes actividades, para una plantilla de barrenación de 30 barrenos con volumen promedio de 450 m³.

- a. Trazo = 20 Minutos
- b. Barrenación = 133 Minutos
- c. Sopleteo = 30 Minutos
- d. Carga y voladura = 75 Minutos
- e. Rezaga = 120 Minutos
- f. Tratamiento = 500 Minutos

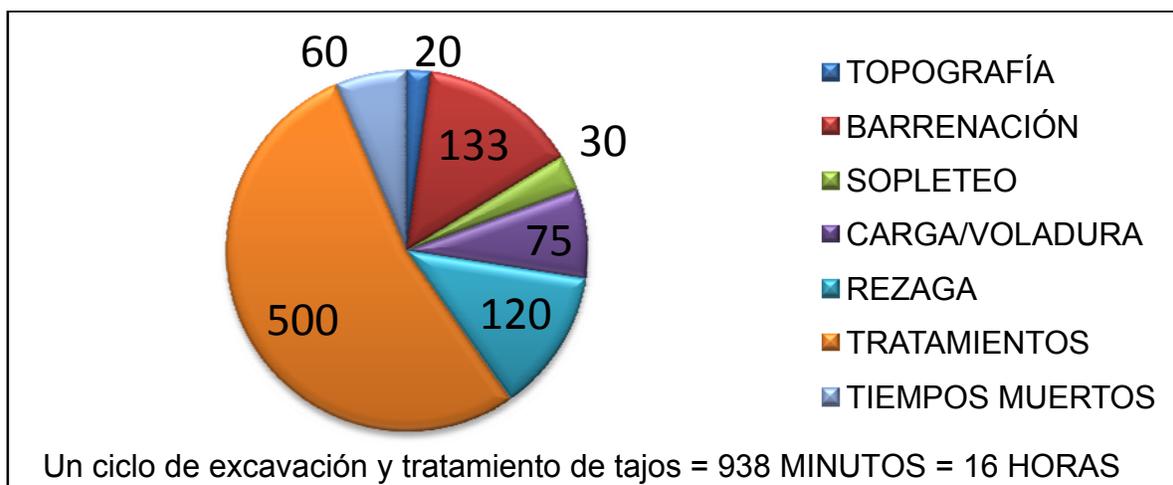


Figura 4.19: Ciclo: Excavación y Tratamiento en Tajos

4.- Excavación de los túneles de conducción.

Ciclo: Excavación de túneles. Se basa en las siguientes actividades, para una plantilla de barrenación de 30 barrenos con avances de excavación 2.5 a 3m.

- a. Trazo = 20 Minutos
- b. Barrenación = 133 Minutos
- c. Sopleteo = 30 Minutos
- d. carga y voladura = 90 Minutos
- e. Ventilación = 30 Minutos
- f. Rezaga = 120 Minutos
- g. Tratamiento en los túneles = 600 Minutos

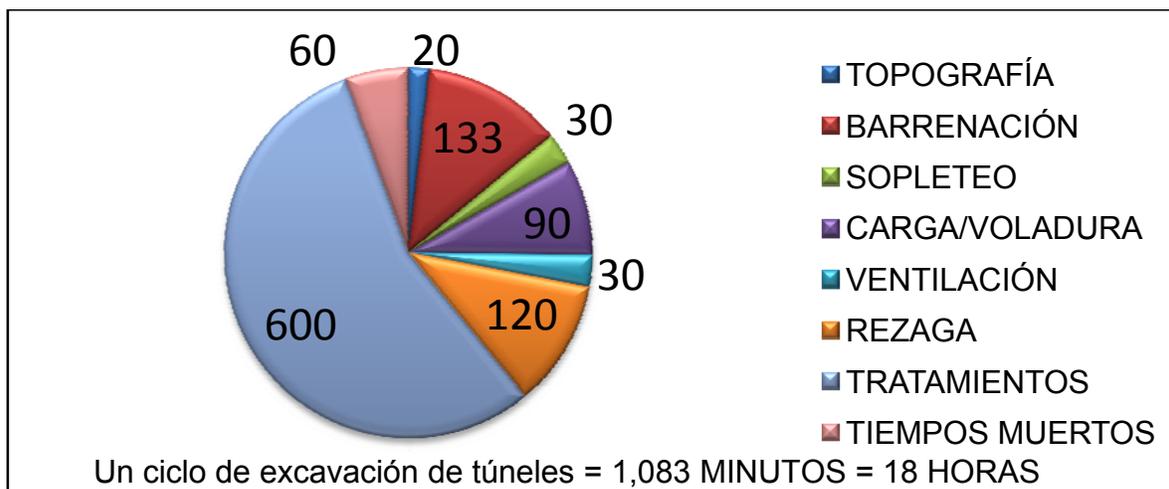


Figura 4.20: Ciclo: Excavación y Tratamientos en Túneles

Los resultados de las graficas de ciclos de actividades, se resumen en los Cuadros 4.5 y 4.6. Donde se presenta el programa de actividades para desarrollar la Obra de Desvío del PH La Parota, el cual muestra que la duración de esta primera etapa del proyecto Hidroeléctrico es de 20.3 meses. Donde se comienza con los caminos de acceso y tiene una duración de 2.5 meses, posteriormente se ejecutan las excavaciones y tratamientos en tajos con una duración de 10 meses, paralelamente se realizan trabajos en las zonas de ataguías los trabajos tienen una duración estimada de 5.5 meses y por último; también a la par los túneles de conducción con excavación y tratamientos que duran 16 meses.

4.7.2 PROGRAMA DE ACTIVIDADES

Cuadro 4.5: Resumen del Programa de Actividades

PROGRAMA DE ACTIVIDADES: PARA LA CONSTRUCCIÓN DE 3 TÚNELES DE CONDUCCIÓN. TÚNEL No.1 10 X 10 mts., TÚNELES No.2 Y No.3 DE 15 x 15 mts. DE SECCIÓN PORTAL Y LONGITUDES DE 526, 571 Y 598 mts., RESPECTIVAMENTE. LOCALIZADOS EN EL MUNICIPIO DE ACAPULCO DE JUÁREZ, GUERREO.																									
No.	Actividad	2013												2014											
		ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A	Proyecto: Obra de Desvío, Túneles de Conducción del Proyecto Hidroeléctrico La Parota																								
1	Ataguía de Predesvío y Ataguía Aguas Abajo																								
2	Camino de acceso a los portales de entrada y salida																								
3	Excavación y Tratamientos en Tajos																								
4	Túneles de Conducción: Excavación y Tratamientos																								

4.7.2 PROGRAMA DE ACTIVIDADES

Cuadro 4.5 Programa de Actividades

PROGRAMA DE ACTIVIDADES: PARA LA CONSTRUCCIÓN DE 3 TÚNELES DE CONDUCCIÓN. TÚNEL No.1 10 X 10 mts., TÚNELES No.2 Y No.3 DE 15 x 15 mts. DE SECCIÓN PORTAL Y LONGITUDES DE 526, 571 Y 598 mts. RESPECTIVAMENTE. LOCALIZADOS EN EL MUNICIPIO DE ACAPULCO DE JUÁREZ, GUERREO.																									
No.	Actividad	2013												2014											
		ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A	Proyecto: Obra de Desvío, Túneles de Conducción del Proyecto Hidroeléctrico La Parota	[Barra de actividad principal]																							
1	Ataguía de Predesvío y Ataguía Aguas Abajo	[Barra de actividad principal]																							
	Colocación Material Preataguía Aguas Arriba	[Barra de actividad principal]																							
	Colocación de Material Ataguía Aguas Abajo	[Barra de actividad principal]																							
	Pantalla Impermeable Ataguías	[Barra de actividad principal]																							
2	Camino de acceso a los portales de entrada y salida	[Barra de actividad principal]																							
3	Excavación y Tratamientos en Tajos	[Barra de actividad principal]																							
3.1	Portal de Entrada T1	[Barra de actividad principal]																							
3.2	Portal de Entrada T2 Y T3	[Barra de actividad principal]																							
3.3	Portal de Salida T1	[Barra de actividad principal]																							
3.4	Portal de Salida T2 Y T3	[Barra de actividad principal]																							
4	Túneles de Conducción Excavación y Tratamientos	[Barra de actividad principal]																							
	POR LA ENTRADA	[Barra de actividad principal]																							
4.1	Excavación MSS T1	[Barra de actividad principal]																							
4.2	Excavación MSI T1	[Barra de actividad principal]																							
4.3	Tratamientos T1	[Barra de actividad principal]																							
4.4	Losa de piso	[Barra de actividad principal]																							
	POR LA SALIDA	[Barra de actividad principal]																							
4.5	Excavación MSS T1	[Barra de actividad principal]																							
4.6	Excavación MSI T1	[Barra de actividad principal]																							
4.7	Tratamientos T1	[Barra de actividad principal]																							
	POR LA ENTRADA	[Barra de actividad principal]																							
4.8	Excavación MSS T2 y T3	[Barra de actividad principal]																							
4.9	Excavación MSI T2 Y T3	[Barra de actividad principal]																							
4.1	Tratamientos T2 Y T3	[Barra de actividad principal]																							
4.11	Losa de piso	[Barra de actividad principal]																							
	POR LA SALIDA	[Barra de actividad principal]																							
4.12	Excavación MSS T2 y T3	[Barra de actividad principal]																							
4.13	Excavación MSI T2 Y T3	[Barra de actividad principal]																							
4.14	Tratamientos T2 Y T3	[Barra de actividad principal]																							

4.10 COSTO ESTIMADO

El costo estimado se concentra en las actividades que relacionan la obra de desvío desde las actividades preliminares como la movilización de recursos para el arranque del proyecto y las partidas Obra de desvío, excavación y tratamiento de portales, excavación y tratamientos en zona de bermas, y construcción de túneles de conducción.

Desarrollar el costo permite contar con información detallada para analizar cuál ha sido el origen de los diferentes costos entre lo real y lo estimado además definen mejor un nivel de aproximación; puesto que solo se cuenta con una información global. Es posible que en algunas actividades para desarrollar la obra de desvío en los conceptos, el costo estimado pueda ser inferior al costo real y que en otros conceptos ocurra lo contrario, de lo cual se puede deducir una diferencia final la cual sea el resultado de una serie de compensaciones entre saldos favorables y desfavorables.

El costo estimado se compone de treinta y siete actividades divididas por cada partida, a continuación se presenta el Cuadro 4.7, resume el presupuesto de la Obra de Desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota donde se observan los conceptos las cantidades a ejecutar con su respectiva unidad, el precio, el importe y el porcentaje global de incidencia en el proyecto. Para observar más detalle de cómo se elaboraron los precios de cada uno de los conceptos es necesario consultar en el Anexo del Capítulo VI en el apartado 5, Precios por Unidad. Donde se informa de los rendimientos de equipo, personal y materiales, integrados en un costo.

En el presupuesto estimado, se puede observar que las partidas que consume más recursos son: la construcción de los túneles con un 49% y portales de túneles con 28% de los recursos. Las partidas restantes el 23%. El costo total de la obra asciende a \$ 471,222,209.

Cuadro 4.7 Costo Estimado

PRESUPUESTO DE LA OBRA DE DESVÍO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO LA PAROTA						
	CATALOGO DE ACTIVIDADES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE	INCIDENCIA
	ACTIVIDADES PRELIMINARES			precio		
1	Movilización de recursos para el arranque del Proyecto.	1.00	Lote	2,558,808.54	2,558,808.54	0.54%
	TOTAL ACTIVIDADES PRELIMINARES				2,558,808.54	0.54%
	OBRA DE DESVÍO					
	PREATAGUÍA, Y ATAGUÍA AGUAS ABAJO:					
2	Desmante se realiza a 50 cm fuera de los ceros de proyecto, Incluye: equipos, mano de obra, herramientas, estacas, trompos, encalado y levantamientos topograficos para la ejecución	1.36	ha	22,975.92	31,327.67	0.01%
3	Despalme se realiza con 20 cm de espesor y 50 cm fuera de los ceros de proyecto, incluye: equipos, mano de obra, herramientas, estacas, trompos, troncos, encalado y levantamientos topográficos para su ejecución	4,309.48	m ³	45.30	195,236.68	0.04%
4	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material en zona de laderas de preatagüa aguas arriba y atagüa aguas abajo, se incluye: carga, acarreo, sobre acarreo de 1 km y descarga según proyecto	13,636.40	m ³	110.19	1,502,586.50	0.32%
5	Colocación de material, del tipo especificado en proyecto, proveniente de las excavaciones subterráneas y/o exteriores y/o explotación de banco de materiales, incluye colocación y compactación conforme a proyecto	208,553.76	m ³	70.42	14,685,508.53	3.12%
6	Barrenación en roca de $\phi=3"$ de 0 a 10 m de profundidad para la inyección de la pantalla, incluye lavado de toda la longitud del barreno para eliminar los recortes de la roca de perforación	1,810.00	m	1,044.54	1,890,623.56	0.40%
7	Pantalla plástica impermeable hasta 80 cm de espesor y profundidad variable incluye: excavación, suministro y colocación de tubería de pvc de $\phi=6"$	3,538.94	m ³	6,141.23	21,733,459.93	4.61%
8	Inyección de lechada en barreno menor a 3", para tratamiento de pantalla, en tramos de hasta 10 m. Incluye maniobras de personal, uso de equipo, materiales y fabricación de la mezcla	25.00	tramo	31,418.78	785,469.61	0.17%
9	Prueba de permeabilidad tipo Lugeon	50.00	m ³	866.58	43,329.00	0.01%
	TOTAL DE PREATAGUÍA, Y ATAGUÍA AGUAS ABAJO:				40,867,541.49	8.67%
	EXCAVACIÓN Y TRATAMIENTOS DE PORTALES					
10	Desmante se realiza a 50 cm fuera de los ceros de proyecto, Incluye: equipos, mano de obra, herramientas, estacas, trompos, encalado y levantamientos topograficos para la ejecución	2.77	ha	22,975.92	63,630.46	0.01%
11	Despalme se realiza con 20 cm de espesor y 50 cm fuera de los ceros de proyecto, incluye: equipos, mano de obra, herramientas, estacas, trompos, troncos, encalado y levantamientos topográficos para su ejecución	8,357.48	m ³	45.30	378,627.05	0.08%
12	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material en tajos para los portales de entrada y salida, se incluye excavación adicional para estabilización, sobre acarreo de 1 km, perfilamiento de talud, carga, acarreo y descarga según proyecto	629,749.44	m ³	76.69	48,297,577.77	10.25%
13	Anclas de fricción $f_y=411.9$ MPa (4200 kg/cm ²) de $\phi=1"$ de 18 a 24 m de longitud, en taludes frontales de los portales de entrada y salida, incluye: barrenación en roca de $\phi=2 \frac{1}{4}"$, suministro, habilitación, colocación de anclas; placa de apoyo de 20 x 20 y 1,27 cm (1/2") de espesor e inyección con mortero $f'c=19.6$ MPa (200 kg/cm ²); la placa debe tener soldados 4 alambres de 6,35 mm de diámetro y 0,50 m de longitud; para integrarse a la malla, el ancl debe contar con rosca y tuerca para la fijación de la placa.	59,494.50	m	443.06	26,359,408.05	5.59%
14	Drenaje corto en talud frontal en portales de entrada y salida con barrenación en roca de 1 1/2" de diámetro y 0,40 m de longitud	1,160.00	m	278.67	323,261.65	0.07%
15	Drenaje largo en talud frontal en portales de entrada y salida, con barrenación en roca de $\phi=3"$ de hasta 20 m de longitud	30,208.00	m	449.16	13,568,267.95	2.88%
16	Concreto lanzado de hasta 10 cm de espesor, $f'c=19.6$ MPa (200 kg/cm ²) en portales, incluye malla electrosoldada 66-10-10 con $f_y=514.8$ MPa (5250 kg/cm ²), fijada al talud mediante anclas cortas de 0,60 m de longitud efectiva en roca y 0,50 m para integrarse a la malla.	5,511.25	m ³	3,305.36	18,216,679.55	3.87%

Cuadro 4.7 Costo Estimado

PRESUPUESTO DE LA OBRA DE DESVÍO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO LA PAROTA						
	CATALOGO DE ACTIVIDADES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE	INCIDENCIA
17	Concreto $f'c=19,6$ MPa (200 kg/cm ²) para losa de piso en portales de entrada y salida con espesor de 30 cm incluye acero de refuerzo	3,237.90	m ³	9,821.91	31,802,372.14	6.75%
TOTAL PORTALES DE TÚNELES					139,009,824.63	29.50%
EXCAVACIÓN Y TRATAMIENTOS ZONA DE BERMAS						
18	Desmante se realiza a 50 cm fuera de los cerros de proyecto, Incluye: equipos, mano de obra, herramientas, estacas, trompos, encalado y levantamientos topográficos para la ejecución	2.11	ha	22,975.92	48,437.82	0.01%
19	Despalme se realiza con 20 cm de espesor y 50 cm fuera de los cerros de proyecto, incluye: equipos, mano de obra, herramientas, estacas, trompos, troncos, encalado y levantamientos topográficos para su ejecución	4,216.40	m ³	45.30	191,019.79	0.04%
20	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material en bermas y taludes para su estabilización en entrada y salida de túneles de conducción, se incluye: excavación, sobre acarreo de 1 km, perfilamiento de talud, carga, acarreo y descarga según proyecto.	252,249.00	m ³	136.52	34,436,470.51	7.31%
21	Anclas de fricción $f_y= 411,9$ MPa (4200 kg/cm ²) de $\phi=1"$ de hasta 12m de longitud, en taludes de bermas de entrada y salida de los túneles, incluye: barrenación en roca de $\phi=2 \frac{1}{4}"$, suministro, habilitación, colocación de anclas; placa de apoyo de 20 x 20 y 1,27 cm (1/2") de espesor e inyección con mortero $f'c = 19,6$ MPa (200 kg/cm ²); la placa debe tener soldados 4 alambres de 6,35 mm de diámetro y 0,50 m de longitud, para integrarse a la malla, el anclaje debe contar con cuerda y rosca para la fijación de la placa.	26,558.34	m	425.91	11,311,551.69	2.40%
22	Drenaje corto en taludes de bermas con barrenación en roca de 1 1/2" de diámetro y 0,40 m de longitud	981.60	m	186.98	183,535.47	0.04%
23	Drenaje largo en taludes en zona de bermas, con barrenación en roca de $\phi=3"$ de hasta 20 m de longitud	18,405.00	m	295.48	5,438,288.53	1.15%
24	Concreto lanzado de hasta 10 cm de espesor, $f'c= 19,6$ MPa (200 kg/cm ²) en taludes de bermas, incluye malla electrosoldada 66-10-10 con $f_y= 514,8$ MPa (5250 kg/cm ²), fijada al talud mediante anclas cortas de 0,60 m de longitud efectiva en roca y 0,50 m para integrarse a la malla.	2,204.50	m ³	2,288.61	5,045,245.94	1.07%
TOTAL EXCAVACIÓN Y TRATAMIENTOS EN ZONA DE BERMAS					56,654,549.75	12.02%
TÚNELES DE CONDUCCIÓN						
25	Excavaciones subterráneas en túneles de conducción en cualquier tipo de material para formar una sección tipo portal, incluye diseño y ejecución de voladura, perfilamiento de talud, carga, acarreo y descarga a primer km, equipo de excavación, bombeo, herramienta y mano de obra para su correcta ejecución conforme a proyecto.	285,029.00	m ³	205.24	58,499,662.15	12.41%
26	Concreto lanzado en túnel (bodega y paredes) con un espesor de 10 cm., $f'c = 19,6$ MPa (200 kg/cm ²) incluye malla electrosoldada con $f_y= 514,8$ MPa (5250 kg/cm ²) de 66-10-10, fijada al talud mediante anclas cortas de 0,60 m de longitud efectiva en roca y 0,50 m para integrarse a la malla. colocado en capas de 5 cm.	6,658.06	m ³	3,689.84	24,567,144.46	5.21%
27	Concreto $f'c=19,6$ MPa (200 kg/cm ²) para losa de piso del túnel con espesor de 20 cm incluye acero de refuerzo	6,292.00	m ³	7,960.21	50,085,643.27	10.63%
28	Anclas de fricción $f_y= 411,9$ MPa (4200 kg/cm ²) de $\phi=1-1/2"$ de 9,0m de longitud, en túneles de conducción, incluye: barrenación en roca de $\phi=2-1/2"$, suministro, habilitación, colocación de anclas; placa de apoyo de 20 x 20 y 1,27 cm (1/2") de espesor e inyección con cartuchos epoxicos, la placa debe tener soldados 4 alambres de 6,35 mm de diámetro y 0,50 m de longitud, para integrarse a la malla el ancla debe contar con rosca y tuerca para la fijación de la placa, conforme a proyecto	60,527.00	m	544.78	32,974,140.09	7.00%
29	Drenaje corto en paredes y bodega en túneles de conducción con barrenación en roca de 1 1/2" de diámetro y 1,0 m de longitud	2,152.00	m	307.34	661,401.73	0.14%
30	Drenaje largo en paredes y bodega en túneles de conducción, con barrenación en roca de $\phi=3"$ de hasta 9 m de longitud, conforme a proyecto	29,053.00	m	321.56	9,342,189.29	1.98%
31	Marcos metálicos para el soporte permanente de las excavaciones en túnel, sección ir 12 " x 96,7 kg/m incluye: suministro, fabricación, transporte y montaje y entibado,	288.54	T	39,865.09	11,502,672.25	2.44%
32	Concreto $f'c=19,6$ MPa (200 kg/cm ²) para empaquetar marcos metálicos, incluye suministro, colocación, cimbrado, descimbrado y curado.	2,025.40	m ³	9,366.90	18,971,720.75	4.03%

Cuadro 4.7 Costo Estimado

PRESUPUESTO DE LA OBRA DE DESVÍO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO LA PAROTA						
	CATALOGO DE ACTIVIDADES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	IMPORTE	INCIDENCIA
33	Anclas de fricción $f_y = 411,9 \text{ MPa}$ (4200 kg/cm^2) de $\phi = 1-1/2"$ de 1,0m de longitud efectiva, en túneles de conducción, en roca con gancho a 90° , soldada al marco metálico para su fijación, inyectadas con mortero $f'c = 19,6 \text{ Mpa}$ (200 kg/cm^2) incluye: barrenación en roca de $\phi = 3"$, suministro, habilitación, colocación de ancla.	5,169.60	m	516.01	2,667,553.66	0.57%
34	Extensómetros	6.00	pza	36,107.50	216,645.00	0.05%
35	Inclinometro	2.00	pza	252,752.50	505,505.00	0.11%
36	Construcción de tapones en túneles	3,401.63	m ³	6,053.71	20,592,435.71	4.37%
TOTAL DE TÚNELES DE CONDUCCIÓN					230,586,713.37	48.93%
ESTRUCTURA DE CONTROL						
37	Estructura de cierre final, a base de acero, sección $ir 12" \times 96,7 \text{ kg/m}$ incluye: suministro, fabricación, transporte, montaje y entibado	38.75	T	39,865.09	1,544,772.13	0.33%
TOTAL ESTRUCTURAS DE CONTROL					1,544,772.13	0.33%
TOTAL OBRAS DE DESVÍO					471,222,209.90	100%

CAPÍTULO V
CONCLUSIÓN

CAPÍTULO V: CONCLUSIÓN

La región presenta características que permiten el desarrollo del PH La Parota, es el último tramo dentro del territorio donde se puede aprovechar el caudal del río Papagayo para la generación de electricidad antes de que desemboque en el Océano Pacífico.

La Obra de Desvío muestra una parte de los alcances del proyecto en general. Los estudios realizados fundamentan el nivel de detalle con el que se ha conceptualizado la obra. Los resultados demuestran que la zona donde se pretende colocar la Obra de Desvío (margen derecha del río) es la más adecuada, pues cuenta con un macizo rocoso con características para desarrollar la obra de desvío a base de túneles. Los resultados que proporcionan los modelos de Bieniawski y Barton categorizan la calidad de la roca como buena, además de las propiedades mecánicas efectuadas en laboratorio, donde uno de los resultados muestra que la resistencia a la compresión es de 52 MPa (530 kg/cm²)

El proceso de excavación de los túneles se selecciono a base de voladuras por las siguientes circunstancias: Por rentabilidad económica pues se tiene un rendimiento alto a bajo costo, por la longitud; utilizar túneladoras para la longitud de estos túneles se considera incosteable pues una máquina como la túneladora se vuelve rentable al tener excavaciones más allá de los 10 Km y por el tipo de sección; cabe mencionar que la sección portal se ha construido en los túneles de desvió de los proyectos de Chicoasén, Caracol, Agua Milpa, Zimapán, El Cajón y La Yesca.

Una vez excavada la roca es de importancia no dejar que se intemperice por mucho tiempo, actuar inmediatamente con la colocación del sostenimiento y revestimiento, en especial en la clave del túnel; por la cantidad de esfuerzos concentrados. Dentro del trabajo se manejaron el índice de Barton y Bieniawski para definir el tiempo sin sostenimiento. Es importante tomar en cuenta que son métodos obtenidos de la práctica que permiten tener una aproximación mas no un resultado definitivo.

Dentro del proceso de construcción se debe mantener la calidad de los materiales y apegarse a la condiciones que define el proyecto, esto permite que el diseño hidráulico sea lo más parecido a lo estimado, algún cambio en la pendiente,

cambios de dirección, rugosidad y estrechamientos en la sección del túnel influyen directamente en valores como el gasto Q y elevaciones E .

Para que el costo estimado tenga un nivel aceptable de aproximación se requiere que el programa de actividades se siga con el rigor necesario respecto a procedimientos constructivos y cumplir con el tiempo establecido, esto se traduce en mantener el control de las condiciones las que reducen riesgos y minimizan la presencia de eventos no deseados dentro del proceso de construcción, así llegar a igualar el costo estimado. Esto tiene que ver con la supervisión pues no solo se trata de un concepto de estadía y control del personal, la supervisión es la que controla la calidad de cada uno de los elementos estructurales que se están desarrollando en la construcción, monitorea el rendimiento y lo refleja en alcances en programa de obra, estimaciones razonables de tiempo y estimaciones de costos.

El tiempo de los trabajos lo consideró adecuado pues al hacer la comparativa con otros proyectos de semejante magnitud podemos decir que ocupa el 19% del tiempo que dura una construcción de cinco años, esto facilita la entrada a tiempo de las etapas siguientes.

Se pueden presentar condiciones de dificultad en las labores en épocas de lluvias, las cuales pueden cambiar la duración e incrementar los riesgos en la obra. Estas condiciones se presentan en mayor grado después de haber realizado el primer túnel (túnel de predesvío) pues en ese momento el túnel está transitando la avenida de estiaje y los trabajos de la segunda etapa (Obra de Contención) han comenzado y es probable la presencia de alguna avenida extrema. Por ello se debe mantener un constante rendimiento en las actividades que completan los túneles 2 y 3 y tomar las precauciones debidas ante un evento de este tipo. Por otra lado, la central hidroeléctrica la Venta puede funcionar para el control de una posible inundación siempre y cuando su gestión de generación eléctrica lo permita. El considerar estos factores y medidas evita que el costo se incremente.

Por otro lado, como especie debemos eliminar algunos recursos para nuestro beneficio, pero cómo hacemos para reponer, cómo hacemos para compensar lo que quitamos de un lado; el balance debe ser positivo. Si lo vemos de forma que una hidroeléctrica evita consumir entre 600 a 900 toneladas de CO_2 que esto

posteriormente se puede traducir en bonos verdes. La cuestión es cerrar el bucle lo que tu quitas en ese lugar se devuelva a ese lugar ya sea por otro camino.

Es por esto que el simple sistema de generación de las presas hidroeléctricas es utilizado en todas partes, dado que el combustible de las turbinas es el agua, la cual es gratis; una vez que se construye la presa, sino que además no es nada contaminante. La gran ventaja de la energía hidroeléctrica es el hecho de que podemos usar la electricidad en las horas de mayor demanda. Este factor de flexibilidad hace que la energía hidroeléctrica sea mucho más valorada que la energía generada por el fuego del carbón o por una planta nuclear.

La creación de hidroeléctricas permite alcanzar un mayor margen de reserva que sea aceptable; al contar con el agua del vaso de almacenamiento, la cual puede interpretarse como energía eléctrica almacenada. De lograrse este margen de reserva se podrán satisfacer necesidades locales y de otras regiones del país. También es posible que en un escenario a futuro se presente una demanda atraccionada de otros países.

Hay que hacer obras, hay que generar energía, para comenzar a implantar este estilo de modelo de generación eléctrica se requiere de asumir las consecuencias a corto plazo, las cuales son muy impopulares para los que están directamente involucrados y la promesa de beneficio respecto al costo es a largo plazo, pues solo se observan gastos muy elevados y poca recuperación. La ecuación que todavía no hemos sabido resolver, no es un problema de técnica ni de diseño, no es un problema de dinero; pues considero que hay fondos, más bien es un problema político. No se ha encontrado la ecuación para que el líder político tome la decisión de hacer. La CFE cuenta con una cartera de proyectos los cuales se encuentran en etapa de prefactibilidad, factibilidad y diseño.

Por último este trabajo me permitió distinguir el vínculo entre procesos constructivos y metodologías de estudio que pueden ser utilizadas como referencia rápida durante el desarrollo de las obras de túneles y obras subterráneas.

Para adquirir cualidades de especialista en ingeniería de la construcción es importante documentarse y entender de las características y entorno del proyecto a desarrollar, antes de iniciarlo.

CAPÍTULO VI
ANEXOS

CAPÍTULO VI. ANEXOS

I. TABLA 1. PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS DE LA ROCA. (CFE, 2004)

P.H. LA PAROTA

Propiedades índice y mecánicas de la roca intacta

Obra de Desvío, Barreno PD-04 (X= 433 694,911 Y= 1 871 996,663 msnm= 106,69 Profundidad = 90,25 m)
Gneis Biotita

BARRENO	No. MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE ROCA	DIMENSIONES DE LAS PROBETAS			PROPIEDADES ÍNDICE						PROPIEDADES MECÁNICAS						
				Diámetro Prom (cm)	Altura (cm)	Relación de esbeltez	γ _{sat} (KN/m ³)	γ _{sat} (KN/m ³)	α _{sat} (%)	I (%)	Ia (%)	a (%)	Compresión simple		Posición de foliación con respecto a h ₁ [°]	Angulo de falla [°]	Tensión indirecta R _{3σ} (MPa)		
													R _{3σ} (MPa)	E _{3σ sat} (MPa)					
PD-04	M-1	4.30	Gn-b Sem alterado	4.75	13.0	2.7	25.43	25.43	0.45	-	-	-	-	-	30.44	-	55	85	-
	M-2	23.60	Gcf, sane curó y compacta Textura granoblastica	4.80	13.0	2.7	25.22	25.22	0.49	1.39	-	1.65	-	-	24.37	-	84	74	-
	M-3	35.35		4.76	2.3	0.5	25.46	25.46	0.66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.37
	M-4	45.40		4.73	13.1	2.8	26.22	26.24	0.57	-	-	-	-	-	57.11	51980	65	60	-
	M-5	67.15		4.76	2.4	0.5	26.32	26.32	0.36	-	-	-	-	-	40.73	-	72	72	10.25
	M-6	87.15		4.80	13.0	2.7	25.71	25.72	0.61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.8
	M-7	89.90		4.75	13.0	2.7	26.30	26.32	0.42	0.27	0.00	0.70	-	-	32.40	46608	70	70	-
	M-8	93.50		4.76	2.3	0.5	25.67	25.67	0.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.93
	M-9	103.00		4.70	13.0	2.8	26.71	26.71	0.25	-	-	-	-	-	27.79	-	62	67	-
	M-10	109.45		4.76	2.3	0.5	26.05	26.05	0.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.76
	M-11	114.56		4.72	13.1	2.8	26.09	26.09	0.27	-	-	-	-	-	56.83	36692	90	90	-
				4.76	2.3	0.5	25.45	25.45	0.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.12
				4.70	13.0	2.8	27.38	27.38	0.21	-	-	-	-	-	37.51	-	58	60	-
				4.73	13.1	2.8	26.21	26.21	0.21	-	-	-	-	-	30.67	55772	50	50	-
				4.76	2.4	0.5	25.57	25.57	0.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.45
				4.70	13.0	2.8	27.07	27.07	0.20	0.17	0.02	0.29	-	-	40.44	-	62	62	-
				4.76	2.3	0.5	26.15	26.15	0.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.52
				4.74	13.1	2.8	25.53	25.54	0.28	-	-	-	-	-	56.09	46994	78	88	-
				4.76	2.4	0.5	25.03	25.03	0.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.42
							26.17	25.99	0.35	0.51	0.01	0.88	-	-	42.49	47329	68	71	8.74
							27.38	27.38	0.56	1.39	0.02	1.65	-	-	59.83	55772	90	90	12.45
							25.22	25.03	0.18	0.17	0.00	0.29	-	-	24.37	35992	50	50	6.12
							0.68	0.69	0.16	0.68	0.01	0.70	-	-	16.95	7627.21	12.38	12.79	2.20
							2.61	2.33	45.14	111.04	141.42	79.28	-	-	39.90	16.05	18.26	18.89	25.21

SIMBOLOGÍA	
γ _{sat}	peso volumétrico saturado
γ _{amb}	peso volumétrico ambiente
ω _{amb}	contenido de agua de la roca en estado ambiente
ω _{sat}	contenido de agua de la roca después de la saturación
R _{3σ} amb	resistencia de la roca en compresión simple, en estado ambiente
R _{3σ} sat	resistencia de la roca en compresión simple, en estado saturado
E _{3σ amb}	módulo de deformabilidad tangente al 50% de Rc, en estado ambiente
E _{3σ sat}	módulo de deformabilidad tangente al 50% de Rc en estado saturado
R _{1 Amb}	resistencia a la tensión indirecta, en estado ambiente
R _{1 Sat}	resistencia a la tensión indirecta, en estado saturado
Ie	inempimento aclarado (% pérdida de peso)
I	índice de alteración
a	absorción
Gn-b	Gneis de biotita
Gcf	Gneis cuarzo feldespático

promedios:
 Valor máximo:
 Valor mínimo:
 Desviación estándar:
 Coeficiente de variación (%):

I. TABLA 2. PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICA DE LA ROCA INTACTA. (CFE, 2004)

P.H. LA PAROTA
Propiedades índice y mecánicas de la roca intacta
 Obra de Desvío, Barreno PD-01 (X=133,369;619 Y=1.872.052;29 mm=182,52 Profundidad = 155 m)
 Gneis Biotita

DIRECCION	No. MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE ROCA	DIMENSIONES DE LAS FROBETAS					PROPIEDADES ÍNDICE						PROPIEDADES MECANICAS					
				Diámetro Prom (cm)	Alura (cm)	Relación de estabilidad	T _{1,5k} (kN/m ²)	T _{5,5k} (kN/m ²)	σ _{cal} (%)	i (%)	l _d (%)	β (%)	R _{5,5k} (MPa)	Compresión simple (MPa)	Ees sat (MPa)	Posición de foliación con respecto a RL (%)	Angulo de foliación (°)	Tensión indirecta R _{5,5k} (MPa)		
PD-01	M-1	4.30	Gnb. Descomprensada	4.71	13.0	2.8	26.95	26.98	0.21						8.715			75		
	M-2	16.30	Gnb. compacta y dura, presenta fractura oblicua a laminar, cristales de cuarzo y flicosezo	4.75	2.9	0.5	26.91	26.36	0.29											6.34
	M-3	26.80	Gnb. compacta y dura, presenta cristales de cuarzo y flicosezo	4.73	13.0	2.8	26.50	26.90	0.52						5.57			45		8.5
	M-4	36.35	Gnb. compacto y dura, presenta cristales de cuarzo y flicosezo	4.77	13.0	2.7	26.87	26.90	0.12											8.0
	M-5	46.40	Gnb. compacto y dura, presenta cristales de cuarzo y flicosezo, no muy abundante	4.74	13.0	2.8	26.85	26.80	0.16						49.50			54		5.2
	M-6	57.15	Gnb. compacto y dura, fol. Delgado	4.76	2.3	0.5	26.22	26.27	0.19											15.15
	M-7	76.90	Gnb-1, compacta	4.74	13.0	2.7	27.04	27.04	0.18		0.23				69.82			57		8.8
	M-8	RR 90		4.76	13.0	2.7	26.83	26.66	0.18						87.26			59		
	M-9	96.50		4.76	7.4	0.5	26.88	26.93	0.32						41.30			46		4.3
	M-10	106.00		4.76	13.0	2.7	26.72	26.74	0.14						66.06					5.7
	M-11	108.45	Gnb. compacta y dura, toberna y matriz de mica gruesa y foliación gruesa hasta 0.3cm	4.76	7.3	0.5	26.83	26.85	0.18						66.36					5.55
	M-12	114.55		4.73	2.3	0.5	27.73	27.74	0.18		0.15									9.82
	M-13	124.10		4.76	13.0	2.8	26.86	26.43	0.13						81.81					6.3
	M-14	127.00		4.73	2.6	0.5	26.12	26.17	0.26											8.35
	M-15	129.40		4.76	13.0	2.8	27.00	27.00	0.26		0.00				17.26			46.00		4.3
	M-16	134.85		4.76	13.0	2.7	26.84	26.89	0.14											17.21
	M-17	147.30		4.74	2.3	0.5	26.22	26.25	0.08						86.92					8.4
	M-18	149.00		4.76	13.0	2.7	26.88	26.73	0.16						41.07			40		4.3
	M-19	150.10		4.77	2.4	0.5	26.58	26.59	0.17		0.19									13.72
	M-20	154.40		4.76	13.0	2.7	26.53	26.24	0.16						31.67					9.5
	M-21	154.00		4.76	2.4	0.5	25.77	25.80	0.18											12.5
			4.74	13.0	2.7	26.28	26.30	0.24		0.11				69.88			40		5.3	
			4.70	2.3	0.5	25.73	25.75	0.08											14.3	
			4.70	13.0	2.7	26.71	26.72	0.19						10.52					8.0	
			4.76	13.0	2.7	26.61	26.61	0.13						81.13			48		5.1	
			4.76	2.3	0.5	25.80	25.82	0.08											13.82	
			4.76	13.0	2.7	27.53	27.59	0.12		0.00				42.05					4.0	
			4.76	2.4	0.5	26.62	26.62	0.08											13.18	
			4.75	13.0	2.7	26.64	26.64	0.27						21.04			50		5.0	
			4.75	10.0	2.7	26.41	26.42	0.20											13.20	
			4.76	2.3	0.5	26.03	26.42	0.22		0.00				20.46					4.9	
			4.76	2.3	0.5	26.03	26.00	0.16											0.47	
						26.61	26.62	0.19	0.12	0.02				51.79			46		5.7	
						26.42	26.44	0.64	0.19	0.06				97.20			57		17.21	
						26.21	26.33	0.00	0.06	0.00				6.67			36		7.32	
						0.60	0.69	0.00	0.06	0.02				27.26			6.60		2.74	
						2.25	2.23	47.86	41.43	143.88				52.64			14.13		23.69	

SIMBOLOGIA	
T _{1,5k}	peso volumétrico saturado
T _{5,5k}	peso volumétrico ambiente
σ _{cal}	coeficiente de agua de la roca en estado ambiente
β	coeficiente de agua de la roca después de la saturación
R _{5,5k}	resistencia de la roca en compresión simple, en estado ambiente
R _{sat}	resistencia de la roca en compresión simple, en estado saturado
Ees sat	módulo de deformabilidad tangente al 60% de R _{sat} en estado ambiente
Emp sat	módulo de deformabilidad tangente al 50% de R _{sat} en estado saturado
R _{1,5k}	resistencia a la tensión indirecta, en estado ambiente
R _{5,5k}	resistencia a la tensión indirecta, en estado saturado
i	intemperismo acelerado (% pérdida de peso)
l _d	índice de alteración
β	índice de alteración
α	absorción
α _b	5reabsorción
α _c	5reabsorción
α _d	5reabsorción

II. TABLA 3. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA. Q (BARTON, 2000).

Clasificación Geomecánica Q (Barton 2000)			
1. Calidad del testigo		RQD	
A	Muy mala	0-25	
B	Malá	25-50	
C	Media	50-75	
D	Buena	75-90	
E	Excelente	90-100	
Nota: i) Cuando se obtienen valores del RQD inferiores o iguales a 10, se toma un valor de 10 para calcular el índice Q ii) Los intervalos de 5 unidades para el RQD, es decir, 100, 95,90, etc., tienen suficiente precisión.			
2. Índice de diaclasado		Jn	
A	Roca masiva, sin diaclarar o con fisuración escasa	0.5-1.0	
B	Una familia de diaclasas	2	
C	Una familia y algunas diaclasas aleatorias	3	
D	Dos familias de diaclasas	4	
E	Dos familias y algunas diaclasas aleatorias	6	
F	Tres familias de diaclasas	9	
G	Tres familias y algunas diaclasas aleatorias	12	
H	Cuatro o mas familias, diaclasas aleatorias, roca muy fracturada, roca en terrones, etc.	15	
J	Roca triturada, terrosa	20	
Nota: i) En intersecciones de túneles se utiliza la expresión (3,Jn) ii) En las bocas de los túneles se utiliza la expresión (2,Jn)			
3. Índice de rugosidad de las discontinuidades		Jr	
a) Contacto entre las dos caras de la discontinuidad.			
b) Contacto entre las dos caras de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante inferior a 10 cm.			
A	Diaclasas discontinuas	4	
B	Diaclasas onduladas, rugosas o irregulares	3	
C	Diaclasas onduladas, lisas	2	
D	Diaclasas onduladas, perfectamente lisas	1.5	
E	Diaclasas planas, rugosas o irregulares	1.5	
F	Diaclasas planas, lisas	1	
G	Diaclasas planas, perfectamente lisas	0.5	
Nota: i) Las descripciones se refieren a caracterizaciones a pequeña escala y escala intermedia, por este orden c) No existe contacto entre las caras de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante			
H	Zona que contiene minerales arcillosos con un espesor suficiente para impedir el contacto de las caras de la discontinuidad	1	
J	Zona arenosa, de gravas o triturada con un espesor suficiente para impedir el contacto entre las dos caras de la discontinuidad	1	
Nota: i) El espaciado de la principal familia de discontinuidades es superior a 3m, se debe aumentar el índice Jr en una unidad ii) En caso de diaclasas planas perfectamente lisas que presenten lineaciones, y que dichas lineaciones estén orientadas según la dirección de mínima resistencia, se puede utilizar el valor de Jr=0.5			
4. Índice de alteración de las discontinuidades		Jr	Ja
a) Contacto entre los planos de la discontinuidad (sin minerales de relleno intemperizados)			
A	Discontinuidad cerrada, dura, sin reblandecimientos, impermeable, cuarzo	--	0.75
B	Planos de discontinuidad inalterados, superficies ligeramente manchadas	25-35	1
C	Planos de discontinuidades ligeramente alterados. Presentan minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcillas, etc.	25-30	2
D	Recubrimientos de arcillas limosas o arenosas. Fracción pequeña de arcillas (no blanda)	20-25	3
E	Recubrimientos de arcillas blandas o de baja fricción, es decir, caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc., pequeñas cantidades de arcillas expansivas	8-18	4
b) Contacto entre los planos de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante inferior a 10 cm (minerales de relleno en pequeños espacios)			
F	Partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	25-30	4
G	Fuertemente sobreconsolidados, con rellenos de minerales arcillosos no blandos (continuos, pero con espesores inferiores a 5mm)	16-24	6
H	Sobreconsolidación media a baja, con reblandecimientos, rellenos de minerales arcillosos (continuos, pero de espesores inferiores a los 5mm)	12-16	8
J	Rellenos de arcillas expansivas, es decir, montmorillonita (continuos, pero con espesores inferiores a 5mm). El valor de Ja depende del porcentaje de partículas con tamaños similares a los de las arcillas expansivas	6-12	8-12
c) No se produce contacto entre los planos de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante (rellenos de mineral de gran espesor)			
K	Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcillas (ver G, H, y J para la descripción de las condiciones de las arcillas)	6-24	6.8 o 8-12
L			
M			
N	Zonas o bandas de arcillas limosas o arenosas, con pequeñas fracciones de arcillas no reblandecidas	--	5
K	Zonas o bandas continuas de arcilla, de espesor grueso (ver clases G, H, J, para la descripción de las arcillas)	6-24	10-13 o 13-20
L			
M			
Nota: Los valores expresados para los parámetros Jr y Ja se aplican a las familias de diaclasas o discontinuidades que son menos favorables con relación a la estabilidad, tanto por la orientación de las mismas como por su resistencia al corte (esta resistencia puede evaluarse mediante la expresión $T = \text{sn}tg^{-1}(Jr/Ja)$			

5. Factor de reducción por la presencia de agua		Presión de agua (kg/cm ²)	Jw
A	Excavaciones secas o pequeñas afluencias, inferiores a 5 l/min, de forma localizada	<1	1
B	Afluencia a presión media, con lavado ocasional de los rellenos de las discontinuidades	1-2.5	0.66
C	Afluencia importante o presión alta en rocas competentes con discontinuidades sin relleno	2.5-10	0.5
D	Afluencia importante o presión alta, produciéndose un lavado considerable de los rellenos de las diaclasas	2.5-10	0.33
E	Afluencia excepcionalmente alta o presión elevada en el momento de realizar las voladuras, decreciendo con el tiempo	>10	0.2-0.1
F	Afluencia excepcionalmente alta, o presión elevada de caracer persistente, sin disminución apreciable	>10	0.1-0.05

Nota: i) Los valores de las clases C, D, E y F son meramente estimativos. Si se acometen medidas de drenaje, puede incrementarse el valor de Jw
 ii) No se han considerado los problemas especiales derivados de la formación de hielo

6. Condiciones tensionales de la roca		SRF	
a) Las zonas débiles intersectan a la excavación, pudiendo producirse desprendimientos de roca a medida que la excavación del túnel va avanzando			
A	Múltiples zonas débiles, conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente, roca de contorno muy suelta (a cualquier prof.)	10	
B	Zonas débiles aisladas, conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente (profundidades de la excavación <50)	5	
C	Zonas débiles aisladas, conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente (profundidades de la excavación >50)	2.5	
D	Múltiples zonas de fracturas en roca competente (libres de arcillas), roca de contorno suelta (a cualquier profundidad)	7.5	
E	Zonas de fractura aisladas en roca competente (libre de arcillas) profundidad de excavación <50m	5	
F	Zonas de fractura aisladas en roca competente (libre de arcillas) profundidad de excavación >50m	2.5	
G	Terreno suelto, diaclasas abiertas, fuertemente fracturado, en terrones, etc. (a cualquier profundidad)	5	

Nota: i) Se reducen los valores expresados del SRF entre un 20-50% si las zonas de fracturas sólo ejercen cierta influencia pero no intersectan a la excavación

b) Rocas competentes, problemas tensionales en las rocas		sc/s1	sq/sc	SFR
H	Tensiones pequeñas cerca de la superficie, diaclasas en las rocas	>200	<0.01	2.5
J	Tensiones medias, condiciones tensionales favorables	200-10	1.01-0.3	1
K	Tensiones elevadas, estructura muy compacta. Normalmente favorable para la estabilidad, puede ser desfavorable para la estabilidad de los hastiales	10-5	0.3-0.4	0.5-2
L	Lajamiento moderado de la roca después de 1 hora en rocas masivas	5-3	0.5-0.65	5-50
M	Lajamiento y estallido de la roca después de algunos minutos en rocas masivas	3-2	0.65-1	50-200
N	Estallidos violentos de la roca (deformación explosiva) y deformaciones dinámicas inmediatas en rocas masivas	<2	>1	200-400

Nota: i) Si se comprueba la existencia de campos tensionales fuertemente anisotrópicos: cuando $5 < s1/s3 < 10$, se disminuye el parámetro sc hasta 0.75 sc; si $s1/s3 > 10$, se toma el valor 0.5 sc. Sc es resistencia a compresión simple, s1 y s3 son las tensiones principales mayor y menor y y st es la tensión tangencial máxima, estimada a partir de la teoría de la elasticidad.
 ii) En los casos en que la profundidad de la clave del túnel es menor que la anchura de la excavación, se sugiere aumentar el valor del factor SRF entre 2.5 y 5 unidades (véase clase H)

c) Rocas deformables: flujo plástico de roca incompetente sometida a altas presiones litostáticas		sq/sc	SFR
O	Presión de deformación baja	1-5	5-10
P	Presión de deformación alta	>5	10-20

Nota: Los fenómenos de deformación o fluencia de rocas suelen ocurrir a profundidades: $H > 350 Q^{1/3}$. La resistencia a compresión de macizo rocoso puede estimarse mediante la expresión: $q(Mpa) = 7 \cdot g \cdot Q^{1/3}$, donde g es la densidad de la roca en g/cm³

d) Rocas expansivas: actividad expansiva química dependiendo de la presencia de agua.		SRF	
R	Presión de expansión baja	5-10	
S	Presión de expansión alta	10-15	

II. TABLA 4. CLASIFICACIÓN RMR. (Bieniawski, 1989)

Parámetro			Rango de valores						
1	Resistencia de la roca intacta	Ensayo puntual carga	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa			
		Compresión simple	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MP	< 1 MPa
	valor	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%		
	valor		20	17	13	8	3		
3	Espaciado de las discontinuidades		> 2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	6-20 cm	< 6 cm		
	valor		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1 – 3 m	3 – 10 m	10 – 20 m	> 20 m		
		Valor	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0.1 mm	0.1 – 1.0 mm	1 – 5 mm	> 5 mm		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		
		Valor	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
		valor	6	5	3	1	0		
5	Flujo de agua en las juntas	Relación Pagua / Pprinc	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5		
		Condiciones Generales	Completament e secas	Ligeramente húmedas	Húmedas	Goteando	Agua fluyendo		
	valor		15	10	7	4	0		

III. TABLA 5. RENDIMIENTO DE EQUIPO (FACULTAD DE INGENIERIA, 2011)

TIEMPO DE ACTIVIDAD POR EQUIPO

EQUIPO	ACTIVIDAD	RENDIMIENTO
Jumbo	Barrenación de Plantilla para Voladura	2.5 horas. 1 barreno 4 a 5 minutos 3m.
Cargador Frontal	Apoyo en el Acarreo de Material de Voladuras	Tarda en llenar de 5 a 6 minutos un camión de 14 m ³
Excavadora	Amacize	30 minutos a 1 hora
Excavadora	Corte y Limpieza Carcamo	Se considera por tiempo de la actividad
Manipuladores	Apoyo Múltiples, Colocación de Anclas, Drenes, Alumbrado e Inyecciones.	Se considera por tiempo de la actividad
Camiones con plataforma Hiab	Apoyo en Colocación de Ductos	30 minutos 2 tramos de ductos de 3.4m
Equipo robotizado para lanzado	Lanzado de Concreto	20 a 25 minutos para lanzar 4m ³ de concreto
Volqueta	Apoyo en la Carga de Plantilla con Explosivos	1 hora a 1.5 horas por plantilla
Tracto camiones	Utilizados para Rezagar Material de Voladura	20 minutos por viaje
Hidrotrack	Barrenación para Anclas de 6m	10 a 15 minutos por barreno
Hidrotrack	Barrenación para Drenes Largos en Túneles	15 minutos por barreno
Hidrotrack	Barrenación de Extensómetros	50 minutos por barreno
Hidrotrack	Barrenación para Drenes Cortos	5 minutos por barreno
Jumbo	Barreno para Voladuras	3 horas 7 minutos por barrenos de 4 metros
Jumbo	Barreno para Voladuras	3.5 horas 8 minutos por barrenos de 5 metros
Manipulador	Colocación de Placas	20 minutos por placa
Manipulador	Colocación de Drenes	3 minutos por dren
Manipulador	Colocación de Anclas	6 minutos por anclas
Manipulador	Calafateo de Anclas	5 minutos por anclas
Manipulador	Inyección de Anclas	5 minutos por anclas, si toma mucho concreto son 15 minutos por cada ancla

V. PRUEBA DE EXTRACCIÓN DE ANCLAS

1. PROPOSITO

Establecer los lineamientos generales para la ejecución de la prueba de anclaje in situ a barra de acero previamente ancladas al terreno, cuyo objetivo es el de verificar que la resistencia de trabajo de dichas barras de acero esté dentro de los límites previamente establecidos.

2. ANCLAJE

Este procedimiento es aplicable a las actividades relacionadas con la prueba de anclaje, como son la preparación del sitio, selección del equipo adecuado, procedimiento de ejecución de la prueba in situ y presentación de resultados.

3. REFERENCIAS

- 3.1. Especificaciones y recomendaciones para la instalación y prueba de anclas de fricción. Anexo A. Oficina de Mecánica de Rocas de la GEIC-CFE.
- 3.2. Brown, E.T., Rock Characterization Testing and Monitoring (ISMR Suggested Methods), Pergamon Press, London 19, "Suggested Methods for Rock Bolt Testing", Pág. 163-166

4. DEFINICIONES

4.1. Ancla.

Barra de acero de un cierto diámetro y longitud preestablecidos, introducida al terreno a través de un barreno con un diámetro mínimo de 1" mayor al diámetro de la barra ahogada en su interior con mortero de cemento u otro producto similar (resina epóxica) capaz de soportar y transmitir las cargas de trabajo de la barra al terreno involucrado.

4.2. Esfuerzo de fricción

Esfuerzo transmitido por la barra de acero a las superficies de contacto barra-mortero y mortero-terreno.

4.3. Desplazamientos

Movimientos de él ancla y el terreno, en respuesta y en la misma dirección a la aplicación de las cargas.

4.4. Dispositivo de Carga.

Conjunto de diversos equipos que sirven para proporcionar y medir las cargas que se transmiten al ancla. Por lo general está constituido por: gato y bomba de tipo hidráulico, manómetros, mordazas y vigas de acero para reacción contra el terreno.

4.5. Dispositivos de medición de los desplazamientos.

Conjunto de accesorios e instrumentos que sirven para registrar los desplazamientos generados en el ancla durante la prueba, cuando se le aplican las cargas respectivas. Generalmente está constituido fuera del área de influencia de la prueba, para sujeción de los instrumentos antes mencionados.

4.6. Falla del ancla.

Condición que se presenta durante la prueba, cuando el desplazamiento empieza a aumentar significativamente cuando la carga que se aplica es mínima. También está definida en la gráfica carga-desplazamiento, como el punto en que los desplazamientos empiezan a comportarse plásticamente, es decir, son irreversibles. Este fenómeno puede presentarse en la barra de acero, en los contactos acero-mortero-terreno o en el terreno circundante al ancla.

5. RESPONSABILIDADES

- 5.1. El encargado o residente supervisor del proyecto u obra es el responsable de seleccionar los sitios de prueba, para lo cual deberá tomarse en cuenta las incertidumbres acerca de la forma en que se colocaron las anclas y la capacidad de carga del terreno donde se realizaron los anclajes. También deberá considerarse que en los sitios elegidos, las condiciones del terreno sean representativas de otros sitios en las que las anclas entrarán en operación.
- 5.2. El ingeniero geotécnico de la GEIC-CFE es responsable de la planeación de la prueba, del diseño de la misma en cuanto a la aplicación de los incrementos de carga hasta llegar a la máxima de proyecto, seleccionar los equipos de carga e instrumentación, supervisión de su ejecución, cálculo, interpretación e informe de la prueba.
- 5.3. El operador técnico tendrá a su cargo las siguientes actividades relacionadas con la prueba:
 - Preparación y organización del equipo requerido

- Revisión y calibración de los equipos seleccionados
- Montaje del equipo de carga y de la instrumentación en el sitio de la prueba.
- Ejecución de la prueba.

6. EQUIPO, APARATOS E INSTRUMENTOS

- Un gato hidráulico con carrera mínima de 50 mm, con una capacidad mínima de 1.2 veces la resistencia al límite de fluencia de la barra de acero o a la falla estimada de la misma en caso que la prueba sea destructiva..
- Una bomba hidráulica con una capacidad de 70 MPa (700 Kg/cm²) de presión, sin que tenga variaciones de más del 2% del valor del incremento de carga seleccionado.
- Manómetro con capacidad en fuerza igual o similar a la del gato hidráulico empleado o de 70 MPa (700 kg/cm²) si el rango está dado en presión. El gato, la bomba y el manómetro deberán conjuntamente calibrarse de manera correcta.
- 2 micrómetros de precisión de 0.01 mm y carrera mínima de 20 mm.
- 2 bases magnéticas para sujetar los micrómetros.
- Dispositivo para transferir la carga del gato al a barra de acero. Generalmente está constituido por un banco de acero o vigas de acero, que reaccionan en ambos casos contra el terreno contiguo al ancla.
- Estructura tubular para formar el sistema fijo de referencia donde se sujetan los micrómetros. Esta estructura deberá apoyarse fuera del área de influencia del ancla.
- Dispositivos de forma de hélice, que se sujeta a la barra de acero en la parte que sale inmediatamente después de las superficies del terreno, donde se apoyan las patas de los micrómetros, con el objetivo de medir los desplazamientos generados en dicha barra de acero.
- Nivel de mano.
- Herramienta diversa en general.
- Previo a las pruebas, los equipos de carga y de medición de desplazamientos deberán ser calibrados bajo los estándares de la Dirección General de Normas y Metrología.

7. PROCEDIMIENTO

En la figura 1, se ilustra la manera como deberán colocarse estos equipos. No está por demás señalar los cuidados que se deben tener durante el montaje, con el objeto de evitar posibles accidentes debido a lo pesado de dichos equipos.

Deberá tenerse el debido cuidado para que la barra de acero y los dispositivos de apoyo (banco o vigas de acero) del gato hidráulico sean perfectamente perpendiculares entre sí, para lograr que la fuerza transmitida del gato a la barra sea perfectamente colineal a ésta. Dicho dispositivo de apoyo deberá quedar firmemente apoyado contra el terreno.

Es conveniente que el dispositivo para medir los desplazamientos del ancla y en el cual se apoyan las patas de los micrómetros, se coloquen inmediatamente después de la superficie del terreno, con el objeto de que los desplazamientos medidos correspondan principalmente a la parte del ancla que está inyectada en el interior del terreno.

En la hoja de registro indicada en el formato DMR-068/A1, deberán anotarse todos los datos inherentes al ancla, como son: proyecto, localización, diámetros del barreno y ancla, dosificación del mortero de inyección, resistencias del mortero y barra de acero, etc.

Deberá tenerse definido por parte del ingeniero geotécnico, el número de incrementos de carga hasta llegar a la carga de proyecto e inclusive a la falla del ancla, ya sea en la barra de acero, en los contactos barra-mortero-terreno o en el propio terreno de anclaje. Se recomienda realizar un mínimo de 5 incrementos de carga para llegar a la carga máxima programada, para lo cual se divide proporcionalmente ésta última entre el número de incrementos de carga considerado.

Antes de iniciar propiamente la prueba y con el objeto de que el equipo de carga se acomode y quede perfectamente fijo, es conveniente proporcionar a éste, una pequeña pre-carga de aproximadamente 500 kg. Hecho lo anterior se ajustan los micrómetros y se toman las lecturas iniciales o de referencia, con lo cual se inicia la prueba.

A partir del primer incremento de carga y cuidando que este se mantenga constante, durante un intervalo de tiempo de 3 minutos como mínimo, es necesario que el desplazamiento sea nulo o menor de 0.01 mm para poder pasar el siguiente incremento de carga, si no es así, se dejan transcurrir otros 3 minutos para tomar nuevamente lecturas y valorar la deformación respectiva, lo anterior que se realiza sucesivamente las veces que sea necesario hasta cumplir con la condición arriba indicada y consecutivamente de esta misma manera, continuar aplicando los incrementos de carga programados hasta alcanzar la carga máxima de proyecto o la falla del ancla en su conjunto.

Es importante que las lecturas de cargas y desplazamientos, también se registren en el periodo de tiempo en que estas se han aplicado y producido respectivamente.

La prueba se dará por concluida cuando ocurran los siguientes casos: se alcance la carga máxima de proyecto, el desplazamiento registrado en el ancla llega a 40 mm o que se presente la falla en la barra de acero, lo que ocurra primero. En cualquier caso, la descarga de las fuerzas aplicadas deberá hacerse gradualmente en los mismos intervalos de carga hasta llegar a la carga mínima de 500 kg donde se tomaron las medidas iniciales o de referencia, con el objeto de comparar en este punto las mediciones antes y después de efectuada la prueba y poder determinar la deformación remanente final producida en el ancla.

8. CÁLCULO

Con los datos de la prueba, se construye una gráfica como se muestra en la figura 2. El esfuerzo de trabajo del anclaje deberá ser menor o igual a la correspondiente carga máxima alcanzada en la prueba, siempre y cuando ésta no sobrepase el límite de fluencia de la barra de acero y con la condición de que el conjunto ancla o la barra de acero no hayan fallado en el intervalo de aplicación de cargas respectivas por debajo de dicho límite de fluencia.

La elongación elástica que se produce en la barra de acero y que es debida a la carga aplicada, puede ser calculada por la siguiente expresión:

$$\delta = \frac{P * L}{A * E}$$

Donde:

δ : Elongación elástica

P : Carga aplicada a la barra

L : Es la longitud de la barra no inyectada en el tramo comprendido entre la superficie del terreno y el dispositivo para medición de los desplazamientos de la barra, más un tercio de la longitud inyectada y más la longitud de la barra de extensión en caso que fuera requerida.

A : Es el área de la sección transversal de la barra.

E : Es el módulo de elasticidad de la barra de acero.

9. ANEXO

- Figura 1: Figura, montaje del equipo.

10. REPORTE DE RESULTADOS

El reporte deberá incluir las hojas de datos y las gráficas que se ilustran en la figura 2 con información de:

- Tipo de terreno donde se realizó la prueba de anclaje.
- Equipo utilizado en la prueba.
- De los barrenos se debe indicar, su longitud orientación, alineación, equipo de perforación, diámetro, lavado y chifloneo con aire.
- Método y tiempo de instalación del anclaje.
- Naturaleza de fallas en la prueba y otras observaciones relacionadas con resultados de la prueba.

Con base en la comparación de la carga máxima programada en la prueba con los resultados obtenidos en la misma, se emitirá una resolución para definir si el anclaje es satisfactorio, en caso que no le sea, formular las recomendaciones respectivas a fin de que los anclajes se realicen de manera correcta.

11. REGISTROS

DMR-L68-R3/A1 Formato estándar de registro de campo, el responsable de llevar el control de los registros así como la realización de la misma es el encargado de laboratorio.

NOTA: $1\text{kg/cm}^2 = 9.8039 \times 10^{-2} \text{MPa}$

SIMBOLOGÍA

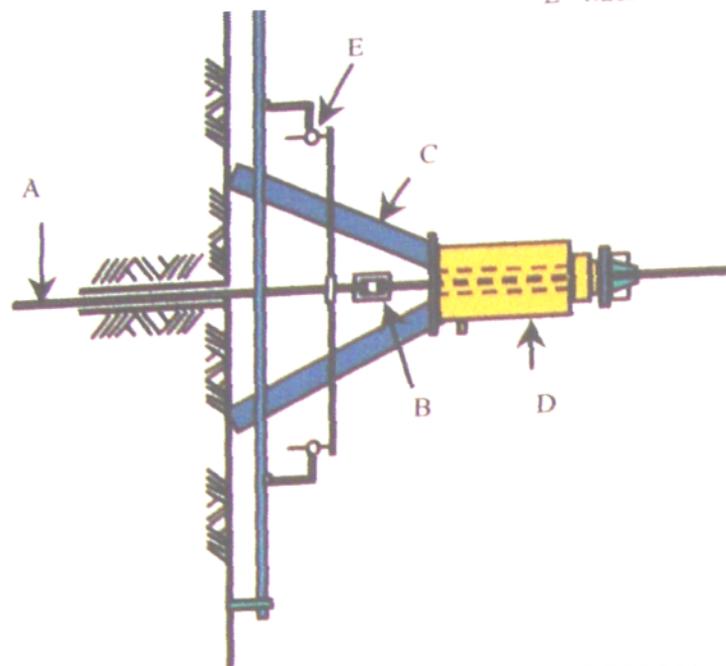
A = BARRA DE ACERO ANCLADA

B = COPLE

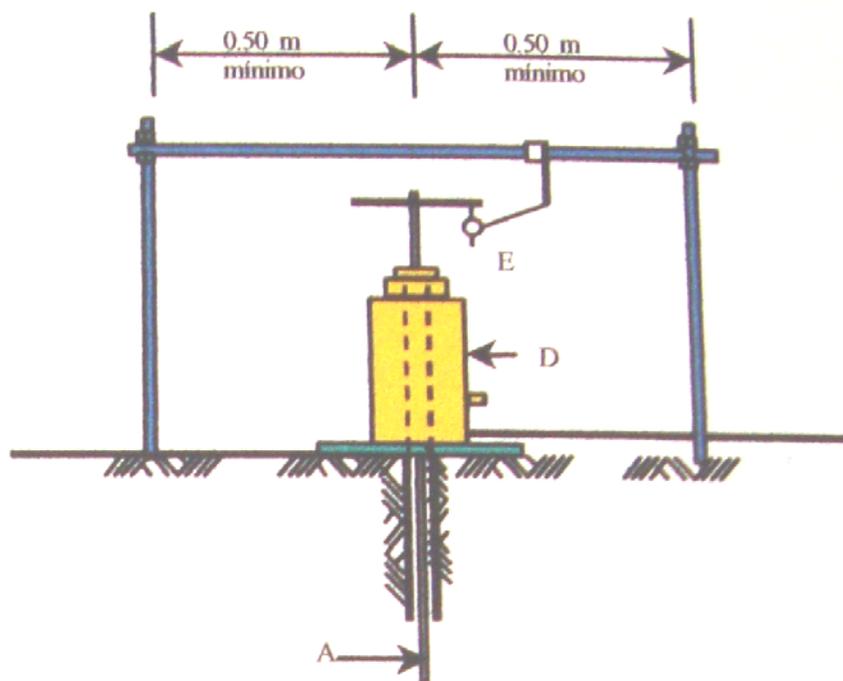
C = BANCO DE ACERO

D = GATO HIDRÁULICO DE PISTÓN HUECO

E = MICRÓMETRO DE CARÁTULA



PRUEBAS EN TALUDES MUROS Y BÓVEDA



PRUEBAS EN TALUDES MUROS Y BÓVEDA

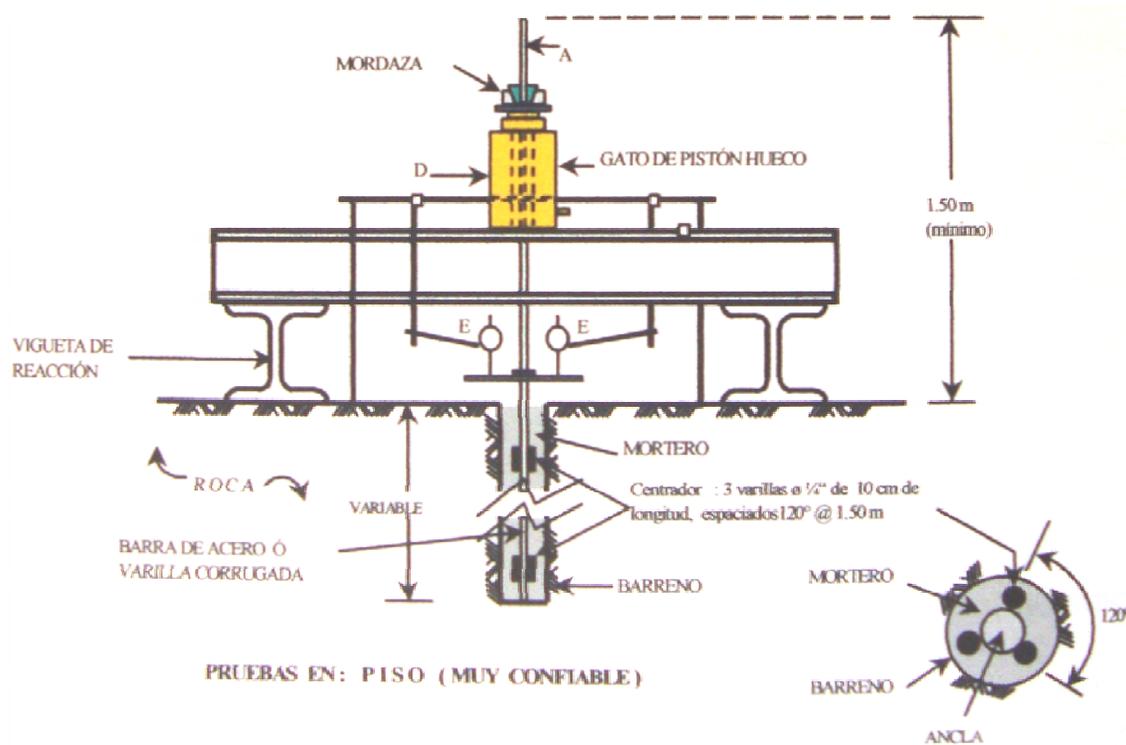


FIGURA 1: MONTAJE DEL EQUIPO PARA LA PRUEBA DE ANCLAJE

V. PRECIOS POR UNIDAD DE LA OBRA DE DESVÍO

1 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero.

UNIDAD: lote/mes

CONCEPTO: Movilización de recursos para el arranque del Proyecto.

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Viajes y gestión con autoridades	viaje	50	500.00	25000.00	1.41%
	Telefonía y radio comunicación	mes	20	1100.00	22000.00	1.24%
	Equipo de computo, fotografía y video	mes	20	4500.00	90000.00	5.08%
	Vehículos	mes	20	1500.00	30000.00	1.69%
	Equipos, muebles y enseres	mes	20	1100.00	22000.00	1.24%
	Sistema de gestión	mes	1	220000.00	220000.00	12.42%
	Sistema de gestión ambiental	mes	1	180000.00	180000.00	10.16%
	Sistema de administración	mes	1	200000.00	200000.00	11.29%
	Sistema de seguridad	mes	1	80000.00	80000.00	4.52%
SUMA					869000.00	
MANO DE OBRA:	Superintendente	mes	8	33000.00	264000.00	14.90%
	Encargado	mes	8	21780.00	174240.00	9.83%
	Supervisor	mes	6	19360.00	116160.00	6.56%
	Encargado	mes	5	16940.00	84700.00	4.78%
	Chofer	mes	8	12320.00	98560.00	5.56%
	Ayudante general	mes	15	11000.00	165000.00	9.31%
SUMA					902660.00	
	COSTO DIRECTO.				1771660.00	
	% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =		531498.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI =		2303158.00	
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI + CF=		2303158.00	
	UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) X		230315.80	
	TOTAL.		CD + CI + CF + U		2533473.80	
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%			25334.74	
	PRECIO UNITARIO.				2558808.54	

2 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero.

UNIDAD: m³

CONCEPTO: Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material en zona de trabajos de preataguía aguas arriba y ataguía aguas abajo, se incluye desmonte, despalme, carga, acarreo, sobre acarreo de 1 km y descarga según proyecto

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MANO DE OBRA:	Operador especializado retroexcavadora	jor:rend	1:192	840.00	4.38	5.73%
	Operador especializado cargador frontal	jor:rend	1:1200	840.00	0.70	0.92%
	Operador especializado camión articulado	jor:rend	1:616	840.00	1.36	1.79%
	Operador especializado de Tractor	jor:rend	1:4800	840.00	0.18	0.23%
	Cabo de oficiales	jor:rend	1:240	840.00	3.50	4.59%
	Ayudante general	jor:rend	1:192	500.00	2.60	3.41%
	SUMA				12.72	
EQUIPO:	Retroexcavadora Caterpillar mod. 330 D L	hr:rend	1:24	933.00	38.88	50.96%
	Cargador frontal Caterpillar 950 H	hr:rend	1:150	770.00	5.13	6.73%
	Camión articulado Caterpillar 730	hr:rend	1:77	1300.00	16.88	22.13%
	Tractor Caterpillar D8T	hr:rend	1:600	1610.00	2.68	3.52%
SUMA				63.57		
	COSTO DIRECTO.				76.29	
	% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =		22.89	
	SUBTOTAL.		CD + CI =		99.18	
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI + CF=		99.18	
	UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) :		9.92	
	TOTAL.		CD + CI + CF + U		109.10	
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%			1.09	
	PRECIO UNITARIO.				110.19	

3 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero.

UNIDAD: ha

CONCEPTO: Desmante se realiza a 50 cm fuera de los ceros de proyecto, Incluye: equipos, mano de obra, herramientas, estacas, trompos, encalado y levantamientos topográficos para la ejecución

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Acarreos para materiales finos primer km	m ³	166	12.00	1992.00	12.52%
	Estaca	pza	25	8.00	200.00	1.26%
	Trompo	pza	25	4.00	100.00	0.63%
SUMA					2292.00	
MANO DE OBRA:	Operador especializado tractor	jor:rend	1:2	840.00	420.00	2.64%
	Operador especializado cargador frontal	jor:rend	1:2	840.00	420.00	2.64%
	Cabo de oficiales	jor:rend	1:2	840.00	420.00	2.64%
	Ayudante general	jor:rend	1:0.25	510.00	2040.00	12.82%
SUMA					3300.00	
EQUIPO:	Tractor Caterpillar D8T	hr:rend	1:0.25	1610.00	6440.00	40.48%
	Cargador frontal Caterpillar 950 H	hr:rend	1:0.25	770.00	3080.00	19.36%
	herramienta menor	%(M.O)	0.03	3200.00	96.00	0.60%
SUMA					9616.00	
AUXILIAR	11.- Topografía	m ²	100	6.95	695.00	4.37%
SUMA					700.00	
COSTO DIRECTO.					15908.00	
	% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =		4772.40	
	SUBTOTAL.		CD + CI =		20680.40	
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI + CF=		20680.40	
	UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) ;		2068.04	
	TOTAL.		CD + CI + CF + U		22748.44	
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%			227.48	
	PRECIO UNITARIO.				22975.92	

4 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero.

UNIDAD: m³

CONCEPTO: Despalme se realiza con 20 cm de espesor y 50 cm fuera de los ceros de proyecto, incluye: equipos, mano de obra, herramientas, estacas, trompos, troncos, encalado y levantamientos topográficos para su ejecución

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Acarreos para materiales finos primer km	m ³	1.33	12.00	15.96	50.88%
	Estaca	pza	0.002	8.00	0.02	0.05%
	Trompo	pza	0.002	4.00	0.01	0.03%
SUMA					15.98	
MANO DE OBRA:	Operador especializado tractor	jor:rend	1:1440	840.00	0.58	1.86%
	Operador especializado cargador frontal	jor:rend	1:1440	840.00	0.58	1.86%
SUMA					1.17	
EQUIPO:	Tractor Caterpillar D8T	hr:rend	1:180	1610.00	8.94	28.52%
	Cargador frontal Caterpillar 950 H	hr:rend	1:150	770.00	5.13	16.37%
SUMA					14.08	
AUXILIAR	11.- Topografía	m ²	0.02	6.95	0.14	0.44%
SUMA					0.14	
	COSTO DIRECTO.				31.37	
	% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =		9.41	
	SUBTOTAL.		CD + CI =		40.78	
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI + CF=		40.78	
	UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) ;		4.08	
	TOTAL.		CD + CI + CF + U		44.86	
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%			0.45	
	PRECIO UNITARIO.				45.30	

5 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez, UNIDAD: m³

CONCEPTO: Colocación de material graduado, del tipo especificado en proyecto, proveniente de las excavaciones subterráneas y/o exteriores y/o explotación de banco de materiales, incluye colocación y compactación conforme a proyecto

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Acarreos en terracerías para materiales producto de excavación	m ³	1.3	25.00	32.50	67.01%
	Estaca	pza	2	8.00	16.00	32.99%
SUMA					48.50	
MANO DE OBRA:	Operador especializado cargador frontal	hor:rend	1:1280	840.00	0.66	1.35%
	Operador especializado compactador	hor:rend	1:120	840.00	7.00	14.43%
	Operador de equipo ligero	hor:rend	1:4800	600.00	0.13	0.26%
SUMA					7.78	
EQUIPO:	Cargador frontal Caterpillar 950 H	hr:rend	1:150	770.00	5.13	10.58%
	Compactador pata de cabra Caterpillar 815F	hr:rend	1:140	1156.00	8.26	17.03%
	Compactador Caterpillar liso vibratorio CS 563 E	hr:rend	1:600	440.00	0.73	1.51%
SUMA					14.12	
AUXILIAR	6.- Suministro de agua con pipa	m ³	0.2	24.13	4.83	9.95%
	11.- Topografía	m ²	0.05	6.95	0.35	0.72%
SUMA					5.17	
COSTO DIRECTO.					48.50	
	% INDIRECTOS.	25.00%	CI= CD X %CI =		12.13	
	SUBTOTAL.		CD + CI =		60.63	
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI + CF=		60.63	
	UTILIDAD.	15%	U= (CD + CI + CF) ;		9.09	
	TOTAL.		CD + CI + CF + U		69.72	
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%			0.70	
	PRECIO UNITARIO.				70.42	

6 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco

UNIDAD: m

CONCEPTO: Barrenación en roca de $\varnothing=3"$ de 0 a 10 m de profundidad para la inyección de la pantalla, se incluye lavado de toda la longitud del barreno para eliminar los recortes de la roca de perforación

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MANO DE OBRA:	Operador especializado	jor:rend	1:18	840.00	46.67	6.49%
	Ayudante general	jor:rend	1:18	500.00	27.78	3.86%
SUMA					74.44	
EQUIPO:	Hidrotrack atlas copco ROC D7-11	hr:rend	1:2	1250.00	625.00	86.87%
SUMA					625.00	
AUXILIAR	2.- Acero de barrenación 3" de diámetro	m. lineal	1	20.00	20.00	2.78%
SUMA					20.00	
						0.00%
	COSTO DIRECTO.				719.44	
	% INDIRECTOS.	25.00%	CI= CD X %CI =		179.86	
	SUBTOTAL.		CD + CI =		899.31	
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI + CF=		899.31	
	UTILIDAD.	15%	U= (CD + CI + CF) :		134.90	
	TOTAL.		CD + CI + CF + U		1034.20	
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%			10.34	
	PRECIO UNITARIO.				1044.54	

7 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez, UNIDAD: m³

CONCEPTO: tubería de PVC

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Pantalla plástica	m²	0.8	2130.00	1704.00	40.28%
	Movilización de equipo, desmovilización de equipo del personal para inyección de lechada	Lote	1:97	29400.00	303.09	7.17%
	Tubería de pvc de 6"	m. lineal	0.35	80.00	28.00	0.66%
SUMA					2035.09	
MANO DE OBRA:	Cabo de oficiales	jor:rend	1:85	840.00	9.88	0.23%
	Oficial tubero	jor:rend	1:17	600.00	35.29	0.83%
	Ayudante general	jor:rend	1:17	550.00	32.35	0.76%
SUMA					77.53	1.83%
EQUIPO:	Herramienta menor	%(M.O)	0.03	77.00	2.31	0.05%
SUMA					2.31	

COSTO DIRECTO.					4229.86
% INDIRECTOS.	25.00%	CI= CD X %CI =			1057.47
SUBTOTAL.		CD + CI =			5287.33
% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X % F			0.00
SUBTOTAL.		CD + CI + CF=			5287.33
UTILIDAD.	15%	U= (CD + CI + CF) X			793.10
TOTAL.		CD + CI + CF + U			6080.43
CARGOS ADICIONALES.	1.00%				60.80
PRECIO UNITARIO.					6141.23

8 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez,
UNIDAD: tramo

CONCEPTO: Inyección de lechada en barreno menor a 3", para tratamiento de pantalla, en tramos de hasta 10 m. Incluye maniobras de personal, uso de equipo, materiales y fabricación de la mezcla

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Proceso de inyección de lechada	tramo	1	2880.00	2880.00	13.31%
	Inyección de lechada	m ³	2	8445.00	16890.00	78.05%
	Movilización de equipo, desmovilización de equipo del personal para inyección	por: rend	1:97	181404.00	1870.14	8.64%
SUMA					21640.14	
	COSTO DIRECTO.				21640.14	
	% INDIRECTOS.	25.00%	CI= CD X %CI =		5410.04	
	SUBTOTAL.		CD + CI =		27050.18	
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI + CF =		27050.18	
	UTILIDAD.	15%	U= (CD + CI + CF) X		4057.53	
	TOTAL.		CD + CI + CF + U		31107.71	
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%			311.08	
	PRECIO UNITARIO.				31418.78	

9 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez, UNIDAD: m³

CONCEPTO: Prueba de permeabilidad tipo Lugeon

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Prueba de permeabilidad tipo Lugeon	prueba	1	600.00	600.00	100.00%
	COSTO DIRECTO.				600.00	
	% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =		180.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI =		780.00	
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI + CF=		780.00	
	UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) ;		78.00	
	TOTAL.		CD + CI + CF + U		858.00	
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%			8.58	
	PRECIO UNITARIO.				866.58	

10 DE 34

OBRA:	Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez,
	UNIDAD: m ³
CONCEPTO:	Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material en tajos para los portales de entrada y salida, se incluye excavación adicional para estabilización, sobre acarreo de 1 km, perfilamiento de talud, carga, acarreo y descarga según proyecto

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Magnafrac 2" x 16"	kg	0.1	37.00	3.70	6.97%
	Anfoviedo	kg	0.4	14.00	5.60	10.55%
	Flete de explosivos	kg	0.6	0.50	0.30	0.56%
	Cordtex 18 (Ecord)	m. lineal	0.13	5	0.65	1.22%
	Conectores primacord MS	pza	0.0185	74.00	1.37	2.58%
	Cañuela	m. lineal	0.01	4.00	0.04	0.08%
	Fulminante No.6	pza	0.005	4.00	0.02	0.04%
	Flete accesorios para explosivos	pza	0.03	1.00	0.03	0.06%
	Estaca	pza	0.001	8.00	0.01	0.02%
SUMA					11.72	
MANO DE OBRA:	Operador especializado de equipo de perforación	jor:rend	1:2182	840.00	0.38	0.72%
	Ayudante general	jor:rend	1:2182	500.00	0.23	0.43%
	Cabo de oficiales	jor:rend	1:6803	840.00	0.12	0.23%
	Poblador	jor:rend	1:3623	600.00	0.17	0.31%
	Ayudante oficial	jor:rend	1:3623	550.00	0.15	0.29%
	Operador especializado para cargador frontal	jor:rend	1:2800	840.00	0.30	0.56%
	Operador especializado para camión articulado	jor:rend	1:616	840.00	1.36	2.57%
	Operador especializado para tractor	jor:rend	1:4800	840.00	0.18	0.33%
SUMA					2.89	
EQUIPO:	Hidrotarck atlas copco ROC D7-11	hr:rend	1:273	1250.00	4.58	8.62%
	Cargador frontal Caterpillar 950 H	hr:rend	1:350	2500.00	7.14	13.45%
	Camión articulado Caterpillar 730	hr:rend	1:77	1300.00	16.88	31.79%
	Tractor Caterpillar D8T	hr:rend	1:600	1600.00	2.67	5.02%
SUMA					31.27	
AUXILIAR	10.- Precorte	m. lineal	0.031	159.65	4.95	9.32%
	2.- Acero de barrenación 3"	m. lineal	0.11	20.00	2.20	4.14%
	11.- Topografía	m ²	0.01	6.95	0.07	0.13%
SUMA					7.22	
	COSTO DIRECTO.				53.10	
	% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =		15.93	
	SUBTOTAL.		CD + CI =		69.03	
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI + CF=		69.03	
	UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF)		6.90	
	TOTAL.		CD + CI + CF + U		75.93	
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%			0.76	
	PRECIO UNITARIO.				76.69	

11 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez,

UNIDAD: m

CONCEPTO: Anclas de fricción $f_y = 411,9$ MPa (4200 kg/cm²) de $\phi = 1"$ de 18 a 24 m de longitud, en taludes frontales de los portales de entrada y salida, incluye: barrenación en roca de $\phi = 2 \frac{1}{4}"$, suministro, habilitación, colocación de anclas; placa de apoyo de 20 x 20 y 1,27 cm (1/2") de espesor e inyección con mortero $f'c = 19,6$ MPa (200 kg/cm²); la placa debe tener soldados 4 alambres de 6,35 mm de diámetro y 0,50 m de longitud; para integrarse a la malla, el ancla debe contar con rosca y tuerca para la fijación de la placa.

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Acero de refuerzo $f_y = 4200$ kg/cm ²	kg	4.2	12.00	50.40	16.43%
	Placa de acero de 20 x 20 cm x 1/2"	kg	2.2	21.00	46.20	15.06%
	Alambón 6.3 mm (1/4")	kg	0.030	17.00	0.51	0.17%
	Cemento	ton	0.0015	2600.00	3.90	1.27%
	Arena	m ³	0.007	30.00	0.21	0.07%
	Manguera de inyección	m. lineal	2.0	8.00	16.00	5.22%
	Acarreos de material	kg-km	15	0.12	1.80	0.59%
SUMA					119.02	
MANO DE OBRA:	Operador especializado de equipo de perforación	jor:rend	1:128	840.00	6.56	2.14%
	Ayudante general	jor:rend	1:128	510.00	3.98	1.30%
	Cabo de oficiales	jor:rend	1:180	840.00	4.67	1.52%
	Oficial herrero	jor:rend	1:36	600.00	16.67	5.43%
	Ayudante oficial	jor:rend	1:36	550.00	15.28	4.98%
	Cabo de oficiales	jor:rend	1:300	840.00	2.80	0.91%
	Oficial albañil	jor:rend	1:60	600.00	10.00	3.26%
	Ayudante oficial	jor:rend	1:60	550.00	9.17	2.99%
SUMA					69.12	
EQUIPO:	Hidrotrack atlas copco ROC D7-11	hr:rend	1:16	1260.00	78.75	25.67%
	Mezclador de lechada	hr:rend	1:10	54.00	5.40	1.76%
	Agitador de 150 RPM	hr:rend	1:10	30.00	3.00	0.98%
	Bomba de inyección MOYNO 3-L10	hr:rend	1:10	122.00	12.20	3.98%
	Herramienta menor	%(M.O)	0.3	70.00	21.00	6.85%
SUMA					99.35	
AUXILIAR	3.- Aceros de barrenación de 2-1/4 diámetro	m. lineal	1	16.75	16.75	5.46%
	6.- Suministro de agua con pipa	m ³	0.1	24.13	2.41	0.79%
	11.- Topografía	m ²	0.015	6.95	0.10	0.03%
SUMA					19.27	

COSTO DIRECTO.		306.76
% INDIRECTOS.	30.00% CI= CD X %CI =	92.03
SUBTOTAL.	CD + CI =	398.79
% FINANCIAMIENTO.	CF = (CD + CI) X %	0.00
SUBTOTAL.	CD + CI + CF=	398.79
UTILIDAD.	10% U= (CD + CI + CF) ;	39.88
TOTAL.	CD + CI + CF + U	438.67
CARGOS ADICIONALES.	1.00%	4.39
PRECIO UNITARIO.		443.06

12 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez, UNIDAD: m

CONCEPTO: Drenaje corto en talud frontal en portales de entrada y salida con barrenación en roca de 1 1/2" de diámetro y 0,40 m de longitud

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MANO DE OBRA:	Operador especializado de equipo de perforación	jor:rend	1:48	840.00	17.50	9.07%
	Ayudante general	jor:rend	1:48	510.00	10.63	5.51%
	Operador de equipo ligero	jor:rend	1:48	600.00	12.50	6.48%
SUMA					40.63	
EQUIPO:	Perforadora atlas copco BBC 120F	hr:rend	1:6	470.00	78.33	40.60%
	Compresor 600 PCM atlas copco	hr:rend	1:6	330.00	55.00	28.51%
SUMA					133.33	
AUXILIAR	4.- Acero de barrenación 1-1/2"	m. lineal	1	11.75	11.75	6.09%
	6.- Suministro de agua con pipa	m ³	0.3	24.13	7.24	3.75%
SUMA					18.99	

COSTO DIRECTO.					192.95	
% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =			57.88	
SUBTOTAL.		CD + CI =			250.83	
% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %			0.00	
SUBTOTAL.		CD + CI + CF=			250.83	
UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) :			25.08	
TOTAL.		CD + CI + CF + U			275.91	
CARGOS ADICIONALES.	1.00%				2.76	
PRECIO UNITARIO.					278.67	

13 DE 34

OBRA:	Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de	UNIDAD:	m
CONCEPTO:	Drenaje largo en talud frontal en portales de entrada y salida, con barrenación en roca de $\varnothing = 3"$ de hasta 20 m de longitud		

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MANO DE OBRA:	perforación	jor:rend	1:40	840.00	21.00	6.75%
	Ayudante general	jor:rend	1:40	510.00	12.75	4.10%
SUMA					33.75	
EQUIPO:	Hidrotrack atlas copco ROC D7-11	hr: rend	1:5	1250.00	250.00	80.39%
SUMA					250.00	
AUXILIAR	2.- Acero de barrenación 3"	m. lineal	1	20.00	20.00	6.43%
	6.- Suministro de agua con pipa	m ³	0.3	24.13	7.24	2.33%
SUMA					27.24	

COSTO DIRECTO.			310.99
% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =	93.30
SUBTOTAL.		CD + CI =	404.29
% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %	0.00
SUBTOTAL.		CD + CI + CF=	404.29
UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) :	40.43
TOTAL.		CD + CI + CF + U	444.71
CARGOS ADICIONALES.	1.00%		4.45
PRECIO UNITARIO.			449.16

14 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero.

UNIDAD: m³

CONCEPTO: Concreto lanzado de hasta 10 cm de espesor, f'c= 19,6 MPa (200 kg/cm²) en portales, incluye malla electrosoldada 66-10-10 con fy= 514,8 MPa (5250 kg/cm²), fijada al talud mediante anclas cortas de 0,60 m de longitud efectiva en roca y 0,50 m para integrarse a la malla.

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Cemento	ton	0.458	2600.00	1190.80	52.03%
	Malla electrosoldada 6x6-10/10	m ²	12.94	22.00	22.00	0.96%
	Ancla para malla	pza	3	37.00	111.00	4.85%
	Acero integral 1,200 mm	pza	0.0075	2600.00	19.50	0.85%
	Sikafiber	kg	0.6	75.00	45.00	1.97%
	Aditivo fluidizante	litro	2	25.00	50.00	2.18%
	Curacreto	litro	2.77	22.00	60.94	2.66%
	Adherente	litro	0.075	80.00	6.00	0.26%
	Rebote	(%)m	0.10	1400.00	140.00	6.12%
SUMA					1645.24	
MANO DE OBRA:	Operador especializado en planta de producción concreto	lor:rend	1:160	840.00	5.25	0.23%
	Ayudante general	lor:rend	1:80	510.00	6.38	0.28%
	Cabo de oficiales	lor:rend	1:60	840.00	14.00	0.61%
	Oficial fierro	lor:rend	1:12	600.00	50.00	2.18%
	Ayudante general	lor:rend	1:12	510.00	42.50	1.86%
	Operador de equipo ligero de perforación neumática	lor:rend	1:36	600.00	16.67	0.73%
	Ayudante general	lor:rend	1:12	600.00	50.00	2.18%
	Operador de equipo ligero compresor	lor:rend	1:144	600.00	4.17	0.18%
	Operador especializado en camión revoladora	lor:rend	1:80	840.00	10.50	0.46%
	Operador especializado para equipo de lanzado de concreto	lor:rend	1:160	840.00	5.25	0.23%
SUMA					204.71	
EQUIPO:	Planta de producción de concreto	hr:rend	1:20	1480.00	74.00	3.23%
	Perforadora neumática de piso mca Harper mod 4114	hr:rend	1:4.5	51.00	11.33	0.50%
	Compresor 600 PCM Atlas Copco	hr:rend	1:18	330.00	18.33	0.80%
	Camión revoladora	hr:rend	1:10	681.00	68.10	2.98%
	Robot para lanzado de concreto mod.PM407 P	hr:rend	1:20	623.00	31.15	1.36%
SUMA					202.92	
AUXILIAR	7.- Arena para concreto	m ³	1	176.58	176.58	7.72%
	8.- Grava para concreto	m ³	0.165	326.08	53.80	2.35%
	6.- Suministro de agua para pipa	m ³	0.22	24.13	5.31	0.23%
SUMA					235.69	
	COSTO DIRECTO.				2288.61	

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571 respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero.

UNIDAD: m³

CONCEPTO: Concreto lanzado de hasta 10 cm de espesor, f'c= 19,6 MPa (200 kg/cm²) en taludes. incluye malla electrosoldada 66-10-10 con fy= 514,8 MPa (5250 kg/cm²), fijada al talud mediante anclas cortas de 0,60 m de longitud efectiva en roca y 0,50 m para integrarse a la malla.

COSTO DIRECTO.			2288.56
% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =	686.57
SUBTOTAL.		CD + CI =	2975.12
% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %	0.00
SUBTOTAL.		CD + CI + CF=	2975.12
UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) ;	297.51
TOTAL.		CD + CI + CF + U	3272.64
CARGOS ADICIONALES.	1.00%		32.73
PRECIO UNITARIO.			3305.36

15 DE 34

OBRA:	Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez,
	UNIDAD: m ³
CONCEPTO:	Concreto f'c=19,6 MPa (200 kg/cm ²) para losa de piso en portales de entrada y salida con espesor de 30 cm incluye acero de refuerzo

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Cemento	ton	0.305	2600.00	793.00	11.66%
	Curacreto	litro	2.0	22.00	44.00	0.65%
	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm ²	kg	300	10.20	3060.00	45.00%
	Alambre recocido	kg	5	16.00	80.00	1.18%
SUMA					3977.00	
MANO DE OBRA:	Operador especializado planta de producción de concreto	jor:rend	1:320	840.00	2.63	0.04%
	Ayudante general	jor:rend	1:160	510.00	3.19	0.05%
	Operador especializado camión revolvedora	jor:rend	1:240	840.00	3.50	0.05%
	Operador de equipo ligero	jor:rend	1:240	600.00	2.50	0.04%
	Cabo de oficiales	jor:rend	1:30	840.00	28.00	0.41%
	Oficial albañil	jor:rend	1:12	600.00	50.00	0.74%
	Ayudante oficial	jor:rend	1:4	550.00	137.50	2.02%
	Oficial herrero	jor:rend	1:300	600.00	2.00	0.03%
	Ayudante oficial	jor:rend	1:300	550.00	1.83	0.03%
SUMA					231.15	
EQUIPO:	Planta para la producción de concreto	hr:rend	1:40	1500.00	37.50	0.55%
	Camión revolvedora	hr:rend	1:30	1240.00	41.33	0.61%
	Vibrador 1-1-/2"	hr:rend	1:3	681.00	227.00	3.34%
	Herramienta menor	% (M.O)	0.03	16.00	0.48	0.01%
SUMA					306.31	
AUXILIAR	7.- Arena para concreto	m ³	0.52	176.58	91.82	1.35%
	8.- Grava para concreto	m ³	0.74	326.08	241.30	3.55%
	6.- Suministro de agua con pipa	m ³	0.177	24.13	4.27	0.06%
	9.- Cimbra de madera	m ²	8	243.49	1947.92	28.64%
	11.- Topografía	m ²	0.1	6.95	0.70	0.01%
SUMA					2286.01	
	COSTO DIRECTO.				6800.47	
	% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =		2040.14	
	SUBTOTAL.		CD + CI =		8840.61	
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI + CF=		8840.61	
	UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) ;		884.06	
	TOTAL.		CD + CI + CF + U		9724.67	
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%			97.25	
	PRECIO UNITARIO.				9821.91	

16 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez, UNIDAD: m³

CONCEPTO: Excavación a cielo abierto en cualquier clase de material en bermas Y taludes para su estabilización en entrada y salida de túneles de conducción, se incluye: excavación, sobre acarreo de 1 km, perfilamiento de talud, carga, acarreo y descarga según proyecto.

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MANO DE OBRA:	Operador especializado retroexcavadora	jor:rend	1:192	840.00	4.38	4.63%
	Operador especializado cargador frontal	jor:rend	1:1200	840.00	0.70	0.74%
	Operador especializado camión articulado	jor:rend	1:616	840.00	1.36	1.44%
	Operador especializado de Tractor	jor:rend	1:4800	840.00	0.18	0.19%
	Cabo de oficiales	jor:rend	1:240	840.00	3.50	3.70%
	Ayudante general	jor:rend	1:24	500.00	20.83	22.04%
	SUMA				30.95	
EQUIPO:	Retroexcavadora Caterpillar mod. 330 D L	hr:rend	1:24	933.00	38.88	41.13%
	Cargador frontal Caterpillar 950 H	hr:rend	1:150	770.00	5.13	5.43%
	Camión articulado Caterpillar 730	hr:rend	1:77	1300.00	16.88	17.86%
	Tractor Caterpillar D8T	hr:rend	1:600	1610.00	2.68	2.84%
SUMA				63.57		
COSTO DIRECTO.					94.52	
% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =		28.36		
SUBTOTAL.		CD + CI =		122.88		
% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00		
SUBTOTAL.		CD + CI + CF=		122.88		
UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) ;		12.29		
TOTAL.		CD + CI + CF + U		135.17		
CARGOS ADICIONALES.	1.00%			1.35		
PRECIO UNITARIO.				136.52		

17 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez,

UNIDAD: m

CONCEPTO: Anclas de fricción $f_y = 411,9$ MPa (4200 kg/cm²) de $\phi = 1"$ de hasta 12m de longitud, en taludes de bermas de entrada y salida de los túneles, incluye: barrenación en roca de $\phi = 2 \frac{1}{4}"$, suministro, habilitación, colocación de anclas; placa de apoyo de 20 x 20 y 1,27 cm (1/2") de espesor e inyección con mortero $f'c = 19,6$ MPa (200 kg/cm²); la placa debe tener soldados 4 alambres de 6,35 mm de diámetro y 0,50 m de longitud, para integrarse a la malla, el ancla debe contar con cuerda y rosca para la fijación de la placa.

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Acero de refuerzo $f_y = 4200$ kg/cm ²	kg	3.5	12.00	42.00	14.24%
	Placa de acero de 20 x 20 cm x 1/2"	kg	2.2	21.00	46.20	15.67%
	Alambrón 6.3 mm (1/4")	kg	0.030	17.00	0.51	0.17%
	Cemento	ton	0.001	2600.00	2.60	0.88%
	Arena	m ³	0.005	30.00	0.15	0.05%
	Manguera de inyección	m. lineal	2.0	8.00	16.00	5.43%
	Acarreos de materiales	kg-km	15	0.12	1.80	0.61%
SUMA					109.26	
MANO DE OBRA:	Operador especializado de equipo de perforación	jor:rend	1:160	840.00	5.25	1.78%
	Ayudante general	jor:rend	1:160	510.00	3.19	1.08%
	Cabo de oficiales	jor:rend	1:180	840.00	4.67	1.58%
	Oficial herrero	jor:rend	1:36	600.00	16.67	5.65%
	Ayudante oficial	jor:rend	1:36	550.00	15.28	5.18%
	Cabo de oficiales	jor:rend	1:300	840.00	2.80	0.95%
	Oficial albañil	jor:rend	1:60	600.00	10.00	3.39%
	Ayudante oficial	jor:rend	1:60	550.00	9.17	3.11%
SUMA					67.02	
EQUIPO:	Hidrotrack atlas copco ROC D7-11	hr:rend	1:20	1260.00	78.75	26.70%
	Mezclador de lechada	hr:rend	1:10	54.00	5.40	1.83%
	Agitador de 150 RPM	hr:rend	1:10	30.00	3.00	1.02%
	Bomba de inyección MOYNO 3-L10	hr:rend	1:10	122.00	12.20	4.14%
	Herramienta menor	%(M.O)	0.3	70.00	21.00	7.12%
SUMA					99.35	
AUXILIAR	3.- Aceros de barrenación de 2-1/4 diámetro	m. lineal	1	16.75	16.75	5.68%
	6.- Suministro de agua con pipa	m ³	0.1	24.13	2.41	0.82%
	11.- Topografía	m ²	0.015	6.95	0.10	0.04%
SUMA					19.27	
	COSTO DIRECTO.				294.89	
	% INDIRECTOS.	30.00%	CI = CD X %CI =		88.47	
	SUBTOTAL.		CD + CI =		383.36	
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI + CF =		383.36	
	UTILIDAD.	10%	U = (CD + CI + CF) ;		38.34	
	TOTAL.		CD + CI + CF + U		421.70	
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%			4.22	
	PRECIO UNITARIO.				425.91	

18 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de

UNIDAD: m

CONCEPTO: Drenaje corto en taludes en zona de bermas con barrenación en roca de 1 1/2" de diámetro y 0,40 m de longitud

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MANO DE OBRA:	Operador especializado de equipo de perforación	jor:rend	1:64	840.00	13.13	10.14%
	Ayudante general	jor:rend	1:64	510.00	7.97	6.16%
	Operador de equipo ligero	jor:rend	1:64	600.00	9.38	7.24%
SUMA					30.47	
EQUIPO:	Perforadora atlas copco BBC 120F	hr:rend	1:10	470.00	47.00	36.31%
	Compresor 600 PCM atlas copco	hr:rend	1:10	330.00	33.00	25.49%
SUMA					80.00	
AUXILIAR	4.- Acero de barrenación 1-1/2" de diámetro	m. lineal	1	11.75	11.75	9.08%
	6.- Suministro de agua con pipa	m ³	0.3	24.13	7.24	5.59%
SUMA					18.99	

COSTO DIRECTO.				129.46
% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =		38.84
SUBTOTAL.		CD + CI =		168.30
% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00
SUBTOTAL.		CD + CI + CF=		168.30
UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) :		16.83
TOTAL.		CD + CI + CF + U		185.12
CARGOS ADICIONALES.	1.00%			1.85
PRECIO UNITARIO.				186.98

19 DE 34

OBRA:	Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez,	UNIDAD:	m
CONCEPTO:	Drenaje largo en taludes en zona de bermas, con barrenación en roca de $\varnothing= 3"$ de hasta 20 m de longitud		

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MANO DE OBRA:	Operador especializado de equipo de perforación	jor:rend	1:64	840.00	13.13	6.42%
	Ayudante general	jor:rend	1:64	510.00	7.97	3.90%
SUMA					21.09	
EQUIPO:	Hidrotrack atlas copco ROC D7-11	hora	1:8	1250.00	156.25	76.37%
SUMA					156.25	
AUXILIAR	2.- Acero de barrenación 3" de diámetro	m. lineal	1	20.00	20.00	9.78%
	6.- Suministro de agua con pipa	m ³	0.3	24.13	7.24	3.54%
SUMA					27.24	

COSTO DIRECTO.				204.58
% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =		61.37
SUBTOTAL.		CD + CI =		265.96
% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00
SUBTOTAL.		CD + CI + CF=		265.96
UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) X %		26.60
TOTAL.		CD + CI + CF + U		292.55
CARGOS ADICIONALES.	1.00%			2.93
PRECIO UNITARIO.				295.48

20 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571 respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero.

UNIDAD: m³

CONCEPTO: Concreto lanzado de hasta 10 cm de espesor, f'c= 19,6 MPa (200 kg/cm²) en taludes de bermas, incluye malla electrosoldada 66-10-10 con fy= 514,8 MPa (5250 kg/cm²), fijada al talud mediante anclas cortas de 0,60 m de longitud efectiva en roca y 0,50 m para integrarse a la malla.

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Cemento	ton	0.458	2600.00	1190.80	52.03%
	Malla electrosoldada 6x6-10/10	m ²	12.94	22.00	22.00	0.96%
	Ancla para malla	pza	3	37.00	111.00	4.85%
	Acero integral 1,200 mm	pza	0.0075	2600.00	19.50	0.85%
	Sikafiber	kg	0.6	75.00	45.00	1.97%
	Aditivo fluidizante	litro	2	25.00	50.00	2.18%
	Curacreto	litro	2.77	22.00	60.94	2.66%
	Adherente	litro	0.075	80.00	6.00	0.26%
	Rebote	(%)m	0.10	1400.00	140.00	6.12%
SUMA					1645.24	
MANO DE OBRA:	Operador especializado en planta de producción concreto	jor:rend	1:160	840.00	5.25	0.23%
	Ayudante general	jor:rend	1:80	510.00	6.38	0.28%
	Cabo de oficiales	jor:rend	1:60	840.00	14.00	0.61%
	Oficial fierro	jor:rend	1:12	600.00	50.00	2.18%
	Ayudante general	jor:rend	1:12	510.00	42.50	1.86%
	Operador de equipo ligero de perforación neumática	jor:rend	1:36	600.00	16.67	0.73%
	Ayudante general	jor:rend	1:12	600.00	50.00	2.18%
	Operador de equipo ligero compresor	jor:rend	1:144	600.00	4.17	0.18%
	Operador especializado en camión revoladora	jor:rend	1:80	840.00	10.50	0.46%
	Operador especializado para equipo de lanzado de concreto	jor:rend	1:160	840.00	5.25	0.23%
SUMA					204.71	
EQUIPO:	Planta de producción de concreto	hr:rend	1:20	1480.00	74.00	3.23%
	Perforadora neumática de piso mca Harper mod 4114	hr:rend	1:4.5	51.00	11.33	0.50%
	Compresor 600 PCM Atlas Copco	hr:rend	1:18	330.00	18.33	0.80%
	Camión revoladora	hr:rend	1:10	681.00	68.10	2.98%
	Robot para lanzado de concreto mod.PM407 P	hr:rend	1:20	623.00	31.15	1.36%
SUMA					202.92	
AUXILIAR	7.- Arena para concreto	m ³	1	176.58	176.58	7.72%
	8.- Grava para concreto	m ³	0.165	326.08	53.80	2.35%
	6.- Suministro de agua para pipa	m ³	0.22	24.13	5.31	0.23%
SUMA					235.69	
	COSTO DIRECTO.				2288.61	

20 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero.

UNIDAD: m³

CONCEPTO: Concreto lanzado de hasta 10 cm de espesor, f'c= 19,6 MPa (200 kg/cm²) en taludes de bermas, incluye malla electrosoldada 66-10-10 con fy= 514,8 MPa (5250 kg/cm²), fijada al talud mediante anclas cortas de 0,60 m de longitud efectiva en roca y 0,50 m para integrarse a la malla.

COSTO DIRECTO.			2288.56
% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =	686.57
SUBTOTAL.		CD + CI =	2975.12
% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %	0.00
SUBTOTAL.		CD + CI + CF=	2975.12
UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) ;	297.51
TOTAL.		CD + CI + CF + U	3272.64
CARGOS ADICIONALES.	1.00%		32.73
PRECIO UNITARIO.			3305.36

21 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez,

UNIDAD: m³

CONCEPTO: Excavación en túnel en secciones izquierda, derecha y banqueo en cualquier clase de material, incluye: sobre acarreo de 1 km, perfilamiento de talud, carga, acarreo y descarga, según proyecto.

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Magnafrac 2" x 16"	kg	0.45	37.00	16.65	11.72%
	Anfoviedo	kg	0.4	14.00	5.60	3.94%
	Flete de explosivos	kg	0.6	0.50	0.30	0.21%
	Cordtex 18 (Ecord)	m. lineal	0.13	5	0.65	0.46%
	Conectores primacord MS	pza	0.0185	74.00	1.37	0.96%
	Cañuela	m. lineal	0.01	4.00	0.04	0.03%
	Fulminante No.6	pza	0.005	4.00	0.02	0.01%
	Flete accesorios para explosivos	pza	0.03	1.00	0.03	0.02%
	Estaca	pza	0.001	8.00	0.01	0.01%
SUMA					24.67	17.36%
MANO DE OBRA:	Operador especializado de equipo de perforación	hor:rend	1:296	840.00	2.84	2.00%
	Ayudante general	hor:rend	1:296	500.00	1.69	1.19%
	Cabo de oficiales	hor:rend	1:170	840.00	4.94	3.48%
	Poblador	hor:rend	1:682	600.00	0.88	0.62%
	Ayudante oficial	hor:rend	1:682	550.00	0.81	0.57%
	Operador especializado para cargador frontal	hor:rend	1:2800	840.00	0.30	0.21%
	Operador especializado para camión articulado	hor:rend	1:616	840.00	1.36	0.96%
	Operador especializado para tractor	hor:rend	1:4800	840.00	0.18	0.12%
	Operador de equipo ligero	hor:rend	1:616	600.00	0.97	0.69%
	Cabo de oficiales	hor:rend	1:155	840.00	5.42	3.81%
	Ayudante general	hor:rend	1:155	500.00	3.23	2.27%
SUMA					22.61	
EQUIPO:	Jumbo de barrenación mod. M2M mca atlas copco	hr:rend	1:37	2100.00	56.76	39.94%
	Planta de energía 500 KW	hr:rend	1:123	574.00	4.67	3.28%
	Cargador frontal Caterpillar 950 H	hr:rend	1:350	2500.00	7.14	5.03%
	Camión articulado Caterpillar 730	hr:rend	1:77	1300.00	16.88	11.88%
	Tractor Caterpillar D8T	hr:rend	1:600	1600.00	2.67	1.88%
	Ventilador axial venturi	hr:rend	1:77	28.00	0.36	0.26%
SUMA					88.48	
AUXILIAR	10.- Precorte	m. lineal	0.031	159.65	4.95	3.48%
	5.- Acero de barrenación 1 7 /8"	m. lineal	0.11	12.06	1.33	0.93%
	11.- Topografía	m ²	0.01	6.95	0.07	0.05%
SUMA					6.35	
	COSTO DIRECTO.				142.10	
	% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =		42.63	
	SUBTOTAL.		CD + CI =		184.74	
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI + CF=		184.74	
	UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) X %		18.47	
	TOTAL.		CD + CI + CF + U		203.21	
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%			2.03	
	PRECIO UNITARIO.				205.24	

22 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero.

UNIDAD: m³

CONCEPTO: Concreto lanzado en túnel (bóveda y paredes) con un espesor de 10 cm., f'c = 19,6 MPa (200 kg/cm²) incluye malla electrosoldada con fy= 514,8 MPa (5250 kg/cm²) de 66-10-10, fijada al talud mediante anclas cortas de 0,60 m de longitud efectiva en roca y 0,50 m para integrarse a la malla. colocado en capas de 5 cm.

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Cemento	ton	0.55	2600.00	1430.00	55.97%
	Malla electrosoldada 6x6-10/10	m ²	12.94	22.00	22.00	0.86%
	Ancla para malla	pza	3	37.00	111.00	4.34%
	Acero integral 1,200 mm	pza	0.0075	2600.00	19.50	0.76%
	Sikafiber	kg	0.8	75.00	60.00	2.35%
	Aditivo fluidizante	litro	2.2	25.00	55.00	2.15%
	Curacreto	litro	2.77	22.00	60.94	2.39%
	Adherente	litro	0.075	80.00	6.00	0.23%
	Rebote	(%)m	0.15	1400.00	140.00	5.48%
SUMA					1904.44	
MANO DE OBRA:	Operador especializado en planta de producción concreto	jor:rend	1:160	840.00	5.25	0.21%
	Ayudante general	jor:rend	1:80	510.00	6.38	0.25%
	Cabo de oficiales	jor:rend	1:40	840.00	21.00	0.82%
	Oficial fierro	jor:rend	1:8	600.00	50.00	1.96%
	Ayudante general	jor:rend	1:8	510.00	42.50	1.66%
	Operador de equipo ligero de perforación neumática	jor:rend	1:12	600.00	16.67	0.65%
	Ayudante general	jor:rend	1:12	600.00	50.00	1.96%
	Operador de equipo ligero compresor	jor:rend	1:144	600.00	4.17	0.16%
	Operador especializado en camión revoladora	jor:rend	1:80	840.00	10.50	0.41%
	Operador especializado para equipo de lanzado de concreto	jor:rend	1:160	840.00	5.25	0.21%
SUMA					211.71	
EQUIPO:	Planta de producción de concreto	hr:rend	1:20	1480.00	74.00	2.90%
	Perforadora neumática de piso mca Harper mod 4114	hr:rend	1:4.5	51.00	11.33	0.44%
	Compresor 600 PCM Atlas Copco	hr:rend	1:18	330.00	18.33	0.72%
	Camión revoladora	hr:rend	1:10	681.00	68.10	2.67%
	Robot para lanzado de concreto mod.PM407 P	hr:rend	1:20	623.00	31.15	1.22%
SUMA					202.92	
AUXILIAR	7.- Arena para concreto	m ³	1	176.58	176.58	6.91%
	8.- Grava para concreto	m ³	0.165	326.08	53.80	2.11%
	6.- Suministro de agua para pipa	m ³	0.22	24.13	5.31	0.21%
SUMA					235.69	
	COSTO DIRECTO.				2554.81	

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571 respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero.

UNIDAD: m³

CONCEPTO: Concreto lanzado en túnel (bóveda y paredes) con un espesor de 10 cm., f'c = 19,6 MPa (200 kg/cm²) incluye malla electrosoldada con fy= 514,8 MPa (5250 kg/cm²) de 66-10-10, fijada al talud mediante anclas cortas de 0,60 m de longitud efectiva en roca y 0,50 m para integrarse a la malla. colocado en capas de 5 cm.

COSTO DIRECTO.			2554.76
% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =	766.43
SUBTOTAL.		CD + CI =	3321.18
% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %	0.00
SUBTOTAL.		CD + CI + CF=	3321.18
UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) ;	332.12
TOTAL.		CD + CI + CF + U	3653.30
CARGOS ADICIONALES.	1.00%		36.53
PRECIO UNITARIO.			3689.84

23 DE 34

OBRA:	Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco
	UNIDAD: m ³
CONCEPTO:	Concreto f'c=19,6 MPa (200 kg/cm ²) para losa de piso del túnel con espesor de 20 cm incluye acero de refuerzo

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Cemento	ton	0.28	2600.00	728.00	13.21%
	Curacreto	litro	2.0	22.00	44.00	0.80%
	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm ²	kg	180	10.20	1836.00	33.31%
	Alambre recocido	kg	5	16.00	80.00	1.45%
SUMA					2688.00	
MANO DE OBRA:	Operador especializado planta de producción de concreto	jor:rend	1:320	840.00	2.63	0.05%
	Ayudante general	jor:rend	1:160	510.00	3.19	0.06%
	Operador especializado camión revolvedora	jor:rend	1:240	840.00	3.50	0.06%
	Operador de equipo ligero	jor:rend	1:240	600.00	2.50	0.05%
	Cabo de oficiales	jor:rend	1:30	840.00	28.00	0.51%
	Oficial albañil	jor:rend	1:12	600.00	50.00	0.91%
	Ayudante oficial	jor:rend	1:4	550.00	137.50	2.49%
	Oficial herrero	jor:rend	1:300	600.00	2.00	0.04%
	Ayudante oficial	jor:rend	1:300	550.00	1.83	0.03%
SUMA					231.15	
EQUIPO:	Planta para la producción de concreto	hr:rend	1:40	1500.00	37.50	0.68%
	Camión revolvedora	hr:rend	1:30	1240.00	41.33	0.75%
	Vibrador 1-1/2"	hr:rend	1:3	681.00	227.00	4.12%
	Herramienta menor	% (M.O)	0.03	16.00	0.48	0.01%
SUMA					306.31	
AUXILIAR	7.- Arena para concreto	m ³	0.52	176.58	91.82	1.67%
	8.- Grava para concreto	m ³	0.74	326.08	241.30	4.38%
	6.- Suministro de agua con pipa	m ³	0.177	24.13	4.27	0.08%
	9.- Cimbra de madera	m ²	8	243.49	1947.92	35.34%
	11.- Topografía	m ²	0.1	6.95	0.70	0.01%
SUMA					2286.01	
	COSTO DIRECTO.				5511.47	
	% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =		1653.44	
	SUBTOTAL.		CD + CI =		7164.91	
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI + CF=		7164.91	
	UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) :		716.49	
	TOTAL.		CD + CI + CF + U		7881.40	
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%			78.81	
	PRECIO UNITARIO.				7960.21	

24 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco

UNIDAD: m

CONCEPTO: Anclas de fricción $f_y = 411,9$ MPa (4200 kg/cm²) de $\phi = 1-1/2"$ de 9,0m de longitud, en túneles de conducción, incluye: barrenación en roca de $\phi = 2-1/2"$, suministro, habilitación, colocación de anclas; placa de apoyo de 20 x 20 y 1,27 cm (1/2") de espesor e inyección con cartuchos epóxicos, la placa debe tener soldados 4 alambres de 6,35 mm de diámetro y 0,50 m de longitud, para integrarse a la malla el ancla debe contar con rosca y tuerca para la fijación de la placa, conforme a proyecto

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Acero de refuerzo $f_y = 4200$ kg/cm ²	kg	3.5	12.00	42.00	11.13%
	Placa de acero de 20 x 20 cm x 1/2"	kg	2.2	21.00	46.20	12.25%
	Alambrón 6.3 mm (1/4")	kg	0.030	17.00	0.51	0.14%
	Manguera de inyección	m. lineal	2.0	8.00	16.00	4.24%
	Tuerca de 1-1/2 diámetro	pza	0.1	12.00	1.20	0.32%
	Cartucho cementante	pza	24	3.20	76.80	20.36%
	Acarreos de materiales	kg-km	32	0.12	3.84	1.02%
SUMA					186.55	
MANO DE OBRA:	Operador especializado de equipo de perforación	jor:rend	1:80	840.00	10.50	2.78%
	Ayudante general	jor:rend	1:160	510.00	3.19	0.85%
	Cabo de oficiales	jor:rend	1:180	840.00	4.67	1.24%
	Oficial herrero	jor:rend	1:36	600.00	16.67	4.42%
	Ayudante oficial	jor:rend	1:36	550.00	15.28	4.05%
SUMA					50.30	
EQUIPO:	Jumbo de barrenación mod M2M atlas copco	hr:rend	1:20	2100.00	105.00	27.84%
	Herramienta menor	%(M.O)	0.3	70.00	21.00	5.57%
SUMA					126.00	
AUXILIAR	1.- Acero de barrenación de 2-1/2"	m. lineal	1	11.83	11.83	3.14%
	6.- Suministro de agua con pipa	m ³	0.1	24.13	2.41	0.64%
	11.- Topografía	m ²	0.015	6.95	0.10	0.03%
SUMA					14.35	
	COSTO DIRECTO.				377.20	
	% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =		113.16	
	SUBTOTAL.		CD + CI =		490.35	
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI + CF =		490.35	
	UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) ;		49.04	
	TOTAL.		CD + CI + CF + U		539.39	
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%			5.39	
	PRECIO UNITARIO.				544.78	

25 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez, UNIDAD: m

CONCEPTO: Drenaje corto en paredes y bóveda en túneles de conducción, con barrenación en roca de $\varnothing= 1-1/2"$ de hasta 1,0 m de longitud, conforme a proyecto

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MANO DE OBRA:	Operador especializado de equipo de perforación	jor:rend	1:56	840.00	15.00	7.05%
	Ayudante general	jor:rend	1:48	510.00	10.63	4.99%
	Ayudante general	jor:rend	1:112	510.00	4.55	2.14%
	Cabo oficial	jor:rend	1:48	840.00	17.50	8.22%
SUMA					47.68	
EQUIPO:	Jumbo de barrenación mod. M2D marca atlas copco	hr:rend	1:14	2100.00	150.00	70.49%
	Herramienta menor	%(M.O)	0.03	31.85	0.96	0.45%
	SUMA				150.96	
AUXILIAR	4.- Acero de barrenación 1-1/2" de diámetro	m. lineal	1	11.75	11.75	5.52%
	6.- Suministro de agua con pipa	m³	0.1	24.13	2.41	1.13%
SUMA					14.16	

	COSTO DIRECTO.			212.80
	% INDIRECTOS.	30.00%	$CI = CD \times \%CI =$	63.84
	SUBTOTAL.		$CD + CI =$	276.64
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%	$CF = (CD + CI) \times \%$	0.00
	SUBTOTAL.		$CD + CI + CF =$	276.64
	UTILIDAD.	10%	$U = (CD + CI + CF) \times$	27.66
	TOTAL.		$CD + CI + CF + U$	304.30
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%		3.04
	PRECIO UNITARIO.			307.34

26 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco

UNIDAD: m

CONCEPTO: Drenaje largo en paredes y bóveda en túneles de conducción , con barrenación en roca de $\varnothing= 3"$ de hasta 20 m de longitud, conforme a proyecto

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MANO DE OBRA:	Operador especializado de equipo de perforación	lor:rend	1:48	840.00	17.50	7.86%
	Ayudante general	lor:rend	1:96	510.00	5.31	2.39%
SUMA					22.81	
EQUIPO:	Jumbo de barrenación mod. M2M Atlas copco	hora	1:12	2100.00	175.00	78.60%
SUMA					175.00	
AUXILIAR	2.- Acero de barrenación 3" de diámetro	m. lineal	1	20.00	20.00	8.98%
	6.- Suministro de agua con pipa	m ³	0.2	24.13	4.83	2.17%
SUMA					24.83	

COSTO DIRECTO.				222.64
% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =		66.79
SUBTOTAL.		CD + CI =		289.43
% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00
SUBTOTAL.		CD + CI + CF=		289.43
UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) :		28.94
TOTAL.		CD + CI + CF + U		318.37
CARGOS ADICIONALES.	1.00%			3.18
PRECIO UNITARIO.				321.56

27 DE 34

OBRA:	Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco
	UNIDAD: m ³
CONCEPTO:	Concreto f'c=19,6 MPa (200 kg/cm ²) para empaquetar marcos metálicos, incluye suministro, colocación, cimbrado, descimbrado y curado.

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Cemento	ton	0.28	2600.00	728.00	11.23%
	Curacreto	litro	2.0	22.00	44.00	0.68%
	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm ²	kg	180	10.20	1836.00	28.31%
	Alambre recocido	kg	5	16.00	80.00	1.23%
SUMA					2688.00	
MANO DE OBRA:	Operador especializado planta de producción de concreto	jor:rend	1:320	840.00	2.63	0.04%
	Ayudante general	jor:rend	1:160	510.00	3.19	0.05%
	Operador especializado camión revolvedora	jor:rend	1:240	840.00	3.50	0.05%
	Operador de equipo ligero	jor:rend	1:240	600.00	2.50	0.04%
	Cabo de oficiales	jor:rend	1:30	840.00	28.00	0.43%
	Oficial albañil	jor:rend	1:12	600.00	50.00	0.77%
	Ayudante oficial	jor:rend	1:4	550.00	137.50	2.12%
	Oficial herrero	jor:rend	1:300	600.00	2.00	0.03%
	Ayudante oficial	jor:rend	1:300	550.00	1.83	0.03%
SUMA					231.15	
EQUIPO:	Planta para la producción de concreto	hr:rend	1:40	1500.00	37.50	0.58%
	Camión revolvedora	hr:rend	1:30	1240.00	41.33	0.64%
	Vibrador 1-1/2"	hr:rend	1:3	681.00	227.00	3.50%
	Herramienta menor	% (M.O)	0.03	16.00	0.48	0.01%
SUMA					306.31	
AUXILIAR	7.- Arena para concreto	m ³	0.52	176.58	91.82	1.42%
	8.- Grava para concreto	m ³	0.74	326.08	241.30	3.72%
	6.- Suministro de agua con pipa	m ³	0.177	24.13	4.27	0.07%
	9.-Cimbra de madera	m ²	12	243.49	2921.88	45.05%
	11.- Topografía	m ²	0.1	6.95	0.70	0.01%
SUMA					3259.97	
	COSTO DIRECTO.				6485.43	
	% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =		1945.63	
	SUBTOTAL.		CD + CI =		8431.05	
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI + CF=		8431.05	
	UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) ;		843.11	
	TOTAL.		CD + CI + CF + U		9274.16	
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%			92.74	
	PRECIO UNITARIO.				9366.90	

28 DE 34

OBRA:	Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco	UNIDAD:	T
CONCEPTO:	Marcos metálicos para el soporte permanente de las excavaciones en túneles de conducción, sección ir 12 " x 96,7 kg/m incluye: suministro, fabricación, transporte, montaje y entibado.		

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Perfil IR 12" x 96.7 kg/m	ton	1.1	15200.00	16720.00	60.58%
	Acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	29	11.00	319.00	1.16%
	Polín de 6" x 6"	pza	6.5	280.00	1820.00	6.59%
	Soldadura	kg	25	35.00	875.00	3.17%
	Oxígeno	m ³	6	35.00	210.00	0.76%
	Acetileno	kg	2	120.00	240.00	0.87%
SUMA					20184.00	
MANO DE OBRA:	Operador de equipo ligero	jor:rend	1:2	600.00	300.00	1.09%
	Cabo de oficiales	jor:rend	1:1.25	840.00	672.00	2.43%
	Oficial soldador	jor:rend	1:0.5	600.00	1200.00	4.35%
	Pailero	jor:rend	1:0.5	600.00	1200.00	4.35%
	Ayudante oficial	jor:rend	1:0.25	550.00	2200.00	7.97%
SUMA					5572.00	
EQUIPO:	Soldadora	hr:rend	1:0.6	32.00	53.33	0.19%
	Equipo de oxicorte	hr:rend	1:0.6	8.00	13.33	0.05%
	Camión grúa hiab	hr:rend	1:0.25	400.00	1600.00	5.80%
	Herramienta menor	%(M.O)	0.03	5500.00	165.00	0.60%
SUMA					1831.67	
AUXILIAR	11.- Topografía	m ²	2	6.95	13.90	0.05%
SUMA					14.00	
	COSTO DIRECTO.				27601.67	
	% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =		8280.50	
	SUBTOTAL.		CD + CI =		35882.17	
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI + CF=		35882.17	
	UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) ;		3588.22	
	TOTAL.		CD + CI + CF + U		39470.38	
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%			394.70	
	PRECIO UNITARIO.				39865.09	

29 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco

UNIDAD: m

CONCEPTO: Anclas de fricción $f_y = 411,9$ MPa (4200 kg/cm²) de $\phi = 1-1/2"$ de 1,0m de longitud efectiva, en túneles de conducción, en roca con gancho a 90°, soldada al marco metálico para su fijación, inyectadas con mortero $f'_c = 19,6$ MPa (200 kg/cm²) incluye: barrenación en roca de $\phi = 3"$, suministro, habilitación, colocación de ancla.

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Acero de refuerzo $f_y = 4200$ kg/cm ²	kg	3.5	12.00	42.00	11.76%
	Cemento	ton	0.0013	2600.00	3.38	0.95%
	Arena	m ³	0.0044	40.00	0.18	0.05%
	Manguera de inyección	m. lineal	2.0	8.00	16.00	4.48%
	Acarreos de materiales	kg-km	15	0.12	1.80	0.50%
	Soldadura	kg	0.1	35.00	3.50	0.98%
SUMA					66.86	
MANO DE OBRA:	Operador especializado de equipo de perforación	jor:rend	1:80	840.00	10.50	2.94%
	Ayudante general	jor:rend	1:160	510.00	3.19	0.89%
	Cabo de oficiales	jor:rend	1:180	840.00	4.67	1.31%
	Oficial herrero	jor:rend	1:36	600.00	16.67	4.66%
	Ayudante oficial	jor:rend	1:36	550.00	15.28	4.28%
	Oficial soldador	jor:rend	1:24	600.00	25.00	7.00%
	Ayudante oficial	jor:rend	1:24	550.00	22.92	6.41%
	Cabo de oficiales	jor:rend	1:300	840.00	2.80	0.78%
	Oficial albañil	jor:rend	1:60	600.00	10.00	2.80%
	Ayudante oficial	jor:rend	1:60	550.00	9.17	2.57%
SUMA					120.18	
EQUIPO:	Jumbo de barrenación mod M2M atlas copco	hr:rend	1:24	2100.00	87.50	24.49%
	Mesclador de lechada	hr:rend	1:10	54.00	5.40	1.51%
	Agitador de 150 RPM	hr:rend	1:10	30.00	3.00	0.84%
	Bomba de inyección MOYLO 3-L10	hr:rend	1:10	122.00	12.20	3.41%
	Soldadora	hr:rend	1:3	32.00	10.67	2.99%
	Herramienta menor	%(M.O)	0.3	124.00	37.20	10.41%
SUMA					155.97	
AUXILIAR	4.- Aceros de barrenación de 1-1/2"	m. lineal	1	11.75	11.75	3.29%
	6.- Suministro de agua con pipa	m ³	0.1	24.13	2.41	0.68%
	11.- Topografía	m ²	0.015	6.95	0.10	0.03%
SUMA					14.27	

COSTO DIRECTO.				357.27
% INDIRECTOS.	30.00%	$CI = CD \times \%CI =$		107.18
SUBTOTAL.		$CD + CI =$		464.45
% FINANCIAMIENTO.	0.00%	$CF = (CD + CI) \times \%$		0.00
SUBTOTAL.		$CD + CI + CF =$		464.45
UTILIDAD.	10%	$U = (CD + CI + CF) \cdot$		46.45
TOTAL.		$CD + CI + CF + U$		510.90
CARGOS ADICIONALES.	1.00%			5.11
PRECIO UNITARIO.				516.01

30 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco

UNIDAD: pza

CONCEPTO: Extensómetro

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Extensómetro	pza	1	25000.00	25000.00	100.00%
	COSTO DIRECTO.				25000.00	
	% INDIRECTOS.	30.00%		CI= CD X %CI =	7500.00	
	SUBTOTAL.			CD + CI =	32500.00	
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%		CF = (CD + CI) X %	0.00	
	SUBTOTAL.			CD + CI + CF=	32500.00	
	UTILIDAD.	10%		U= (CD + CI + CF) :	3250.00	
	TOTAL.			CD + CI + CF + U	35750.00	
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%			357.50	
	PRECIO UNITARIO.				36107.50	

31 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco de Juárez, UNIDAD: pza

CONCEPTO: Inclínómetro

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Inclínómetro	pza	1	175000.00	175000.00	100.00%
	COSTO DIRECTO.				175000.00	
	% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =		52500.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI =		227500.00	
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI + CF=		227500.00	
	UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) X		22750.00	
	TOTAL.		CD + CI + CF + U		250250.00	
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%			2502.50	
	PRECIO UNITARIO.				252752.50	

32 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco

UNIDAD: m³

CONCEPTO: Concreto f'c=19,6 MPa (300 kg/cm²) para construcción de tapones en túneles de conducción

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Cemento	ton	0.25	2600.00	650.00	15.51%
	Curacreto	litro	0.5	22.00	11.00	0.26%
	Planta para la producción de concreto	kg	20	10.20	204.00	4.87%
	Alambre recocido	kg	1	16.00	16.00	0.38%
SUMA					881.00	
MANO DE OBRA:	Operador especializado planta de producción de concreto	jor:rend	1:320	840.00	2.63	0.06%
	Ayudante general	jor:rend	1:160	510.00	3.19	0.08%
	Operador especializado camión revoladora	jor:rend	1:240	840.00	3.50	0.08%
	Operador de equipo ligero	jor:rend	1:240	600.00	2.50	0.06%
	Cabo de oficiales	jor:rend	1:30	840.00	28.00	0.67%
	Oficial albañil	jor:rend	1:12	600.00	50.00	1.19%
	Ayudante oficial	jor:rend	1:4	550.00	137.50	3.28%
	Oficial herrero	jor:rend	1:300	600.00	2.00	0.05%
	Ayudante oficial	jor:rend	1:300	550.00	1.83	0.04%
SUMA					231.15	
EQUIPO:	Planta para la producción de concreto	hr:rend	1:40	1500.00	37.50	0.89%
	Camión revoladora	hr:rend	1:30	1240.00	41.33	0.99%
	Vibrador 1-1/2"	hr:rend	1:3	681.00	227.00	5.42%
	Herramienta menor	% (M.O)	0.03	16.00	0.48	0.01%
SUMA					306.31	
AUXILIAR	7.- Arena para concreto	m ³	0.52	176.58	91.82	2.19%
	8.- Grava para concreto	m ³	0.74	326.08	241.30	5.76%
	6.- Suministro de agua con pipa	m ³	0.177	24.13	4.27	0.10%
	9.- Cimbra de madera	m ²	10	243.49	2434.90	58.09%
	11.- Topografía	m ²	0.1	6.95	0.70	0.02%
SUMA					2772.99	
	COSTO DIRECTO.				4191.45	
	% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =		1257.43	
	SUBTOTAL.		CD + CI =		5448.88	
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI + CF=		5448.88	
	UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) :		544.89	
	TOTAL.		CD + CI + CF + U		5993.77	
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%			59.94	
	PRECIO UNITARIO.				6053.71	

33 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de Acapulco

UNIDAD: T

CONCEPTO: Estructura de cierre final, a base de acero, sección ir 12 " x 96,7 kg/m incluye: suministro, fabricación, transporte, montaje y entibado

	DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE	INCIDENCIA
MATERIALES:	Perfil IR 12" x 96.7 kg/m	ton	1.1	15200.00	16720.00	60.58%
	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm²	kg	29	11.00	319.00	1.16%
	Polín de 6" x 6"	pza	6.5	280.00	1820.00	6.59%
	Soldadura	kg	25	35.00	875.00	3.17%
	Oxígeno	m³	6	35.00	210.00	0.76%
	Acetileno	kg	2	120.00	240.00	0.87%
SUMA					20184.00	
MANO DE OBRA:	Operador de equipo ligero	jor:rend	1:2	600.00	300.00	1.09%
	Cabo de oficiales	jor:rend	1:1.25	840.00	672.00	2.43%
	Oficial soldador	jor:rend	1:0.5	600.00	1200.00	4.35%
	Pailero	jor:rend	1:0.5	600.00	1200.00	4.35%
	Ayudante oficial	jor:rend	1:0.25	550.00	2200.00	7.97%
SUMA					5572.00	
EQUIPO:	Soldadora	hr:rend	1:0.6	32.00	53.33	0.19%
	Equipo de oxicorte	hr:rend	1:0.6	8.00	13.33	0.05%
	Camión grúa hiab	hr:rend	1:0.25	400.00	1600.00	5.80%
	Herramienta menor	%(M.O)	0.03	5500.00	165.00	0.60%
SUMA					1831.67	
AUXILIAR	11.- Topografía	m²	2	6.95	13.90	0.05%
SUMA					14.00	
COSTO DIRECTO.					27601.67	
	% INDIRECTOS.	30.00%	CI= CD X %CI =		8280.50	
	SUBTOTAL.		CD + CI =		35882.17	
	% FINANCIAMIENTO.	0.00%	CF = (CD + CI) X %		0.00	
	SUBTOTAL.		CD + CI + CF=		35882.17	
	UTILIDAD.	10%	U= (CD + CI + CF) :		3588.22	
	TOTAL.		CD + CI + CF + U		39470.38	
	CARGOS ADICIONALES.	1.00%			394.70	
PRECIO UNITARIO.					39865.09	

34 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571m. respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de

CONCEPTO: CONCEPTOS AUXILIARES

DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE
1 Acero de barrenación 2-1/2"	m. lineal			
Broca 1/3/4" rosca 11/4"	pza	0.0025	1500.00	3.75
Barra de extensión 10' rosca sogá de 1-1/4"	pza	0.000625	4000.00	2.50
Cople rosca	pza	0.0025	1230.00	3.08
Zanco rosca	pza	0.000625	4000.00	2.50
SUMA				11.83
2 Acero de barrenación 3"	m. lineal			
Broca tipo cruz 2-1/4" rosca sogá	pza	0.0025	3300.00	8.25
Barra 12' rosca T-38	pza	0.000625	7000.00	4.38
Cople rosca	pza	0.0025	1200.00	3.00
Zanco rosca	pza	0.000625	7000.00	4.38
SUMA				20.00
3 Acero de barrenación 2-1/4"	m. lineal			
Brocal tipo cruz 2-1/4" rosca sogá	pza	0.0025	2000.00	5.00
Barra 12' rosca T-38	pza	0.000625	7000.00	4.38
Cople rosca	pza	0.0025	1200.00	3.00
Zanco rosca	pza	0.000625	7000.00	4.38
SUMA				16.75
4 Acero de barrenación 1-1/2"	m. lineal			
Brocal 1-3/4" rosca 11/4"	pza	0.0025	1500.00	3.75
Barra de extensión 10' rosca sogá de 1-1/4"	pza	0.000625	4000.00	2.50
Cople rosca	pza	0.0025	1200.00	3.00
Zanco rosca	pza	0.000625	4000.00	2.50
SUMA				11.75
5 Acero de barrenación 1-7/8	m. lineal			
Broca de botones 1-7/8 "	pza	0.0025	1500.00	3.75
Barra de extensión para jumbo 1-1/4" con rosca de 1-1/2"	pza	0.000625	6300.00	3.94
Zanco rosca	pza	0.000625	7000.00	4.38
SUMA				12.06
6 Suministro de agua con pipa	m³			
Pipa de agua	hora	0.0666	300.00	19.98
Operador de pipa	jor	0.0083	500.00	4.15
SUMA				24.13
7 Arena para concreto	m³			
Arena	m³	1.3	30.00	39.00
Acarreos primer km	m³	1.3	11.00	14.30
Acarreos km subsecuente	m³-km	32.5	3.35	108.88
Acarreo terracería	m³-km	2.6	5.54	14.40
SUMA				176.58

34 DE 34

OBRA: Obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, construcción de 3 túneles de conducción; túnel 1 de 10x10 m, túnel 2 y 3 de 15x15 m de longitudes variables de: 527, 568 y 571 respectivamente, localizados en la margen derecha del Río Papagayo en el municipio de

CONCEPTO: CONCEPTOS AUXILIARES

DESCRIPCIÓN.	UNIDAD	CANT.	PRECIO U.	IMPORTE
8 Grava para concreto	m³			
Grava	m ³	1.3	145.00	188.50
Acarreos primer km	m ³	1.3	11.00	14.30
Acarreos km subsecuente	m ³ -km	32.5	3.35	108.88
Acarreo terracería	m ³ -km	2.6	5.54	14.40
SUMA				326.08
9 Cimbra de madera	m²			
Madera	p/t	6.5	6.00	39.00
Triplay	pza	0.06	340.00	20.40
Clavo	kg	0.25	17.50	4.38
Desmoldante	lt	0.25	16.50	4.13
Cabo de oficiales	jor	0.025	840.00	21.00
Oficial carpintero	jor	0.125	600.00	75.00
Ayudante oficial	jor	0.125	550.00	68.75
Herramienta menor	(%)M.O	0.03	165.00	4.95
Camión grúa hiab	hora	0.0125	400.00	5.00
Operador de equipo ligero	jor	0.0015	594.00	0.89
SUMA				243.49
10 Precorte	m. lineal			
Hidrotrack atlas copco ROC D7-11	hora	0.05	1253.00	62.65
Operador equipo de perforación	jor	0.00625	540.00	3.38
Ayudante general	jor	0.00625	500.00	3.13
Cabo de oficiales	jor	0.0042	840.00	3.53
Poblador	jor	0.0166	600.00	9.96
Ayudante oficial	jor	0.0166	550.00	9.13
Acero de barrenación 3"	jor	1	28.00	28.00
Conectores primacord MS	pza	0.066	74.00	4.88
Anfoviedo	kg	2.5	14.00	35.00
SUMA				159.65
11 Topografía	m²			
Topógrafo	jor	0.0033	840	2.77
Cadenero	jor	0.0033	550	1.82
Estadaleiro	kg	0.0033	550	1.82
Estación total	hora	0.0266	17	0.45
Nivel	hora	0.0266	3.5	0.09
SUMA				6.95

CAPÍTULO VII
REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS

VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VI.1 BIBLIOGRAFÍA

1. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Gobierno del Estado de Guerrero, Anuario Estadístico del Estado de Guerrero año 2000, Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Estudios Municipales, Gobierno del Estado de Guerrero, Los Municipios de Guerrero, en Enciclopedia de los Municipios de México.
2. Aparicio Mijares Francisco Javier, Fundamentos de Hidrología de Superficie, Ed. Limusa, México, 1992.
3. Hernández López, Évert V., Foro Internacional Las Presas y el Hombre, presentación de casos, Nayarit, México, mayo de 2005
4. Trujillo Vargas Francisco Javier, Tesis: Alternativa de Construcción del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, Gro., UNAM, Facultad de Ingeniería, 1998.
5. Sánchez Hernández, Fernando, Tesis: Diseño de la obra de desvío del Proyecto Hidroeléctrico La Parota, Gro, Con un Análisis de Riesgo, UNAM, Facultad de Ingeniería, 2007
6. López Ferrer F.J., Tesis de licenciatura: Teoría de la Confiabilidad aplicada al diseño de obras de desvío en presas, UNAM, Facultad de Ingeniería, 1999.
7. Barrera Aguirre, Yolanda, Tesis: Pruebas de la Campaña de Exploración 2003, para Caracterizar el Macizo Rocosó de la P. H La Parota, UNAM, Facultad de Ingeniería, 2007.
8. CFE, Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil, Subgerencia de Estudios Geológicos y Geofísicos" Geología Regional, Proyecto Hidroeléctrico La Parota, PHP-GR-01/04, Noviembre 2004.
9. Lizardi Johnson David, Tesis: Consideraciones Generales para el Diseño de Túneles en Roca, UNAM, ENES Aragón, 2005.
10. Torres Herrera F, Obras Hidráulicas, Ed. Limusa, 1980.
11. Marengo Mogollón H, Eventos Extremos de 1999 en el Sureste Mexicano. Actualización del Análisis del Complejo Hidroeléctrico Grijalva, en Chiapas, México Volumen XII, núm. 4 pág. 87-118, octubre-diciembre 2003,
12. Marengo Mogollón H, Programas para el Cálculo del Comportamiento Hidráulico en Túneles de Conducción Funcionando a Tubo Lleno

- Considerando Rugosidades Compuestas. 03-2004-070612272900-01, México D.F., 2004.
13. Cortés Cortés Carlos, Tesis de Maestría, Estudio Experimental en Túneles de Sección Portal con Rugosidad Compuesta para Obras de Desvío, UNAM, Facultad de Ingeniería, enero 2005.
 14. CFE, Gerencia Estudios de Ingeniería Civil, Departamento de Mecánica de Rocas e Inyecciones, Informe 04-125-SGM/R, “Recomendaciones de tratamientos para las Obra de Desvío, Obra de Excedencias y Obra de Generación”, 30 de diciembre de 2004.
 15. León Valdez, Brenda, Tesis de Licenciatura, Reubicación de los Poblados Acapulco de Juárez, UNAM, Facultad de Arquitectura, 2007
 16. CFE, Residencia General de Construcción, Túneles del Río Grijalva, Gacetas Informativas núm. 1-5-6, 2010
 17. CFE, Subdirección de Proyectos y Construcción, Planeación Integral y Procedimiento Constructivo, Anexo AT3, 2009
 18. CFE, Residencia de Obras Civiles, Proyecto Contingencia Grijalva, Chiapas Túneles de Conducción, octubre 2008
 19. CFE, Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos, Archivos electrónicos, Proyecto La Parota, Obra de Desvío, Guerrero, 2011
 20. González de Vallejo, Luis I, Ingeniería Geológica, Ed Prentice Hall, Madrid 2002.
 21. Marsal J. R. Presas de Tierra y Enrocamiento, Ed limusa, 1975
 22. Facultad de Ingeniería, Apuntes de la materia Temas Selectos Terminales de Construcción “Construcción de Túneles”, 2011
 23. CFE, Programa de Obras e Inversión del Sector Eléctrico 2011-2025, POISE, Subdirección de Programación y Coordinación de Planificación, 2010.
 24. AMH, Revista Digital Tlaloc, Edición 50, Artículo 02, marzo 2011.