



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA**

**“IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO
HIDROELECTRICO LA YESCA”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

PRESENTA

CARLOS PULIDO ALVA

ASESOR DE TESIS

M.I. ADRIANA CAFAGGI FELIX



MEXICO, D.F.

OCTUBRE DEL 2007

Agradezco la colaboración de:

Arq. Joaquín Marruffo Ruiz.- Subdirector del Sector Turístico Zona Sur
Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental
de SEMARNAT

A:

Lupita, por su apoyo, amor y paciencia.

Mariana, Carlos y Lorena, para dar ejemplo de cumplimiento de objetivos.

Mis Padres, que están con EL.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/091/07

Señor
CARLOS PULIDO ALVA
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso la profesora M.I. ADRIANA CAFAGGI FÉLIX, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO LA YESCA"

- INTRODUCCIÓN
- I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO
- II. ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL SOCIOECONÓMICO
- III. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES
- IV. MEDIDAS DE MITIGACIÓN
- V. CONSTRUCCIÓN
- VI. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 19 de Septiembre del 2007.
EL DIRECTOR

MTRO. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA
GGZ/RSU/gar.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/091/07

M.I. ADRIANA CAFAGGI FÉLIX
Presente

El señor CARLOS PULIDO ALVA de la carrera de INGENIERO CIVIL, me ha solicitado designar al profesor que le señale Tema de Tesis para su Examen Profesional.

En atención a esa solicitud ruego a usted se sirva formular el Tema solicitado y enviarlo a esta Dirección para comunicarlo oficialmente al interesado.

Doy a usted de antemano las más cumplidas gracias por su atención y le reitero las seguridades de mi consideración más distinguida.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 19 de septiembre de 2007
EL DIRECTOR

MTRO. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA

GGZ/RSU*crc

“IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO LA YESCA”

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

- I.1 Características principales
- I.2 Superficie y tenencia de la tierra
- I.3 Asentamientos humanos
- I.4 Economía e infraestructura
- I.5 Ubicación del proyecto
- I.6 Inversión requerida
- I.7 Descripción de obras y actividades
- I.8 Vinculación con instrumentos normativos.

II. ASPECTOS GENERALES DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO

- II.1 Delimitación del sistema ambiental
- II.2 Medio terrestre
- II.3 Medio socioeconómico

III. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

- III.1 Estructura y funcionamiento del sistema con el proyecto
- III.2 Etapa de construcción
 - III.2.1 Subsistema acuático
 - III.2.2 Subsistema terrestre
 - III.2.3 Subsistema social
- III.3 Etapa de llenado del embalse
 - III.3.1 Subsistema acuático
 - III.3.2 Subsistema terrestre
- III.4 Regulación del flujo

IV. MEDIDAS DE MITIGACIÓN

- IV.1 Medio físico
- IV.2 Medio biótico
- IV.3 Medio socioeconómico
- IV.4 Impactos residuales

V. CONSTRUCCIÓN

- V.1 Preparación para la construcción
- V.2 Descripción de los Procesos Constructivos

VI. CONCLUSIONES

INTRODUCCIÓN

Con objeto de satisfacer las demandas de energía eléctrica del país y diversificar las fuentes de generación, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) ha desarrollado los estudios conducentes para el aprovechamiento del Río Santiago a través del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca.

En México, la planeación, diseño, construcción y operación de sistemas de generación de energía eléctrica, así como su transmisión y distribución, son atribuidas a la CFE, como organismo público descentralizado del Gobierno Federal. Esto con el objeto de producir energía eléctrica en cantidad suficiente para satisfacer la demanda de los usuarios y evitar que un déficit en la producción limite los planes nacionales de desarrollo. Tomando en cuenta lo anterior, CFE desarrolló un análisis profundo de diversas alternativas para satisfacer la demanda futura de energía eléctrica en el país. Una de estas alternativas fue una serie de plantas hidroeléctricas sobre el Río Santiago.

Estas grandes obras de ingeniería por su naturaleza y magnitud provocarán cambios al medio ambiente, ya sean de carácter temporal ó permanente, y sus efectos se sentirán en una gran superficie, lo cual no tiene porqué ser intrínsecamente negativo. La infraestructura proyectada debe llegar a mantener vínculos positivos de compatibilidad con el ecosistema de modo que lo preserve, le de valor añadido como recurso, retrase el deterioro ambiental modificando la tendencia de cambio o, incluso, restaure el sistema original alterando las condiciones existentes.

Para la realización de este gran proyecto hasta su conclusión se hace necesario un trabajo interdisciplinario en el que cada rama de las ciencias aporte la parte que le corresponde. En conjunto con la CFE, se realizó la supervisión e integración del estudio final. Así mismo se contó con el apoyo de otras instituciones educativas como lo es el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) quienes facilitaron información bibliográfica, así como la disposición de sus instalaciones y equipos en algunas áreas que integran el estudio, especialmente en el área de Hidrología y Geomorfología.

Para analizar dicho impacto es necesario contar con una amplia gama de profesionales de diferentes ramas de la ciencia que en un trabajo multi-disciplinario analice las causas y efectos de dicha obra, sobre el medio ambiente. La CFE estableció un convenio con la Universidad de Guadalajara para elaborar la Manifestación de Impacto Ambiental en la Modalidad Regional, conformando para ello un grupo multi-disciplinario de 111 universitarios, entre académicos y personal profesional integrado en sus respectivas áreas, de éstos 10 cuentan con nivel Doctorado, 30 con Maestría en Ciencias, 35 con nivel licenciatura, 14 pasantes y 2 personas como apoyo.

En este trabajo de tesis se presentan las características del proyecto hidroeléctrico La Yesca, así como la metodología seguida para evaluar el impacto ambiental; dicho estudio de Manifestación ingresó a la SEMARNAT el 7 de febrero del 2006 y se resolvió con autorización condicionada el 21 de julio del mismo año.

I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto PH La Yesca contempla la construcción de una presa de 210 m de altura (en su tipo la más alta del mundo), para regular los escurrimientos del Río Santiago y Bolaños mediante la formación de un vaso de almacenamiento que permitirá la generación hidroeléctrica; la superficie inundable (área de embalse) asciende a 3 492 ha, en su nivel máximo extraordinario, involucrando 64 habitantes afectables. La Yesca ocupará el tercer lugar en potencia instalada y generación dentro del sistema hidrológico del Río Santiago y está conceptualizado como planta de generación para horas picos de consumo de energía eléctrica, con una potencia total instalada de 750 MW con dos unidades generadoras para una generación total anual estimada de 1 210 GWh.

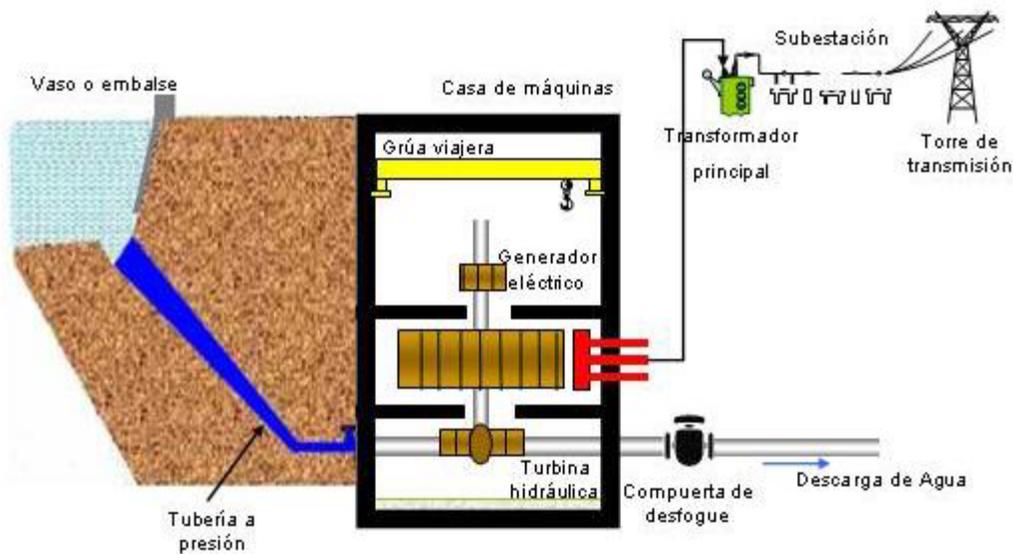


Figura 1.1 Diagrama de una planta hidroeléctrica

La participación de la hidroelectricidad ha disminuido en los últimos años como fuente de energía en nuestro país, al cierre del mes de marzo de 2007, la CFE contó con una capacidad efectiva instalada para generar energía eléctrica de 48 259,59 Megawatts (MW), de los cuales: 10 321,90 MW son de productores independientes (termoeléctricas) (21,39%); 10 669,98 MW son de hidroeléctricas (22,11%); 22 257,86 MW corresponden a las termoeléctricas de CFE (46,12%); 2 600,00 MW a carboeléctricas (5,39%); 959,50 MW a geotermoeléctricas (1,99%); 1 364,88 MW a la nucleoelectrica (2,82%), y 85,48 MW a la eoloelectrica (0,18%).

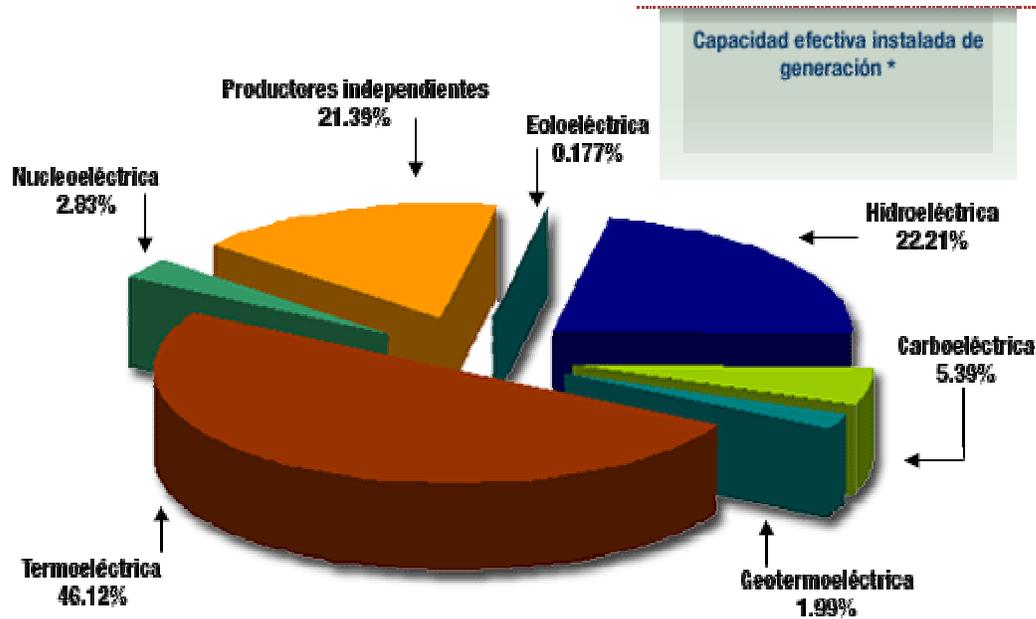


Figura 1.2 Participación de capacidad efectiva instalada de generación de electricidad (Fuente CFE, marzo 2007)

Algunas de las ventajas de las centrales hidroeléctricas son:

- Contribuir eficientemente para satisfacer la demanda de electricidad en las horas pico (cuatro horas al día en promedio), dada su facilidad de entrar y salir de operación en tan solo unos pocos minutos, además, cubren eficientemente las fallas de centrales termoeléctricas, evitando interrupciones de energía en el sistema, lo cual provocaría enormes pérdidas económicas al país.
- Disminuyen sustancialmente los costos de operación del sistema eléctrico nacional, ya que pueden utilizarse como condensadores síncronos, regulando los efectos desfavorables del flujo de energía en las líneas de transmisión.
- Conceptualmente, representan grandes acumuladores al almacenar la energía potencial del agua mediante sus embalses; así se puede adecuar la operación a las necesidades diarias, semanales o mensuales para satisfacer la demanda de los diferentes usuarios.
- Evita que el sistema dependa excesivamente de los hidrocarburos utilizados por la mayoría de las centrales termoeléctricas.

Para la región de la cuenca del río Santiago algunas ventajas son:

- La incorporación de la energía generada en esta central a las líneas de transmisión existentes en la zona requiere de una baja inversión.

- Al regular las avenidas de los Ríos Bolaños y Santiago, su embalse beneficiará a las presas Aguamilpa y El Cajón, lo que incrementará su generación firme y se reducirá la probabilidad de derrames por el vertedor.
- La formación del embalse no requerirá de grandes relocalizaciones de habitantes pues la población afectable solo alcanza 64 individuos, de los cuales 23 se encuentran en el área inundable y el resto cercanos al área propuesta para campamento. Adicionalmente, en las 3 492 has. de superficie afectable no existen condiciones únicas o excepcionales y el ecosistema está representado dentro y fuera del embalse.

Para el caso particular del proyecto hidroeléctrico La Yesca, que tendrá una potencia instalada de 750 MW y una generación proyectada anual de 1 210 GW h, esta corresponde a un tiempo de generación anual $t = 1\,613$ h/año, que corresponde a un 18,41% del total de horas anuales; esto representa una generación promedio de 4,41 h / día.

Esta obra se pretende instalar a la máxima capacidad de generación eléctrica por lo que no se pretende ninguna ampliación en el futuro.

Sustituir la generación proyectada anual de 1 210 GW h por una central termoeléctrica requeriría de un consumo de 2'063 000 barriles de combustibles anuales.

A continuación se muestra un comparativo nacional de proyectos hidroeléctricos con respecto a la superficie de embalse y población involucrada:

Tabla 1.1 Comparativo de Centrales Hidroeléctricas Fuente CFE marzo 2007

Proyecto o Central generadora	Potencia instalada (MW)	Superficie de embalse (ha)	Superficie / Potencia (ha/ MW)	Población involucrada (hab)	Población / Potencia (hab/MW)
Malpaso	1 080	30 000	27,78	3 500	3,24
Infiernillo	1 000	40 000	40,00	6 000	6,00
Aguamilpa	960	12 800	13,33	870	0,91
La Angostura	900	62 925	69,92	15 480	17,20
Caracol	594	3 960	6,67	5 500	9,26
El Cajón	750	4 100	5,47	210	0,28
La Yesca	750	3 492	4,66	64	0,08
Peñitas	426	6 930	16,27	2 420	5,68
Huites	422	9 457	22,41	1 350	3,20
Temascal	354	64 250	181,50	22 000	62,15
Zimapán	292	2 290	7,84	2 500	8,56
El Novillo	135	11 400	84,44	10 000	74,07

De la tabla 1.1 se puede inferir que el Proyecto Hidroeléctrico La Yesca es por mucho, de entre los proyectos hidroeléctricos del país el más eficiente en cuanto a superficie por potencia generada y en cuanto a población desplazada por potencia generada.

Su embalse contribuirá a regular los escurrimientos de su cuenca y beneficiará a las centrales hidroeléctrica Aguamilpa y El Cajón, este último recientemente en operación, ya que al recibir su vaso las aportaciones reguladas del río, incrementará su generación firme y se reducirán las probabilidades de derrama por el vertedor. Otros beneficios derivados de la realización del proyecto son la creación de más de 5 000 empleos directos y 5 000 indirectos con la importante derrama económica en la región.

El embalse podrá utilizarse como vía fluvial de comunicación y comercialización y el camino de acceso al proyecto permitirá el cruce del Río Santiago comunicando a la zona serrana del estado de Nayarit.

I.1 Características principales

N*	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN
1)	Número de unidades	2 turbinas tipo Francis vertical
2)	Capacidad por unidad	375 MW cada una
3)	Superficie del embalse	3 492 ha
4)	Capacidad del embalse	
	NAMO	2 293 Mm ³
	NAME	2 393 Mm ³
	NAMINO	901 Mm ³
5)	Tipo de cortina	Enrocamiento con cara de concreto
	Superficie para estructuras	
	Contención	18,0 ha
	Generación	3,5 ha
	Excedencias	7,5 ha
	Desvíos	3,5 ha
6)	Obras de generación	
	Obras de toma	En rampa y canal a cielo abierto con 0,353 Mm ³ de excavación.
	Tuberías a presión	2 de 7,50 m. de diámetro con camisa metálica, longitud de 193,3 m y carga bruta de diseño de 180 m
	Casa de máquinas	Subterránea de 22.2 x 48,3 x 95 m
	Subestación de potencia	Blindada con dispositivos SF ₆
	Galería de oscilación	Subterránea de 15 m de ancho, 51 m de altura y 60 m de longitud.
7)	Obra de excedencias	3 túneles de sección arco recortado de 13 x 15 m y longitud total de 1 740 m ; capacidad de descarga de 14 264 m ³ /s con 6 compuertas radiales de 13,5 m x 20 m.
8)	Obras de desvío	

- | | |
|---------------------|--|
| Túneles de desvío | 2 túneles de sección portal de 14 x 14 m. y longitud total de 1 547 m; capacidad de descarga de 4 828 m ³ /s. |
| Ataguías | De materiales graduados ambas, aguas arriba y aguas abajo. |
| 9) Desfogue | Túnel de sección portadle 13,8 x 13,8 m y 271 m de longitud. |
| 10) Nuevos poblados | Se tiene previsto un sitio para reacomodos localizado en la misma superficie habitacional del plano de ocupación de obras. |

En cada uno de los proyectos que la Comisión Federal de Electricidad realiza en territorio nacional, se pone en marcha un programa de desarrollo social que tiene como objetivos identificar y diagnosticar las características del sitio donde se realizan trabajos.

Por lo anterior, el programa contempla un análisis de la dinámica y estructura social de los asentamientos humanos, incluyendo aquellos elementos básicos considerados de interés para la comunidad. La problemática socioeconómica, política y cultural, son algunos más de los aspectos considerados en el análisis y cuyos resultados presentamos a continuación:

I.2. Superficie y tenencia de la tierra

El embalse del proyecto comprende una superficie de 3 492 ha, a las que corresponden:

2 134 ha	54,1 %	Municipio La Yesca, Nayarit
505 ha	12,8 %	Municipio de Jala, Nayarit
879 ha	22,3 %	Municipio de Santa María del Oro, Nayarit
259 ha	6,6 %	Municipio de Ixtlán del Río, Nayarit
165 ha	4,2 %	Municipio de Hostotipaquillo, Jalisco

El área del futuro vaso involucra la afectación parcial de 14 predios. La tenencia de la tierra corresponde:

4 predios	21,8 %	Propiedad ejidal
1 predio	58,7 %	Comunidad indígena
9 predios	4,4 %	Propiedades privadas

El resto corresponde a la zona federal del río Santiago.

I.3. Asentamientos humanos

Se identificaron también 12 asentamientos humanos, de los cuales "El Ciruelo" constituye el de mayores dimensiones con cien habitantes y 11 poblados restantes con población menor a 30 habitantes. En total suman 173 pobladores agrupados en 68 viviendas (Censo CFE, 2003).

Los pobladores son en mayor proporción de origen mestizo (91%) y los restantes (9%) pertenecen al grupo étnico huichol.

I.4. Economía e infraestructura

La principal actividad económica es la agricultura de autoconsumo, complementada con la explotación ganadera en forma extensiva. La producción agrícola localizada en el área del proyecto es de maíz, pastos y algunos árboles frutales.

En esa zona se localizan 68 viviendas y una instalación abandonada que sirvió para triturar y lavar material de explotación (oro, plata, cobre y otros) en antiguas minas.

I.5. Ubicación del Proyecto

El sitio previsto para la construcción de las obras del proyecto se encuentra sobre el cauce principal del Río Santiago, 6 km aguas abajo de la confluencia con el Río Bolaños y 62 km aguas arriba de la cortina de la presa El Cajón. El embalse abarcará superficies de los Estados de Jalisco y Nayarit ya que el límite entre ambos es el Río Santiago. Las obras principales se ubicarán en los municipios de Hostotipaquillo, Jal. y La Yesca, Nay., sobre terrenos de régimen particular. El proyecto se localiza a 109,5 km de la ciudad de Guadalajara; de esta distancia, 60 km corresponden a la maxipista Guadalajara-Tepic, 15 km al tramo de la carretera federal No. 15 entre Magdalena y el entronque al poblado de Hostotipaquillo, 8 km al camino pavimentado que llega a esta última población, 20 km a la actual terracería entre Hostotipaquillo y el caserío Mesa de Flores, los otros 6,5 km corresponden a una brecha que baja hasta el río. Las localidades más cercanas al proyecto son los caseríos Mesa de Flores y Paso de La Yesca, a 6 y 8 km, respectivamente, así como el poblado de Hostotipaquillo a 27 km (Figura 1.6).

Las coordenadas geográficas del sitio del proyecto son 21° 11' 49" de Latitud Norte y 104° 06' 21" de Longitud Oeste, que corresponde al sitio de la cortina.



Figura 1.3 Río Santiago y sus sistemas hidroeléctricos



Figura 1.4 Región hidrológica N° 12 Lerma-Chapala-Santiago

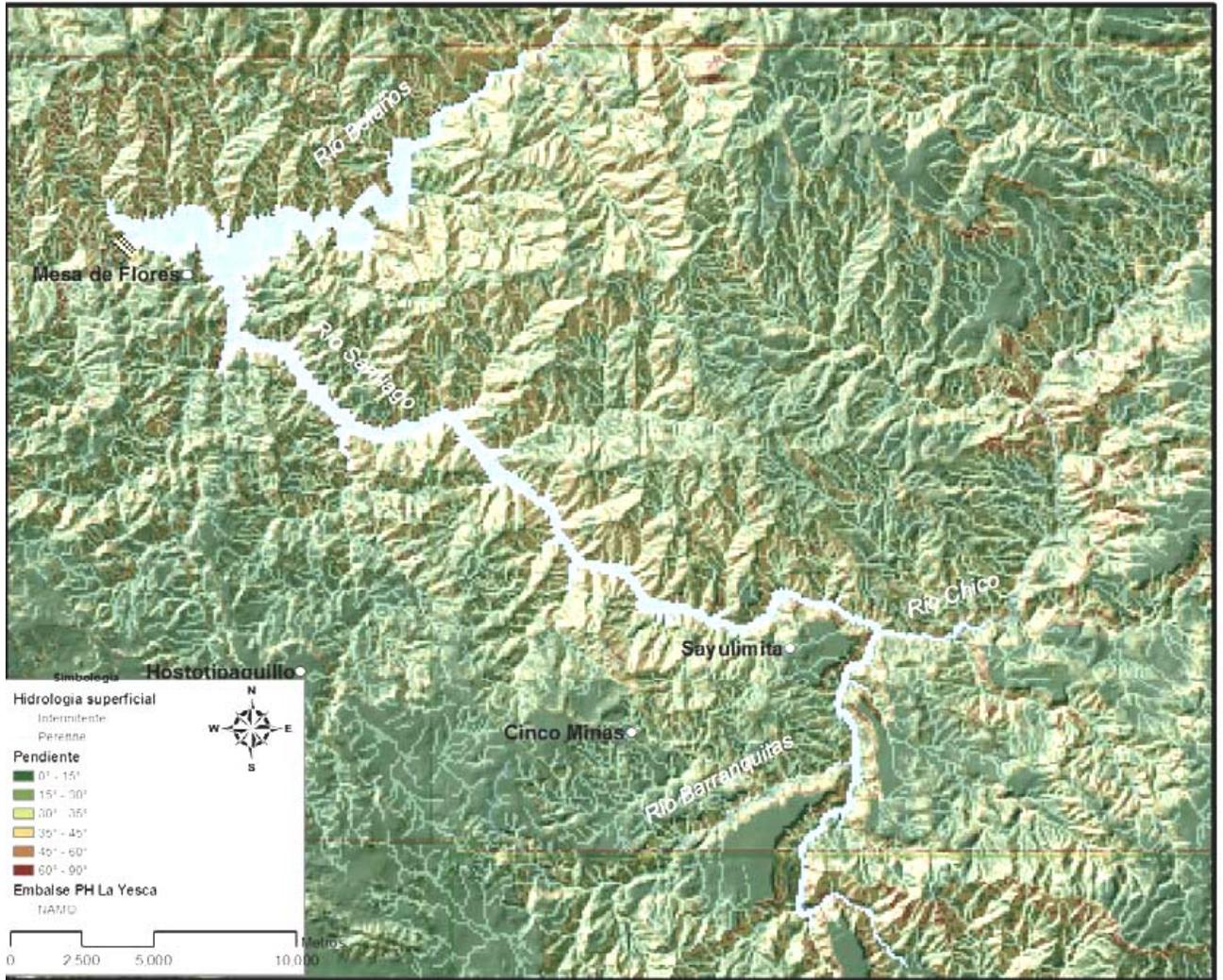


Figura 1.5 Modelo de pendientes con el embalse de La Yesca.

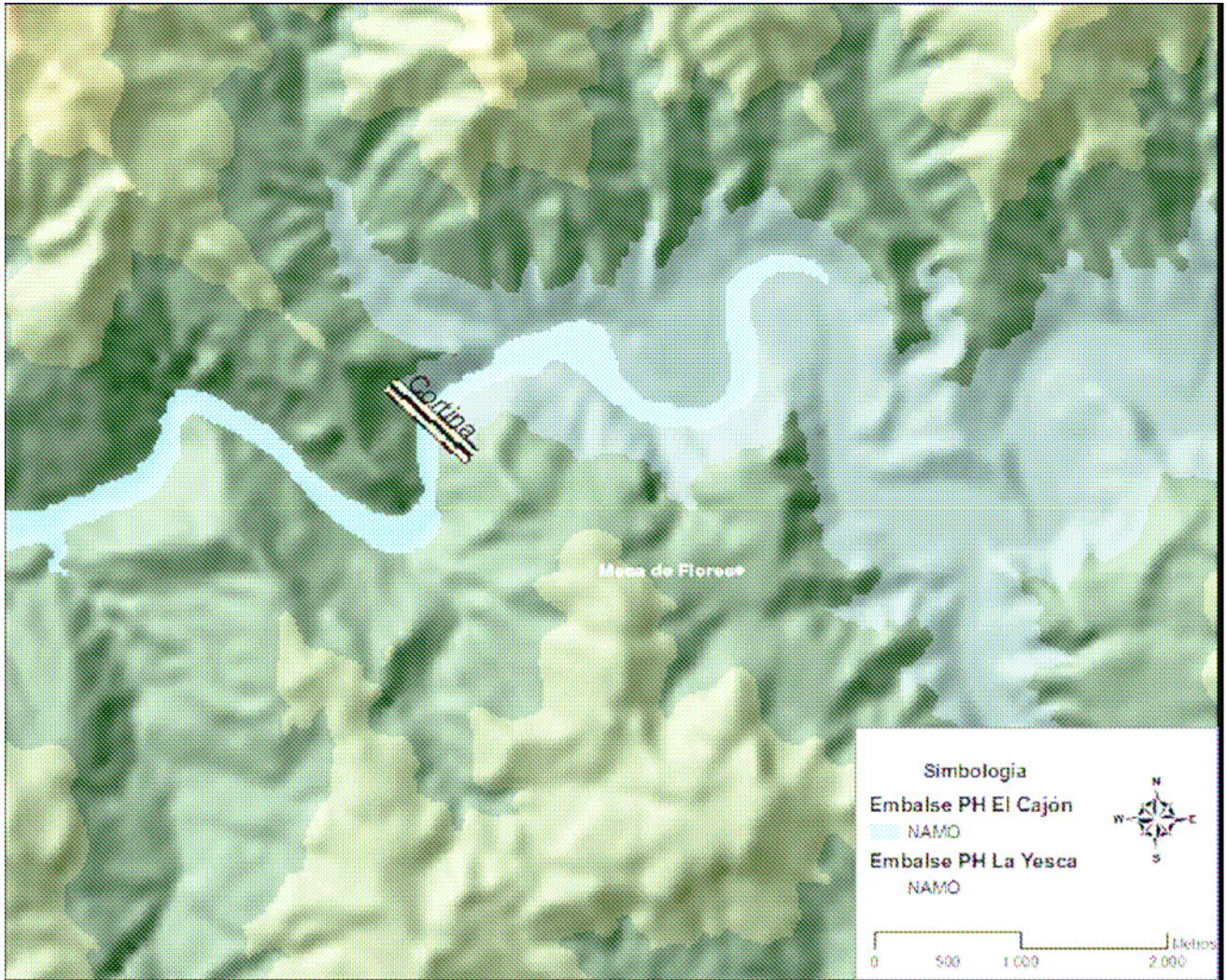


Figura 1.6 Posiciones relativas del embalse El Cajón y cortina del PH La Yesca

- Baja densidad poblacional involucrada por el embalse.
- Inexistencia de grupos étnicos.
- Mínima infraestructura afectable.

Se puede aseverar que en el sitio seleccionado no se pone en riesgo ningún hábitat extraordinario ni se amenaza la sobrevivencia de alguna especie protegida, ya que las áreas que se inundarán corresponden al mismo tipo de vegetación que se extiende prácticamente a todo lo largo del cañón del Río Santiago.

Los estudios socio ambientales preliminares realizados, asociados con los criterios utilizados para la selección del sitio, fueron contundentes para elegir el sitio actual del proyecto como la mejor opción para su realización.

I.6. Inversión requerida

La inversión requerida para la construcción del proyecto según CFE comprende:

Tabla 1.2 Estimación de costos para el PH "La Yesca" Fuente CFE marzo 2007

CONCEPTO	OBRA CIVIL	MECÁNICA	OBRA ELECTRO	TOTAL
Infraestructura	547,55		---	547,55
Obra de desvío	453,39		107,30	560,69
Obra de contención	2 125,42		---	2 125,42
Obra de generación	883,55		1 632,60	2 516,15
Obra de excedencias	1 537,00		129,78	1 666,79
Afectaciones	144,09		---	144,09
Imprevistos (incluye administración)				595,30
Total del proyecto (millones de \$)				8 156,02

I.7. Descripción de obras y actividades principales

Las obras principales que comprende el proyecto son:

- obras de infraestructura (camino, campamentos),
- obras de desvío del río (túneles y ataguías),
- obra de contención para contener el embalse (cortina),
- obras de excedencias para la derrama de agua en caso de avenidas extraordinarias (vertedor) y
- obras de generación de energía (obra de toma, casa de máquinas, desfogue y subestación eléctrica). Las obras principales están relacionadas entre sí tanto en la construcción como en la operación, durante la construcción se desarrollan vialidades o caminos provisionales, así como la vialidad definitiva para el acceso a la central hidroeléctrica.

La cortina será de enrocamiento compactado con cara de concreto en el frente aguas arriba, tendrá una altura máxima de 210 m y un volumen aproximado de terracerías de 12 200 000 m³.

Los niveles de control, elevación y capacidades del embalse son:

Tabla 1.3 Niveles y Capacidades de almacenamiento para el PH "La Yesca" Fuente CFE marzo 2007

Cota	Descripción	Elevación msnm	Capacidad m ³
	Corona de la cortina	580	
NAME	Nivel de aguas máximas extraordinarias	578	2 393 000
NAMO	Nivel de aguas máximo de operación	575	2 293 000
NAMINO	Nivel de aguas mínimo de operación	518	901 000

El embalse tendrá una capacidad para regulación de avenidas de 100 000 m³. El volumen útil para generación será de 1 392 000 m³.

Definiciones:

NAME -----

(Nivel de aguas máximo extraordinario)

NAMO -----

(Nivel de aguas máximas de operación)

Regulación

NAMINO -----

(Nivel de aguas mínimo de operación)

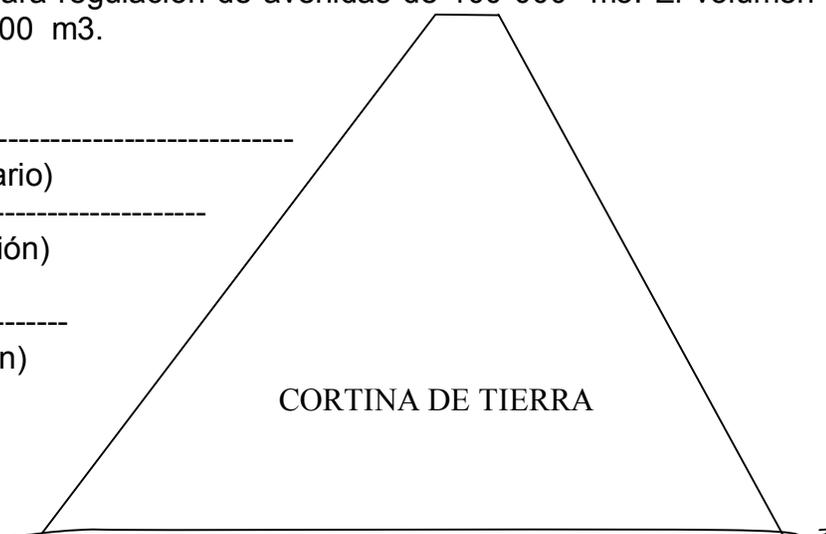


Figura 1.8 Corte longitudinal de una cortina de tierra y definiciones de cotas

1.8. Vinculación con instrumentos normativos.

Con relación a los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables, se verificaron los Planes de Desarrollo Nacional, Estatales de Jalisco y Nayarit, Programa Sectorial de Energía, Planificación de los municipios de Amatitán, Hostotipaquillo, Magdalena y Tequila del Estado de Jalisco y La Yesca del Estado de Nayarit; resultando que éstos no pueden ser considerados plenamente como regulatorios del P.H. La Yesca. De la misma forma, no se puede dejar de estimar los mismos por su importancia inherente en la zona de influencia y en la vida legal de las comunidades señaladas y no obstante que en los Planes referidos no se marcan las actividades o líneas de acción específicas para el cumplimiento de las políticas municipales que pudieran ser de aplicación directa e inherente a las labores de construcción del PH La Yesca, es de entender que la ejecución del proyecto resulta ser totalmente compatible con las políticas de desarrollo económico, industrial, social y urbano establecido por los referidos municipios. Por otra parte, de los instrumentos normativos, leyes, reglamentos y normas, relacionados con el proyecto en sus diferentes etapas de

preparación, construcción, operación y abandono, se constató que la MIA prevé las acciones y medidas de mitigación suficientes para dar pleno cumplimiento al marco legal aplicable, generando una tabla que contiene la norma, los requerimientos específicos y la forma de atención para cada actividad de ingerencia directa con el proyecto.

La zona donde se ubica el Proyecto Hidroeléctrico La Yesca no se encuentra en alguna de las áreas naturales protegidas catalogadas dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas de México. Las más cercanas al sitio del proyecto son El Bosque La Primavera ubicado aproximadamente a 80 km en línea recta del sitio del proyecto, en las inmediaciones de los Municipios de Zapopan, Tlajomulco de Zúñiga, Tala y El Arenal, Jalisco; así como el Área Municipal de Protección Hidrológica “Barranca del Río Santiago” que se ubica en el Municipio de Zapopan, Jalisco.

Tabla 1.4 Cuadro de vinculación con los principales instrumentos normativos con el proyecto

NORMATIVA	REQUERIMIENTO(S) ESPECÍFICO(S)	FORMA DE ATENCIÓN
<p>Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y sus Reglamentos y NOM'S de aplicación</p>	<p>I.- Artículos 15, 17 y 19. Relacionados con las políticas ambientales y la planeación y el uso de los ordenamiento ecológicos del territorio.</p> <p>II.- Artículos 28, 29, 30, 35 Bis 1 y 36. Relativos a la evaluación del impacto ambiental y el cumplimiento de los criterios, parámetros y lineamientos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas. Artículo 5 a), k) y o), 9, 10, 13, 14, 17,</p>	<p>I.- Se hace uso de los diferentes ordenamientos ecológicos del territorio y los planes parciales de desarrollo urbano.</p> <p>La MIA del PH La Yesca se encuentra elaborada atendiendo los principios de política ambiental que la autoridad se encuentra obligada a atender en el proceso de evaluación.</p> <p>Además, el PH La Yesca forma parte de las obras de infraestructura hidráulica que se prevén en el Plan Nacional de Desarrollo.</p> <p>De la misma manera, la MIA del PH La Yesca se encuentra elaborada tomando en cuenta los criterios que la autoridad debe atender en la elaboración del Ordenamiento Ecológico del Territorio, independientemente de que tales disposiciones no implican el establecimiento de una acción o medida de mitigación o compensación específica.</p> <p>II.- Mediante la presentación de esta Manifestación de Impacto Ambiental, se da pleno cumplimiento a lo ordenado por las disposiciones relativas vigentes, ya que el PH La Yesca se considera una obra o actividades cuya</p>

	<p>18, 19, 27, 28, 51 y 53 del Reglamento en materia de Impacto Ambiental que regulan el proceso de elaboración y presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental.</p> <p>NOM-060-SEMARNAT-1994, NOM-061-SEMARNAT-1994, NOM-062-SEMARNAT-1994, NOM-120-SEMARNAT-1997, NOM-138-SEMARNAT/SS-2003, Proy-NOM-084-SEMARNAT-2003., NOM-113-SEMARNAT-1998., NOM-114-SEMARNAT-1998., PROY-NOM-083-SEMARNAT-2003.</p> <p>III.- Artículos 79, 80, 81, 87 y 87 Bis. Relacionados con la preservación y aprovechamiento de la vida silvestre.</p> <p>NOM-059-SEMARNAT-2001., NOM-007-SEMARNAT-1997.</p>	<p>evaluación en materia de impacto ambiental corresponde a la Federación; asimismo, en su elaboración están considerados los reglamentos, y Normas Oficiales Mexicanas aplicables, así como una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente; también se incorporan las mejores técnicas y metodologías existentes, así como la información y medidas de prevención y mitigación más efectivas y los objetivos de las normas oficiales mexicanas que le aplican directamente y las que aplican indirectamente.</p> <p>III.- Las diferentes etapas del proyecto dan pleno cumplimiento con lo dispuesto por la normatividad en materia de vida silvestre, ya que se toman en cuenta los criterios de preservación y conservación de la flora y fauna silvestre previstos en la legislación, motivo por los que, en la MIA del PH La Yesca se prevén acciones y medidas de mitigación y de compensación tendientes al rescate, protección y conservación de las especies de la vida silvestre, independientemente de que el área de influencia del proyecto, no existe veda alguna decretada por la autoridad competente y que el PH La Yesca no contempla el aprovechamiento de especies de la vida silvestre.</p>
--	--	--

	<p>IV.- Artículos 88, 89, 90, 91, 93 y 95 Relativos al aprovechamiento sustentable del agua y los ecosistemas acuáticos. NOM-001-SEMARNAT-1996.</p> <p>V.- Artículos 98, 99, 100 y 101. Relacionadas con la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo.</p> <p>VI.- Artículos 110 y 111 Bis. Donde se desprenden las medidas legales para la prevención y control de la contaminación de la atmósfera. Artículos 16, 17, 18, 19, 25, 28, 31, 32 del Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera. Establece los trámites, obligaciones y</p>	<p>IV.- El proyecto considera el cumplimiento de las disposiciones para el aprovechamiento sustentable del agua y los ecosistemas acuáticos en la totalidad de sus acciones y medidas de mitigación y compensación, tomando en cuenta los criterios que la autoridad competente debe de atender durante el proceso de evaluación de la MIA del PH La Yesca, incluyendo los objetivos de la normas oficiales mexicanas aplicables, incluyendo las acciones necesarias para evitar, y en su caso, controlar procesos de eutroficación, salinización y cualquier otro proceso de contaminación en las aguas nacionales, independientemente de que el PH La Yesca no contempla actividades pesqueras.</p> <p>V.- El PH La Yesca se vincula con los criterios ambientales previstos en la legislación ambiental y con las normas oficiales mexicanas, previendo que en las zonas afectadas por las obras y actividades, deban llevarse a cabo las acciones de regeneración, recuperación y rehabilitación necesarias, a fin de restaurarlas, incluyendo las autorizaciones para el aprovechamiento de recursos forestales, estableciendo un aprovechamiento sustentable de ese recurso y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas selváticos.</p> <p>VI.- Se da cumplimiento a las obligaciones normativas, toda vez que el PH La Yesca toma en cuenta que las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire</p>
--	---	---

	<p>prohibiciones relacionadas con las emisiones contaminantes a la atmósfera, tanto de fuentes fijas como fuentes móviles de jurisdicción federal. NOM-041-SEMARNAT-1999., NOM-043-SEMARNAT-1993., NOM-044-SEMARNAT-1993., NOM-045-SEMARNAT-1996 (antes NOM-045-ECOL-1996). NOM-050-SEMARNAT-1993.</p> <p>VII.- Artículos 117, 118, 121, 122, 123, 124 y 129. Donde se establecen los criterios y las medidas para prevenir y controlar la contaminación del agua y de los ecosistemas acuáticos.</p> <p>VIII.- Artículos 134, 135, 136, 139, 140 y 143. Regulaciones en- caminadas a prevenir y controlar la contaminación del suelo.</p>	<p>satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico, tomando en cuenta la facultad de la autoridad Federal para autorizarlas. Lo anterior, no obstante que el PH La Yesca no prevé el establecimiento de fuentes fijas de jurisdicción federal, sin embargo, se atienden las disposiciones legales que aplican en caso de que exista emisión de olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera cuya autorización corresponda a la autoridad federal. Asimismo, la medición de emisiones contaminantes a la atmósfera se prevé conforme lo dispuesto en las normas oficiales mexicanas aplicables a cada fuente, incluyendo la emisiones de olores, gases, así como de partículas sólidas y líquidas a la atmósfera que se generen por fuentes móviles, tomando en cuenta que éstas no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión que se establecen en las normas oficiales mexicanas.</p> <p>VII.- La MIA del PH La Yesca considera el cumplimiento de las disposiciones vigentes, ya que los criterios para la prevención y control de la contaminación del agua están tomados en cuenta en las medidas de mitigación, por lo que respecta al manejo del agua residual de las plantas de tratamiento que se operaran durante la construcción y operación del proyecto, en el entendido de que las aguas nacionales afectables no se utilizan para el abastecimiento de centros de población.</p> <p>VIII.- El PH La Yesca, en el manejo de los residuos sólidos municipales considera los criterios para la prevención y control de la</p>
--	--	--

	<p>IX.- Artículo 147. Disposición que prevé la regulación de las actividades consideradas altamente riesgosas y la prevención de accidentes.</p> <p>X.- Artículos 150, 151, 151 Bis y 152 Bis normatividad que regula el manejo de los residuos peligrosos. Artículos 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23 y 24 del Reglamento en materia de Residuos Peligrosos que regulan el manejo, almacenamiento, clasificación, transporte y disposición final de los mismos, así como lo demás relativo y aplicable al Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos. NOM-052-SEMARNAT-1993., NOM-053-SEMARNAT-1993., NOM-054-SEMARNAT-1993 (antes NOM-054-ECOL-1993., NOM-CRP-003-ECOL/93).</p>	<p>contaminación del suelo, incluyendo que los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos, reúnan las condiciones necesarias para prevenir o evitar su contaminación o problemas de salud. Además, se toman en cuenta los criterios de manejo, almacenamiento, transportación y disposición de los residuos peligrosos que se generarán durante las etapas de construcción y operación del proyecto, de acuerdo a lo previsto en las normas oficiales mexicanas aplicables.</p> <p>IX.- En aquellas etapas del proyecto en las que se utilizarán sustancias o materiales considerados altamente riesgosos, dado que para el caso que nos ocupa el posible manejo de estas sustancias sería solamente temporal, estas mismas serían manipuladas conforme a los índices y parámetros descritos por la Normas Oficiales Mexicanas regentes para la materia y que se encuentran previstas en el cuerpo de esta misma Manifestación.</p> <p>X.- En todas aquellas etapas y lugares del proyecto en donde habrá generación de residuos peligrosos, los mismos serán manejados y dispuestos conforme a los requerimientos específicos derivados de la misma regulación y las Normas Oficiales Mexicanas, regentes para la materia y que se encuentran previstas en el cuerpo de esta misma Manifestación.</p>
--	---	---

	<p>XI.- Artículos 155 y 156 Disposiciones que norman la generación de ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica y olores. NOM-080-SEMARNAT-1994., NOM-081-SEMARNAT-1994.</p>	<p>XI.- Atendiendo la normatividad vigente y aplicable se prevé el cumplimiento de los parámetros en las diferentes etapas del proyecto, lo anterior tal como se describe en el cuerpo de esta misma Manifestación en la cual claramente se contempla la atención y cuidado para mantener los parámetros señalados a la materia. Es importante señalar que en los casos que técnicamente corresponde, se han previsto acciones y medidas de mitigación debidamente establecidas en los demás capítulos de la presente Manifestación de Impacto Ambiental o las que en su momento, pueda llegar a determinar la autoridad Federal para el cumplimiento de las disposiciones legales anteriormente enunciadas, sin embargo, las disposiciones legales que se enlistan únicamente se nombran de forma enunciativa, sin que ello asegure la existencia del hecho relativa a las particularidades de derecho que en cada disposición se prevén.</p>
<p>Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y sus Reglamentos y NOM'S de aplicación</p>	<p>Artículos 29, 30, 32, 33, 34, 117 y 118 que prevén los criterios y políticas para el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales y la regulación del cambio de uso del suelo en los terrenos forestales. Artículos 120, 121, 123, 124, 126 y 127 del Reglamento los cuales establecen el contenido de los estudios técnicos justificativos para su elaboración y el mecanismo de evaluación y autorización correspondiente.</p>	<p>Se concluyó el Estudio Técnico Justificativo para el Cambio de Uso del Suelo en Terrenos Forestales. Se realizó el trámite correspondiente ante la SEMARNAT. Al respecto, es necesario precisar que el presente documento no prevé acciones y medidas de mitigación relacionadas con el impacto ambiental generado por el cambio en la utilización de los terrenos forestales, sin embargo, las disposiciones legales que se enlistan únicamente se nombran de forma enunciativa, sin que ello asegure la existencia del hecho relativa a las</p>

		particularidades de derecho que en cada disposición se prevén.
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y sus reglamentos y NOM'S de aplicación	Artículos 19, 21, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 45, 46, 47, 48, 67, 68 y 69, disposiciones que establecen las obligaciones relacionadas con la generación, almacenamiento temporal, transportación y disposición final de los residuos, tanto peligrosos como sólidos urbanos y de manejo especial.	El proyecto en todas sus etapas contempla acciones y medidas de mitigación tendientes a dar cabal cumplimiento de las disposiciones vigentes, por lo que se esta previendo cumplir con todos los aspectos de almacenamiento, transporte y disposición final de cualquier tipo de residuo, sin embargo, las disposiciones legales que se enlistan únicamente se nombran de forma enunciativa, sin que ello asegure la existencia del hecho relativa a las particularidades de derecho que en cada disposición se prevén.
Ley General de Vida Silvestre y NOM'S de Aplicación	Artículos 18, 19, 20, 29, 30, 31, 36, 56, 57, 58, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90 y 91, disposiciones que prevén las obligaciones legales con fines de conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre, particularmente aquellas relacionadas en las especies y poblaciones en riesgo y prioritaria para su conservación, trato digno y respetuoso de la fauna y lo relacionado con el aprovechamiento extractivo de la fauna y flora silvestre.	El proyecto se encuentra diseñado de tal manera que se asegure el cumplimiento de las disposiciones en materia de conservación y aprovechamiento sustentable de la flora y fauna silvestres, por lo que se han previsto acciones y medidas de mitigación debidamente establecidas en el resto de los capítulos de la presente Manifestación de Impacto Ambiental o las que en su momento, pueda llegar a determinar la autoridad Federal, sin embargo, las disposiciones legales anteriormente referidas únicamente se nombran de forma enunciativa, sin que ello asegure la existencia del hecho relativa a las particularidades de derecho que en cada disposición se prevén.

<p>Ley de Aguas Nacionales, sus Reglamentos y NOM'S de aplicación.</p>	<p>Artículos 7, 16, 20, 21 Bis, 23, 24 y 25, 28, 29, 29 Bis, 29 Bis I, 78, 79, 80 y 81, 85, 88, 88 Bis, 96 Bis, que establecen los criterios de utilidad pública y de aprovechamiento sustentable del agua, así como la regulación para el trámite y obtención de los permisos y títulos de concesión.</p>	<p>En la presente Manifestación de Impacto Ambiental se prevén medidas de mitigación tendientes a cumplir con los criterios establecidos en la legislación de la materia, máxime considerando que el PH La Yesca contempla que el proceso de generación de energía eléctrica se dará únicamente con el tránsito de aguas superficiales del cause que nos ocupa, sin embargo, las disposiciones legales que se enlistan únicamente se nombran de forma enunciativa, sin que ello asegure la existencia del hecho relativo a las particularidades de derecho que en cada disposición se prevén.</p>
<p>Ley Federal sobre Monumentos Históricos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos</p>	<p>Artículos 28, 29 y 30, Disposiciones que prevén las obligaciones a cumplirse una vez que se encuentran bienes arqueológicos dando aviso a la autoridad civil más cercana quien informará a su vez al INAH. Los trabajos de excavación, salvamento o exploración serán únicamente realizados por el INAH o por instituciones acreditadas por dicho Instituto.</p>	<p>Con la finalidad de compensar las posibles afectaciones en las zonas de interés arqueológico en el área de influencia del proyecto, se prevé la realización de los trámites correspondientes ante el INAH y el cumplimiento de las medidas que al efecto se ordenen, sin embargo, las disposiciones legales que se enlistan únicamente se nombran de forma enunciativa, sin que ello asegure la existencia del hecho relativo a las particularidades de derecho que en cada disposición se prevén.</p>

Normas Oficiales Mexicanas de injerencia directa al proyecto.

NOM-001-SEMARNAT-1996.- Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

NOM-007-SEMARNAT-1997 (antes NOM-007-RECNAT-1997).- Que establecen los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas.

NOM-041-SEMARNAT-1999.- Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

NOM-043-SEMARNAT-1993.- Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.

NOM-044-SEMARNAT-1993 (antes NOM-044-ECOL-1993, NOM-CCAT-007- ECOL/1993).- Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3 857 kilogramos.

NOM-045-SEMARNAT-1996 (antes NOM-045-ECOL-1996).- Que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible.

NOM-050-SEMARNAT-1993.- Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible.

NOM-052-SEMARNAT-1993.- Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-053-SEMARNAT-1993.- Establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-054-SEMARNAT-1993 (antes NOM-054-ECOL-1993, NOM-CRP-003-ECOL/93).- Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-ECOL/93 (Antes NOMCRP-001-ECOL/1993).

NOM-059-SEMARNAT-2001.- Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo.

NOM-060-SEMARNAT-1994.- Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal.

NOM-061-SEMARNAT-1994.- Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna silvestres por el aprovechamiento forestal.

NOM-062-SEMARNAT-1994.- Que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad que se ocasionen por el cambio de uso del suelo de terrenos forestales a agropecuarios.

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

NOM-081-SEMARNAT-1994.- Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

NOM-113-SEMARNAT-1998.- Que establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de subestaciones eléctricas de potencia o de distribución que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios y turísticas.

NOM-114-SEMARNAT-1998.- Que establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de líneas de transmisión y de subtransmisión eléctrica que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios y turísticas.

NOM-120-SEMARNAT-1997.- Que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos.

NOM – 138- SEMARNAT/SS-2003.- Límites Máximos Permisibles de Hidrocarburos en Suelos y las Especificaciones para su Caracterización Y Remediación.

PROY-NOM-083-SEMARNAT-2003.- Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos municipales.

PROY-NOM-084-SEMARNAT-2003.- Que establece los requisitos para el diseño de un relleno sanitario y la construcción de sus obras complementarias.

Normas Oficiales Mexicanas de aplicación concurrente.

NOM-002-SCT/2003. Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.

NOM-003-SCT/2000. Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-004-SCT/2000. Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.

NOM-005-SCT/2000. Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-007-SCT2/2002. Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.

NOM-009-SCT2/2003. Compatibilidad para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.

NOM-010-SCT2/2003. Disposiciones de compatibilidad y segregación, para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-011-SCT2/2003. Condiciones para el transporte de las sustancias y materiales peligrosos en cantidades limitadas.

NOM-012-SCT2-1995. Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal.

NOM-025-SCT2-1994. Disposiciones especiales para las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.

NOM-028-SCT2/1998. Disposiciones especiales para los materiales y residuos peligrosos de la clase 3 líquidos inflamables transportados.

NOM-011-STPS-2001. Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

NOM-019-STPS-1993. Relativa a la constitución, registro y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.

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

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

NOM-014-SSA1-1993. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.

NOM-003-CNA-1996. Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.

NOM-003-RECNAT-1996. Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de tierra de monte.

NOM-020-SSA1-1993. "Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O₃). Valor normado para la concentración de ozono (O₃) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

NOM-021-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

NOM-022-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de azufre (SO₂). Valor normado para la concentración de bióxido de azufre (SO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

NOM-023-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de nitrógeno (NO₂). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

NOM-024-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas totales (pst). Valor permisible para la concentración de partículas suspendidas totales (pst) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

NOM-025-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas menores de 10 micras (pm10). Valor permisible para la concentración de partículas menores de 10 micras (pm10) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

Enunciación de Normas Oficiales Mexicanas de carácter concurrente a la legislación ambiental y que regulan las condiciones de seguridad e higiene.

NOM-001-STPS-1999.- Edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo. Condiciones de seguridad e higiene.

NOM-002-STPS-2000.- Condiciones de seguridad prevención y combate de incendios en los centros de trabajo.

NOM-004-STPS-1999.- Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.

NOM-005-STPS-1998.- Condiciones de seguridad en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.

NOM-006-STPS-1993.- Condiciones de seguridad e higiene para la estiba y desestiba de los materiales en los centros de trabajo.

NOM-009-STPS-1999.- Equipo suspendido instalación, operación y mantenimiento condiciones de seguridad.

NOM-010-STPS-1999.- Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo, donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente de trabajo.

NOM-011-STPS-1993.- Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

NOM-015-STPS-1993.- Relativa a la exposición laboral de las condiciones térmicas elevadas o abatidas en los centros de trabajo.

NOM-017-STPS-1994.- Relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo.

NOM-018-STPS-2000.- Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo

NOM-019-STPS-1993.- Constitución y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene en el trabajo.

NOM-021-STPS-1993.- Relativa a los requerimientos y características de los informes de los riesgos de trabajo que ocurran, para integrar las estadísticas.

NOM-024-STPS-1993.- Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se generen vibraciones.

NOM-026-STPS-1998.- Colores y señales de seguridad e higiene e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

NOM-027-STPS-2000.- Soldadura y corte-condiciones de seguridad e higiene.

NOM-029-STPS-1993.- Seguridad-equipo de protección respiratoria-código de seguridad para la identificación de botes y cartuchos purificadores de aire.

II. ASPECTOS GENERALES DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO

II.1. Delimitación del sistema ambiental

El proyecto se ubicará en los límites de los Estados de Jalisco y Nayarit, cercano a las pequeñas comunidades de Mesa de Flores y Paso La Yesca, dentro del Estado de Jalisco y Nayarit, respectivamente; estas comunidades se encuentran sobre el camino de brecha que une a las cabeceras municipales de Hostotipaquillo y La Yesca. Otros involucrados por el área de inundación del proyecto son: Tequila, Magdalena y San Martín de Bolaños del Estado de Jalisco; por lo que respecta al Estado de Nayarit, el municipio es el de La Yesca.

La región que abarcan estos municipios es aproximadamente 14 741,31 km², con una población de 92 323 habitantes que viven en 737 localidades. Las cabeceras municipales concentran a la mayor parte de los habitantes y los pobladores restantes se encuentran dispersos en múltiples localidades.

Para la delimitación del Área de Estudio del Medio Físico y Natural (AEMFN) se consideraron:

- Los importantes controles topográficos sobre el sistema ambiental y los procesos de cambio.
- El aislamiento relativo del territorio al norte del Río Santiago por:
 - El gran relieve relativo,
 - Pendientes abruptas,
 - Elevadas temperaturas,
 - Escaso desarrollo de suelos,
- Contaminación de las aguas del Río Santiago,
- Los riesgos asociados a las variaciones horarias de caudal por descargas de la presa de Santa Rosa.

Inicialmente se consideraron como área de influencia del proyecto criterios hidrológicos y de cuencas por ser integradoras en el sistema ambiental. Se estableció como área de estudio preliminar el territorio de las cuencas de cursos de agua que descargarán en los Ríos Santiago y Bolaños entre las presas de Santa Rosa y de El Cajón. Los resultados de los primeros trabajos de campo y la interpretación de imágenes satelitales y aéreas, indicaron con claridad que las zonas elevadas de las cuencas y las zonas más bajas de estas mismas cuencas se relacionan principalmente por el flujo del agua superficial. El cambio abrupto de la topografía en la zona de reactivación geomorfológica del Río Santiago (representado por farallones, elevada erosión, etc.) genera directa e indirectamente condiciones de aislamiento particulares del sistema ambiental muy diferentes al de las zonas altas.

Los primeros resultados indicaron también que las condiciones de cambio natural y antrópicos repiten los patrones de aislamiento controlados por la topografía. La extensión del territorio de las cuencas consideradas inicialmente era excesiva y su estudio no generaría

información relevante de procesos de cambio sin proyecto (ni con proyecto) desde la perspectiva de los impactos ambientales.

En el cañón del Río Santiago y de sus afluentes existe una baja disponibilidad de agua para consumo humano y/o animal, las temperaturas son cálidas y representan un bajo confort, lo cual aunado a su baja accesibilidad por el relieve tan abrupto hace que estos cañones hayan quedado aislados en relación al desarrollo y alto aprovechamiento productivo que se lleva a cabo en las partes altas de estos cañones, en donde se tiene una topografía plana, clima menos extremo, disponibilidad de agua, variedad de tipos de vegetación y recursos, accesibilidad, vías de comunicación y productividad de los suelos que favorecen el desarrollo de actividades pecuarias, agrícolas, industriales así como el establecimiento de centros de población.

Las aguas del Río Santiago son de muy mala calidad, ya que reciben las aguas de toda la zona de Guadalajara y su zona conurbada; en cambio las aguas del Río Chico y Bolaños son de buena calidad. Además las temperaturas en el área de estudio representan máximas superiores a los 45° C y sus suelos en gran parte son someros con gran presencia de rocosidad.

La escasa población en esta región, las pocas vías de comunicación, la topografía accidentada y el clima extremo hace que las actividades del sector primario estén escasamente representadas, ya que la agricultura se limita principalmente a los parteaguas de los cerros, a pequeñas áreas planas junto al río, escasos cultivos de agave, pequeñas áreas de huertas frutales. La actividad ganadera de libre pastoreo también se desarrolla en partes con pendientes menos severas.

Así se puede observar que los cañones de los Ríos Santiago, Bolaños y Chico conforman un sistema ambiental con características y relaciones funcionales particulares con poca relación natural y antropogénica con la parte superior y terrenos aledaños al cañón.

Como resultado de lo anterior se consideró que la influencia del proyecto estará delimitada al área donde se inicia a acrecentar la pendiente, lo cual ocurre alrededor de la cota de 1 000 m sobre el nivel del mar y siguiendo alrededor por el contorno del embalse, dando un área aproximada de 65 000 ha, iniciando aguas arriba del Río Santiago en PH de Santa Rosa y termina 5 km aguas abajo del sitio en donde se pretende construir la cortina. Esta zona presenta características muy homogéneas en cuanto a vegetación, topografía, clima, calidad de agua y actividades agropecuarias. Esto corresponde al área del cañón del Río Santiago, en donde las condiciones topográficas y de clima son diferentes de los que se presentan por arriba de la cota 1 000 msnm y las cuales son una fuerte limitante para el desarrollo de actividades humanas, ocasionando una baja densidad poblacional.

Por lo anterior, se obtuvo un polígono irregular con orientación Sureste-Noroeste, como ya se mencionó, siguiendo la dirección natural del río. El área de afectación se centrará, aprovechando las condiciones geomorfológicas de los cañones de los Ríos Santiago, Chico y Bolaños, existiendo una marcada diferencia entre las áreas planas y el cañón. Tomando en consideración que la cortina del proyecto de “La Yesca” tendrá una altura de más de 208 m,

lo que hará que el embalse tenga una superficie de 3 492 ha y una longitud de 54,8 km en el Río Santiago y 23,5 km en el Río Bolaños.

Ahora, desde el punto de vista hidrológico el sistema ambiental en el que se desarrollará el PH La Yesca está delimitado por el cañón del Río Santiago en el área de la cuenca propia del PH La Yesca. A partir de la presa Santa Rosa se regula el escurrimiento del río hacia la zona donde se construirá el proyecto y aguas debajo de éste, el embalse de la presa El Cajón, Nay. Este sistema ambiental corresponde a un área ambientalmente uniforme, en la cual predominan pendientes muy pronunciadas de tipo cañón; la vegetación que cubre la mayor parte del sistema es Selva Baja Caducifolia, con suelos someros y pedregosos. El comportamiento hidrológico depende fundamentalmente de las descargas de la Presa Santa Rosa, siendo en este tramo el Río Santiago un cuerpo lóxico (agua corriente) que limita con los embalses indicados en la figura 2.1:

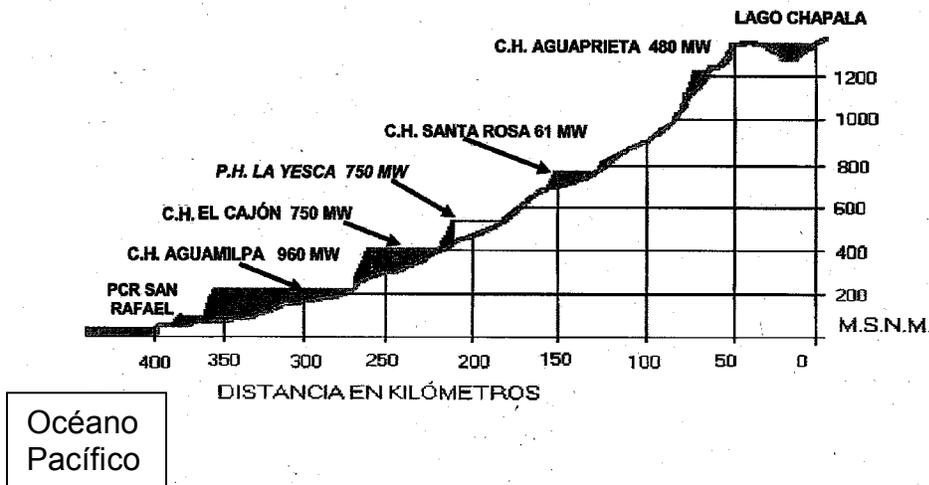
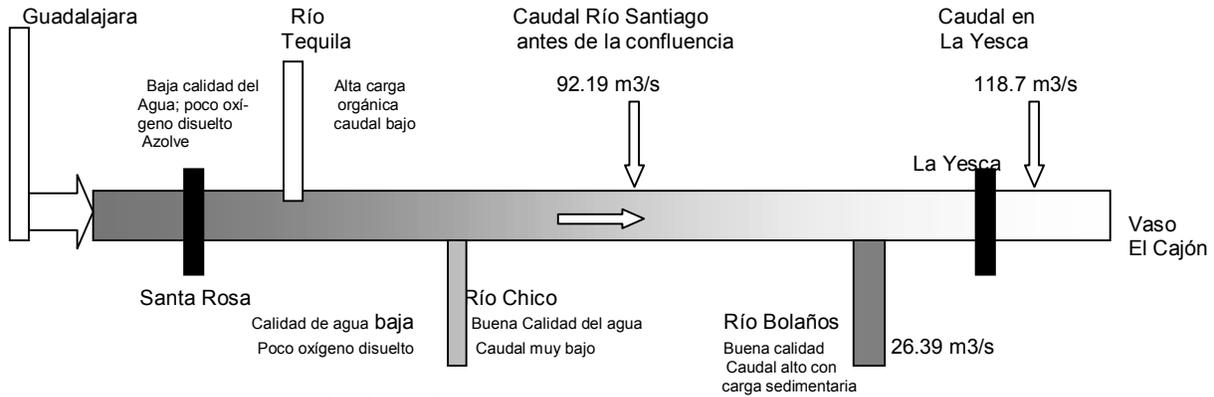


Figura 2.1 Sistema de Presas sobre el Río Santiago

El PH La Yesca se construirá sobre el cauce del Río Santiago, aguas abajo de la confluencia de éste con el Río Bolaños. En la actualidad la integridad del sistema ambiental está totalmente modificada por: i) La extracción de agua del Río Lerma y del Lago de Chapala provocando que en condiciones promedio no exista aporte del lago hacia el Río Santiago, ii) El Río Santiago como receptor de las descargas de aguas negras de diferentes poblaciones, entre las que destaca la ciudad de Guadalajara y, iii) la existencia de dos presas que actualmente regulan el comportamiento hidráulico del Río Santiago, Santa Rosa hacia aguas arriba y El Cajón y Aguamilpa hacia aguas abajo del sitio propuesto para la construcción del PH La Yesca.

El área de estudio se enmarca dentro de la cuenca directa del Río Grande Santiago, que a su vez forma parte de la cuenca hidrológica regional del Lerma - Chapala - Santiago, una de las más importantes del país, tanto por su superficie como por la complejidad de los problemas relacionados con ella. La cuenca completa abarca una extensión de 132 916 km², que representa el 6,8% del total del territorio nacional.



Valores de caudal promedio anual de los años 1940 a 2002
Fuente: Actualización del estudio hidrológico de Factibilidad del P.H. La Yesca. Comisión Federal de Electricidad Dic. 2004

Figura 2.2 Componentes hidrológicos en el área de influencia y aportes relativos

El Río Grande Santiago (Río Santiago, como se lo conoce en la región), registra su inicio a una elevación de 1 520 msnm en el noreste del Lago de Chapala (dependiendo de los niveles variables del Lago y por lo tanto de las temporadas de lluvias y aprovechamientos en la cuenca cuenca del Lerma-Chapala) y desemboca en el Océano Pacífico en el Estado de Nayarit. El río tiene una longitud mayor a 400 km, siendo su pendiente general de 0,27%.

En la cuenca baja del Río Santiago, los tributarios procedentes de la margen derecha han labrado profundos valles en la Sierra Madre Occidental con sistemas de drenaje dendrítico (en forma de arborescente) y rectangular. La red de tributarios de la margen izquierda presentan diseño ramificado y sus áreas de captación disminuyen hacia su desembocadura en el Río Santiago como resultado del aumento del relieve relativo y pendientes. El origen de los escasos escurrimientos semipermanentes provenientes de la margen izquierda es atribuido en su mayoría a manantiales, ya que la superficie de las mesetas basálticas que cubren esta margen presenta una topografía parcialmente bisectada y sin drenaje bien definido.

Como resultado del control estructural regional, el parteaguas de la margen izquierda de la cuenca propia del Río Santiago es más cercano a su cauce actual. Por la margen derecha los afluentes de la cuenca propia son numerosos y los tributarios regionales de orden elevado son importantes, contribuyendo con volúmenes que representan la mayor parte del caudal acumulado en la zona del proyecto.

Los caudales de escorrentía presentan variaciones estacionales tanto en el Río Santiago como en el Río Bolaños, incrementándose en los meses de la temporada de lluvias (el 76% del escurrimiento se presenta entre los meses de junio a octubre y el 24% en el resto del año)

y con pequeñas variaciones en el registro dependientes de eventos meteorológicos extraordinarios como ciclones o nevadas en las partes altas de las cuencas.

El Estudio Hidrológico para el P. H. La Yesca consideró algunos ajustes para calcular el escurrimiento total que podría recibir el P. H. una vez construido, tales como:

- 1) se agregó la cuenca de aportación entre dos estaciones hidrométricas y el P. H. La Yesca que resulta de 62 km²,
- 2) se eliminaron las aportaciones del Lago de Chapala al Río Santiago,
- 3) se descontó la dotación futura del Río Verde al Estado de Guanajuato según DOF 17 de noviembre de 1997 de 3,8 m³/s,
- 4) se restaron los retornos históricos de descargas de aguas residuales de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), sobre la base de un caudal promedio de 10 m³/s.
- 5) se sumaron los retornos futuros de aguas negras de la ZMG, considerando un factor de retorno del 70%, y
- 6) se restaron los caudales para el pronóstico de abastecimiento de agua para la ZMG, considerando un crecimiento poblacional de 1% anual y una dotación doméstica e industrial de 250 l/hab/día involucrando todas las fuentes de abastecimiento

Con todos estos ajustes se obtuvo una nueva estimación para el escurrimiento de 3 088,19 millones de m³/año en el sitio del PH La Yesca.

La presencia humana en el área de interés es muy limitada y la población que será afectada directamente por el proyecto es tan solo de algunas decenas, razón por la cual las actividades humanas que se desarrollan en esta área no juegan un papel relevante en el funcionamiento del sistema; sin embargo, el sistema sí resiente de manera sustancial el efecto de actividades que se desarrollan fuera del sistema ambiental en estudio y cuya influencia llega a través del cauce del Río Santiago. El agua que llega al cauce del Río Santiago procede de la presa de Santa Rosa, la cual funciona como cuerpo receptor de las descargas de aguas residuales de la zona conurbada de Guadalajara. Por esta vía llegan contaminantes de origen municipal e industrial, observándose concentraciones apreciables de nutrientes y de metales, en este sentido, el embalse de la presa Santa Rosa retiene casi la totalidad de sedimentos que arrastra el Río Santiago. Aunque los Ríos Chico y Bolaños aportan agua de alta calidad, el caudal de estos no es suficiente para mejorar sustancialmente la calidad del agua del Río Santiago.

El caudal del Río Santiago depende fundamentalmente de la operación de la presa de Santa Rosa, presentándose variaciones significativas en el gasto y nivel del río a lo largo del día. El Río Tequila es un afluente que recibe el Río Santiago, el cual es permanente debido a la actividad humana, ya que recibe las descargas de la población del mismo nombre y las procedentes de las industrias tequileras existentes en la zona. El caudal de este río no es relevante en comparación con el escurrimiento de los Ríos Santiago, Chico y Bolaños, pero si

genera una condición singular en el área, sobre todo desde el punto de vista decremento del paisaje.

En la actualidad, el agua con la mayor parte de los sedimentos y contaminantes que transporta, se mueve hacia aguas abajo del sistema ambiental delimitado para este trabajo, llegando hasta la presa El Cajón, donde se observa el efecto de la contaminación del agua, como lo demuestran los resultados del análisis de calidad de agua, tanto en características físicas y químicas como biológicas.

La baja calidad de agua en el cauce del Río Santiago y las variaciones en su gasto, se refleja en los componentes bióticos acuáticos, observándose una riqueza específica y diversidad baja en comparación con cuerpos lénticos (aguas sin movimiento) de alta calidad, como puede ser el propio Río Bolaños. Un ejemplo muy notorio a este respecto, es la inexistencia de nutria (posiblemente el elemento biótico de mayor relevancia en el sistema) sobre el cauce del primero y su presencia en el segundo.

A pesar de la mala calidad del agua se mantiene una actividad pesquera, principalmente de mojarra, que aunque es de baja relevancia en términos de volumen y de valor monetario, es una fuente de recursos para quienes la practican debido a las restricciones naturales que existen para el aprovechamiento de otros recursos. El producto capturado es para autoconsumo y comercialización, sobre todo en el municipio de Tequila. A la fecha, no se ha evaluado el potencial riesgo sanitario que implica el consumo de peces del Río Santiago.

Los efectos de la mala calidad del agua no son tan severos sobre la vegetación riparia (aquella que corre a lo largo de los ríos), ya que no se apreciaron daños o afectaciones aparentes. Es probable que si los cambios en el régimen hidrológico hubieran afectado a este tipo de vegetación, esto no puede ser apreciado actualmente, ya que la distribución de este tipo de vegetación sobre las márgenes del Río Santiago está en función del comportamiento hidrológico actual (la Presa Santa Rosa tiene más de cuarenta años operando).

Las modificaciones físicas y químicas en el cauce del Río Santiago parecen no trascender significativamente hacia el subsistema terrestre, debido a lo encañonado del río y a las altas pendientes de sus laderas, permitiendo poca influencia del cauce hacia los ecosistemas que se encuentran en las laderas.

La calidad del agua en el sistema ambiental ha decrecido y el régimen hidrológico ha sido modificado sustancialmente por efecto de actividades que se desarrollan fuera del sistema ambiental donde se instalará el proyecto, particularmente por descargas urbanas y la regulación del cauce para obtener generación de energía eléctrica.

II.2. Subsistema terrestre

El área de estudio esta dominada por condiciones cerriles, lomeríos, cantiles y cañones y muy escasas superficies planas, éstas en las localidades de Tapexco, Sayulimita y San Martín de las Cañas. La variabilidad de este factor condiciona la distribución de los suelos por lo que se utilizó como criterio de agrupamiento y distribución cartográfica.

Del análisis de los factores de formación y perfiles del suelo se identificaron los siguientes grupos y unidades de suelos:

1. Afloramientos rocosos en cantiles y cañones; rocas, lechos rocosos o mantos rocosos.
Grupo de Suelos: Leptosol
Unidad de Suelos: Leptosol lítico.
2. Suelos poco profundos de color café oscuro con material rocoso mezclado intrusiones) y descansando sobre roca consolidada (basaltos, andesitas, ignimbritas) en superficie inclinada.
Grupo de Suelos: Leptosol
Unidad de Suelos: Leptosol mólicos
3. Suelos moderadamente profundos de color café oscuro y subsuelo café rojizo o claro y en ciertos casos con reacción al HCl.
Grupo de Suelos: Feozem
Unidad de Suelos: Feozem háplico; Feozem calcico
4. Suelos moderadamente profundos a profundos de color gris oscuro y textura arcillosa.
Grupo de Suelos: Vertisol
Unidad de Suelos: Vertisol eutricos
5. Suelos moderadamente profundos a profundos de color café oscuro a café rojizo en superficie plana.
Grupo de Suelos: Luvisol
Unidad de Suelos: Luvisol crómico

Las unidades de suelos y sus asociaciones, presentes en el área de estudio, corresponden principalmente a Feozems y Leptosoles; dadas las características topográficas del área así como la escala de trabajo, es difícil diferenciar las unidades puras de suelos, por lo que se agrupan en asociaciones.

Debido a las condiciones del relieve y el clima dominante, el tipo de vegetación que predomina es la Selva Baja Caducifolia, sobre todo en la parte baja de los cañones de los Ríos Santiago, Bolaños y Chico. También se encuentra vegetación riparia en algunas zonas de los cañones, aunque su extensión se encuentra limitada por las pendientes pronunciadas de los cañones.

Las superficies ocupadas por vegetación secundaria o pastizales inducidos o cultivados, se encuentran limitados a las partes altas de las laderas o cerros o donde la pendiente es

menos pronunciada, ya que es en estas zonas donde es posible obtener algún rendimiento considerable de la implementación de actividades agropecuarias.

Debido a las condiciones de relieve y climáticas que predominan en la zona, es difícil encontrar zonas factibles para su apertura a prácticas de cultivo, por lo que se puede aseverar que a la fecha ya se ha aprovechado casi la totalidad de terrenos que pueden ser empleados en la agricultura. Actualmente se observa un proceso de recuperación de la vegetación sobre terrenos abandonados que fueron aprovechados con fines agropecuarios.

Dentro del área de estudio para el sistema ambiental fueron catalogados todos los tipos de vegetación especificando sus características así como su especie, nombre y género. También fue determinada la afectación que se tendrá por el llenado del embalse y la situación de las especies que se encuentran con estatus de amenazadas o protegidas.

La Selva Baja Caducifolia se distribuye a lo largo del cañón del Río Santiago y sus afluentes tanto en laderas, farallones como en algunas mesetas que no han sido perturbadas. Florísticamente se encuentra integrado por 96 familias, 272 géneros y 403 especies, esto es el 80% de las familias, 64% de los géneros y 51% de las especies presentes para el área total. De acuerdo a su hábito de crecimiento, 76 especies son arbóreas, 86 de ellas son arbustos, 189 hierbas, 38 trepadoras y 8 epifitas.

La Selva Baja Caducifolia Espinosa se distribuye en la parte baja del cañón, en los meandros y algunas mesetas. Florísticamente se encuentra integrado por 7 familias, 10 géneros y 31 especies, esto es, el 5,83 % de las familias, 0,24 % de los géneros y 3,94% de las especies. De acuerdo a su hábito de crecimiento, 7 especies son arbóreas, 8 de ellas son arbustos, 16 hierbas, 4 trepadoras y no se encuentran epifitas. No presentan especies en la NOM-059- SEMARNAT-2001.

En lo que respecta a la Selva Baja Perennifolia Espinosa se distribuye en la parte baja del cañón, principalmente en los meandros. Florísticamente se encuentra integrado por 4 familias, 6 géneros y 7 especies, esto es el 3,3 % de las familias, 1,4 % de los géneros y 0,89 % de las especies. De acuerdo a su hábito de crecimiento, sólo se reportan 6 especies que son arbóreas, 2 especies son arbustos, 4 especies son hierbas y 1 especie trepadora. No presenta especies en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Vegetación Riparia de *Enterolobium* y *Ficus* spp., se distribuye en la parte baja del cañón, principalmente en cañadas húmedas, que en su mayoría son afluentes del Río Santiago, en algunas de los Río Bolaños y Chico. Florísticamente se encuentra integrado por 3 familias, 8 géneros y 11 especies, esto es el 2,5 % de las familias, 1,8 % de los géneros y 1,4 % de las especies. De acuerdo a su hábito de crecimiento, sólo se reportan 5 especies que son arbóreas, 3 especies son arbustos, 10 especies son hierbas y 1 especie trepadora.

Vegetación Riparia de *Cephalanthus salicifolia*, se distribuye en la parte baja del cañón, principalmente en suelos areno-rocoso de los Ríos Bolaños y Chico y en forma disyuntiva en las orillas del Río Santiago, gracias a la protección de las rocas ahí acumuladas. Florísticamente se encuentra integrado por 2 familias, 2 géneros y 2 especies, esto es el 1,6% de las familias, 0,47% de los géneros y 0,25% de las especies. De acuerdo a su hábito

de crecimiento, se encuentra integrados sólo por arbustos. Ninguna de las dos comunidades presenta especies en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Vegetación acuática y subacuática ocupan tanto las parte alta sobre las pocas mesetas en arroyos y encharcamientos por el temporal de lluvias o bien en la parte baja del cañón, principalmente en cañadas húmedas, que en su mayoría son afluentes del Río Santiago, en algunas de los Ríos Bolaños y Chico. Florísticamente se encuentra integrado por 3 familias, 8 géneros y 11 especies, esto es el 2,5% de las familias, 1,8% de los géneros y 1,4% de las especies. De acuerdo a su hábito de crecimiento, sólo se reportan 5 especies que son arbóreas, 3 especies son arbustos, 10 especies son hierbas y 1 especie trepadora. No presenta especies en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Pastizal se distribuye tanto en la parte alta sobre las pocas mesetas, lomeríos y en laderas con pendientes no tan pronunciadas, las cuales se han utilizado para la ganadería intensiva. De acuerdo a ellos es lo rico en especies que los conforman, esto es, para los pastizales de especies introducidas mayormente está conformado por una familia, con dos géneros y dos especies.

Pastizal con elementos de Selva Baja Caducifolia se origina por apertura para agricultura semi-nómada. Florísticamente es más rico que el pastizal inducido y se encuentra integrado por 8 familias, 8 géneros, 8 especies, esto es el 6,6% de las familias, 1,8 % de los géneros y 1 % de las especies. Sobresalen las hierbas con alrededor de 10 especies más o menos comunes, seguido por los arbustos con cuatro especies y de acuerdo a lo antiguo que haya sido la apertura del lugar es el número de árboles que lo conforman, pero regularmente se encuentran 6 especies. No presenta especies en la NOM-059-SEMARNAT-2001* y es uno de los tipos de vegetación que cada día se acrecienta y este problema no afecta particularmente a esta zona, sino en general, a todo el Estado y al país.

Encinar se distribuye en las partes altas de los cerros (mesetas), lomeríos y laderas con pendientes varias y todos ellos con orientación norte, en altitudes mayores a los 1 200 msnm. Es una comunidad que se encuentran muy perturbada y se ve remplazada por pastizales o vegetación secundaria, derivada por los constantes incendios. Florísticamente se encuentra integrado por 4 familias, 13 géneros y 24 especies, esto es el 3,3% de las familias, 3% de los géneros y 3% de las especies. De acuerdo a su hábito de crecimiento, sólo se reportan 7 especies arbóreas, 3 especies son arbustos, 16 especies son hierbas y 4 especie trepadora. No presenta especies en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Y por último, Vegetación Secundaria esta comunidad se localiza principalmente a lo largo de los caminos y en lugares cercanos a los caseríos, concentrándose mayormente en los núcleos poblacionales más evidentes, esto es, el camino de Hostotipaquillo a Mesa de Flores, Santo Domingo a San Pedro Analco a Sayulimita. Florísticamente se encuentra integrado por 12 familias, 17 géneros y poco más de 17 especies, esto es el 17,5% de las familias, 4% de los géneros y 2,1% de las especies. De acuerdo a su hábito de crecimiento, la mayoría son arbustos, 7 especies y 11 más de herbáceas. No presenta especies en la NOM-059- SEMARNAT-2001.

Si bien la riqueza biológica presente en el sitio de estudio del PH La Yesca resultó importante en términos del número de especies registradas, la riqueza de especies endémicas y/o con estatus de conservación no lo fue así. De la misma manera, la unidad ambiental con el mayor número de especies registradas fue la definida como Pendientes, la cual es la que ocupa la superficie más extensa en la zona de estudio del PH La Yesca. Por su parte, la unidad ambiental denominada como Selva Baja Caducifolia resultó ser el tipo de vegetación que mayor número de especies alberga, siendo este también el tipo de vegetación que mayor extensión ocupa en el área de estudio, con cerca de un 80%. Finalmente, la zona de Inundación mostró un menor número de especies respecto a la zona de influencia, observándose que especies endémicas y/o con estatus de conservación se presentan en ambas zonas.

De las 38 especies de mamíferos registradas en la zona del PH La Yesca, solamente tres están citadas en la NOM-ECOL-059-2001; dos amenazadas (*Herpailurus yagouaroundi*, *Contra longicaudis*) y una en peligro (*Leopardus pardalis*). Así mismo, cinco especies son endémicas de México; una del orden Didelphimorphia, una del orden Chiróptera y tres del orden Rodentia.

Con base en los datos de UICN y CITES, cinco especies son registradas entre ambos listados. Respecto a la primera, únicamente se cita a *Marmosa canescens* con Datos Deficientes. Con relación a CITES, cuatro especies de mamíferos son consideradas; de manera específica tres en el Apéndice I y una en el Apéndice II, siendo los felinos los que conforman el mayor número. En el caso de las aves, del total de especies hasta el momento registradas en la zona de estudio, se tiene que 10 de ellas son endémicas a México, entre las que destacan *Glaucidium palmarum colemanense*, *Vireo hypochryseus*, *Calocitta colliae* y *Turdus rufopalliatus*.

Por otro lado, la NOM-SEMARNAT-059-2001 reconoce a dos especies de aves con régimen, *Ara militaris*, catalogada en Peligro de Extinción y *Vermivora crissalis* considerada con Protección Especial. Así mismo, dos especies reconoce la UICN, una Vulnerable (*Ara militaris*) y otra Casi Amenazada (*Vermivora crissalis*).

En el caso de los reptiles y los anfibios cinco de las 22 especies observadas en el área de estudio están determinados como endémicas de México, dos lagartijas, dos serpientes y una tortuga. Ocho están bajo algún régimen de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2001, dos amenazadas y seis en protección especial; entre estas ochos están las endémicas.

En el caso de los anfibios ninguno de los registrados en el trabajo de campo, son endémicos de México ni están en la NOM-059-SEMARNAT-2001 bajo algún tipo de protección.

De acuerdo con la NOM-SEMARNAT-059-2001, solamente dos de las 13 especies de peces registradas en el área de estudio están citadas en dicha Norma, éstas se incluyen con el régimen de amenazadas. No se registra ninguna especie en los listados de UICN ni en CITES. Ello implica que el 15,3% de las especies presentan algún régimen.

En resumen, el ecosistema terrestre presenta buenas condiciones de conservación y aunque las condiciones del relieve y climáticas pudieran convertirlo como frágil, la poca presencia

humana y la inaccesibilidad de los terrenos permiten que sea poco vulnerable. En la actualidad en el sistema terrestre predominan los procesos naturales, aunque a diferencia del sistema acuático, las actividades humanas que afectan al sistema se producen "in situ".

* NOM-059-SEMARNAT-2001.- Norma Oficial Mexicana para la protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio de lista de especies en riesgo.

II.3. Medio socioeconómico

La región de estudio en términos económicos tiene un bajo peso económico con respecto al tamaño de la economía del Estado de Jalisco. Sin embargo los municipios de Magdalena y Tequila muestran un dinamismo económico mayor que el resto de los municipios de la región. Tequila tiene un fuerte crecimiento impulsado por la actividad relacionada con la producción de licor y con el ascenso del Turismo y servicios. Ambos municipios tienen un equipamiento en salud y educación adecuado. Amatitán es un municipio que colinda con Tequila y complementario en términos económicos, es decir, su economía responde a las fluctuaciones en la dinámica del referido municipio colindante.

Hostotipaquillo presenta una economía sustentada en el sector primario con baja productividad y poco competitiva, lo que se refleja en ausencia de oportunidades de empleo y buenas remuneraciones, este círculo de pobreza ha generado que el municipio esté inmerso en un proceso de pérdida de población. La Yesca es una economía precaria sin dinamismo sustentada en actividades agrícolas y ganaderas no rentables; en especial, la cabecera municipal es una población que tiende a quedar sin pobladores ya que el mayor dinamismo económico del municipio se encuentra ligado a las localidades de Puente de Camotlán y Apozolco, ambas localidades están ligadas a la economía de Nayarit, mientras que la cabecera municipal, La Yesca, está ligada a Jalisco a través de su relación con Hostotipaquillo. Ambos municipios tienen niveles bajos de educación y de coberturas de salud, pero además la calidad de dichos servicios es mala. Los servicios públicos también tienen una cobertura baja y además están ofertados en su máximo nivel de capacidad por lo que no hay capacidad de crecer su oferta.

En términos de la dinámica social las poblaciones de la cabecera de La Yesca, Hostotipaquillo y Magdalena comparten formas de convivencia y visión del mundo, lo que se refleja en las estrechas relaciones que mantienen los distintos grupos sociales.

Las localidades de Paso de La Yesca y Mesa de Flores, son altamente marginadas ya que carecen de los servicios públicos básicos así como de servicios de salud y educación de calidad. Ambas localidades son muy pequeñas y actualmente suman 64 personas, sin posibilidades reales de crecimiento, ya que las actividades preponderantes de estos pobladores son la agricultura y ganadería que no les proveen ingresos suficientes que les permitan tener una calidad de vida que atraiga a otros pobladores.

La baja densidad poblacional en el sistema ambiental está determinada principalmente por las condiciones del relieve, ya que las altas pendientes hacen inaccesible muchos de los terrenos y que el rendimiento de las actividades agropecuarias sea muy bajo. A lo anterior hay que agregar el bajo control climático de la región. Como consecuencia del relieve también se tiene la casi ausencia de vías de comunicación y por lo tanto la carencia de servicios educativos, salud y otros en la región. Por esta situación se tiene un alto grado de marginación social y un alta tasa de emigración que ha llevado a un decremento neto de la población humana.

Las principales actividades humanas que se realizan en la zona son las primarias (agropecuarias), las cuales han modificado ligeramente el paisaje a través de la eliminación

de la cubierta vegetal. Sin embargo, de acuerdo a lo observado en imágenes de satélite de los últimos 35 años, la presión que ejercen estas actividades tiende a decrecer, ya que se observa una recuperación de la vegetación arbórea. Esto parece deberse a que la población humana ha decrecido y a que los terrenos que presentan condiciones adecuadas para ser utilizados con fines agropecuarios ya han sido utilizados casi en su totalidad. Una actividad menor en el área es la pesca, la cual se destina al autoconsumo y venta, principalmente en el municipio de Tequila.

Debido a la baja calidad del agua del río, la demanda de este recurso por los habitantes se satisface de fuentes subterráneas, lo que si bien no es determinante ni modifica el funcionamiento del sistema, si es de relevancia debido a que las poblaciones cercanas al cauce del río están consumiendo agua con altos niveles de arsénico, aparentemente de origen hidrotermal.

Por las condiciones de la zona es difícil que se puedan impulsar programas o actividades que permitan incrementar la productividad de la zona.

III. IDENTIFICACION Y DESCRIPCION DE IMPACTOS AMBIENTALES

De acuerdo con la evaluación realizada, la ejecución del proyecto hidroeléctrico La Yesca presentará varios y diversos impactos ambientales, pero prácticamente no se presentarán modificaciones significativas del entorno, ya que en ninguna de ellas se representa la posibilidad de que se altere la naturaleza de la estructura o funcionamiento del sistema ambiental. La excepción son los cambios hidrodinámicos que agravarán la calidad del agua y afectará la biótica acuática.

En general las actividades de construcción, al eliminar la vegetación, causarán una disminución de la humedad y capacidad termorregulatoria. La formación del embalse tendrá el efecto contrario.

Las posibles tendencias climáticas a corto, mediano y largo plazo, con y sin la presencia del proyecto no evidencian efectos significativos de la presencia de la presa en la modificación de los patrones de temperatura precipitación y evaporación. Más bien los efectos climáticos de la presa serán inferiores a los de los patrones regionales y a gran escala de circulación del viento, precipitación y cambio global y regional.

El principal contaminante atmosférico serán las partículas como resultado del movimiento de tierras y actividades de construcción, las cuales representan un peligro para la salud de los trabajadores y la reducción de la visibilidad, incrementando los riesgos de accidente por lo que se proponen medidas de mitigación para reducir los niveles de emisión de partículas. La dispersión de los contaminantes emitidos durante la etapa de construcción en la zona más baja del proyecto se dispersará con mayor dificultad.

Se estima que la emisión de partículas en el área de construcción será de 2 708 t/año, para el monóxido de carbono de 95 t/año, 89 t anuales de hidrocarburos, 288 t anuales de óxidos de nitrógeno, y 42 t/año de óxidos de azufre. Otra fuente significativa de partículas son los bancos de material, localizados en un radio de 7 kms de la cortina. Se estima que los bancos de préstamo pueden llegar a emitir 5 300 t/año de partículas. Considerando las emisiones actuales de partículas en el área del proyecto y las que se originarán durante la etapa de construcción, se determina que el cambio es importante, aunque temporal.

Desde el punto de vista geológico y la identificación de los impactos potenciales relevantes se restringen únicamente a la etapa de construcción y llenado del embalse. Los factores que se consideraron para la identificar los impactos potenciales son: la sismicidad inducida y los movimientos de masa (deslizamientos, flujos de lodo, desprendimientos, avalanchas y desplazamientos laterales), al igual que la geometría de las discontinuidades. Las actividades que inducen los procesos arriba mencionados son los siguientes: construcción de caminos, desmontes, despalmes, excavaciones (uso de dinamita, compactación y nivelación) y cortes, así como el desvío del río.

Considerando los procesos exógenos el movimiento de masas es el proceso que pudiese provocar impactos potenciales importantes. Este proceso se refiere a volúmenes del macizo rocosos potencialmente móviles a lo largo de planos de discontinuidades por efecto de la gravedad (eventualmente acelerado por la presión de poro o por la contribución de un agente

externo como la sismicidad natural). La sismicidad inducida en embalses se debe a cualquier liberación de energía originada por las actividades propias en la etapa de construcción o durante el llenado del vaso. Del análisis para la identificación de impactos significativos potenciales se consideraron de significancia baja o insignificancia, razón por lo cual no se consideran de riesgo para el proyecto.

Los valles de los cursos de agua intermitentes que descargan en el río Santiago aguas debajo de la desembocadura del Río Chico y hasta la confluencia con el Río Bolaños presentan elevada pendiente y gran capacidad de transporte de sedimentos. La diferencia de relieve se acentúa a menor distancia del nivel de base de erosión local que representa el cauce del Río Santiago. Los caminos y obras de infraestructura construidos en este sector frecuentemente disparan procesos erosivos y retransporte de rocas y sedimentos. A su vez los caminos sufren daños típicos por remoción en masas puntual, por erosión y por depositación de material en su trazo, como resultado del transporte hídrico desde ladera arriba.

Las condiciones del paisaje geomorfológico, en particular, generaron una condición relativa de aislamiento de la cuenca del Río Chico. Esta sección del territorio presenta una baja actividad antrópica e impacto. El área de Mesa de Flores y el área donde se construiría la cortina y las obras de conducción, por el contrario, fueron impactadas desde el desarrollo de la actividad minera en la zona, y como resultado de la mayor accesibilidad por la presencia del camino Hostotipaquillo-La Yesca. Este camino tiene grandes tramos de su trazo construidos por sectores de menores relieves relativos y de menor energía de relieve que los existentes en el resto de la zona de influencia del proyecto.

El territorio analizado presenta susceptibilidad relevante a procesos de erosión de sedimentos y remoción de masas puntuales, incluyendo a los procesos normalmente conocidos como deslizamientos y derrumbes. Como se ha descrito, la combinación de procesos tectónicos en la historia geológica del área y los intensos procesos exógenos desde el pleistoceno hasta la actualidad han permitido la formación de un paisaje dominante fluvial de gran relieve relativo, con un valle principal dominante, del Río Santiago.

La frecuencia de pendientes mayores a los 45 grados en gran parte del área de estudio y rocas meteorizadas física y químicamente favorecen el desarrollo de procesos de remoción de masas y de erosión / depositación local de suelos y sedimentos finos a muy gruesos. La remoción en masa incluye fenómenos de transporte sedimentario controlados por la gravedad y con variable participación del agua en su matriz. En el área de influencia del proyecto se han identificado fenómenos descritos como caída de roca, deslizamientos y asentamientos.

El alto relieve del área de estudio y las intensas precipitaciones pluviales, favorecen la generación de procesos de remoción en masa bajo la acción de la gravedad en sitios donde las obras antrópicas o la saturación poral modifica el ángulo crítico de reposo. En el área de estudios geológicos para las obras principales del proyecto hidrológico La Yesca existen caminos de antigua prospectiva geológica y denuncios mineros que han favorecido procesos de remoción en masa y redepositación de sedimentos. Las caídas de rocas pueden ser

disparadas durante las obras constructivas, desde afloramientos de rocas meteorizadas físicamente o en pendientes negativas pronunciadas.

Del análisis de los factores de formación para los suelos bajo estudio, el factor topografía tiene una relevante participación en las condiciones del suelo debido, principalmente, a la influencia de la pendiente en procesos erosivos, de desprendimiento y desgaste de masa en general.

La calidad escénica de la zona en estudio se encuentra conformada por una serie de cañones que se caracteriza por presentar un relieve escarpado que corresponde a un área intensamente disectada por el río Santiago y sus afluentes. Existe la presencia de agua en movimiento formando efluentes, pero no es dominante en el paisaje. El tipo de paisaje es muy común en la región. La altitud varía de los 200 m en las partes inferiores del Río Santiago y cerca de 2 800 m en la cumbre (Cerro de Tequila 2 940 m), pero en general se mantiene entre los 500 y 2 400 m por lo que la temperatura, humedad y clima varía de acuerdo al límite altitudinal. Esto a su vez se ve reflejado en la composición florística y en la forma de agrupación de las comunidades vegetales de las cuales existen tres en la zona, Selva Baja Caducifolia, Selva Baja Caducifolia Espinosa y Vegetación Riparia, a las anteriores se les aumentan los pastizales inducidos (Vegetación Secundaria) utilizados para las actividades del sector primario y presentes en laderas y partes altas de las serranías, estas actuaciones humanas demeritan la calidad escénica afectándola con modificaciones poco armoniosas.

Los impactos adversos más relevantes sobre la calidad escénica serán ocasionados por:

- Los trabajos para la construcción de la cortina y obras de generación de energía, pero debido a lo escarpado de la zona, solo serán visibles desde pequeños tramos del camino Hostotipaquillo- La Yesca, además de que por esta vía el tránsito de gente es escaso.
- La franja de fluctuación del nivel del embalse, que se estima será en promedio de 20 m de ancho, la cual está desprovista de vegetación.

El impacto positivo más importante será:

- La creación del embalse, el cual se espera que una vez concluidas las obras de saneamiento de las aguas residuales de Guadalajara, presente condiciones que puedan ser atractivas para el flujo de visitantes. Este cuerpo de agua será visible desde muchos puntos en los alrededores del embalse.
- La humedad en la zona generada por la evaporación del agua en el embalse.

En la etapa de construcción existen diferentes riesgos ambientales de trabajo, con peligros propios, los cuales pueden ser en: Obra de desvío (excavaciones subterráneas y avenidas máximas del río, atmósferas enrarecidas); Obras de excedencias, (ruido y polvos); Casa de

Máquinas u obras de generación (excavaciones subterráneas, atmósferas enrarecidas e incendio); bancos de material (excavaciones a cielo abierto, deslizamiento de taludes, maquinaria pesada, explosivos); área industrial (trituradoras de roca, almacén de residuos peligrosos, plantas de tratamiento de agua, talleres, etc.), además existen peligros comunes para toda la obra tales como tránsito vehicular.

III.1. Estructura y funcionamiento del sistema con el proyecto.

De acuerdo a los pronósticos realizados, la calidad esperada para la mayoría de los componentes del entorno no presenta diferencias sustantivas con la calidad que se esperaría en un futuro sin la ejecución del proyecto a excepción del componente agua y en menor medida a la biota. Los cambios de mayor relevancia se esperan en:

- i) la calidad de agua que contendrá el embalse debido al cambio en el régimen de escurrimiento y
- ii) como consecuencia de la inundación de 3 500 has de superficie, la pérdida de terrenos forestales, en su mayor parte por vegetación de selva original o en franco proceso de recuperación.

Es importante resaltar que la integridad del subsistema acuático del Río Santiago está fuertemente afectada por los contaminantes que arrastra el río y que proviene de la ciudad de Guadalajara, así como por la existencia de presas sobre el cauce del mismo.

La presencia del embalse del Cajón de manera inmediata después de la cortina del proyecto hidrológico La Yesca hace que la modificación del régimen hidráulico carezca de relevancia ya que por el tamaño del embalse la afectación solo se observará en la parte final de éste. La construcción del proyecto, aunque de gran magnitud, no modificará la estructura o funcionamiento del sistema ambiental.

En el terreno social, el flujo de trabajadores hacia la zona del proyecto durante la etapa de construcción (se crearán más de 5 000 empleos directos) podrá generar cambios en la estructura social y económica de la región (pero solo durante la etapa de construcción). El reto de aprovechar las condiciones que se generen con el proyecto para que las diferentes comunidades obtengan un beneficio del desarrollo de la obra.

En este apartado se explica de manera sintética y global la estructura y funcionamiento del sistema ambiental con la inclusión del proyecto, considerando las diferentes etapas del mismo. Para facilitar la exposición se ha realizado una subdivisión del ambiente en tres subsistemas: terrestre, acuático y social.

III.2. Etapa de construcción

III.2.1. Subsistema Acuático

Durante la etapa de construcción, las modificaciones sobre el medio acuático no presentan mayor trascendencia ya que la acción más relevante es el desvío del flujo en el área donde se encuentra la boquilla seleccionada para construir la cortina. Este desvío no tendrá repercusiones significativas sobre el flujo o régimen hidráulico, ni sobre la calidad del agua que llegará al embalse de la Presa El Cajón, ya que hacia aguas debajo de la cortina, sobre el Río Santiago fluirá esencialmente la misma cantidad y calidad de agua que actualmente llega a la boquilla. Este cambio hidrológico tampoco representa ninguna relevancia sobre la biota terrestre, ya que solo vegetación que crece en la margen del río en la zona de la boquilla, entre la toma y descarga de los túneles de desvío, presentará un efecto adverso (la vegetación que cubre el resto del cañón no tiene una dependencia directa del flujo del río). Los aportes de aguas hacia el Río Santiago derivados de las actividades de construcción y presencia de trabajadores, no generará alguna modificación apreciable en la calidad de agua del río.

III.2.2. Subsistema Terrestre

En el medio terrestre, el desarrollo de la obra será mucho más notorio ya que se desmontarán aproximadamente 200 ha de terrenos cubiertos principalmente por Selva Baja Caducifolia, eliminando también el escaso suelo que lo cubre o aumentando su propensión a la erosión. Estas obras tendrán un efecto mínimo sobre terrenos que tienen un aprovechamiento agropecuario. Sin embargo se prevé que a nivel del sistema ambiental continúe la tendencia de la recuperación de la vegetación sobre terrenos afectados a una velocidad mayor que la tasa de deforestación, ya que se tendrá un flujo importante de población, la gran mayoría llegará a trabajar de manera directa o indirecta, en la construcción del proyecto hidrológico La Yesca, además de que la CFE y la empresa constructora de la obra les proporcionarán los servicios básicos a su personal. Aunque no es posible establecer un número, se prevé que la mayoría de los campesinos que actualmente habitan en la zona, se incorporarán a la construcción de la obra y por lo tanto, disminuya la presión sobre la vegetación y suelo por las actividades agropecuarias que hoy se desarrollan. Adicionalmente se considera que las superficies factibles de realizar alguna explotación agropecuaria está muy limitada por las condiciones topográficas (pendiente muy alta), de suelo (muy somero) y climáticas (muy extremos que genera muy bajo confort).

La superficie total de afectación representa un área mínima con respecto a la vegetación total que presenta la Selva Baja Caducifolia (tipo de vegetación que se va a eliminar principalmente) en el cañón del Río Santiago o en el sistema ambiental, por lo que no hay ninguna amenaza a la existencia de los hábitat presentes. Las poblaciones de las especies protegidas y endémicas tampoco resultarán amenazadas debido a la amplia distribución que tienen dentro del sistema ambiental. Las únicas especies de flora y fauna que se contempla amenazada, debido al escaso número de individuos son *Tabebuia palmeri*, *Tabebuia chrysantha*, *Masticodendron capri* y *Dasyllirion acotriche*, su sobrevivencia no depende de la construcción del proyecto, sino de la aplicación de algún programa de rescate o reintroducción en el sitio.

Los posibles efectos de la construcción sobre la estabilidad de los terrenos estarían limitados fundamentalmente al área del polígono de obras, como producto del uso de explosivos y la realización de cortes y nivelaciones del terreno; bajo ningún concepto se prevé que se pudiera ocasionar un cambio que pudiera trascender hacia otras zonas. Otro punto de interés en este sentido es el desarrollo de cortes y taludes por la construcción de caminos, lo cual podría ocasionar deslizamientos o movimientos de tierra, pero al igual que la zona de obras, estos eventos no trascenderían mas allá de la periferia de los caminos, además de que en algunos puntos en la actualidad ya existen esas condiciones en el camino existente. En ambos casos y con el fin de evitar complicaciones para el desarrollo de las obras, la CFE tomará las acciones para prevenir estos problemas.

III.2.3. Subsistema Social

En este trabajo se presentan los principales efectos que las distintas etapas del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca tienen sobre la dinámica socioeconómica del área de estudio. Específicamente de las etapas de construcción de la presa, la operación (incluyendo el proceso de abandono del proyecto).

En la fase de construcción se efectuarían los principales impactos del proyecto sobre la dinámica socioeconómica. La población absoluta crecería en el corto plazo con la llegada de trabajadores de otras regiones del país, se espera que en el plazo de cuatro años la población crezca aproximadamente 5 500 habitantes más, este impacto revertirá la caída en la dinámica poblacional del municipio de Hostotipaquillo y acelerará el crecimiento en los municipios de Magdalena y Tequila. El empleo en la región crecerá, se ofrecerán 5 000 empleos directos, así como 5 000 indirectos generando la apertura de nuevos negocios, se abatirá el subempleo y los bajos salarios en la región, por lo que en un lapso de cinco años los municipios de Hostotipaquillo, La Yesca, Magdalena y Tequila tendrán un crecimiento económico importante. El incremento de población y los trabajadores en la región impulsará el crecimiento del número de enfermos y por lo tanto, la demanda en los servicios de salud, cabe señalar que la región no cuenta actualmente con la capacidad para atender el crecimiento repentino de los servicios de salud. Es importante señalar que también se incrementará la demanda de servicios públicos básicos como agua potable y drenaje, por lo que el municipio de Hostotipaquillo requiere prepararse para ofrecer esos servicios a un número sustancialmente mayor de población.

La etapa de construcción requiere de un número importante de trabajadores especializados que llegarán de otras regiones del país y que requieren de esparcimiento, esto implica que los pobladores locales y los que recién lleguen convivirán y generarán un nuevo ambiente social. Se espera que por diferencias culturales y de entendimiento en la etapa de construcción se incremente la delincuencia del fuero común.

La infraestructura carretera tendrá mejorías en general al finalizar el proyecto, sin embargo, durante la construcción ocurren cortes en las carreteras de acceso a la población y cierres totales de vías de comunicación a pequeñas localidades que quedan incomunicadas. Finalmente la construcción requiere que la población de las localidades Paso de la Yesca y

Mesa de Flores se asienten en otro territorio, esto implica un total de 54 personas que serían reubicadas y que tendrían que indemnizarse por los efectos de dicha acción.

La población de la región a través de una encuesta de opinión y talleres participativos expresó aceptación al proyecto ya que ven oportunidades de empleo. A este respecto mostraron la inquietud de que una parte importante de hombres no sean empleados ya que son mayores de 40 años, también consideran que las mujeres no tienen oportunidades de trabajo en este tipo de proyectos. En términos ambientales algunos pobladores mostraron su preocupación porque ranchos productivos sean inundados y especialmente de que el vaso se llene con agua contaminada. También les preocupa la vulnerabilidad de las mujeres de la región, la seguridad pública y en especial las condiciones de indemnización a los afectados directamente. Por último en la etapa de construcción no desean quedar incomunicados. En suma, hay una gran aceptación al proyecto, pero tiene preocupaciones específicas que consideran deben atenderse para que el proyecto genere mas beneficios.

En suma. Los impactos mas relevantes del proyecto se generan en esta etapa, estas afectaciones son importantes en localidades específicas, sin embargo en el contexto de la región no son de gran significado. Incluso en indicadores como el índice de desarrollo humano el proyecto no muestra grandes impactos ya que este índice está conformado por múltiples variables que el proyecto no alcanza a afectar de manera significativa.

En la fase de operación, el impacto más relevante se dará sobre la caída de los empleos y la pérdida de demanda de bienes y servicios, por lo cual el municipio de Hostotipaquillo puede entrar en un proceso de estancamiento económico. En esta fase se espera que haya presiones sociales derivadas de madres solteras sin empleo, desempleados en fase de depresión que conlleve a un ambiente social negativo. El cierre de negocios puede provocar la salida de población y de inversión local de Hostotipaquillo a otros municipios de la región o a ciudades grandes como Guadalajara. También la infraestructura educativa y de salud puede quedar subutilizadas en esta fase.

Desde el punto de vista ambiental la etapa de llenado del embalse será la que tendrá mayores repercusiones, tanto en el subsistema acuático como terrestre, debido a la interrupción del flujo de agua, así como por la inundación de 3 492 has. Se estima que el llenado del embalse se realice en el lapso de un año. El tiempo preciso de llenado será en función de la precipitación y escurrimiento que se presente en la cuenca del Río Santiago, pero se estima que si se presenta el gasto medio en el río, el embalse se llenará en el tiempo indicado.

III.3. Etapa de llenado del embalse

III.3.1 Subsistema Acuático

El primer impacto durante el llenado del embalse es el corte del flujo de agua, aguas debajo de la cortina, será principalmente una baja de nivel y solo el secado de la parte final (cola) del embalse de la Presa El Cajón, el cual en condiciones normales como ya se dijo, llegará prácticamente hasta la cortina del Proyecto Hidrológico La Yesca.

El cuerpo de agua pasará de un sistema lótico (agua de cauce corriente) a léntico (agua de cuerpos de agua con escaso o nulo movimiento), el cual tendrá una profundidad máxima de 180 m. y con un tiempo promedio de retención de 230 días. En la situación más crítica, la creación del embalse generará condiciones que ocasionarán un deterioro de la calidad del agua que actualmente llega al sistema ambiental (descarga de la presa hidroeléctrica Santa Rosa), que está fuertemente deteriorada por las descargas de la ciudad de Guadalajara y es la carga orgánica que transporta, el factor determinante de que el embalse vaya a presentar una condición hipertrófica. Otro factor adicional durante los primeros años de existencia del embalse es el aumento de la carga orgánica derivada de la descomposición de la cubierta vegetal que será inundada.

Sin embargo, un escenario que parece mas real parte de que para cuando se cierre la cortina de La Yesca, ya estén en operación las plantas de tratamiento de aguas residuales de la Zona Conurbada de Guadalajara (ZCG); actualmente ya está la primera planta en construcción, con lo que se esperaría una mejora sustantiva del agua que llega al sistema ambiental y por lo tanto, de la condición trófica del embalse.

La creación del embalse incrementará la producción pesquera y abre la posibilidad de desarrollo de actividades turístico-recreativas en el sistema. Se espera que estas actividades no sean de gran magnitud y por el aislamiento de la zona se espera que este recurso sea aprovechado solo por las comunidades cercanas al embalse. De acuerdo con los análisis de agua realizados, al sistema ambiental no entran elementos que representan un riesgo de bioacumulación a lo largo de la cadena trófica.

La calidad escénica se verá mejorada en dos sentidos: i) por la presencia del propio embalse (sobre todo con la operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales de la ZCG) y ii) por la mejoría de la comunicación que da también el embalse por si mismo y por la mejora de los caminos de accesos a la región. Esto podría ser un atractivo para la llegada de gente a la zona, pero no se prevé que sea de gran magnitud debido al poco confort climático de la región.

III.3.2 Subsistema terrestre

El llenado del embalse no modificará los procesos ni la estructura del subsistema terrestre en la región. Si bien la superficie de inundación será de 3 492 ha, debido a la extensión que cubre el sistema ambiental, 65 000 ha, esta área no resulta relevante. Debido a la amplia distribución de las comunidades vegetales, así como de las especies de flora y fauna

silvestre con estatus de protección, endémicas o de relevancia económica, en todo el sistema ambiental, no se pone en riesgo ningún hábitat o población. Por otro lado, el embalse no interrumpe la continuidad de los ecosistemas que se presentan a lo largo del cañón del Río Santiago y por lo tanto se conservará el corredor biológico que existe a lo largo de este cañón.

Finalmente, con el embalse se podrán incrementar los movimientos telúricos y los desplazamientos de masa, pero éstos no serán significativos ni representan un riesgo mayor para el desarrollo o para la población.

III.4. Regulación del flujo

Antes de discutir este aspecto del proyecto, se debe recordar que la integridad del régimen hidráulico del Río Santiago ha sido modificada de manera sustancial por diferentes acciones entre las que destacan: la interrupción de descarga del Lago de Chapala hacia el río debido a la sobreexplotación que se hace del recurso hídrico a lo largo del Río Lerma y la extracción del agua del Lago para abastecer la ciudad de Guadalajara; la existencia de tres presas, Santa Rosa, Agua Milpa y El Cajón, las cuales ya han modificado el patrón de escurrimientos que entra y sale del sistema ambiental.

Una vez concluido el llenado del embalse, iniciará la operación de la central hidroeléctrica, con lo cual se tendrá la mayor parte del año una descarga de 460 m³/s durante 4,4 horas al día y no habrá descarga durante las restantes 19,6 horas. Sin embargo, esta actividad no tendrá mayor relevancia ambiental debido a que la descarga del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca será directamente al embalse de la presa El Cajón, por lo que la fluctuación en la caída de agua de la primera no tendrá ningún significado en el funcionamiento hidrodinámico aguas debajo de la cortina.

Con la forma planteada de operación del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca no se observará ningún efecto relevante sobre la calidad de agua del embalse ni mucho menos en la vida acuática, ya que en general se tendrá un nivel relativamente estable, esperando que solo a lo largo del año oscile en un intervalo promedio de 20 m. Esta variación solo tendrá repercusión en la calidad escénica al formarse una franja de suelo desnudo.

En el subsistema terrestre y social no habrá ninguna repercusión por esta descarga, manteniéndose en general las condiciones generadas durante el llenado del embalse.

IV. MEDIDAS DE MITIGACION

La agrupación y orden de presentación de las medidas propuestas obedece por un lado al sitio de generación de los impactos y por otro a la naturaleza de los mismos, de tal manera que sea factible ubicar y calendarizar la ejecución de dichas medidas; los resultados obtenidos se presentan en la tabla siguiente:

TABLA 4.1 MEDIDAS DE MITIGACIÓN POR AFECTACIÓN, POR ETAPAS Y FACTOR AMBIENTAL

IMPACTOS EN EL ÁREA DE AFECTACIÓN DIRECTA AL PROYECTO		
ETAPA: CONSTRUCCIÓN DEL SITIO		
<u>FACTOR AMBIENTAL</u>	<u>ACTIVIDAD QUE OCASIONARÁ EL IMPACTO</u>	<u>MEDIDA DE MITIGACIÓN PROPUESTA</u>
<p>FICHA 1 Geomorfología</p>	<p>Mantenimiento y rehabilitación de caminos, extracción del material excavado, apertura y nivel de plataformas.</p>	<p>Diversas actividades de obra civil y Reforestación</p>
<p>FICHA 2 <i>Calidad del Aire</i> Emisiones de: Partículas, Gases y Contaminantes gaseosos</p>	<p>Bancos de material, construcción de caminos, obras de cortes, dinamitado, excavación, relleno, operación de maquinaria, producción de concreto, trituración y separación de rocas.</p>	<p>Humectar las áreas de los bancos de material, construcción de caminos, sitios de excavación y rellenos. Verificar los niveles de emisión de vehículos. Instalar equipos de control de emisiones para polvos en las plantas de producción de concreto. Instalar equipo de control de emisiones para polvos en las plantas de trituración y separación de roca. Aplicar programas de mantenimiento a los equipos de combustión.</p>
<p>FICHA 3 <i>Geomorfología</i> Recursos Minerales</p>	<p>Llenado del embalse</p>	<p>Acuerdo con el Consejo de Recursos Minerales para garantizar la no afectación a potenciales recursos mineros en el área involucrada por el proyecto.</p>

FICHA 4
Geomorfología
Deposición de
sedimentos

Operación de la zona de
talleres

Limpieza de la zona

FICHA 5
Suelo
Erosión, Inundaciones,
Desertificación y
Contaminación de Suelos

Desmontes, despalmes,
cortes, excavaciones,
nivelaciones.
Habilitación de caminos.
Extracción de áridos
(bancos de material).
Levantamiento de la
cortina.
Utilización de vehículos
de carga y transporte y
maquinaria pesada.
Generación de residuos
peligrosos.

Instalación de almacenes,
correspondientes a
combustibles y lubricantes,
se colocarán depósitos
rotulados con la leyenda
“BASURA” y las medidas de
mitigación propuestas en las
Fichas Técnicas 1 y 2

FICHA 6
Hidrología subterránea
Manantialismo

Llenado del embalse
Consumo de agua

Estudio adicional sobre la
disponibilidad de agua

FICHA 7
Hidrología Subterránea
(Acuíferos) Calidad de
aguas subterráneas.-
Flujo de manantiales

Incremento en la
población por las
diferentes actividades de
la construcción.

Especificaciones de
construcción para obras de
abastecimiento de agua.-
Recuperación de
germoplasma y reforestación
con especies que se
encuentren en la NOM-059-
ECOL-2001

FICHA 8
Socioeconómico

Permanencia de
trabajadores en zona de
campamentos y obra.
Formación de
campamentos.

Programación de prevención
de enfermedades en
cooperación con servicios de
salud.

FICHA 9

Socioeconómico
Salud. Educación.
Servicios públicos.
Vivienda

Descarga de aguas residuales de oficinas, campamentos y comedores. Todas las actividades de construcción. Presencia temporal de familias de algunos trabajadores de la obra.

Programa de calidad de agua.
Estudio para determinar la ampliación temporal de oferta educativa, servicios públicos municipales y de vivienda temporal.

FICHA 10

Socioeconómico
Patrimonio Cultural

Actividades de construcción

Identificar y salvaguardar el patrimonio cultural y arqueológico existente en la región del proyecto.

FICHA 11

Socioeconómico
Tejido Social

Todas las actividades de la construcción

Instaurar un programa de identificación, atención social y manejo de conflictos.

FICHA 12

Socioeconómico
Pérdida de suelo y bienes distintos a la tierra

Actividades de la formación del embalse.

Indemnización de tierras y bienes distintos.

FICHA 13

Socioeconómico
Sistema vial

Llenado del vaso.

Restitución de caminos y puentes antes del llenado.

FICHA 14

Socioeconómico
Vivienda

Llenado de vaso y zona de obras.

Reubicación de comunidades.

FICHA 15

Socioeconómico
Costo de vida

Actividades de la construcción

Posibilidad de generar empleos para grupos vulnerables.

<p>FICHA 16 <i>Seguridad e Higiene</i> Ocupacional Seguridad / Integridad física, Sistema Auditivo. Sistema Respiratorio</p>	<p>Las diferentes actividades de construcción por el personal laboral. Desviación del río. Levantamiento de la cortina.</p>	<p>Monitoreos para emisión de ruidos. Equipos de protección laboral para el trabajador. Aplicación de las Normas Oficiales Mexicanas para este factor ambiental. Medidas de mitigación.</p>
---	---	---

ETAPA: OPERACIÓN

<p>FICHA 17 <i>Geomorfología</i> Laderas</p>	<p>Variaciones en el nivel del embalse</p>	<p>Estabilización o derrumbamiento de laderas.</p>
---	--	--

<p>FICHA 18 <i>Socioeconómico</i> Turismo</p>	<p>Formación del Embalse.</p>	<p>Sistema de información sobre condiciones para estancias en el área.</p>
--	-------------------------------	--

IMPACTOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA

ETAPA: OPERACIÓN

<p>FICHA 19 <i>Hidrología Superficial</i> Variación del flujo</p>	<p>Formación del embalse</p>	<p>Implementación de un programa de monitoreo de la evaluación ambiental del aprovechamiento hidroeléctrico del Río Santiago.</p>
--	------------------------------	---

IMPACTOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA (AGUAS ARRIBA DE LA CORTINA)

ETAPA: CONSTRUCCIÓN

<p>FICHA 20 <i>Vegetación</i> Pérdida de diferentes tipos de vegetación, de especies bajo estatus de protección, de valor económico y social</p>	<p>Desmontes, despalmes, apertura habilitación de caminos y construcción / presencia de campamentos</p>	<p>Recuperación de germoplasma y reforestación con especies que se encuentren en la NOM-059-ECOL-2001 que determina las especies y</p>
---	---	--

subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial.

FICHA 21

<p><i>Fauna terrestre y acuática</i> Pérdida de diferentes tipos de hábitat de fauna terrestre y acuática con estatus de conservación, endémicas y restringidas.</p>	<p>Desmontes, despalmes, habilitación de caminos y zonas inundables, llenado del vaso.</p>	<p>Programas de rescate y reubicación.</p>
--	--	--

ETAPA: OPERACIÓN

FICHA 22

<p><i>Hidrología Superficial</i> Eutrofización. Calidad fisicoquímica y microbiológica</p>	<p>Llenado del embalse</p>	<p>Implementación de un programa de monitoreo y evaluación ambiental del aprovechamiento hidroeléctrico del Río Santiago.</p>
--	----------------------------	---

FICHA 23

<p><i>Hidrología Superficial</i> Variación del flujo</p>	<p>Llenado del embalse</p>	<p>Implementación de un programa de monitoreo y evaluación ambiental del aprovechamiento hidroeléctrico del Río Santiago</p>
--	----------------------------	--

FICHA 24

<p><i>Hidrología Superficial</i> Evapotranspiración Evaporación</p>	<p>Llenado del embalse</p>	<p>Control de la fauna acuática nociva del embalse</p>
---	----------------------------	--

La diversidad de análisis aplicados a los distintos subsistemas que componen el área de estudio del medio físico, natural y social permite comprender la situación que se vive en ella y permite pronosticar los escenarios a futuro, con y sin proyecto, que imperarán en la región. Este mismo sitio geográfico ya se ve afectado por la operación de la presa El Cajón el cual desprovee de significado la afectación del régimen hidráulico de modo que la construcción del proyecto en estudio, aunque represente una construcción de gran magnitud, no modificará la estructura o funcionamiento del sistema ambiental.

Dentro del sistema ambiental regional (65 000 ha) el subsistema terrestre presenta un escenario sin proyecto con buenas condiciones de conservación y aunque sus características

climáticas y, de relieve pueden reflejarlo como frágil, la poca presencia humana y la inaccesibilidad de los terrenos equilibran vulnerabilidad.

En la actualidad en el subsistema terrestre predominan los procesos naturales, a diferencia del acuático, donde las actividades humanas le afectan de manera "in situ".

En el área de estudio se pueden categorizar como una zona aislada por su sensibilidad ambiental, en donde los factores antes referidos hacen difícil la existencia de áreas susceptibles a prácticas de cultivo, por lo que se puede aseverar que a la fecha ya se ha aprovechado casi la totalidad de los terrenos que pueden ser empleados en la agricultura. Actualmente se observa un proceso de recuperación de la vegetación sobre terrenos abandonados que fueron aprovechados con fines agropecuarios.

Por las condiciones de la zona es difícil implementar programas o actividades que permitan incrementar la actividad agropecuaria, en consecuencia, no existen programas orientados a mejorar las condiciones de vida en la zona.

En el medio socioeconómico la baja densidad poblacional en el sistema ambiental se encuentra determinado también por las condiciones de relieve y clima, fuertes pendientes hacen inaccesible muchos de los terrenos y las altas temperaturas hacen que el rendimiento de las actividades agropecuarias sea muy bajo, derivando además, la inexistencia de vías de comunicación y la dificultad de proveer servicios educativos y de salud, entre otros.

Las principales actividades humanas que se realizan en la zona son las denominadas primarias (agropecuarias), las cuales han modificado ligeramente el paisaje a través de la eliminación de la cubierta vegetal, sin embargo, de acuerdo con lo observado en imágenes de satélite de los últimos 35 años, la presión que ejercen estas actividades tiende a decrecer, ya que se aprecia una recuperación de cobertura de selvas y bosques; esto al parecer, se debe a que la población ha emigrado y a que algunos de los terrenos susceptibles de aprovechamientos agropecuario han dejado de ser utilizados. Una actividad con menor desarrollo en el área es la pesca, la cual se destina al autoconsumo y venta, principalmente hacia el municipio de Tequila.

De lo anterior la población dentro del Sistema Ambiental no tiene un papel preponderante en la determinación de su funcionamiento.

En la actualidad el subsistema acuático está determinado por factores exógenos; la calidad del agua y el régimen hidrológico del Río Santiago en el tramo que comprende el sistema ambiental, está condicionado por la mala calidad de ésta, derivado de las descargas procedentes de la zona metropolitana de Guadalajara. Los actuales componentes bióticos del río y condiciones fisicoquímicas del agua, están vinculados en función directa a la existencia y operación de la presa Santa Rosa.

En la parte terrestre son el relieve y el clima los elementos determinantes del tipo de suelo, vegetación y fauna, además de aprovechamiento agropecuario y forestal que se puede tener de los terrenos y por lo tanto del crecimiento económico y la dinámica poblacional.

De acuerdo a los pronósticos realizados la calidad esperada para la mayoría de los componentes del entorno no presenta diferencias sustantivas con la calidad que se esperaría en un futuro sin la ejecución del proyecto a excepción del componente agua y en menor medida a la biota. Los cambios de mayor relevancia se esperan en:

- i) la calidad del agua que contendrá el embalse debido al cambio de régimen de escurrimiento y
- ii) la inundación de casi 3 500 ha de superficie, la pérdida de terrenos forestales, en su mayor parte cubiertos por vegetación de selva original o en franco proceso de recuperación. Es importante recordar que las condiciones del sistema acuático del Río Santiago están fuertemente afectadas por los contaminantes que transporta desde la ciudad de Guadalajara y por la existencia de otras presas sobre el mismo cauce.

La existencia del embalse de la presa El Cajón (inmediato aguas debajo de la cortina del Proyecto Hidrológico La Yesca) hace que la modificación del régimen hidráulico carezca de relevancia ya que por el tamaño del embalse la afectación solo se observará en la parte final de éste. La construcción del proyecto, aunque de gran magnitud, no modificará la estructura o funcionamiento del sistema ambiental

En el terreno social, el flujo de trabajadores hacia la zona del proyecto durante la etapa de construcción (se crearán más de 5 000 empleos directos) podrá generar cambios en la estructura social y económica de la región. El reto será aprovechar las condiciones que se generen con el proyecto para que las diferentes comunidades obtengan un beneficio del desarrollo de la obra.

Durante la etapa de construcción, las modificaciones sobre el medio acuático no presentan trascendencia ya que la acción más relevante es el desvío del flujo en el área donde se encuentra la boquilla seleccionada para construir la cortina. Este desvío no tendrá repercusiones significativas sobre el flujo o régimen hidráulico, ni sobre la calidad del agua que llega al embalse del El Cajón, ya que, hacia aguas debajo de la cortina, sobre el Río Santiago fluirá esencialmente la misma cantidad y calidad de agua que actualmente llega a la boquilla.

Este cambio hidrológico tampoco representa ninguna relevancia sobre la biota terrestre, dado que solo vegetación que crece en la margen del río en la zona de la boquilla, entre la toma y descarga de los túneles de desvío, presentará un efecto adverso (la vegetación que cubre el resto del cañón no tiene una dependencia directa del flujo del río). Los aportes de agua hacia el Río Santiago derivado de las actividades de construcción y presencia de trabajadores, no generará alguna modificación apreciable en la calidad del agua del río.

En el medio terrestre, el desarrollo de la obra será mucho muy notorio ya que se desmontarán aproximadamente 200 ha de terreno cubiertos principalmente por Selva Baja Caducifolia, eliminando también el escaso suelo que lo cubre o aumentando su propensión a la erosión. Estas obras tendrán un efecto mínimo sobre terrenos que tienen aprovechamiento agropecuario. Sin embargo, se prevé que a nivel de subsistema ambiental continúe la tendencia de recuperación de la vegetación sobre terrenos afectados a una velocidad mayor

que la tasa de deforestación, ya que aunque se tendrá un flujo importante de población, la gran mayoría llegará a trabajar de manera directa o indirecta, en la construcción del proyecto hidrológico La Yesca, además de que la CFE y la empresa constructora de la obra les proporcionarán los servicios básicos a su personal. Aunque no es posible establecer un número, se prevé que la mayoría de los campesinos que actualmente habitan en la zona, se incorporaran a la construcción de la obra y por lo tanto disminuya la presión sobre la vegetación y suelo por las actividades agropecuarias que hoy se desarrollan. Adicionalmente, se considera que las superficies factibles de realizar alguna explotación agropecuaria está muy limitada por las condiciones topográficas (pendiente muy alta), de suelo (muy somero) y climáticas (muy extremo que genera muy bajo confort).

La superficie total de afectación representa una área mínima con respecto a la extensión total de Selva Baja Caducifolia (tipo de vegetación que se va a eliminar principalmente) en el cañón del Río Santiago o en el sistema ambiental, por lo que no hay ninguna amenaza a la existencia del hábitat presente. Las poblaciones de las especies protegidas y endémicas tampoco resultaran amenazadas debido a la amplia distribución que tienen dentro del sistema ambiental. La única especie de flora y fauna que se contempla amenazada, debido al escaso número de individuos, es la *Tabebuia palmeri* y su sobrevivencia no depende de la construcción del proyecto, sino de la aplicación de algún programa de rescate o reintroducción en el sitio.

Los posibles efectos de la construcción la estabilidad de los terrenos estarían limitados fundamentalmente al área del polígono de las obras, como producto del uso de explosivos y la realización de cortes y nivelaciones del terreno; bajo ningún concepto se prevé que se pudiera ocasionar un cambio que pudiera trascender hacia otras zonas.

Otro punto de interés en este sentido es el desarrollo de cortes y taludes por la construcción de caminos, lo cual podría ocasionar deslizamientos o movimientos de tierra, pero al igual que la zona de obras, estos eventos no trascenderían mas allá de la periferia de los caminos, además de que en algunos puntos en la actualidad ya existen esas condiciones en el camino existente. En ambos casos y con el fin de evitar complicaciones para el desarrollo de las obras, la CFE tomará las acciones para prevenir estos problemas (estabilización de taludes). A pesar de que se modificarán los patrones de drenaje y de erosión / depositación de sedimentos en la red de drenaje afectada por obras y actividades, incluyendo caminos, estos cambios se darán de manera intensa pero reversible.

Desde el punto de vista ambiental la etapa de llenado del embalse será la que tendrá mayores repercusiones, tanto en el subsistema subacuático como terrestre, debido a la interrupción del flujo de agua, así como por la inundación de 3 492 ha. Se estima que el llenado del embalse se realice en el lapso de un año. El tiempo preciso de llenado será en función de la precipitación y escurrimiento que se presenten la cuenca del Río Santiago, pero se estima que si se presenta el gasto medio en el río, el embalse se llenará en el tiempo indicado.

El cuerpo de agua pasará de un sistema lóxico a léxico, el cual tendrá una profundidad máxima de 180 m y con un tiempo promedio de retención de 230 días. La formación del cuerpo léxico favorecerá condiciones de eutrofización, anoxia, evapotranspiración, y

generación localizada de gases invernadero (que en etapas posteriores se transformarían en condiciones puntuales de entrapamiento de carbono en los sedimentos acumulados).

La intensidad de estos procesos estará fuertemente regulada por procesos externos y no relacionados con el proyecto hidroeléctrico La Yesca. Principalmente, la construcción futura de infraestructura de desvío de desvío y tomas de aguas arriba en la cuenca y las condiciones de descarga de las aguas residuales de la zona de Tequila y de la zona conurbada de Guadalajara, tendrá efectos significativos sobre el caudal y sobre la calidad de agua del río Santiago. Se espera que la implementación de las obras de conducción y tratamiento de las aguas residuales de Guadalajara, actualmente en desarrollo, disminuya la concentración de nutrientes y carga orgánica del Río Santiago y por consiguiente limite los procesos de la calidad del agua en el embalse.

Los cambios en el régimen de flujo del Río Santiago afectarán hacia el final del embalse de El Cajón inmediatamente aguas abajo, sin efectos significativos sobre depósitos sedimentarios, aluviales ni la vegetación asociada. Este tramo del cauce del Río Santiago ya habrá sido modificado por el lago artificial preexistente. En las temporadas de lluvia, la cola del embalse de El Cajón puede inundar parte de la cortina del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca y en temporadas secas, se observará parte de una nueva planicie aluvial de material sedimentado antes de la construcción de la nueva cortina. Este cauce modificado y de regular calidad organoléptica estará prácticamente oculto para la población local y en tránsito.

En la fase de operación y regulación de flujo, la existencia del embalse aguas arriba de la cortina del proyecto hidroeléctrico La Yesca minimizará las variaciones actuales del caudal del Río Santiago. Favoreciendo actividades de navegación y pesca, y mejorando la accesibilidad de los terrenos aislados en las márgenes del río. En los primeros años habrá un descenso en la calidad del agua y un proceso de eutrofización favorecido por la inundación de una importante biomasa vegetal y el aporte de nutrientes desde las aguas residuales de Guadalajara, aumento en la evapotranspiración, potencial anoxia en zonas profundas y opacidad del agua (menor calidad de aspecto). Con el aumento de pesca y la variabilidad de la composición de las descargas de aguas residuales aguas arriba, suma interés el potencial riesgo a la salud que puede representar la ingesta de pescado con sustancias tóxicas bioacumulativas, que no fueron detectadas en muestreos para este estudio

La presencia de denuncios mineros y presas de jales en regular estado de contención, cercanas al Río Bolaños y aguas arriba del área de embalse, representan otra fuente potencial de contaminación del embalse con químicos de riesgo. La rotura de presas de jales ocurridas en el pasado ha tenido impactos significativos sobre la fauna acuática y contaminación del Río Bolaños, fuente de agua potable y representan otra condición externa de riesgo sobre el funcionamiento del sistema ambiental.

Dado el potencial estado hipertrófico de sectores profundos en el embalse, así como la acumulación de sedimentos por cambio de sistema lótico a léntico, es de esperar que en el fondo de la presa se encuentre en condiciones anaeróbicas, propiciándose la generación de metano hasta que la depositación de la carga sedimentaria de los Ríos Bolaños y Santiago revierta el proceso entrapando materia orgánica por soterramiento e inmovilización.

Si bien están asociados a la formación de un cuerpo lentic, tanto el proceso de eutrofización, la reproducción de maleza acuática, las tasas de evapotranspiración, los riesgos por bioacumulación, la calidad escénica en el embalse y la tasa de generación de gases de efecto invernadero, son dependientes de la calidad y caudales del agua del sistema reafuentes al sistema ambiental de la gestión hídrica en la cuenca aguas arriba.

La calidad escénica se verá mejorada en dos sentidos: i) por la presencia del propio embalse (sobre todo con una operación efectiva de las plantas de tratamiento de agua residuales de la zona conurbada de Guadalajara) y ii) por la mejoría de comunicación que da también el embalse por si mismo y por la mejora de los caminos de acceso a la región. Esto podría ser un atractivo para la llegada de gente a la zona, pero no se prevé que sea de gran magnitud debido al poco confort climático de la región.

El llenado del embalse no modificará los procesos ni la estructura del subsistema terrestre en la región. Si bien la superficie de inundación será de 3 492 ha, debido a la extensión que cubre el sistema ambiental, 65 000 ha, esta área no resultará relevante. Debido a la amplia distribución de las comunidades vegetales, así como de las especies de flora y fauna silvestre con estatus de protección, endémicas o de relevancia económica, en todo el sistema ambiental, no se pone en riesgo ningún hábitat o población. Por otro lado, el embalse no interrumpe la continuidad de los ecosistemas que se presentan a lo largo del cañón del Río Santiago y por lo tanto se conserva el corredor biológico que existe a lo largo de este cañón.

Finalmente, con el embalse se podrán incrementar micro sismos inducidos y los desplazamientos de masa, pero estos no serán significativos ni representarán un riesgo mayor para el desarrollo del proyecto o para la población.

Antes de discutir este aspecto del proyecto, se debe recordar que la integridad del régimen hidráulico del Río Santiago ha sido modificada de manera sustancial por diferentes acciones entre las que destacan: La interrupción de la descarga del Lago de Chapala hacia el río debido a la sobreexplotación que se hace del recurso hídrico a lo largo del Río Lerma y la extracción de agua del Lago de Chapala para abastecer a la ciudad de Guadalajara ii) la existencia de tres presas Santa Rosa, Aguamilpa y El Cajón, las cuales ya han modificado el patrón de escurrimientos que entra y sale del sistema ambiental.

Una vez concluido el llenado del embalse, se iniciará la operación de la central hidroeléctrica, con lo cual se tendrá la mayor parte del año una descarga de 460 m³/s durante 4 horas al día y no habrá descarga durante las restantes 20 horas. Sin embargo, esta actividad no tendrá mayor relevancia ambiental debido a la descarga del proyecto hidroeléctrico La Yesca será directamente al embalse de la presa El Cajón, por lo que la fluctuación en la salida de agua de la primera no tendrá efectos significativos si en el funcionamiento hidrodinámico aguas debajo de la cortina.

Con la forma planteada de operación del proyecto hidroeléctrico La Yesca no se observará ningún efecto relevante sobre la calidad de agua del embalse, ni a la vida acuática adaptada a las nuevas condiciones hidroquímicas del embalse, ya que en general se tendrá un nivel relativamente estable, esperando que solo a lo largo del año oscile en un intervalo promedio de 20 metros. Esta variación solo tendrá alguna repercusión en la calidad escénica al formarse una franja de suelo desnudo.

En el subsistema terrestre y social no habrá ninguna repercusión por esta descarga, manteniéndose en general las condiciones generadas durante el llenado del embalse.

La falta de datos directos, información y modelos sobre los cambios y efectos acumulativos a nivel de cuencas es limitante para la planeación y la toma de decisiones por parte de los organismos operadores de agua, comisiones estatales de agua, CONAGUA y/o comités de cuenca. Como medida de compensación, se propone la implementación de un Programa de Evaluación Ambiental del Aprovechamiento Hidroeléctrico del Río Santiago. Este programa incluye una evaluación de aspectos relevantes como son la modificación del régimen hidrológico, transporte de sedimentos, calidad del agua, productividad biológica, productividad pesquera, aprovechamiento turístico- recreativo y riesgos de la actividad minera para los embalses.

Dada las características de la cuenca media del Santiago, desde la presa de Santa Rosa hasta la desembocadura del Río Santiago en el Océano Pacífico, este programa contribuirá a entender y referenciar lo ocurrido en este sector para retroalimentar la plantación y diseño de futuros proyectos y para apoyar a actores de la política y gestión ambiental en la cuenca.

IV.1 Medio físico

Se puede constatar que las afectaciones al medio físico vienen enfocadas a sus distintos componentes. Climáticamente hablando, la zona no sufrirá alteraciones significativas en el futuro, siendo esto sin y con la construcción del proyecto. La mayor cantidad de los impactos climáticos se tendrán en el área de construcción del proyecto, sin embargo, éstos difícilmente podrán influir al resto de la zona debido a su situación encañonada.

La aplicación de los estudios permitieron constatar que la región es pobre en cuanto a su balance hídrico y disponibilidad de humedad para el desarrollo de vegetación dado que su cociente de precipitación anual/temperatura anual es menor al 0,40. Adicionalmente existe una tendencia de incremento en la temperatura y disminución de la precipitación en el área de estudio las cuales no variarán significativamente con la presencia del estudio.

La calidad del aire se verá impactada durante la construcción, principalmente por las emisiones de partículas provenientes de un gran número de fuentes (operación de maquinaria de combustión, cortes, explotación de bancos de material, dinamitado, remoción de tierras y despalmes, operación de cementeras y cribadoras, entre otras.) tanto puntuales como móviles, lo que generará concentraciones de partículas y podría presentar problemas de salud y visibilidad, de no tomarse las precauciones del caso. También se emitirán contaminantes gaseosos como resultado de la combustión de maquinaria y vehículos que utilizan gasolina y diesel. Sin embargo los contaminantes dejarán de emitirse al concluir las jornadas diarias de trabajo y las etapas de descanso programadas dentro del proyecto y finalmente, cuando se haya concluido la etapa de construcción; a su vez, el impacto es de carácter reducido al área de construcción de la cortina y no afectará al resto de la región, solamente a la población cercana al sitio de construcción.

La construcción de la presa creará impactos de diversa índole, los cuales fueron caracterizados por los distintos estudios realizados. Debido a la construcción de la presa y al

llenado del embalse los efectos en el ámbito geológico tuvieron que enfocarse a la presión que el agua acumulará sobre el cañón del río.

Las principales afectaciones geológicas se resumen a la etapa de construcción y los factores que se contemplaron para la identificación de las afectaciones fueron sismicidad inducida y los movimientos de masa (deslizamientos, flujos de lodo, desprendimientos, avalanchas y desprendimientos laterales) igualmente la geometría de las discontinuidades es una cualidad en el macizo rocoso que debe de considerarse. A su vez el conjunto de actividades generadoras de estos procesos como lo son la construcción de caminos, desmontes, despalmes, excavaciones (uso de dinamita, compactación y nivelación), cortes y desvío del río.

Considerando los procesos exógenos de los movimientos de masa, que pueden ser los generadores de impactos potenciales importantes, las excavaciones para desviar el río o cortes para carreteras deben de ser diseñadas de acuerdo a las características del macizo rocoso para asegurar su estabilidad. El diseño se basa en el estado de localidad de la roca (intemperismo, porosidad, fracturamiento) y la geometría de las discontinuidades.

Durante el llenado del embalse, la sismicidad inducida puede ser un factor generador de movimiento diferencial en las márgenes del río, con la posible reactivación de alguna estructura geológica por los esfuerzos generados en el llenado. Sin embargo se puede dictaminar que los impactos no son significativos en los diferentes rubros mencionados lo cual establece que la construcción del proyecto no representa un riesgo para la zona geológicamente hablando.

El estudio edafológico caracterizó los tipos de suelo que imperan en la zona así como su morfología y propiedades. La distribución especial de los suelos en el área de estudio, así como sus características morfológicas están influenciadas por las peculiares condiciones topográficas existentes. De esta manera predominan principalmente suelos poco profundos y afectados por pedregosidad debido a la predominancia de superficies con pendientes moderadas a escarpadas. La vegetación poco perturbada por la actividad del hombre, en su mayoría selva baja caducifolia, contribuye a la conservación del suelo y es un factor a preservar para evitar que el suelo se degrade de manera acelerada e irremediablemente.

Se concluyó en este respecto., que el suelo se verá afectado por la construcción del proyecto dentro del área de construcción de la cortina debido a los desmontes y los movimientos de masa, una afectación menor por el llenado del embalse dado que este proceso afectará lechos de los ríos y sus laderas anexas de poca significancia en cuanto a suelo se refiere. El área de construcción de la cortina tiene una afectación local y limitada la cual debido al estado que presentará el sitio posteriormente a la construcción no será de consideración. El resto del área de estudio no tendrá una afectación considerable con la construcción del proyecto siguiendo el proceso natural que ha imperado en la zona en los últimos años.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación de impacto ambiental la ejecución del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca no tendrá repercusiones relevantes sobre el entorno socio ambiental en el cual se desarrollará, con excepción de una pérdida de calidad de agua resultante del embalsamiento, aunque el origen último de este deterioro yace en la

contaminación del cauce del Río Santiago por las descargas de aguas residuales de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

La no significancia de los impactos está en gran medida determinada por las modificaciones del régimen hidrológico como producto de la regulación realizada en las presas de Santa Rosa, Aguamilpa y El Cajón, así como la extracción de agua del río Lerma y la falta de continuidad de flujo hacia el Santiago y la extracción de acuíferos subterráneos y conducción de agua del Lago de Chapala para suministro de Guadalajara. Por ende son diversos los factores que se aprecian como determinantes para la calidad del agua en la zona y que estos escapan de la construcción del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca.

Ahora, los elementos que integran el medio físico que impera en la zona establecen una fuerte interacción entre los recursos, procesos hídricos y el terreno que lo rodea. Los estudios de geomorfología e hidrología dictaminaron con base a muestreos la baja calidad del agua que llega por el Río Santiago, no así en el Bolaños que tiene una mejor calidad. A su vez se calculó el tiempo de retención hidráulica promedio anual, la cual fue de 226 días, que es el tiempo máximo que los contaminantes quedan retenidos dentro de la presa. Este tiempo es muy extenso lo que permite se desarrollen los procesos de eutricación al quedar en el agua en contacto demasiado tiempo con los contaminantes.

En cuanto a la calidad escénica la realización del proyecto causará modificaciones tanto positivas como adversas a la calidad escénica de la parte del cañón del Río Santiago, los impactos adversos mas relevantes serán ocasionados por los trabajos para la construcción de la cortina y las obras de generación de energía, pero debido a los escarpado de la zona, solo serán visibles desde pequeños tramos del camino Hostotipaquillo-La Yesca, donde el tránsito de gente es escaso, además de la franja de fluctuación del nivel del embalse, que se estima será en promedio de 20 m de ancho, la cual estará desprovista de vegetación. El impacto positivo más importante será la creación del embalse, el cual se espera una vez concluidas las obras de saneamiento de las aguas residuales de la ciudad de Guadalajara presente condiciones que puedan ser atractivas para el flujo de visitantes. Este cuerpo será visible desde muchos puntos en los alrededores del embalse.

Los principales impactos del proyecto y de hecho los únicos significativos para la calidad escénica y el impacto visual serán en esta etapa de construcción, la visión del área de afectación donde serán llevados a cabo los trabajos (de construcción y de mantenimiento de los caminos, construcción de la cortina, etc.), cabe mencionar que esto solo podrá ser observado a partir de una porción del camino de acceso a La Yesca.

IV.2 Medio biótico

Una de las consecuencias de la construcción y la inundación del área es la reducción de la superficie arbolada de la selva baja caducifolia y en algunas porciones de las cañadas que se encuentran por debajo de la cota de los 580 msnm, donde se presenta la vegetación riparia de *Enterolobium cyclocarpun* y *Picus* spp. También se verá afectada algunas porciones tanto de Selva Baja Caducifolia Espinosa que se encuentra creciendo sobre los playones y en toda el área de inundación así como la Selva Baja Perennifolia Espinosa.

Alrededor de 45 especies de árboles de la Selva Baja Caducifolia se verán afectadas por las actividades generales del proyecto, siendo el área de construcción y el área inundada donde se verá más reflejada esta perturbación, esto correspondería al 50% del total de los árboles reportados para la zona. Lo interesante es que estas especies cuentan con una amplia distribución a lo largo de la barranca, donde este tipo de vegetación es predominante.

Se localizaron en el área de estudio especies que se encontraban dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2001. Con estatus de amenazadas se identificaron *Tabebuia chrysantha*, *Tabebuia palmeri*, *Masticodendron Camiri* y *Dasyllirion acotriche*, estas dos últimas marcadas como endémicas. Con estatus de protegida se encontró a la *Amoreuxia palmatifida*. Estas especies no serán amenazadas por el proyecto dado que se encuentran distribuidas por toda el área de estudio, así como en el área de inundación y el sitio de construcción de la cortina, así que las poblaciones no se verán diezmadas por las obras de construcción. Sin embargo, se recomienda la elaboración de programas de reforestación para estas especies.

El estudio de fauna se encaminó a generar un inventario de la composición, diversidad y distribución de vertebrados presentes en la zona de estudio, así como identificar las especies que pueden verse amenazadas localizando las áreas sensibles para las especies de interés o protegidas.

La determinación de especies endémicas se basó en los listados de la NOM-SEMARNAT-059-2001 para peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Con respecto al estatus se observó que en peces solamente dos especies están incluidas en la NOM-SEMARNAT-059-2001, ocho de reptiles, dos especies de aves y tres especies de mamíferos. Respecto a endemismos, no se registraron para peces, pero si cinco especies de reptiles, cuatro especies de aves y cinco de mamíferos.

Ahora, si bien la riqueza biológica presente en el sitio de estudio del Proyecto Hidrológico La Yesca resultó importante en término de número de especies registradas, la riqueza de especies endémicas y/o con estatus de conservación no lo fue así. Los resultados del estudio permitieron comprobar que la Selva Baja Caducifolia resultó ser el tipo de vegetación que mayor número de especies alberga, siendo éste también el tipo de vegetación que mayor extensión ocupa en el área de estudio, con cerca del 80%. Finalmente, la zona de inundación mostró un menor número de especies respecto a la zona de influencia, observándose que especies endémicas y/o con estatus de conservación se presentan en ambas zonas.

Los resultados demostraron que la inundación del vaso modificará patrones de conducta de ciertas especies pero que su afectación no será en gran manera significativa permitiendo su modificación y aclimatación, así como su desplazamiento en busca de hábitats más propicios, es el caso de las nutrias, las cuales habitan en las aguas limpias del Río Bolaños.

IV.3 Medio socioeconómico

Las actividades ganaderas son relativamente mínimas en el sitio. Las zonas con uso ganadero es donde reencuentra la mayor proporción de terrenos desmontados, los cuales fueron transformados en pastizales y es aquí donde predomina la vegetación secundaria detectada en los estudios.

Las actividades agrícolas por su lado también son causa de la transformación de la cubierta original, son irrelevantes dentro de la zona de estudio. Esto es debido a las características del terreno, particularmente por la pendiente. De este modo lo común es observar los “coamiles” en las partes altas de las laderas, aún sin consideración de pendientes o exposición del terreno, así como en las mesetas existentes en el área de estudio. Las prácticas agrícolas son en su mayoría de temporal.

En cuanto al aprovechamiento forestal de la zona es nulo, y si existe, es de uso meramente doméstico, utilizándolo tanto para la leña como para madera, por lo cual no se puede considerar como una actividad que tenga relevancia en la transformación de los bosques existentes.

La ejecución del proyecto hidroeléctrico generará diversos impactos positivos que mejorarán la región de influencia, dentro de los principales impactos se encuentran el incremento en el crecimiento demográfico, variable importante ya que en las últimas décadas la región ha presentado un moderado crecimiento. En el municipio de Hostotipaquillo se presenta un decrecimiento poblacional en términos absolutos. La zona donde se construirá la presa así como la mayor parte del área de influencia posee una densidad poblacional realmente baja, debido a las condiciones topográficas, edafológicas y climáticas de la zona.

A su vez se verán impactos positivos en el empleo dado que con la construcción de la presa se generarán alrededor de 5,000 empleos directos y otros 5,000 indirectos, el ingreso de los trabajadores y la inversión de la región también se verán significativamente mejorada. Finalmente estas variables tendrán impactos positivos sobre los patrones de consumo y uso del tiempo de los habitantes de la región. En general los impactos positivos identificados impulsarán una sustancial mejora en la calidad de vida de la región.

Los habitantes de Paso de la Yesca (única comunidad afectada por el embalse) consideran que tendrán gran beneficio si se realizara la presa en los últimos años no han sembrado porque las tierras son improductivas y la obra traería empleos para todos.

Existe un puente carretero que cruza el Río Santiago que será inundado por la formación del embalse, afectando la comunicación de algunas rancherías y a la población de San Pedro Analco, sin embargo, se tiene la certeza de que parte de su camino reacceso y puente mismo serán restituidos para evitar que alrededor de 900 personas queden incomunicadas.

IV.4 Impactos residuales

Los impactos residuales que permanecerán una vez aplicadas las medidas de mitigación son:

Obras civiles en caminos: Estas obras se quedarán una vez que sean concluidos los trabajos de exploración, pero serán de beneficio para los pobladores de la zona y directamente los propietarios de los predios donde se ubiquen estas obras sobre los caminos.

Vivero: La CFE contempla el desmantelamiento y rehabilitación de áreas, sin embargo, existe la posibilidad de dejar las instalaciones en el terreno seleccionado para esta actividad, beneficiando al propietario del terreno, si así lo desea.

Material Geológico producto de obras de restauración de caminos y área de obras: Este será uno de los principales impactos residuales ya que no es posible reincorporar el material en los sitios originales, por tal motivo se deberá tener sumo cuidado con la selección de los sitios de disposición final para que estos no se conviertan en un estorbo al tránsito vehicular o queden en riesgo de generar un deslizamiento de este material afectando áreas con vegetación propia de la zona. Están previstas tres zonas para depósito de materiales que quedarán dentro del cuerpo del futuro embalse.

V. CONSTRUCCIÓN

Dada la dimensión (alrededor de cinco mil hombres) y la dinámica de la fuerza laboral dentro y fuera de la zona donde se construirá el P.H. La Yesca, se requerirá de una planeación organizacional y de un sistema de funcionamiento que permitirá el trabajo en equipo y la realización de los objetivos.

Este principio de planeación y organización se sustentará en el sistema de gestión de calidad basado en las normas ISO (International Standardization Organization), que la Comisión Federal de Electricidad aplica con extremo rigor en todas las obras que realiza.

Los sistemas de gestión se dividirán fundamentalmente en tres áreas: control de calidad de procesos, de medio ambiente y de seguridad y salud en el trabajo. Estos sistemas normarán las actividades en el interior de la obra para garantizar los resultados en las tres áreas durante toda la construcción.

Control de calidad de procesos

El control de calidad de procesos se regirá según la norma internacional ISO 9001, con base en la cual se efectuará un monitoreo sistemático y correctivo para mantener el orden en la ejecución de los procesos evitando al máximo la improvisación

Especificaciones de Protección Ambiental

- Proyecto Ejecutivo para el Abastecimiento de Agua Potable
- Proyecto Ejecutivo para el Abastecimiento de Agua para Uso Industrial
- Proyecto Ejecutivo para el Manejo y Disposición de Sólidos
- Proyecto Ejecutivo para el Manejo y Disposición de Residuos Peligrosos
- Proyecto Ejecutivo para el Manejo y Disposición de Aguas Residuales Domésticas e Industriales
- Programa de Mantenimiento de Maquinaria, Equipo y Vehículos
- Proyecto Ejecutivo de Uso, Explotación y Abandono de Bancos
- Proyecto Ejecutivo para el Establecimiento y Manejo del Vivero
- Proyecto Ejecutivo de Reforestación
- Reglamento de Protección a la Flora y Fauna Silvestre
- Programa para la Prevención y Control de Incendios Forestales
- Programa de Educación Ambiental

V.1 Preparación para construcción

No se programa una etapa de preparación del sitio como tal; los desmontes, despalmes, excavaciones, compactaciones, nivelaciones, cortes y rellenos, forman parte de la construcción propia de las obras del PH La Yesca, a continuación se menciona los datos correspondientes a alturas de cortes, volúmenes de material por remover, así como el

manejo, traslado y disposición final de materiales sobrantes, relacionados con las estructuras principales del proyecto.

La siguiente tabla muestra estos datos relacionados con las diversas estructuras que constituyen el proyecto.

Tabla 5.1 Alturas de cortes significativos, máximos y promedio.

Estructura	Altura máxima de cortes a cielo abierto (m)	Altura máxima de excavaciones subterráneas (m)
Obras de generación:		
• Casa de máquinas	-	50,0
• Obra de toma	86	
• Tuberías a presión	-	9,50
• Galerías de oscilación	-	51,0
• Túnel de desfogue (portal)	43,5	15,4
• Subestación	106,0	-
Obras de desvío:		
• Túneles de desvío (portal de entrada)	55,0	15,0
• Túneles de desvío (portal de salida)	58,0	15,0
Obra de excedencias:		
• Vertedor	85,0	22,5
Altura promedio de cortes	72,0	25,5

El diseño de las estructuras demanda la altura de los cortes indicados en la tabla anterior; sin embargo, estos cortes se realizan por banqueos que varían entre 6 y 9 m, con el propósito de estabilizarlos por medio de anclaje, drenaje, malla electro soldada y concreto lanzado, de acuerdo a las necesidades geológicas del terreno en cada una de las estructuras. Adicionalmente, para cortes altos a cielo abierto se prevén bermas o banquetas en niveles variables entre 15 y 20 m de altura, también para fines de estabilización.

Volumen de material por remover

En la siguiente tabla se muestran los volúmenes de material excavado o removido en las diversas estructuras que constituyen el proyecto.

Tabla 5.2 Volúmenes de material producto de excavación de las estructuras del proyecto.

Estructura	Excavación (m3)	Equipo
Obras de desvío	503 325	Perforadoras neumáticas con track-drill, explosivo ANFO e hidrogel, tractores y camiones de carga pesada.
Obras de contención		1'115 073
Obras de generación		1'851 209
Obras de excedencias		2'823 272
Total		6'292 879

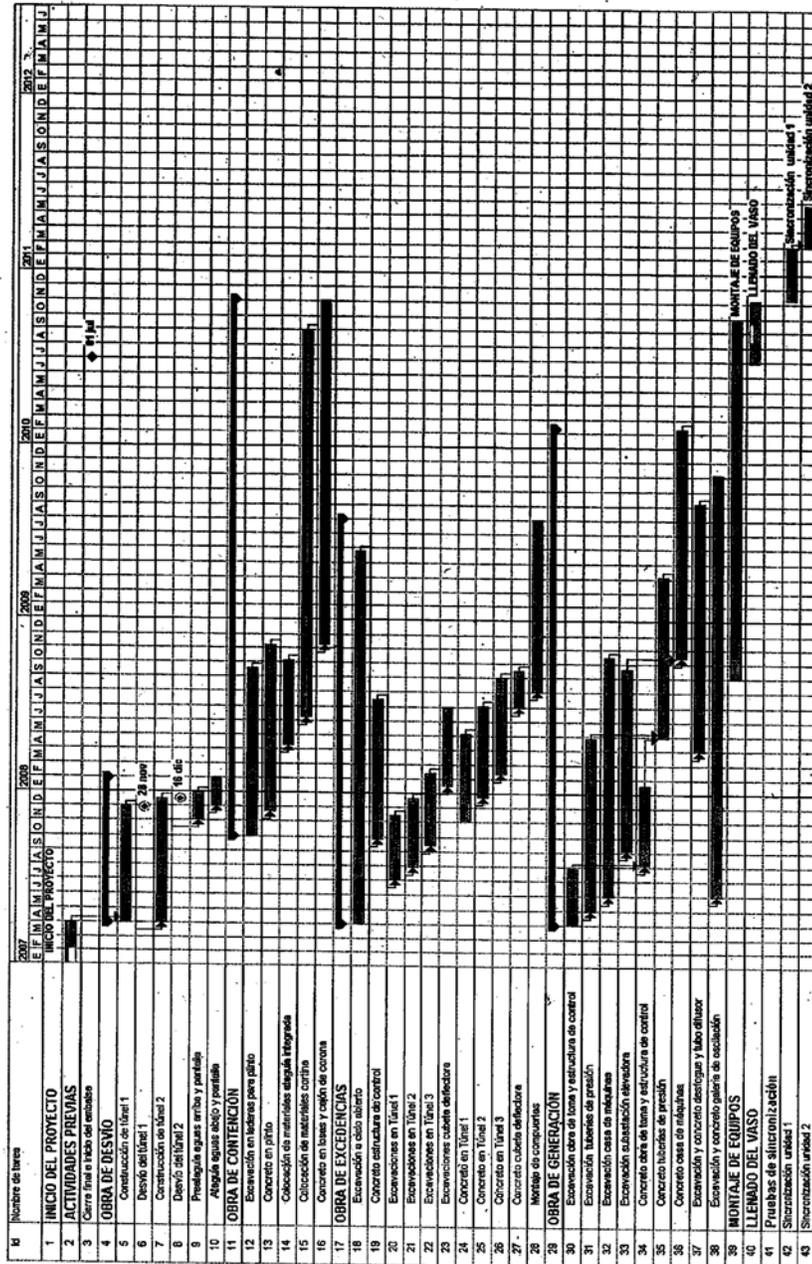
Forma de manejo, traslado y disposición final de material sobrante:

El material extraído de los cortes se aprovecha en su mayor parte en la formación del cuerpo de la cortina, ya que el cuerpo de la represa del PH La Yesca estará constituido de materiales graduados, por lo que para su formación se requiere de materiales rocosos de diferentes tamaños, según la capa que se va construyendo. Todo el material que no cumpla con los requisitos especificados en el diseño de esta estructura, será desechado y transportado a los bancos de desperdicio mediante el siguiente procedimiento:

- Manejo. Esta actividad incluye la clasificación y carga del material. El proceso se inicia después de cada voladura con el objeto de limpiar el área para permitir las actividades previas a la siguiente voladura. Primeramente se procede a seleccionar el material según su tamaño para su transporte al sitio de colocación, o en su caso, a la zona donde será procesado para adecuarlo a las especificaciones del proyecto. El material sobrante se carga en camiones de volteo fuera de carretera o camiones convencionales mediante la utilización de cargadores y/o trascabos con la capacidad suficiente para depositar dicho material en los vehículos de carga utilizados.

- Traslado. Una vez cargado el material, es transportado directamente a través de los caminos que se construirán y formarán parte de la vialidad para construcción, hasta los bancos de desperdicio ubicados cerca de las márgenes izquierda y derecha del Río Santiago, aguas arriba de las estructuras principales del proyecto.
- Disposición final. El material será depositado en los bancos de desperdicio, extendiéndolo con tractores de oruga y formando terrazas o plataformas para proporcionarle estabilidad e impedir posteriormente deslizamientos en sus taludes, en el entendido de que está establecido que estos depósitos queden a una elevación menor que el NAMINO (Nivel de Aguas Mínimas de Operación), con el objeto de que en ningún caso lleguen a emerger del embalse, evitando con ello cualquier efecto paisajístico posterior a la terminación de la obra.

Programa general de construcción



Programa general de construcción.

Figura 5.1 Programa general de construcción

V.2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Con el propósito de ilustrar objetivamente la descripción de los procedimientos de construcción de las principales estructuras del PH La Yesca, en este apartado se presentan fotografías que muestran los procesos constructivos de la ejecución de las obras de los CH Aguamilpa y CH El Cajón, lo anterior dada la similitud que presentan éstas hidroeléctricas con el PH La Yesca.

Bancos de Materiales.

- Explotación y utilización de bancos de materiales y almacenes de materiales y de desperdicio para la construcción de las obras.

Bancos de aluvión y limos

Los bancos de aluvión y limos son depósitos aluviales localizados sobre el cauce del río o en sus márgenes.

Para dar acceso a estos bancos se construyen caminos de terracerías que comunican el cauce del río con plataformas donde se pretende almacenar los materiales. Previamente a la explotación, se procede al acondicionamiento del sitio, consistente en desmonte, despalle y regularización de la superficie.

La explotación de estos bancos se realiza en dos etapas. En la primera, mediante el uso de tractores para acumular el material y para cargarlo se utilizan trascabos de oruga o cargadores sobre neumáticos con cucharón frontal; el acarreo se realiza mediante camiones de volteo a los almacenes asignados, disponiendo de todo el material existente por arriba del nivel del río. En la segunda etapa se utilizan dragas o retroexcavadoras que extraen el material por debajo del nivel del río hasta alcanzar el fondo del banco o hasta donde permita el alcance máximo del equipo.

La utilización del aluvión será inicialmente para la construcción de las ataguías y posteriormente, mediante cribado y trituración, para producir agregados para concretos.

El limo se utiliza comúnmente para incluirse como parte del material de desplante de las ataguías en presencia de agua y dar impermeabilidad a la cimentación.

Tabla 5.3 Bancos de aluvión y limo que se tienen considerados para la construcción del PH La Yesca

Banco	ha	Volumen estimado del banco (m³)	Volumen aprovechado (m³)
ALUVIONES			
Playón No. 1 Agua Caliente	2,02	222 514	141 400
Playón No. 2 El Tajo	0,84	92 290	58 800
Playón No. 3 El Volantín	4,83	530 989	338 100
Playón No. 4 Paso La Yesca 1	2,18	239 459	152 600
Playón No. 5 Paso La Yesca 2	1,77	123 928	123 900
Playón No. 6 La Canastilla 2	2,00	140 378	140 000
Playón No. 7 La Canastilla 1	7,04	492 666	492 800
Playón No. 8 El Charco la Manta	5,78	404 649	404 600
Playón No. 9 El Toril	2,14	150 064	149 800
Playón No. 10 Paso La Yesca 3	3,76	413 908	263 200
Playón No. 11 Juanepanta	1,38	152 245	96 600
Playón No. 12 El Pango	2,77	304 728	193 900
Playón No. 13 Agua Caliente 2	3,19	350 889	223 300
Playón No. 16 La Haciendita	14,47	1 591 453	1 012 900
Playón No. 17 La Araña	0,95	104 841	66 500
Playón No. 18 La Lagunita	3,45	379 632	241 500
Playón No. 23 Arroyo La Higueras	0,91	99 639	63 700
L I M O S			
Agua Caliente 1	4,50	415 000	
Agua Caliente 2	8,93		
La Parcela	1,48		

Estos bancos, por encontrarse en el cauce del río, quedarán sumergidos en los embalses del PH La Yesca una vez terminadas las obras.

Bancos de arcilla

Estos bancos son formados por suelos residuales que se localizan en las áreas de topografía suave o ligeramente inclinada y que por las condiciones propias de la región no son abundantes.

Para la selección de los bancos de arcilla se realizaron estudios determinando las características físicas, áreas y volúmenes potenciales.

Algunos de los accesos a estos bancos de arcilla son actualmente de terracería, y deben ser mejorados o modificados posteriormente para permitir el acceso de los equipos de acarreo que llevarán el material del banco a los almacenes o a las ataguías, según sea el caso.

El acondicionamiento de estos bancos consiste en delimitar primeramente el terreno y hacer su reconocimiento para modificar los cauces naturales que cruzan el banco, y mantener las pendientes necesarias durante el proceso de explotación para evitar el encharcamiento y saturación de humedad del material. Previo a la explotación, se realiza el desmonte y despalme sobrepasando perimetralmente 5 m para permitir la formación de cunetas que lleven los escurrimientos pluviales fuera del área de trabajo, y a la vez ir formando los taludes con relación 0,5:1 hasta llegar al fondo del banco. De acuerdo con los datos proporcionados por los estudios previos, se conoce que el espesor promedio de los bancos varía entre 1 a 2,6 m, lo cual indica que podrá explotarse en una sola etapa.

El horizonte fértil se excavará y depositará en un banco de almacenamiento y al final de la obra se repondrá en el banco de origen.

Para la explotación de la arcilla se utilizan tractores que cortan el material en franjas horizontales desbastando el banco en capas sucesivas sobre toda la superficie hasta agotar el potencial, momento en el que se concluyen las actividades de explotación. Al concluir la explotación, queda una superficie irregular con espesores variables de arcilla que dependen de la configuración del estrato subyacente, ya sea de roca u otro material distinto, siendo hasta este momento en el que se puede proceder al inicio de actividades para la restauración del terreno y la reforestación.

Bancos de arcilla

Tabla 5.4 Bancos de arcilla

Banco	ha	Volumen estimable del banco (m ³)	Volumen aprovechado (m ³)
La Haciendita	6,5	58 500	25 500

Bancos de roca

Los bancos de roca para la construcción de los cuerpos de las ataguías y principalmente la presa deben reunir condiciones especiales de calidad, como la deformabilidad, resistencia e inyectabilidad entre otros. Aunque la ignimbrita que existe en las zonas aledañas al proyecto es considerada de buena calidad, no toda reúne las condiciones óptimas de construcción. Con investigaciones de campo se llegó a identificar 4 posibles bancos, cuyas muestras deberán ser estudiadas con mayor precisión en pruebas de campo y de laboratorio. Actualmente el camino de acceso actual comunica a los bancos El Manguito, Las Garzas y Excavaciones en la zona de obras, no así para El Carrizalillo al que se deberá construir un tramo de aproximadamente 1 Km. para llegar a la parte alta de la margen derecha que es donde se encuentra el banco.

La explotación se logrará con voladuras de dinamita, la remoción con tractores y el acarreo a los bancos de depósito con camiones pesados. El corte se realizará por medio de banqueos a la altura que determine el estudio de geotecnia para cada caso en particular. Preferentemente las excavaciones se realizarán a elevaciones más altas que los sitios de

colocación para “bajar” el material y no tener que subirlo, y forzar los motores de los camiones de carga. En la tabla 5.5 se muestran las características de los sitios referidos.

Tabla 5.5 Bancos de roca

Banco *	ha	Volumen aprovechado (m³)
El Carrizal	4,19	1 055 652
Las Garzas	5,02	1 226 923
El Manguito	5,03	2 189 987
Excavaciones en zona de obras	---	4 000 000

Almacenes de desperdicio.

Estos sitios se pueden definir como los depósitos finales de los materiales geológicos no utilizables para la obra a donde van a dar todos los materiales de desecho que se generan durante la construcción de la obra, tales como: concretos producto de demolición, roca, aluvi3n, gravas, arenas, limos y arcillas.

El sitio m1s probable a utilizar deber1 estar aguas arriba de la presa, a una elevaci3n tal que permite que todo el material depositado quede ahogado dentro del embalse. Es posible que se ubiquen un 1rea de dep3sito de desechos geol3gicos y escombros en cada margen con el objetivo de facilitar maniobras y costos indirectos. Para la localizaci3n del sitio se tomar1n las siguientes consideraciones: preferentemente que fuese una cañada o un cantil con desnivel que permita el balcaneo del material hasta un sitio donde no reduzca el cauce natural del r3o ni afecte los sitios de construcci3n de la obra, que el material se puede ir acumulando desde la parte baja del tiradero e ir creciendo con el dep3sito del material en forma de rampa o talud con el 1ngulo de reposo natural que adquieran los materiales con el balcaneo.

Dadas las caracter3sticas del dep3sito, no se requiere acondicionamiento del mismo, salvo una pequeña plataforma en la parte alta de la cañada o cantil para que el equipo de acarreo haga maniobras para acercarse al borde del tiradero. Se construir1n los ramales a los caminos de acceso ya existentes que ligen a las plataformas con las vialidades internas de la obra. Los ramales que se construyan para llegar al tiradero ser1n caminos de terracer3a provisionales que al finalizar la obra quedar1n abandonados.

Almacenes de materiales.

Estos sitios son terrenos que deben de contar con las siguientes caracter3sticas:

- Ser sensiblemente planos.
- Ubicados en sitios accesibles.
- Ubicados en las cercan3as de la periferia de la obra.
- En sitios en donde no se afecten las 1reas de construcci3n del proyecto.

Las actividades que se desarrollan comúnmente para acondicionar los terrenos para almacén de materiales son:

Descripción de las obras o actividades y en su caso de los programas o planes parciales de desarrollo

- Desmonte.
- Despalme.
- Regularización de la superficie.
- Revestimiento con materiales pétreos.
- Nivelación para dar pendiente a los escurrimientos pluviales.
- Modificación mediante canalización de los arroyos existentes en el sitio.

El uso que se da a estos sitios es el de almacenar en ellos de manera independiente, los distintos materiales que se requieren durante la construcción del proyecto, tales como: roca, materiales pétreos triturados, grava - arena de río, arcillas y limos. Estos almacenes se van formando y creciendo o decreciendo conforme a la explotación y su utilización en los sitios de la obra hasta finalizar la construcción, momento en el cual se deben dar las condiciones para la restauración del terreno en cuestión.

Para el proyecto aún no se tiene identificado un sitio para establecer estos almacenes sin embargo se estima una superficie necesaria de 20 ha, el terreno deberá estar comunicado con vialidades tanto a los bancos de material y frentes de obra.

Obras de generación

1. Excavación de la bóveda

Casa de máquinas.

Excavaciones y/o cortes.

La caverna de casa de máquinas, con 22,20 m de ancho, 95 de largo y 50 de alto, en las figuras se muestra la sección longitudinal de la casa de máquinas del CH El Cajón muy similar a la planteada en el PH La Yesca.

El inicio de la excavación, requiere la construcción de un túnel de acceso de sección portal de 10 m x 8,5 m con trayectoria en dirección hacia la bóveda de la caverna. Este túnel conduce al nivel de la planta de montaje de la caverna y sirve, además, como acceso a los codos inferiores de las tuberías a presión.

Figura 6. Corte transversal de la caverna de casa de máquinas.

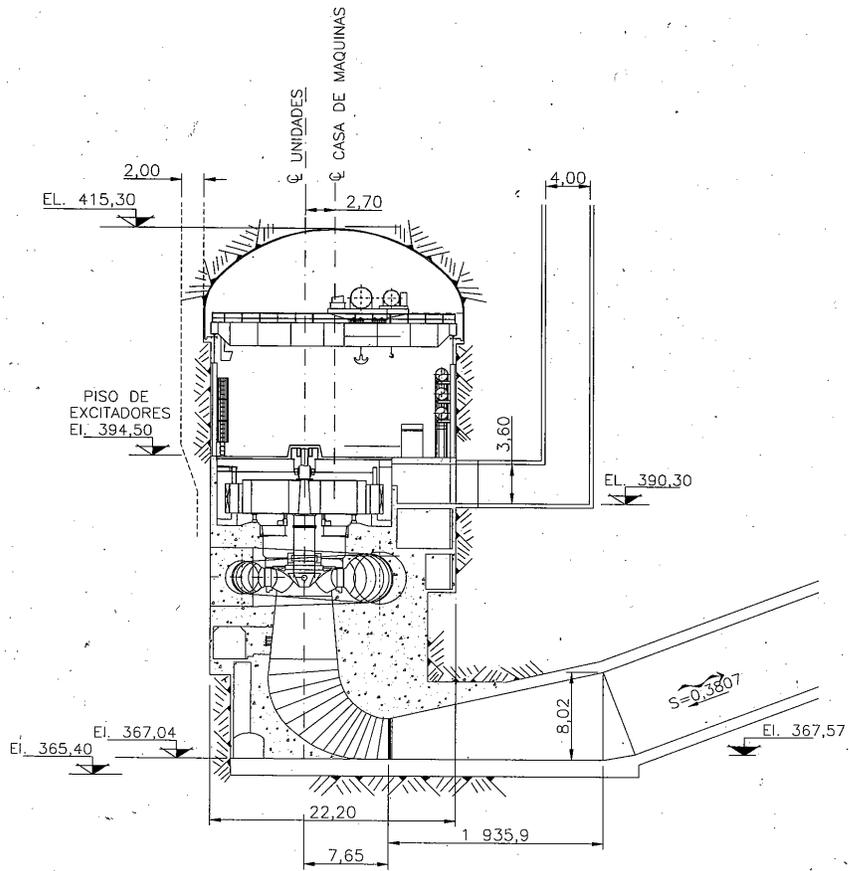


Figura 5.2 Corte transversal de la caverna de casa de máquinas

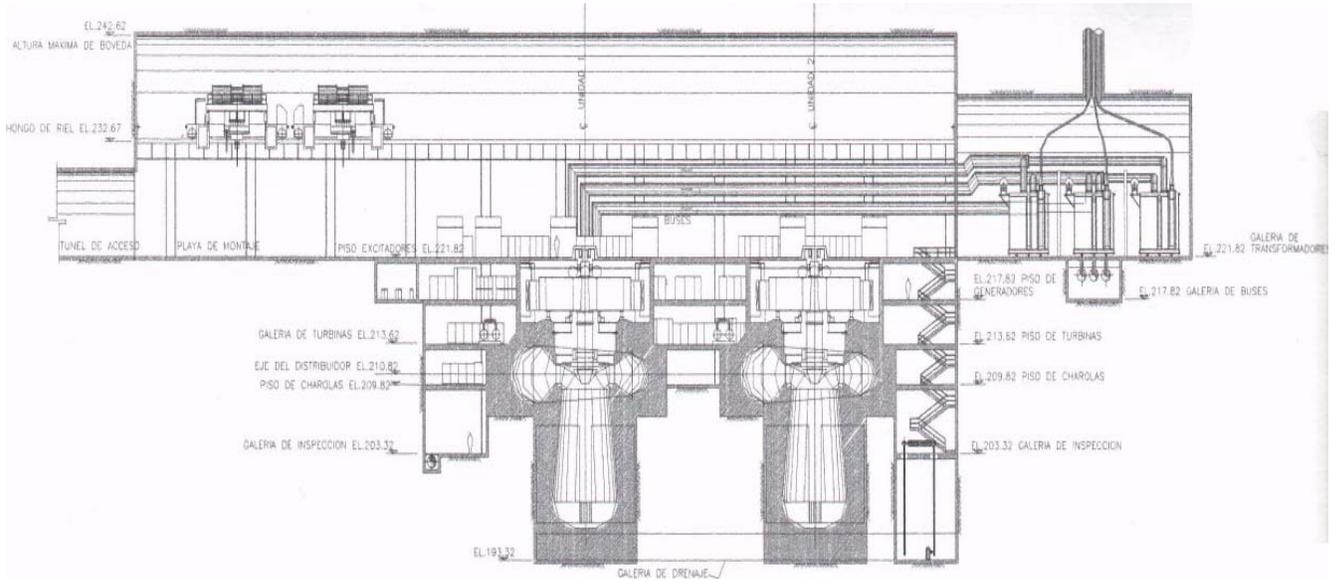


Figura 5.3 Túnel de acceso a casa de máquinas (corte longitudinal)

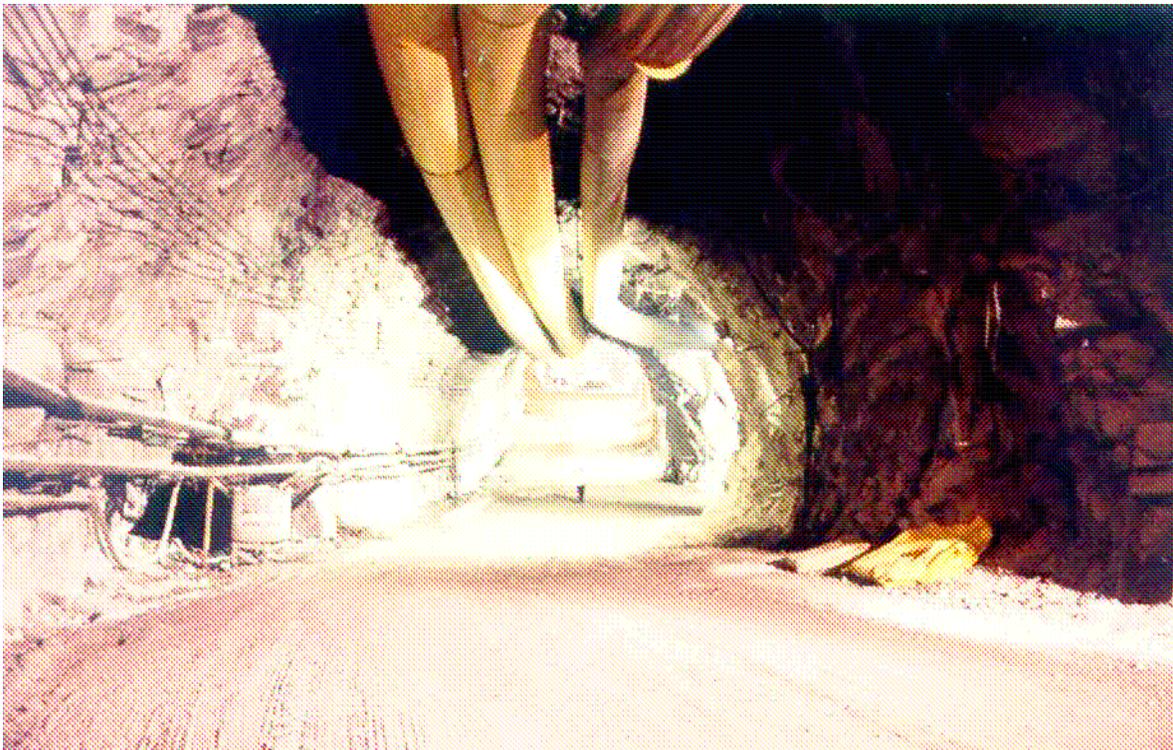


Figura 5.4 Túnel de acceso a la casa de máquinas similar al que se construirá en La Yesca (vista)

Las técnicas empleadas en la excavación de las ampliaciones son las mismas que para la sección central piloto, con excepción de que en las ampliaciones la cuña no existe, en virtud de que la voladura tiene dos caras libres; al frente y al lado. Los barrenos se cargan únicamente con explosivo tipo hidrogel, con densidad de carga en los barrenos del contorno de 0,22 Kg/m.

Una vez excavada la bóveda, el siguiente nivel se excava en tres secciones. La primera; denominada sección central (6 m de altura x 14 m de ancho), se barrena y detona en primer lugar usando técnicas convencionales de voladura en banco, mientras que las ampliaciones (segunda y tercera secciones) de 4 m de ancho cada una, se barrenan y detonan con un desfase de 20 m, utilizando barrenación horizontal con jumbo mediante la técnica de postcorte. El material producto de la excavación de esta etapa es removido, cargado y trasladado mediante el uso de cargador frontal y camiones fuera de carretera, siguiendo la ruta a través del túnel de acceso definitivo hacia el exterior.

La etapa 4, incluyendo el complemento de la galería de transformadores, se excava con voladuras de dos líneas de barrenos a todo lo ancho de la caverna, utilizando perforadoras neumáticas tipo track-drill para la barrenación tanto de banqueo como de precorte. El precorte se realiza antes de la voladura del banco.

El pre-corte se realiza perforando una sola línea de barrenos cercanos entre sí, a lo largo del perímetro de la voladura principal. El diámetro de los barrenos de precorte es de 75 mm (3 ") y el espaciamiento entre ellos es de 70 cm.

Una vez ejecutado el precorte desde el banqueo anterior, la etapa 5 se ejecuta a todo lo ancho de la caverna usando el mismo equipo de barrenación y las mismas técnicas de voladura del banqueo de la etapa 4. El factor de carga para las voladuras de banqueo es de 0,4 kg/m³, con dos líneas de barrenos por voladura.

Concluida la excavación de la etapa 5, a partir de su nivel inferior, también se realiza la excavación de la galería de buses, del nivel 395,30 al 391,30. Esta excavación, con una sección de 6,8 m de ancho x 5,7 m de altura, por ser tipo bóveda, se ejecuta de manera similar a la etapa 1 (sección piloto de la bóveda de la caverna). La rezaga producto de las voladuras es removida y trasladada por cargadores frontales y camiones fuera de carretera que viajan a través de una rampa dentro de la caverna hacia el túnel de acceso definitivo y hacia el exterior.

Para la excavación de las etapas 6 y 7 posiblemente se requiera la construcción de un túnel auxiliar y sección 9 m x 7 m que conecta el túnel de acceso al codo inferior de la tubería a presión No. 2 y al tímpano norte de la caverna.

El propósito de tener acceso al nivel intermedio de la caverna, conlleva también, para agilizar la excavación, adicionar un túnel de acceso en la parte inferior de la caverna, para lo cual se construye un túnel que cruza los pozos de oscilación en su parte baja y cuyo destino es cada uno de los fosos de la caverna.

La excavación de los fosos para turbinas (etapa 8) se realiza también utilizando las técnicas de precorte y voladura abierta. El material producto de las voladuras en esta etapa se rezaga impulsándolo primeramente con tractor a través de una lumbrera previamente excavada que liga el foso con el túnel de aspiración; enseguida el material es levantado con cargador frontal y descargado en camiones fuera de carretera, cuyo ingreso es a través de cada uno de los túneles de aspiración.

La ejecución de la etapa 9 es bastante rápida, ya que el precorte se realiza desde la etapa anterior y sólo se ejecutan voladuras convencionales de banqueo. La rezaga del material se efectúa exactamente igual que en la etapa 8.

La siguiente figura a presenta un plano isométrico de las estructuras subterráneas excavadas en roca, donde se aprecian la caverna de casa de máquinas y los pozos de oscilación, así como el complejo de túneles permanentes y auxiliares.



Figura 5.6 Croquis isométrico del complejo subterráneo.

Estabilidad de taludes

Soporte

Cualquier terreno al ser excavado sufre modificaciones estructurales, siendo sometido a esfuerzos distintos a los que estaba sujeto en su estado natural de reposo, y dependiendo del tipo de excavación, son las alteraciones que sufre en su estabilidad. Los tratamientos de la roca son métodos o sistemas que se utilizan para asegurar la estabilidad del terreno que se va excavando, mejorando las propiedades mecánicas de la roca.

Los tratamientos de la roca para la estabilización de taludes en las excavaciones (cortes) de las estructuras que conforman el PH La Yesca, consisten básicamente en: soporte a base de anclaje, drenaje y protección con concreto lanzado reforzado con malla electrosoldada. A continuación se describe la metodología utilizada para la ejecución de estos tratamientos.

Anclaje en la bóveda de la caverna

La bóveda se soporta con anclas de tensión de 12 m de longitud y 25 mm de diámetro, siendo el ancla una varilla corrugada de $f_y=4\ 200\text{ kg/cm}^2$ con ciertas adaptaciones que se describen más adelante. Las anclas se tensan a 5 t y se instalan en un patrón de 1,4 m x 1,4 m en tresbolillo. Para este anclaje se utiliza resina epóxica, lo cual acorta considerablemente el ciclo de trabajo (20 minutos por ancla instalada es el tiempo promedio).

Los barrenos para las anclas (47 mm de diámetro) se ejecutan con un jumbo electrohidráulico de tres perforadoras, con centralizadores en cada brazo para facilitar la barrenación hasta 12 m de profundidad. El lavado del barreno consiste en la eliminación de los residuos de la barrenación, y se logra simultáneamente con la perforación, debido al agua de enfriamiento utilizada por el propio jumbo. La colocación de anclas se realiza con track-drill o jumbo de barrenación.

Una vez que fragua la resina rápida, se dispone de 13 minutos más para tensar el ancla. Para este fin, se coloca previamente una placa y tuerca en el extremo roscado para aplicar la tensión de 5 t mediante una pistola de impacto calibrada.

2. Anclaje en las paredes de la caverna

El sistema de soporte de las paredes es a base de anclas de acero de $f_y=4\ 200\text{ kg/cm}^2$. En general, se especifican patrones sistemáticos de anclas de fricción inyectadas con lechada, con longitudes de 15 y 9 m y de 37 mm de diámetro en barrenos de 76 mm.

En las paredes altas verticales de la caverna, las anclas se instalan con una inclinación ligeramente ascendente con patrones sistemáticos especificados; sin embargo, en zonas localizadas de fallas y cuñas potencialmente inestables se especifican patrones adicionales de anclaje intermedios a los de proyecto.

La barrenación para las anclas se realiza utilizando perforadoras tipo track-drill y jumbo electrohidráulico de dos brazos. Durante y posteriormente a la barrenación, se lava con agua a presión toda la longitud del barreno hasta recuperar el agua limpia libre de residuos de perforación.

Las longitudes y especificaciones del se muestran en la figura siguiente:

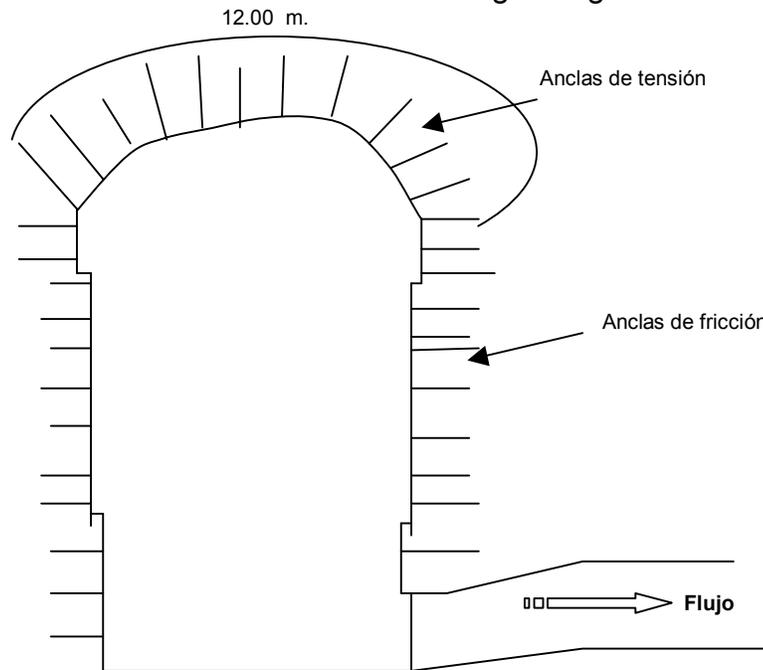


Figura 5.7 Anclaje en la caverna de casa de máquinas

3. Drenaje

Este tratamiento consiste en la perforación de barrenos de 9 m de longitud y 76 mm de diámetro, cuya función es drenar el agua producida por filtraciones y bolsas de agua, canalizando ésta hacia puntos bien definidos, reduciendo la carga hidrostática que soporta la roca. La ubicación de estos barrenos se realiza de manera selectiva en zonas de filtraciones importantes.

4. Revestimiento con concreto hidráulico

Acero de refuerzo

El acero de refuerzo que se utiliza en la casa de máquinas se habilita en un patio destinado a este fin, el cual se ubica afuera y en la proximidad de las obras subterráneas; en el interior de la caverna sólo se realiza la colocación de dicho acero, con la finalidad de lograr fluidez en los preparativos para los colados.

Concreto hidráulico

Todo el concreto que se coloca en la casa de máquinas tiene un estricto control de calidad, y se clasifica en las siguientes fases:

Suministro

Cemento.

El cemento que se usa en la elaboración del concreto es del tipo I, colocado a granel por tolvas transportadoras en la planta dosificadora. La descarga del cemento de las tolvas a los silos de almacenamiento se realiza por medio de sopladores (aplicación de aire a presión). Se dispone de silos horizontales y verticales con capacidad de 120 y 70 t respectivamente.

Agregados.

Los materiales pétreos que se emplean en la elaboración del concreto se extraen de diferentes bancos y se transportan a la planta clasificadora, en la cual se obtienen arena, grava 1 ($\frac{3}{4}$ ") y grava 2 (1 $\frac{1}{2}$ "). Estos agregados se transportan y colocan en los bancos de almacenamiento de la planta dosificadora. Los bancos de almacenamiento se delimitan con muros de mampostería para evitar la contaminación entre los agregados y se acondicionan con una pendiente en el piso con el fin de drenar las captaciones de agua y evitar la saturación de los materiales almacenados.

Agua.

El abastecimiento de agua se realizará mediante la utilización de cárcamos y sistema de bombeo; de estas estructuras el agua se extraerá y distribuirá a los frentes aunque también pueden utilizarse camiones cisternas conocidos como pipas.

Al considerar que la temperatura del concreto al salir de la planta dosificadora debe ser de 20 °C, con el fin de colocarlo en las diferentes estructuras con una temperatura de 22 a 23 °C, se usa hielo tipo escarcha.

El hielo se fabrica en una planta montada junto a la dosificadora con una capacidad de producción de 2 t/h y 100 t de almacenamiento. Dado que la cantidad de hielo empleado en la elaboración del concreto depende de la temperatura ambiental y de la de los materiales, representa, generalmente, del 50 al 70% del volumen calculado para el agua en la dosificación.

Aditivos.

En la producción de concretos se utiliza un aditivo reductor de agua en un 0,6% respecto al contenido de cemento (en peso), con el fin de aumentar su resistencia conservando su manejabilidad.

Fabricación

Todos los concretos de la casa de máquinas se diseñan con una resistencia de 200 kg/cm², con las proporciones indicadas en la siguiente tabla.

Tabla 5.6 Proporción de materiales en el diseño de concretos.

Material	Proporción
Cemento	275 kg
Arena	792 kg
Grava 1	630 kg
Grava 2	421 kg
Agua	176 l (50-70% de hielo)
Aditivo	165 litros

Los agregados procedentes de los bancos de almacenamiento se depositan en la tolva receptora por medio de cargadores sobre neumáticos. Por medio de una banda transportadora radial se distribuyen a las diferentes tolvas para ser pesados, de acuerdo a la dosificación empleada, y se descargan uniformemente en otra banda con destino a las ollas revolvedoras.

En forma similar, el cemento se pasa de los silos de almacenamiento a los silos pulmón, donde se pesa y se dosifica con los agregados, transportándose en conjunto al mezclado de los mismos por medio de la banda radial.

Excavaciones y/o cortes

La obra de toma se compone de un canal de llamada de 50 m de ancho y 80 m de longitud, ubicado en la margen izquierda del Río Santiago. Esta obra se construye mediante excavación a cielo abierto, en su mayoría con uso de explosivos.

La excavación tiene cortes de 86 m de altura máxima en el talud frontal del canal (zona de control y bocatomas de las tuberías a presión), de la elevación 580 a la 494 (piso de proyecto del canal).

Las primeras actividades por ejecutar antes de iniciar la excavación propiamente dicha, son los trabajos de desmonte y despalme en las zonas donde se ubica la obra. Para la remoción se usa tractor D8N y se transporta el desperdicio al banco ubicado en el arroyo El Carrizalillo, cercano a la misma obra de toma.

La excavación se inicia en la parte más alta de la obra (elevación 580, talud frontal). Para ello es necesario unir el piso del canal de llamada de la obra de excedencias con la mencionada zona más alta mediante una brecha de penetración, y proceder a subir el equipo de barrenación y los tractores.

En general, la excavación se lleva a cabo por banqueos, ejecutándose los trabajos hasta terminar la excavación a piso de proyecto del canal de llamada en la elevación 494, realizando la barrenación entre éste y las bermas mencionadas.

Estabilidad de taludes

Revestimiento con concreto hidráulico

Zona de compuertas y transición

La zona de compuertas y transición de la obra de toma comprende de la elevación 495,5 a la 500,4 , y se ubica entre la estructura de rejillas y el inicio del blindaje de las tuberías a presión. Se inicia a partir de los paramentos elípticos de las bocatomas, de aquí se mantiene con una sección rectangular en forma constante hasta su término, donde se alojan los espacios para las compuertas de servicio y de emergencia, y pasa a la transición de 18,54 m de longitud, de sección rectangular de 10,05 x10,05 m a sección circular de 8,50 m de diámetro.

Torre de compuertas

Esta estructura se construye a base de muros laterales de sección constante para las guías de compuertas; su desplante se ubica en la elevación 500,40 y finaliza en la 577 (piso de la cámara de mantenimiento).

El acero de refuerzo utilizado para esta estructura considera armados de 19 mm ($\frac{3}{4}$ ") en sentido vertical y 38,1 mm ($1\frac{1}{2}$ ") en sentido transversal. El proceso de secuencia del armado consiste en llevar el acero de refuerzo 15 a 20 m arriba del nivel del colado en ambas tomas, lo que permite darle celeridad a estas actividades. Asimismo, se colocan las placas y perfiles de la instalación de las guías de las compuertas para su embebido en los segundos colados.

Las figuras 5.8 y 5.9 muestran el proceso de revestimiento de la zona de compuertas.

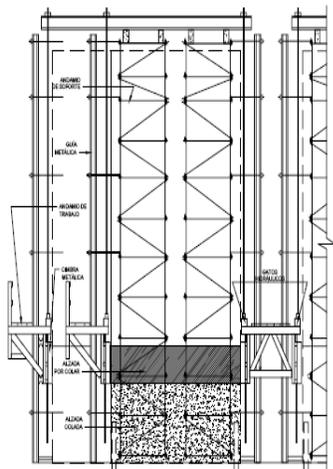


Figura 5.8 Zona de ubicación y disposición de la cimbra deslizante
(Tomado de la Presa El Cajón)



Figura 5.9 Revestimiento de concreto armado bocatomas y torres de compuertas
(Tomado de la Presa El Cajón)



Figura 5.12 Proceso inicial de excavación de las bocatomas
Tomadas de la construcción del C.H. El Cajón.

Los túneles inclinados a $26,5^\circ$ de las tuberías a presión arrancan a partir del talud frontal de la obra de toma y terminan en los codos superiores; comprenden las zonas de sección rectangular, de transición y una parte del codo superior.

La barrenación en este tramo se realiza con diámetros 38,1 mm, 47,6 mm y 76,2 mm, utilizando como equipos de perforación jumbo electrohidráulico de dos brazos, track-drill y perforadoras de piso. En el proceso de excavación únicamente se emplea explosivo hidrogel en bombillos de 1" \varnothing x 8" con peso de 0,118 kg, 1" \varnothing x 40" con peso de 0,4 kg (baja densidad) y de 1 1/2" \varnothing x 16" con peso de 0,5 kg. Para lograr mayores avances, dadas las características de túnel inclinado, se utiliza al máximo posible el jumbo electrohidráulico como equipo de perforación. Lo anterior, permite excavaciones con el 18% de pendiente máxima para permitir el acceso o retiro del jumbo al frente de excavación. Cuando no es posible tener pendientes mayores del 18%, la excavación se realiza utilizando track-drill. Las perforadoras de piso se emplean cuando el acceso es imposible para el track-drill.



Figura 5.13 Excavación del tramo bocatoma -transición -codo superior
(tomado de la construcción del C.H. El Cajón)

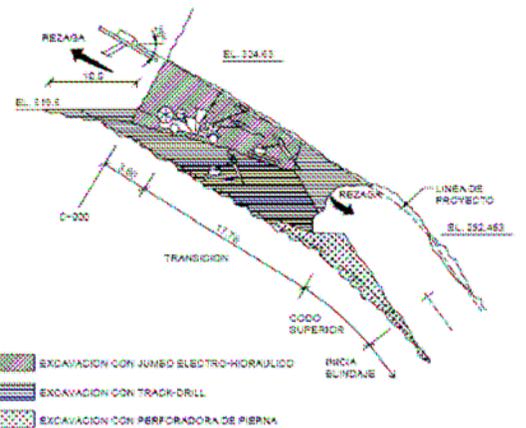


Figura 5.14 Etapas de excavación del tramo bocatoma -transición-codo superior
(tomado de la construcción del C.H. El Cajón)

Excavación del tramo vertical

Concluida la excavación del codo superior y el túnel de acceso a la parte baja de cada una de las tuberías a presión, se procede a la excavación del tramo vertical. Este tramo tiene una longitud de 53,90 m y comprende: una parte del codo superior, la zona de reducción, la rama inclinada y una parte del codo inferior.

Etapa 2. Ampliación del pozo piloto

Una vez concluido el rimado del pozo piloto, se realiza primero una ampliación a dicho pozo en toda su longitud, para posteriormente realizar la ampliación a sección completa. Este procedimiento tiene como propósito evitar que el pozo piloto se obstruya con la roca fragmentada producto de las excavaciones a sección completa y que consecuentemente, provoque trabajos extraordinarios para destapar el pozo, representando posibles atrasos en el programa de obra, pérdidas económicas y riesgos para el personal de trabajo.

El sentido de ataque de la excavación es de arriba hacia abajo; a partir de la parte superior del tramo inclinado hacia la clave del túnel horizontal en la parte baja de la tubería, aprovechándose de esta manera el pozo piloto para la rezaga del material producto de las excavaciones. En cada banqueo, la carga con explosivos se realiza únicamente con hidrogel. Una vez efectuada la detonación, y dada la ventilación adecuada en el área de trabajo, se procede a la rezaga del material producto de la voladura en forma manual y mediante sopleteo con aire a presión, arrojando dicho material a través del pozo piloto hacia la parte baja de la tubería a presión para su posterior retiro.

Etapa 3. Ampliación a sección completa

Las excavaciones en esta etapa se inician después de haberse concluido las excavaciones de los tramos bocatoma-transición-codo superior en cada unidad. De igual forma que en la segunda etapa, la ampliación a sección completa se realiza de arriba hacia abajo mediante el sistema de banqueos con uso de explosivos.

Para llevar a cabo estas excavaciones, se hace primero una barrenación profunda utilizando como equipo de perforación un tunnel-track neumático con martillo de fondo, y posteriormente para finalizar la excavación, se utilizan perforadoras de piso o pierna neumáticas.

En las excavaciones restantes, la barrenación se realiza con perforadoras de piso o pierna neumáticas; consiste en perforaciones de 38,1 mm de diámetro y longitud promedio de 2,4 m.

Estabilidad. Tratamientos de la roca

Los tratamientos que se realizan en estas estructuras consisten en: anclaje de fricción colocado con resina epóxica, drenaje selectivo y concreto lanzado selectivo.

Tratamientos de la roca en tuberías a presión, mediante uso de track-drill montado en plataforma.

Como ya se mencionó en la descripción de las excavaciones de estas estructuras, a partir del arranque de las tuberías en el talud frontal de la obra de toma, se realiza la colocación y empaque de rieles en cada tubería a presión; necesarios, mediante el auxilio de malacates, para trasladar plataforma de trabajo para llevar equipos utilizados en los tratamientos de la roca (jumbo electrohidráulico y track-drill), así como para la transportación y colocación de los canutos o tubos que conforman el blindaje de las tuberías.

De manera general, estos tratamientos son similares a los que se ejecutan en los pozos de oscilación, por lo que para estos pozos se omite su descripción.

Montaje de tuberías

Una vez concluidos los trabajos de fabricación, transporte y almacenamiento del blindaje (canutos) de las tuberías a presión, y habiéndose ejecutado los cortes, rolado, conformado, soldadura, pruebas y aplicación del recubrimiento anticorrosivo a dicho blindaje, se procede a realizar el montaje del mismo en las siguientes etapas:

Las tuberías se transportan a dos zonas: la primera, a zona de almacenamiento del canal de llamada de la obra de toma y bocatomas, para formar los ramales horizontal, superior y vertical; y la segunda, a la casa de máquinas para formar los ramales horizontales inferiores.

Finalmente, se efectúa el atraque de la tubería en el piso y paredes del túnel de la tubería a presión, para concluir con los trabajos de montaje de estas estructuras.

Empaque de tuberías con concreto hidráulico

El procedimiento de colocación de concreto hidráulico para el empaque de las ramas inclinadas en las dos tuberías a presión se realiza utilizando concreto bombeado, para lo cual se contará con dos bombas estacionarias para concreto, ubicadas; una en la zona de bocatomas, y otra en la plataforma del canal de llamada de la obra de toma.

El concreto elaborado en planta dosificadora es transportado y descargado en dichos centros de bombeo por camiones ollas revolvedoras de 5 m³ de capacidad.

Los concretos son colocados en capas horizontales, asegurándose la distribución y colocación de concreto tierno sobre concreto aún no fraguado, acomodando y ligando las capas con vibradores de inmersión de 3" de diámetro accionados neumáticamente, evitando posibles huecos en la estructura y logrando una adecuada compactación.

Galería de oscilación

Excavaciones y/o cortes

Debido a que estas estructuras consisten en dos pozos cuyos frentes de excavación son subterráneos en un macizo rocoso, se usa el método de excavación a base de explosivos.

La excavación de la galería se ataca en su primera fase a través de un túnel de acceso definitivo a galerías, de sección portal de 8 m x 8 m y 277 m de largo. Este túnel conduce al piso de la galería para el izaje de compuertas (nivel 421 msnm).

Excavación de la galería para izaje de compuertas

Esta estructura, con dimensiones 73 m de largo en sección portal de 10,6 m por 9,6 m, comunica a la galería de oscilación. Las técnicas empleadas en la excavación de esta galería, relacionadas con la barrenación, plantillas de voladuras, cargas con explosivos y tipo de explosivos utilizados, son similares a las que se emplean para la excavación de la bóveda de casa de máquinas, descritas anteriormente.

Galería de oscilación.

La galería de oscilación tiene una altura de 50,50 m y un ancho de 15 m. La excavación se realiza en forma similar a la de casa de máquinas.

Revestimiento con concreto hidráulico.

El revestimiento con concreto de estas estructuras se realiza utilizando el sistema de cimbra deslizante, para lo cual es necesario tener armadas las parrillas de acero de refuerzo, tanto longitudinal como transversalmente, en una altura promedio de 40 m arriba de los niveles de colado, ya que la misma estructura de los pozos dificulta esta actividad mientras se efectúa el deslizado.

El procedimiento utilizado para el revestimiento de estas estructuras es similar al que se emplea en la construcción de las torres de compuertas de la obra de toma, descrito anteriormente. La colocación del concreto se realiza con dos bombas estacionarias; una de ellas ubicada en parte baja de los pozos (elevación 381,50), cuya excavación se deriva de la construcción del túnel de acceso a la parte inferior del tímpano norte de la caverna de casa de máquinas; la otra bomba se instala en el piso de la galería para izaje de compuertas de los pozos. El concreto se conduce mediante tubería de 6" extendida desde los frentes de bombeo señalados.

Túnel de desfogue

Excavaciones y/o cortes

Dadas las dimensiones de este túnel (275,40 m de largo en sección portal de 13,8 x 13,8 m), la excavación se realiza básicamente en tres etapas, etapa 1: piloto bóveda, etapa 2: ampliación bóveda, y etapa 3: banqueo.

El procedimiento inicial para la excavación consiste en atacar el canal de salida y al concluir este paso, entrar al túnel con un cuarto de sección por medio de voladuras cortas y controladas, excavando sólo $\frac{1}{2}$ sección izquierda de la bóveda hacia aguas arriba (etapa 1). Posteriormente se ejecuta la excavación de la $\frac{1}{2}$ sección derecha de la bóveda (etapa 2), con un desfase entre éstas de 30 m. La excavación en bóveda se continúa de esta manera hacia aguas arriba hasta llegar a los pozos de oscilación. Concluida esta excavación se procede a ejecutar los banqueos a sección completa.

Toda la excavación (bóveda y banqueos) del túnel de desfogue se ejecuta por medio de voladuras controladas. La barrenación del frente de excavación en su totalidad es horizontal y se realiza utilizando jumbo electrohidráulico de tres brazos.

Toda la excavación de este túnel se realiza de manera alternada con los tratamientos de la roca, siendo éstos condicionantes, en situaciones específicas, para poder continuar la excavación en sus distintos ciclos.

Revestimiento con concreto hidráulico

Antes de iniciar los trabajos del revestimiento de muros y bóveda, se realiza el colado de las losas de piso en dos partes (por mitad del túnel) en el sentido longitudinal, dejando exprofeso una guarnición de 70 cm de altura para el apoyo y apañamiento de la cimbra deslizable “jumbo”, obligando a un claro efectivo entre ambos muros de 16 m.

Muros y bóveda del túnel

La cimbra metálica deslizable utilizada recibe el nombre de “jumbo”; se compone principalmente de una estructura o esqueleto que soporta la lámina dando así la forma de muros y bóveda en tres partes: una vertical para el muro, otra en transición y la última que da a la mitad o centro de la clave.

Toda la estructura se apoya en ruedas de acero y éstas sobre rieles, un cargador frontal lo jala con un estrobo de acero, ubicando la cimbra donde previamente se marca topográficamente quedando apoyada aproximadamente 15 cm en el colado anterior. Los tramos colados comprenden 6 m de longitud.

Lumbreras

Revestimiento con concreto hidráulico.

La cimbra utilizada es duela machimbrada, con dimensiones de 1,2 m de altura y diámetro de proyecto. En la parte inferior se dispone de una plataforma de acabado y reparación, comunicada con otra plataforma de trabajo por medio de una escalera marina.

Subestación elevadora

Construcción

La subestación se conforma de un edificio que comprende a la subestación de 400 kV y servicios auxiliares con dimensiones de 64.10 m de longitud, 15 m de ancho y 11.5 m de altura.

El edificio se construye a base de estructura metálica, con columnas y trabes de perfiles IR e IPR, y contra venteos de perfiles LI unidos por medio de soldadura con electrodos de la serie E-70, fijándose por medio de la tortillería a los apoyos establecidos según el proyecto.

Obras de desvío

Túneles de desvío

Excavaciones y/o cortes.

Las obras de desvío, además de las ataguías, están constituidas por dos túneles subterráneos en un macizo rocoso, por lo cual el método de excavación usado es a base de explosivos.

De acuerdo con el programa general de construcción, los túneles de desvío deben excavar en 10 meses, lo que implica efectuar su excavación a través de 9 frentes de manera simultánea.

La barrenación para excavación se realiza con jumbos electrohidráulicos de tres perforadoras, distribuidos de la siguiente manera: dos atacando por los dos frentes de acceso, tres distribuidos en el túnel crucero y ramificaciones de éste hacia los extremos (entrada y salida), y dos jumbos atacando por la salida de los túneles.

Debido a las condiciones de fracturamiento de la roca del macizo rocoso y a la dimensión de los túneles, estos se excavan en tres etapas: 1) excavación de una sección piloto de la bóveda por la mitad izquierda o derecha de cada uno de los túneles; 2) excavación de la sección ampliación de dicha bóveda (estas dos secciones se ejecutan de manera alternada con un desfase entre una etapa y otra de 30-35 m); 3) y excavación de banqueo.

Ataguías

Construcción

Como parte de las obras de desvío se construyen las ataguías aguas arriba y aguas abajo. Son terraplenes formados con materiales graduados con un corazón o núcleo impermeable. La ataguía de aguas abajo se conforma, además, de una pantalla flexoimpermeable de 60 cm de ancho para ligar dicho núcleo con la roca bajo el material permeable existente en el lecho del río. La construcción de ambas ataguías permite el encauzamiento del río por los túneles de desvío; el espacio entre ambas estructuras queda aislado, permitiendo la construcción de la cortina.

Previamente a la colocación de los materiales, se efectúa la limpieza de las laderas retirando la vegetación y el material suelto hasta encontrar la roca sana, que sirve de apoyo para el confinamiento de los materiales. En el cauce del río sólo se retira una capa de material superficial, ya que el manto aluvial existente sirve para el desplante de los materiales que conforman el cuerpo de las ataguías. Paralelamente a estas actividades se construyen los caminos de acceso a las diferentes elevaciones hasta el coronamiento, partiendo de un camino principal.

Con suficiente anticipación a la colocación de los materiales, se cuenta con ciertos volúmenes de los distintos materiales almacenados y tratados; quiere decir que para esto ya fueron acondicionados los bancos de préstamo y que están en condiciones de producción continua. Se inicia la colocación de los materiales de acuerdo a la zonificación marcada en el proyecto, controladas y verificadas mediante trazos topográficos.

Los materiales son cargados y transportados de los almacenes o bancos de préstamos. Para la construcción de la ataguía de aguas arriba se tienen consideradas dos etapas, la primera a la elevación 395 y la final hasta la elevación 412; la ataguía de aguas abajo se construirá en una sola etapa hasta la elevación 407 msnm.

Tabla 5.7 Materiales de las ataguías.

Mat.	Zona	Origen	Características	Observaciones
N	Núcleo impermeable	Bancos de arcilla La Haciendita	Arena arcillosa con fracción fina de alta plasticidad	Colocado y compactado en capas de 25 cm de espesor con RVA tipo DYNAMAC
2	Filtros	Bancos de aluvión	Aluvión cribado de diám. <3" (ver granulometrías)	Colocado y compactado en capas de 30 cm con 2 pasadas de RLV de 5 t
3B	Preataguías	Excavaciones del desvío	Granulometría variada con grandes bloques para el cierre de las preataguías	Colocado a fondo perdido los taludes exteriores se cubren con rezaga sucia colocada a volteo y con más de 20%

				de finos
3C	Contra ataguías	Excavaciones del desvío	Granulometría variada con grandes bloques para el cierre de las contra ataguías	Colocado a fondo perdido hasta el nivel del agua o a volteo
3D	Relleno entre pre ataguías y contra ataguías	Bancos de aluvión	Aluvión en greña diám. <15" (ver granulometría)	Colocado a fondo perdido hasta el nivel del agua y tendido en capas de 30 cm
3F	Respaldos	Excavaciones del desvío	Enrocamiento bien graduado diám < 40 cm	Colocado y compactado con 4 pasadas de RLV de 10 t en capas de 80 cm.
4	Enrocamiento de protección	Excavaciones y banco de roca	Fragmentos de diám. >40 cm	Colocado y bandeado en capas de 1.2 m con tractor D-8 o similar

RLV: rodillo liso vibratorio

Tabla 5.8 Volumen de materiales en ataguías.

Ataguía		Volumen (m³)		
Material	Características	Aguas arriba	Aguas abajo	Total
N	Núcleo impermeable	16 172	9 306	25 478
2	Filtro	15 190	9 147	24 337
3B	Enrocamiento	15 960	7 628	23 588
3C	Enrocamiento	17 580	8 612	26 192
3D	Relleno	25 083	20 924	46 007
3F	Respaldos	40 884	28 868	69 752
4	Protección de taludes	16 460	4 094	20 554
Total		147 329	88 579	235 908

Pantallas impermeables en las ataguías

La pantalla impermeable de la ataguía de aguas abajo, tiene como finalidad construir una barrera que evite las filtraciones procedentes del río Santiago a través del aluvión localizado bajo el cuerpo de la ataguía durante la operación de los túneles de desvío.

La pantalla debe ser impermeable, continua y empotrada en la roca. Para reducir las filtraciones a través de la misma se aplicará un tratamiento mediante inyecciones en la roca bajo la pantalla de concreto.

Alineación de la pantalla.

Se trabaja a partir de una plataforma localizada en la elevación 395 msnm, nivelada para lograr el alineamiento de la pantalla durante su construcción, y garantizar la continuidad y uniformidad de la misma.

Se construyen brocales de concreto armado a todo lo largo de la pantalla, que sirven de guía al equipo de excavación. Los brocales se colocan hasta una profundidad de 1,0 m con la separación adecuada para introducir el equipo de excavación. Sobre los brocales de concreto se marca topográficamente la posición geométrica de los paneles de la pantalla, barrenos de inyección, barrenos adicionales, etc.

Concluyendo con la construcción de la pantalla se remueven los brocales de concreto.

Obras de excedencias

Excavaciones y/o cortes.

La obra de excedencias, ubicada en la margen izquierda del río Santiago, la constituyen tres túneles que en su sección normal tienen 13 por 15 m la construcción es similar a la de los túneles de desvío: está constituida por las siguientes estructuras:

Canal de llamada
Zona de control
Túneles de descarga de descarga
Cubeta deflectora

La excavación se realiza teniendo como prioridad llegar hasta el nivel de desplante de las estructuras de concreto en la zona de control, con avances en la excavación de los banquetes en forma de pirámide invertida, con rampas de acceso a las diferentes banquetas o plataformas para el acarreo del material a los sitios destinados. El material aprovechable (rezaga y sobre tamaño) producto de la excavación es enviado para su colocación a la cortina, y el no aprovechable se envía al banco de desperdicio ubicado aproximadamente a 500 m aguas arriba en la margen izquierda.

Revestimiento con concreto hidráulico.

El revestimiento de la obras de excedencias se inicia cuando las excavaciones lo permitan, se encuentren en los niveles de proyecto y a una distancia suficiente que permita trabajar sin riesgos.

Para tal efecto, se plantea instalar una planta de producción de concreto, con una capacidad de 100 m³/h, para los colados en la zona de control y contar con el área necesaria para almacenamiento de los agregados, mismos que son sometidos a proceso de trituración, cribado y lavado, de tal forma que cumplan con los requerimientos especificados.

i. Estructura de control

Se inicia el revestimiento de la estructura de control con la construcción de la losa del cadenamiento km 0-011 en la elevación 552, cuyo colado se realiza en secciones, utilizando cimbra de madera del tipo convencional provista con llaves de cortante para las juntas de construcción, mismas que son tratadas con el aditivo especificado.

La colocación del concreto se efectúa a tiro directo desde las ollas revolventoras y/o con equipo de bombeo; ya sea una bomba sobre camión o una bomba estacionaria.

En las estructuras de control se construyen primeramente las pilas intermedias, utilizando cimbra deslizante de caras paralelas a partir del eje del cimacio y cimbra convencional en el eje del cimacio, en la zona de cambio de sección de las pilas.

ii. Túneles de descarga y zona de transición

Las zonas de transición de los túneles se cuelan empleando cimbra de triplay tanto en muros como en la bóveda asegurando esta con "sheabolds" la cual se coloca posterior al armado del acero de refuerzo. Previamente se lleva a cabo el colado de la cubeta o losa de piso del túnel de igual forma que en los túneles de desvío. En la zona de sección normal se emplea cimbra deslizante para el colado de muros y bóveda tal como ya se ha descrito anteriormente en casa de máquinas.

iii. Cubeta deflectora

Por último se realiza el colado de la estructura deflectora, en la cual después de colocado el acero de refuerzo, se emplea cimbra convencional en el número de secciones que se determinen en el campo, con el fin de manejar los volúmenes de concreto en forma ordenada. La colocación del concreto es a tiro directo y bombeado.

Obras de contención

Las obras de contención tienen la función de contener y embalsar el agua de la presa para la generación de energía eléctrica. Sus principales componentes son: presa y pantalla de inyecciones. Para facilitar la descripción de la construcción, a continuación se dividen las obras en: cortina, plinto y cara de concreto.

i. Cortina

Esta estructura es la que proporciona la estabilidad necesaria para contener y embalsar el agua, consta de un pedraplén de materiales graduados provenientes de los bancos de aluviones de la tabla 2 (material 3B), de las excavaciones de las obras (material T) y de la trituración de roca de los bancos de la tabla 4 (material 4C), con las cantidades descritas en la siguiente tabla.

Tabla 5.9 Materiales para la construcción de la cortina.

Material	Volumen (m3)
1B Material sobre cara de concreto	406 812
2 Apoyo de la cara de concreto	336 019
2F Filtro de protección de junta perimetral	4 923
3B Aluvión en cuerpo de cortina	3 746 121
T Transición	4 010 827
3C Enrocamiento compactado	3 498 725
4 Enrocamiento de protección	166 236
Relleno en cajón de corona	8 280
Total	12 177 943

La corona de la cortina está diseñada a la elevación 579 msnm, con una longitud de corona de 571 m y una altura de 210 m.

Antes de colocar los materiales primeramente se limpia el cauce del río en esa zona. En la colocación se debe de observar lo que marca el proyecto en cuanto a las características de los materiales, tales como granulometría y contenido de finos. En la compactación se debe cumplir con el procedimiento especificado en lo referente al tipo de equipo de compactación, número de pasadas, secuencia de colocación de materiales en la frontera de ellos, desnivel máximo autorizado entre un material y el adyacente, taludes de colocación, taludes definitivos, y en general con la geometría indicada en el proyecto.

El terraplén se construye en varias etapas con la finalidad de dar condiciones para el colado de la cara de concreto.

ii. Plinto

Es una estructura de concreto armado, anclada a la roca con una longitud de 1 000 m, y tiene como finalidad dar apoyo a la cara de concreto y servir como plataforma para la inyección de la masa de roca subyacente y así formar la continuación del plano de estanqueidad en esa zona. La unión plinto-cara de concreto se logra con una junta perimetral de cobre.

Cara de concreto.

Es una estructura de concreto armado, de espesor variable, apoyada en el plinto y en la cortina, tiene un área aproximada de 110 000 m² y un volumen de concreto de 63 030 m³. Por su magnitud se cuela por etapas, en tramos de 15 m de ancho, la continuidad se logra por medio de juntas de construcción de cobre y PVC.

Construcción.

Una vez desviado el Río Santiago de la zona de desplantes de la presa (recinto) por medio de las ataguías y los túneles, se procede a efectuar las siguientes actividades principales:



Fig. 5.15 Construcción del Plinto (tomado de la construcción del C.H. El Cajón.- CFE)

Colocación de materiales en la cortina.

Una vez extraídos y procesados los materiales de enrocamiento necesarios para la construcción de la cortina, se acarrear al sitio de su colocación, extendiéndose y compactándose en las capas, espesores y número de pasadas.

Formación de terraplenes en la cortina.- El proceso de construcción de la cara de concreto en forma simultánea.

Cara de concreto

Terraplenes en cortina

iii. Construcción de la cara de concreto

El colado de la cara de concreto se realiza utilizando una cimbra deslizante en secciones de 15 m de ancho. La velocidad de la cimbra es del orden de 3 m por hora. Esta cimbra va montada sobre rieles y funciona utilizando gatos hidráulicos y castañas, las cuales permiten el movimiento de la cimbra con los gatos hidráulicos y sujetan la cimbra cuando se retraen dichos gatos.

Junta perimetral tipo 1.- Se localiza entre el plinto y la cara de concreto. El diseño de la junta es el resultado del análisis del comportamiento de estructuras similares y de ensayos efectuados en laboratorio, la componen: un sello de cobre, una banda de PVC, un sello PVC y un material fino que puede ser ceniza volante (producto de la combustión de carbón).

Juntas verticales.- Se localizan en cada una de las losas de 15 m de ancho. Las juntas tipo 2 y 3 son las centrales o de compresión, localizadas en la parte media de la losa, con un sello de cobre inferior. La junta tipo 4 se denomina lateral o de tensión, se localiza próxima a los estribos, con un sello de cobre y PVC con ceniza volante.

La junta tipo 5 o de transición se localiza entre las laterales y las centrales, contiene un sello de cobre y ceniza volante. La junta tipo 6 es para absorber las dilataciones térmicas de la cara de concreto durante el período previo al llenado del embalse y tiene una pequeña separación rellena con madera entre las losas. Las juntas tipo 7 y 10 se denominan horizontales o de conexión.

El equipo que se emplea para la construcción de la cara de concreto es el siguiente: planta de concreto, ollas revolvedoras, motobombas de concreto, cimbra deslizante y equipo complementario, como vibradores, canalones, máquinas soldadoras, equipo de oxicorte, y otros.

Montaje del equipo electromecánico

A continuación se describen en forma breve las actividades del montaje de los equipos electromecánicos del PH La Yesca, los cuales se listan enseguida:

Compuertas de cierre provisional y cierre final para los túneles de desvío

Compuertas radiales para la obra de excedencias

Compuerta tipo vagón para la obra de toma

Compuertas tipo tablero para la galería de oscilación

Grúas viajeras de casa de máquinas

Turbogeneradores

Subestación encapsulada aislada en SF6

Compuertas de cierre provisional y cierre final para los túneles de desvío

En el portal de entrada de los túneles de desvío se instalan obturadores tipo tablero de dimensiones 14,00 x 14,00 m, para una carga hidráulica de 65 m. La finalidad de instalar estos obturadores es la de tener condiciones de control para un cierre provisional y poder efectuar revisiones y mantenimientos en cualquiera de los túneles. Asimismo, una vez terminada la construcción de las diferentes estructuras de control, estar en condiciones de obturar cada uno de los túneles y construir los tapones del concreto de cierre definitivo.

En el túnel N° 2 del desvío se construye una lumbrera ubicada aproximadamente a un tercio de la longitud del túnel, con el objeto de instalar en ella una compuerta denominada de cierre final de 7,00 x 13,00 m. Tanto esta compuerta como un obturador H=38, fueron utilizados en la CH Aguamilpa y se encuentran actualmente en los almacenes de CFE.

El montaje consiste en instalar la estructura de maniobras con sus mecanismos y polipastos de izaje perfectamente anclados al piso y alineados al eje de la ranura de la lumbrera, actividad que se realiza con apoyo de grúas autopropulsadas.

Cada sección del obturador o de la compuerta se posiciona sobre vigas denominadas “camellos” con el objeto de ensamblar el inmediato superior a través de tornillería de acero inoxidable y verificar que el sello tipo “nota musical” quede debidamente colocado sobre la superficie de sello.

Compuertas radiales para la obra de excedencias

La obra de excedencia es del tipo cresta, controlada con seis compuertas radiales de 12,50 m de ancho y 20 m de altura.

Las compuertas son suministradas en secciones previamente presentadas en fábrica para facilitar el ensamble en obra. Estas compuertas, con apoyo de grúas autopropulsadas, se montan una a una dentro de su vano correspondiente. El montaje consiste en presentar cada una de las secciones, alineándolas con respecto a las guías radiales y haciendo coincidir los cartabones entre secciones y aplicar soldadura en la unión de cada sección usando máquinas soldadoras tipo SAF 600 de 480 VCA.

El sistema de izaje se hace a través de los servomotores hidráulicos acoplados a las compuertas, y accionados por medio de centrales óleo dinámicas desde una caseta local ubicada en el sitio del vertedor.

Compuertas tipo vagón para la obra de toma.

La toma se inicia en un canal excavado a cielo abierto. El ingreso del flujo a la conducción forzada se realiza a través de dos bocatomas protegidas por rejillas metálicas y controladas con dos compuertas tipo vagón, de sección rectangular.

Las estructuras de rejillas se colocan sobre una rampa inclinada 26.5° con respecto a la horizontal, rematada en una estructura de apoyo para el puente de maniobras. La conducción a presión la forman dos tuberías de acero de 7,50 m. de diámetro y 194.00 m. de longitud cada una.

La estructura de obra de toma consiste en una rampa inclinada $26,5^\circ$, con dos ranuras por vano, una donde se alojan las compuertas de servicio y una más para la compuerta auxiliar o de mantenimiento. En cada ranura se instalan elementos metálicos denominados partes fijas de primeros y segundos colados; estos últimos son pistas de deslizamiento fabricadas con acero inoxidable y sirven como guía y apoyo para las compuertas.

Sobre el puente de maniobras se instalan dos servomotores hidráulicos, los cuales se conectan a través de vástagos a las compuertas de servicio. Estos servomotores son accionados por centrales oleodinámicas de operación remota y local. Asimismo, se instala una grúa pórtico de traslación sobre rieles a todo lo largo del puente de maniobras, con la finalidad de poder accionar la compuerta auxiliar desde la cámara de mantenimiento hasta los vanos auxiliares, y a su vez la compuerta de servicio y vástagos a la cámara de mantenimiento.

Compuertas tipo tablero para los pozos de oscilación.

Se instalan rieles a todo lo largo del puente de maniobras de la galería de oscilación para posicionar sobre ellos una grúa pórtico para el manejo de las compuertas, las cuales normalmente están en posición abierta durante la operación y paro de los turbogeneradores, quedando apoyadas sobre vigas tipo camello sobre el puente de maniobras.

La función de estas compuertas es obturar los vanos de descarga del tubo de aspiración cuando sea necesario vaciar el agua contenida en la tubería a presión, carcaza espiral y el propio tubo de aspiración durante un mantenimiento o revisión de la turbina.

Grúas viajeras de la casa de máquinas.

Las grúas viajeras de casa de máquinas son equipos de instalación permanente en un proyecto hidroeléctrico y sirven para el montaje, retiro y mantenimiento de los turbogeneradores y equipo electromecánico. Las grúas se montan una vez que la obra civil permita el acceso a la casa de máquinas, se tenga regularizado y colado el piso de la playa de montaje y se hayan concluido los colados de las traves carril, por lo menos en esa zona.

Turbogeneradores.

Los turbogeneradores se instalan en la casa de máquinas. Los componentes principales de un turbogenerador son:

- Tubo de aspiración y conos
- Antedistribuidor y carcaza espiral
- Turbina
- Generador
- Sistema de agua de enfriamiento
- Sistema contra incendio
- Tableros de control, protección, medición y fuerza
- Banco de baterías y cargadores

El montaje de esta estructura consiste en actividades de pailería para conformar una serie de placas soldadas entre sí y formar un codo abocinado por donde se descarga el agua que pasa por la turbina. Una vez terminado el montaje del tubo de aspiración y se hayan realizado pruebas de ensayos no destructivos a las soldaduras para confirmar el buen estado de ésta, se realiza el embebido en concreto del componente.

El montaje del ante distribuidor consiste en acoplar las dos secciones mecánicamente a través de tornillería de acero inoxidable y soldadura de sello en la parte de acoplamiento, posicionar el elemento sobre sus bases a la elevación de diseño, alinearlos y centrarlos al eje de la turbina y atornillarlos firmemente a las anclas.

La carcaza espiral está compuesta de una serie de virolas o secciones de placa rolada, por lo que la actividad consiste en la pailería para conformarlas al ante distribuidor, debiendo aplicar un procedimiento de soldadura para unir entre sí las virolas. Una vez terminado este

proceso se confirma el estado de la soldadura a través de ensayos no destructivos, tales como rayos X, ultrasonido, u otros.

Se realiza una prueba hidrostática a la carcasa espiral; 1,5 veces a la presión de diseño, para lo cual se instalan un tapón cónico soldado a la entrada de la carcasa y uno cilíndrico atornillado dentro del antedistribuidor.

Las turbinas son dos; tipo Francis de eje vertical, de 375 MW cada una, con un gasto de diseño de 230 m³/s. Operarán con un factor de planta de 0,19 y una generación media anual de 1 210 GW h.

Los componentes principales de las turbinas son:

- Escudo inferior
- Alabes móviles
- Rodete
- Flecha
- Escudo superior
- Servomotores y mecanismos de regulación
- Chumacera de carga y guía
- Regulador de velocidad
- Sistema óleo dinámico
- Sistemas de aire comprimido
- Tuberías
- Instrumentación

El montaje consiste en realizar un mantenimiento (limpieza) a las caras maquinadas de los componentes de la turbina, cuidando que queden libres de grasa protectora, polvo y golpes.

Armado del rotor.

Previo al armado del rotor deben instalarse placas ancladas y niveladas durante los colados masivos y de regulación de playa de montaje, de acuerdo a la disposición para posicionar el cubo y brazos del rotor.

El armado consiste en posicionar y nivelar el cubo del rotor sobre las bases previamente colocadas para este fin, colocar los brazos sobre el cubo haciendo coincidir las marcas de fábrica y en forma alternada, es decir, uno opuesto al otro para equilibrar los pesos, fijándolos al cubo a través de tornillería con el torque especificado.

Armado del estator.

Previo al armado del estator se debe tener definido el lugar en playa de montaje, marcado sobre el piso el diámetro exterior y la posición aguas arriba y aguas abajo de la carcasa, que las bases para recibir las secciones de la carcasa estén posicionadas de acuerdo con la superficie de apoyo de las mismas.

El armado del estator consiste en posicionar las secciones de la carcasa sobre sus bases previamente dispuestas para ello, deben quedar perfectamente niveladas y que las marcas de fábrica coincidan. Se verifica la horizontalidad de la carcasa y se determina el centro de los orificios para los barrotes guía.

Montaje.

El montaje del generador de potencia consiste en trasladar los componentes armados en la playa de montaje al foso del generador, para lo cual se usan los dispositivos de maniobra proporcionados por el fabricante.

Para el montaje del rotor se deben cumplir con algunas condiciones: haber montado sobre el cubo la flecha corta del generador, verificar el funcionamiento de las grúas viajeras acopladas, principalmente la sincronización de los ganchos principales, acoplar éstos al dispositivo de maniobra y tener todas las condiciones de seguridad dadas.

Terminado el montaje, debe realizarse una limpieza exhaustiva sobre y dentro del generador, dado que los riesgos que se corren durante las pruebas preoperativas y durante la primera excitación son muy grandes. De no cumplir con esto, se expone al generador a una falla por corto circuito.

Subestación encapsulada aislada en SF6

La subestación de 400 kV aislada en hexafloruro de azufre (SF6) tiene gran importancia, ya que la energía eléctrica generada y transformada requiere de un arreglo de switcheo eléctrico para conectarla al Sistema Eléctrico Nacional.

La subestación de 400 kV es una serie de instalaciones de maniobra las cuales constan de componentes aislados por gas hexafloruro de azufre y con blindaje metálico, diseñadas para operar con tensión de 400 kV. Estas instalaciones son de tipo interior, de construcción compacta monopolar, lo cual permite su montaje en espacios reducidos.

Transformadores de tensión tipo inductivo

Trampas de onda

Estructura del marco de 400 kV.

VI. CONCLUSIONES

El proyecto hidrológico La Yesca contempla la construcción de un presa de 210 m de altura (en su tipo la más alta del mundo), para regular los escurrimientos del Río Santiago y Bolaños mediante la formación de un vaso de almacenamiento que permitirá la generación hidroeléctrica; la superficie inundable (área de embalse) asciende a 3 492 ha, en su nivel extraordinario, involucrando 64 habitantes afectables. La Yesca ocupará el tercer lugar en potencia instalada de 750 MW con dos unidades generadoras para una generación total anual estimada en 1 210 GWh.

La diversidad de análisis aplicados a los distintos subsistemas que componen el área de estudio del medio físico, natural y social permite comprender la situación que se vive en ella y permite pronosticar los escenarios a futuro, con y sin proyecto, que imperarán en la región. Este mismo sitio geográfico ya se ve afectado con la reciente puesta en operación de la Presa El Cajón por lo cual desproveerá de significancia la afectación del régimen hidráulico de modo que la construcción del proyecto en estudio, aunque representa una construcción de gran magnitud, no modificará la estructura o funcionamiento del subsistema ambiental.

Dentro del sistema ambiental regional (65 000 ha), el subsistema terrestre presenta un escenario sin proyecto con buenas condiciones de conservación y aunque sus características climáticas y, de relieve pueden reflejarlo como frágil, la poca presencia humana y la inaccesibilidad de los terrenos equilibran su vulnerabilidad.

En la actualidad en el subsistema terrestre predominan los procesos naturales, a diferencia del acuático, donde las actividades humanas le afectan de manera "in situ".

El área de estudio se puede categorizar como una zona aislada por su sensibilidad ambiental, en donde los factores antes referidos hacen difícil la existencia de áreas susceptibles a las prácticas de cultivo, por lo que se puede aseverar que a la fecha ya se han aprovechado casi la totalidad de los terrenos que pueden ser empleados para la agricultura. Actualmente, se observa un proceso de recuperación de la vegetación sobre terrenos abandonados que fueron aprovechados con fines agropecuarios.

Por las condiciones de la zona es difícil implementar programas o actividades que permitan incrementar la productividad agropecuaria, en consecuencia no existen programas orientados a mejorar las condiciones de vida de la zona.

En el medio socioeconómico la baja densidad poblacional en el sistema ambiental se encuentra determinado también por las condiciones del relieve y clima, fuertes pendientes hacen inaccesible muchos de los terrenos y las altas temperaturas hacen que el rendimiento de las actividades agropecuarias sea muy bajo, derivando además, la inexistencia de vías de comunicación y la dificultad para proveer servicios educativos y de salud, entre otros.

Las principales actividades humanas que se realizan en la zona son las denominadas primarias, las cuales han modificado ligeramente el paisaje a través de la eliminación de la cubierta vegetal, sin embargo de acuerdo con lo observado en imágenes de satélite de los

últimos 35 años, la presión que ejercen estas actividades tiende a decrecer, ya que se aprecia una recuperación de cobertura de selvas y bosques. Una actividad con menor desarrollo en el área es la pesca, la cual se destina al autoconsumo y venta, principalmente hacia el municipio de Tequila.

Por lo anterior, la población dentro del Sistema Ambiental no tiene un papel preponderante en la determinación de su funcionamiento.

En la actualidad el subsistema acuático está determinado por factores exógenos; la calidad del agua y el régimen hidrológico del río Santiago en el tramo que comprende el sistema ambiental, está condicionado por la mala calidad de ésta derivado de las descargas procedentes de la zona metropolitana de Guadalajara. Los actuales componentes bióticos del río y condiciones fisicoquímicas del agua, están vinculados en función directa a la existencia y operación de la presa Santa Rosa.

En la parte terrestre son el relieve y el clima los elementos determinantes del tipo de suelo, vegetación y fauna, además de aprovechamiento agropecuario y forestal que se puede tener de los terrenos y por lo tanto del crecimiento económico y la dinámica poblacional.

De acuerdo con los pronósticos realizados la calidad esperada para la mayoría de los componentes del entorno no presenta diferencias sustantivas con la calidad que se esperaría en el futuro sin la ejecución del proyecto a excepción del componente agua y en menor medida a la biota. Los cambios de mayor relevancia que se esperan son: i) la calidad del agua que contendrá el embalse debido al cambio de régimen de escurrimiento y ii) la inundación de casi 3 500 ha de superficie, la pérdida de terrenos forestales, en su mayor parte cubiertos por vegetación de selva original o en franco proceso de recuperación. Es importante señalar que las condiciones del subsistema acuático del Río Santiago están fuertemente afectadas por los contaminantes que transporta, desde la ciudad de Guadalajara y por la existencia de otras presas sobre el mismo cauce.

La existencia del reciente embalse de la presa El Cajón (inmediato aguas abajo de la cortina del PH La Yesca) hace que la modificación del régimen hidráulico carezca de relevancia ya que por el tamaño del embalse la afectación solo se observará en la parte final de éste. La construcción del proyecto, aunque de gran magnitud, no modificará la estructura o funcionamiento del sistema ambiental.

Durante la etapa de construcción, las modificaciones sobre el medio acuático no presentarán mayor trascendencia ya que la acción más relevante es el desvío del flujo en el área donde se encuentra la boquilla seleccionada para construir la cortina. Este desvío no tendrá repercusiones significativas sobre el flujo o régimen hidráulico, ni sobre la calidad del agua que llegará a la recién inaugurada Presa El Cajón, ya que, hacia aguas debajo de la cortina, sobre el río Santiago fluirá esencialmente la misma cantidad y calidad de agua que actualmente llega a la boquilla.

Este cambio hidrológico tampoco representa ninguna relevancia sobre la biota terrestre, dado que solo vegetación que crece en la margen del río en la zona de la boquilla, entre la toma y la descarga de los túneles de desvío, presentará un efecto adverso (la vegetación que cubre

el resto del cañón no tiene una dependencia directa del flujo del río). Los aportes de agua hacia el Río Santiago derivado de las actividades de construcción y presencia de trabajadores, no generará alguna modificación apreciable en la calidad de agua del río.

En el medio terrestre, el desarrollo de la obra será mucho más notorio ya que se desmontarán aproximadamente 200 ha de terrenos cubiertos principalmente por Selva Baja Caducifolia, eliminando también el escaso suelo que lo cubre o aumentando su propensión a la erosión. Estas obras tendrán un efecto mínimo sobre terrenos que tienen un aprovechamiento agropecuario. Sin embargo, se prevé que a nivel de sistema ambiental continúe la tendencia de recuperación de la vegetación sobre terrenos afectados a una velocidad mayor que la tasa de deforestación, ya que aunque se tendrá un flujo importante de población, la gran mayoría llegará a trabajar de manera directa o indirecta, en la construcción del PH La Yesca. Además de que la CFE y la empresa constructora de la obra les proporcionarán los servicios básicos a su personal. Aunque no es posible establecer un número, se prevé que la mayoría de los campesinos que actualmente habitan en la zona, se incorporarán a la construcción de la obra y por lo tanto disminuya la presión sobre la vegetación y suelo por las actividades agropecuarias que hoy se desarrollan. Adicionalmente se considera que las superficies factibles de realizar alguna explotación agropecuaria está muy limitada por las condiciones topográficas (pendiente muy alta), de suelo (muy somero) y climáticas (muy extremo).

La superficie total de afectación representa un área mínima con respecto a la extensión total de Selva Baja Caducifolia en el cañón del Río Santiago o en el sistema ambiental, por lo que no hay ninguna amenaza a la existencia de los hábitats presentes. Las poblaciones de las especies protegidas y endémicas tampoco resultarán amenazadas debido a la amplia distribución que tienen dentro del sistema ambiental. La única especie de flora y fauna que se contempla amenazada, debido al escaso número de individuos, es la *Tabbuia palmeri*, su sobrevivencia no depende de la construcción del proyecto, sino de la aplicación de algún programa de rescate o reintroducción en el sitio.

Los posibles efectos de la construcción sobre la estabilidad de los terrenos estarían limitados fundamentalmente al área del polígono de obras, como producto del uso de explosivos y la realización de cortes y nivelaciones del terreno; bajo ningún concepto se prevé que se pudiera ocasionar un cambio que pudiera trascender hacia otras zonas.

Desde el punto de vista ambiental la etapa de llenado del embalse será la que tendrá mayores repercusiones, tanto en el sistema subacuático como terrestre, debido a la interrupción del flujo de agua, así como por la inundación de 3 492 ha. Se estima que el llenado será función de la precipitación y escurrimiento que se presente en la cuenca del río Santiago, pero se estima que si se presenta el gasto medio en el río el embalse se llenará en el tiempo indicado.

En la fase de operación y regulación del flujo, la existencia del embalse aguas arriba de la cortina del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca minimizará las variaciones actuales del caudal del Río Santiago, favoreciendo actividades de navegación y pesca, y mejorando la accesibilidad a los terrenos aislados en la margen norte del Río. En los primeros años habrá un descenso en la calidad del agua y un proceso de eutricación favorecido por la inundación

de una parte importante de biomasa vegetal y el aporte de nutrientes desde las aguas residuales de Guadalajara, aumento en la evapotranspiración, potencial anoxia en zonas profundas, y opacidad del agua. Con el aumento de la pesca y la variabilidad de la composición de las descargas de aguas arriba, suma interés el potencial riesgo a la salud que puede representar la ingesta de pescados con sustancias tóxicas, que no fueron detectadas en muestreos realizados para este estudio.

El llenado del embalse, con un tiempo promedio de retención de 230 días, no modificará los procesos ni la estructura del subsistema terrestre en la región. Si bien la superficie de inundación será de 3 492 ha, debido a la extensión que cubre el sistema ambiental, 65 000 ha, esta área no resulta relevante. Por otro lado, el embalse no interrumpe la continuidad de los ecosistemas que se presentan a lo largo del cañón del Río Santiago, y por lo tanto se conserva el corredor biológico que existe a lo largo de este cañón.

Una vez concluido el llenado del embalse, iniciará la operación de la central hidroeléctrica, con lo cual se tendrá la mayor parte del año una descarga de 460 m³/s durante 4 horas al día y no habrá descarga durante las restantes 20 horas. Sin embargo, esta actividad no tendrá mayor relevancia ambiental debido a que la descarga del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca será directamente al embalse de la Presa El Cajón, por lo que la fluctuación en la salida de agua de la primera no tendrá efectos significativos en el funcionamiento hidrodinámico aguas debajo de la cortina.

En relación a las regiones hidrológicas prioritarias del país, es de entender que las mismas, son de importancia para el desarrollo del país, sin embargo dicha importancia no es ni debe de ser entendida como exclusivamente de conservación, si no que por el contrario de aprovechamiento, por lo cual, el PH La Yesca, se constituye de forma conjunta con la valoración hecha a los planes de desarrollo analizados, se proyecta como una obra de valor estratégico en el crecimiento nacional en todos los sentidos, al no contravenir dicho proyecto con los principios nacionales de conservación, motivo por el cual, de la lectura del presente documento se desprenden las acciones y medidas de mitigación y compensación necesarias para la compatibilidad del proyecto con los criterios de sustentabilidad establecidos por la CONABIO en la región hidrológica de que se trata, en el entendido, de que no existen impedimentos ni limitaciones técnicas o legales que se contrapongan con el desarrollo del proyecto de que se trata, pues los mismos se encuentran abordados en el presente documento.

Atendiendo a la claridad en los objetivos específicos y de planeación de los instrumentos analizados, éstos pueden ser considerados plenamente como regulatorios, por lo que, no se pueden dejar de estimar los mismos por su importancia inherente en la zona de influencia y en el desarrollo de los Ayuntamientos señalados y sus poblaciones, y no obstante que en los Planes referidos no existen limitantes legales en materia de desarrollo urbano o de alguna otra índole que restrinjan o se contrapongan con el Proyecto Hidroeléctrico, dentro de la presente evaluación se establecen las actividades o líneas de acción específicas para el cumplimiento de las políticas municipales que pudieran ser de aplicación directa e inherente a las labores de construcción del PH La Yesca, por lo que, es de concluirse que la ejecución del proyecto resulta ser totalmente compatible con las políticas de desarrollo económico, industrial, social y urbano establecido por los referidos municipios en sus Planes de

Desarrollo Municipal. También se puede afirmar que la ejecución del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca, es favorable y plenamente compatible con las políticas marcadas tanto en el Plan Nacional de Desarrollo como en el Programa Sectorial de Energía.

Los impactos residuales que permanecerán una vez aplicadas las medidas de mitigación son:

Obras civiles en caminos: Estas obras también se quedarán una vez sean concluidos los trabajos de exploración, pero serán de beneficio para los pobladores de la zona y directamente los propietarios de los predios donde se ubiquen estas obras sobre los caminos.

Vivero: La CFE contempla el desmantelamiento y rehabilitación de áreas, sin embargo, existe la posibilidad de dejar las instalaciones en el terreno seleccionado para esta actividad, beneficiando al propietario del terreno, si así lo desea.

Material geológico producto de las obras de restauración de caminos y áreas de obras: Este será uno de los principales impactos residuales ya que no es posible reincorporar el material en los sitios originales, por tal motivo se deberá tener sumo cuidado con la selección de los sitios de disposición final para que estos no se conviertan en un estorbo al tránsito vehicular o queden en riesgo de generar un deslizamiento de este material afectando áreas con vegetación propia de la zona.

En el mediano plazo (10 años), se asume lleno el embalse del PH La Yesca con un flujo de calidad mejorada por el funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales de la Zona Conurbada de Guadalajara que podrían contener concentraciones variables de nutrientes. La calidad del agua y descomposición de biomasa inundada mantiene la eutrofización del cuerpo léntico.

Existen cambios en la hidrología superficial de la cuenca por la retención de sedimentos en el embalse del PH La Yesca y la pérdida inducida de agua por evaporación y evapotranspiración. En las primeras etapas de la operación del embalse, se dan procesos de generación de gases de efecto invernadero (GEI) relacionados con la eutrofización del embalse.

En el mediano a largo plazo, inicia el proceso de atrapamiento de carbono y biomasa en el material sedimentario depositado en el fondo y en la cola del embalse

Este proceso de atrapamiento sería más relevante en la base del valle del Río Bolaños por el volumen de carga sedimentaria aportada, en contraste con el Río Santiago, donde la Presa de Santa Rosa retiene gran parte de la carga sedimentaria.

Las fluctuaciones en el nivel del embalse generarán una franja estéril en los laterales del embalse. En la cola del embalse en el Río Santiago la superficie de esta franja es mas relevante.

La pesca y el transporte fluvial seguirán desarrollándose facilitados y potenciados, por la eliminación de los riesgos que generaban las fluctuaciones horarias del caudal del Río Santiago por descargas de la Presa Santa Rosa.

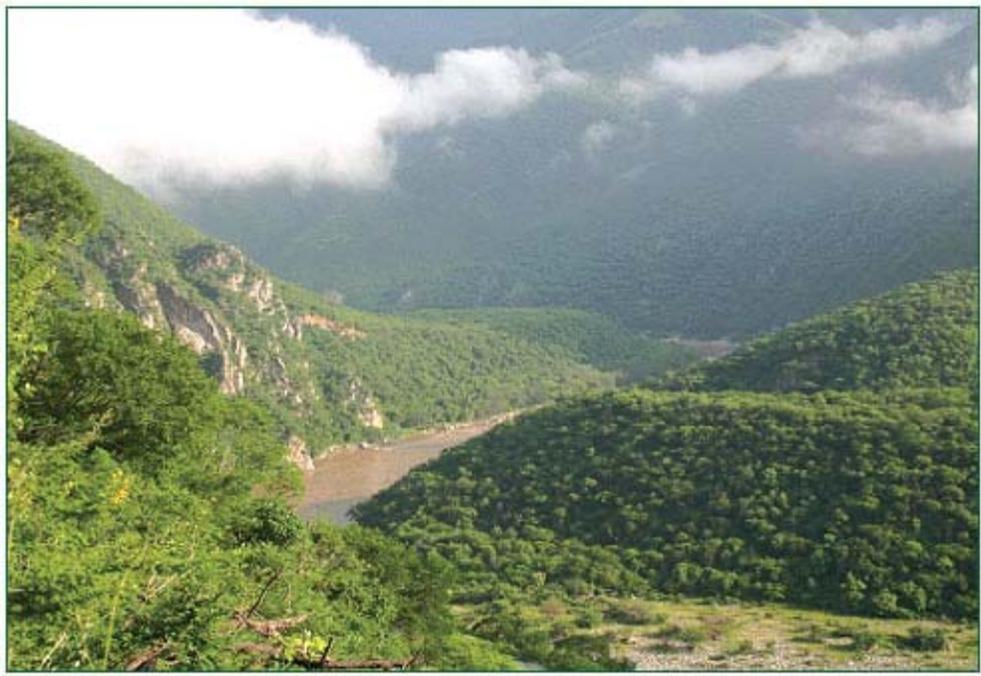
Se asume que la mejora de la calidad del agua del río por la entrada en funcionamiento de las PTARs efectivas en la cuenca del Santiago, minimizaría el riesgo a la salud por ingesta de pescado con sustancias bioacumulativas.

Se puede concluir que el proyecto no afecta la integridad funcional de los ecosistemas del Sistema Ambiental Regional ya que:

Desde el punto de vista ecológico, el subsistema terrestre presenta una estructura semejante a la original, con la presencia de las especies típicas de la selva baja caducifolia y pocas especies consideradas como invasoras. Esta condición no se ve amenazada por la construcción del Proyecto hidrológico La Yesca. Las áreas con vegetación a ser inundadas por el proyecto presentan distintos niveles de afectación, y aunque sí se eliminarán áreas conservadas, éstas constituyen una parte mínima del Sistema Ambiental Regional y de la cuenca del Río Santiago. Los ecosistemas identificados en el Sistema Ambiental Regional presentan distribuciones más amplias que la propia cuenca hidrológica del Santiago. Además las medidas de mitigación y compensación están planteadas con el objeto de aminorar los impactos residuales, como es la reducción de la vegetación riparia en el área del vaso.

Por último quisiera comentar acerca de los beneficios de este proyecto hidroeléctrico. Uno de ellos es la no dependencia de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica (equivalentes al consumo de 2'063 000 barriles anuales), la eficiencia de generación eléctrica respecto a la superficie de embalse, la eficiencia de la generación eléctrica respecto a la población desplazada, y el casi nulo impacto ambiental como ha sido demostrado en esta tesis.

FOTOGRAFIAS DEL LUGAR



En el Cañón del Río Santiago predomina la Selva Baja Caducifolia. Con los programas ambientales implementados se buscó identificar el impacto ambiental y resarcir el daño al medio ambiente mediante la reforestación y rescate de la flora y fauna locales.



*Para especies protegidas, como el Garrobo (*Ctenosaura pectinata*), en colaboración con la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) se elaboraron programas para asegurar su supervivencia.*



Aunque son poco conocidos por la mayoría de nosotros, los murciélagos son parte de la diversidad biológica existente en la zona, misma que ha sido protegida por medio de una serie de programas especiales para su preservación.



*Las aves de presa como la Aguililla Negra (*Buteogallus anthracinus*) que habitan la zona donde se construirá la Hidroeléctrica El La Yesca no serán afectadas de manera significativa por el proyecto, pero aún así se han desarrollado medidas para su protección.*

GLOSARIO DE TERMINOS

Afluente.-	Curso de agua que vierte a otro, generalmente más importante, Agua o liquido que entra en un lugar.
Albedo.-	Capacidad que tienen los cuerpos para reflejar la radiación solar. Se expresa mediante la relación (en porcentaje o cifra decimal) entre la total radiación recibida y la parte no absorbida, reflejada. Dícese de la medida correspondiente a la reflectividad luminica de un objeto. Albedo 1 para la más reflectante y albedo 0 para la menos reflectante.
Ambiente.-	El conjunto de elementos naturales y artificiales o Inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados.
Antrópico.-	De origen o por acción humana
Aprovechamiento Sustentable.-	La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos.
Área de Estudio del Medio Físico y Natural.-	Es el área de influencia correspondiente al polígono que comprende 65 000 hectáreas y en donde influyen directamente los medios bióticos y abióticos.
Área de Estudio Sociopolítica.-	Es el área que corresponde a los 5 municipios directamente involucrados para la ejecución del proyecto y que comprende los municipios de Hostotipaquillo, Magdalena, Tequila, San Martín de Bolaños en el Estado de Jalisco y La yesca en el Estado de Nayarit.
Área de Estudio.-	Espacio que comprende una superficie en el cual se realizaron los estudios correspondientes.
Áreas Naturales Protegidas.-	Las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas y están sujetas al régimen previsto en la presente ley.

Ataguías.-	Macizo de tierra arcillosa u otro material impermeable, para atajar el paso del agua durante la construcción de una obra hidráulica.
Banqueo.-	Desmonte de un terreno en planos escalonados.
Beneficioso o perjudicial.-	Positivo o negativo.
Biodiversidad.-	La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.
Biotecnología.-	Toda aplicación tecnológica que utilice recursos biológicos, organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específico.
Caducifolia.-	De hoja caduca, que se les cae al empezar la estación desfavorable.
Capacidad de Carga Ambiental.-	Respuesta de un ecosistema a las diversas actividades o acciones productivas del desarrollo, sin que se afecte su condición natural y/o aumente su fragilidad.
Componentes ambientales críticos.-	Serán definidos de acuerdo con los siguientes criterios: fragilidad, vulnerabilidad, importancia en la estructura y función del sistema, presencia de especies de flora, fauna y otros recursos naturales considerados en alguna categoría de protección, así como aquellos elementos de importancia desde el punto de vista cultural, religioso y social.
Componentes ambientales relevantes.-	Se determinarán sobre la base de la importancia que tienen en el equilibrio y mantenimiento del sistema, así como por las interacciones proyecto-ambiente previstas.
Componente biótico.-	Componente perteneciente a la flora o fauna de la región.
Condensador síncrono.-	Elemento para obtener una regulación continua de reactiva, tanto generada como consumida.
Contaminación.-	La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

Contaminante.-	Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.
Contingencia Ambiental.-	Situación de riesgo, derivada de actividades humanas o fenómenos naturales, que puede poner en peligro la integridad de uno o varios ecosistemas.
Control.-	Inspección, vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas en este ordenamiento.
Criterios Ambientales.-	Los lineamientos y conceptos necesarios para preservar, restaurar y conservar el equilibrio de los ecosistemas y proteger al ambiente, en el marco del desarrollo sustentable.
Criterios Ecológicos.-	Los lineamientos obligatorios contenidos en la presente ley, para orientar las acciones de preservación y restauración del equilibrio ecológico, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección al ambiente, que tendrán el carácter de instrumentos de la política ambiental.
Cuenca hidrológica.-	Territorio cuyas aguas afluyen todas a un mismo río, lago o mar.
Daño a los ecosistemas.-	Es el resultado de uno o más impactos ambientales sobre uno o varios elementos ambientales o procesos del ecosistema que desencadenan un desequilibrio ecológico.
Daño ambiental.-	Es el que ocurre sobre algún elemento ambiental a consecuencia de un impacto ambiental adverso.
Daño grave al ecosistema.-	Es aquel que propicia la pérdida de uno o varios elementos ambientales, que afecta la estructura o función, o que modifica las tendencias evolutivas del ecosistema.
Desarrollo Sustentable.-	El proceso evaluable mediante criterios e indicadores del carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

Desequilibrio Ambiental.-	La alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman al ambiente que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.
Desequilibrio ecológico grave.-	Alteración significativa de las condiciones ambientales en las que se prevén impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que ocasionarían la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.
Desequilibrio Ecológico.-	La alteración de las relaciones de Interdependencia entre los elementos naturales que conforman el ambiente, que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.
Diagnóstico Participativo.-	Instrumento que nos permite conocer las percepciones, expectativas e intereses de los pobladores de un territorio respecto a un proyecto e identifica acciones que se pueden realizar para prevenir o remediar problemas y para que el proyecto contribuya más al desarrollo del territorio.
Dinámica de poblaciones.- Duración.-	Estudio de las variaciones en la densidad de población. El tiempo de duración del impacto; por ejemplo, permanente o temporal.
Ecosistema.-	La unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre si y de estos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados.
Educación Ambiental.-	Proceso de formación dirigido a toda la sociedad, tanto en el ámbito escolar como en el ámbito extraescolar, para facilitar la percepción integrada del ambiente a fin de lograr conductas más racionales a favor del desarrollo social y del ambiente. La educación ambiental comprende la asimilación de conocimientos, la formación de valores, el desarrollo de competencias y conductas con el propósito de garantizar la preservación de la vida.
Elemento Natural.-	Los elementos físicos, químicos y biológicos que se presentan en un tiempo y espacio determinado sin la inducción del hombre.
Emergencia Ecológica.-	Situación derivada de actividades humanas o fenómenos naturales que al afectar severamente a sus elementos, pone en peligro a uno o varios ecosistemas.

Emisión Contaminante.-	La generación o descarga de materia o energía en cualquier cantidad, estado físico o forma, que al incorporarse, acumularse o actuar en los sistemas biótico y abiótico, afecte o pueda afectar negativamente su composición o condición natural.
Endemismo.-	Cualidad propia y exclusivo de determinadas localidades o regiones.
Enfriamiento evaporativo.-	Enfriamiento producido por el proceso de evaporación o transpiración. Generalmente se percibe en áreas circundantes a cuerpos de agua y áreas con vegetación significativa. La explicación de este fenómeno radica en que el cambio de estado físico del agua al pasar de líquido a vapor consume energía, lo que provoca dicho enfriamiento.
Equilibrio Ecológico.-	La relación de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.
Especialización Económica.-	En este estudio se define como la actividad preponderante de un municipio y/o región. El indicador para definir la especialización de los municipios analizados es el índice de especialización.
Especies de difícil Regeneración.-	Las especies vulnerables a la extinción biológica por la especificidad de sus requerimientos de hábitat y de las condiciones para su reproducción.
Estudio de Impacto Ambiental.-	Proceso de análisis de carácter interdisciplinario, basado en estudios de campo y gabinete, encaminado a identificar, predecir, interpretar, valorar, prevenir y comunicar los efectos de una obra, actividad o proyecto sobre el medio ambiente.
Estudio edafológico.-	Estudio de la naturaleza y condiciones del suelo, en su relación con las plantas.
Eutrofización.-	Incremento de sustancias nutritivas en aguas dulces de lagos y embalses, que provoca un exceso de fitoplancton.

Evaluación de Impacto Ambiental.-	Es la identificación y valoración de los impactos (efectos) potenciales de proyectos, planes, programas o acciones normativas relativos a los componentes físico-químico, bióticos, culturales y socioeconómicos del entorno.
Exógeno.-	Que se produce en la superficie terrestre.
Fauna Silvestre.-	Las especies animales que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo sus poblaciones menores que se encuentran bajo control del hombre, así como los animales domésticos que por abandono se tornen salvajes y por ello sean susceptibles de captura y apropiación.
Flora Silvestre.-	Las especies vegetales así como los hongos, que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo las poblaciones o especímenes de estas especies que se encuentran bajo control del hombre.
Flora y Fauna Acuáticas.-	Las especies biológicas y elementos biogénicos que tienen como medio de vida temporal, parcial o permanente, las aguas del territorio del estado.
Fragilidad Ambiental.-	Condición actual de un ecosistema, parte de él o de sus componentes, en comparación a su condición natural clímax.
Hábitats.-	Lugares de condiciones apropiadas para que viva un organismo, especie o comunidad animal o vegetal.
Ignimbrita.-	Tipo de roca volcánica, ácida y compacta, con grado de cristalización, similar a la obsidiana.
Impacto ambiental acumulativo.-	El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.
Impacto ambiental residual.-	El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

Impacto ambiental significativo o relevante.-	Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.
Impacto ambiental sinérgico.-	Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.
Impacto Ambiental.-	Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.
Índice de Marginación.-	El índice de marginación es una medida-resumen que permite diferenciar entidades federativas y municipios según el impacto global de las carencias que padece la población, como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas.
Índice de Morbilidad.-	Es un referente que establece el número de enfermos que existen en un territorio por cada mil habitantes.
Índice de Potencial Económico.-	Es un referente que expresa las posibilidades que tienen un municipio o región para impulsar la creación de negocios que impulsen la generación de empleos. En este estudio los componentes del índice fueron: la distancia del municipio a Guadalajara, la existencia de empleos bien pagados, nivel de educación y oferta educativa, importancia de los sectores dinámicos, buena infraestructura y gobierno eficiente.
Inventario ambiental.-	Es una descripción completa del medio tal y como es en un área donde se plantea ubicar una determinada actuación.
Irreversible.-	Aquel cuyo efecto supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar por medios naturales a la situación existente antes de que se ejecutara la acción que produce el impacto.
Léntico.-	Cuerpo de agua sin grandes movimientos como son los lagos.
Lótico.-	Curso de agua corriente unidireccional que corre de un terreno de mayor altura a otro de menor altura.

Magnitud.-	Extensión del impacto con respecto al área de influencia a través del tiempo, expresada en términos cuantitativos.
Manifestación del Impacto Ambiental.-	El documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo.
Material Genético.-	Todo material de origen vegetal, animal, microbiano o de otro tipo, que contenga unidades funcionales de herencia.
Material Peligroso.-	Elementos, sustancias, compuestos, residuos o mezclas de ellos que, independientemente de su estado físico, represente un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas. Naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.
Medidas de mitigación.-	Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar el impacto ambiental y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.
Medidas de prevención.-	Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente.
Medio abiótico.-	Conjunto de elementos abióticos de un área o que afectan a elementos del medio físico. Ej. clima, aire, suelos, geología, etc.
Medio biótico.-	Conjunto de los seres vivos de un área determinada.
Medio Físico o Natural.-	Sistema constituido por los elementos y procesos del ambiente natural tal como lo encontramos en la actualidad y sus relaciones con la población.
Medio Socio-económico.-	Sistema constituido por las estructuras y condiciones sociales, histórico culturales y económicas en general, de las comunidades humanas o de la población de un área determinada.

Naturaleza del impacto.-	Se refiere al efecto benéfico o adverso de la acción sobre el ambiente.
Norma Oficial Mexicana.-	La regla científica o tecnológica emitida por el ejecutivo federal, que deben aplicar los gobiernos del estado y de los municipios, en el ámbito de sus competencias.
Ordenamiento Ecológico.-	El instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos.
Oscilación térmica.-	Diferencia entre los valores de temperatura máxima y temperatura mínima para cualquier escala de tiempo, esto es diaria, mensual, anual, etc. También se le conoce como amplitud térmica.
Patrimonio Cultural.-	El conjunto de manifestaciones producto de la obra conjunta o separada del hombre y de la naturaleza que contiene relevancia histórica, estética, paisajística, arquitectónica, urbanística, literaria, artística, pictográfica, tradicional, etnológica, científica, tecnológica o intelectual para la sociedad jalisciense.
Perforadoras neumáticas tipo track-drill.-	Perforadora de carretilla montaje de oruga.
Población Económicamente Activa (PEA).-	Personas de 12 y más años que en la semana de referencia se encontraban ocupadas o desocupadas
Preservación.-	El conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitats naturales.
Prevención.-	El conjunto de disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro del ambiente.
Protección.-	El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro.

Raster.-	Tipo de archivo utilizado en el ambiente de los sistemas de información geográfica, el cual consiste en imágenes constituidas por una matriz de celdas, generalmente cuadradas, las cuales se pueden identificar por la intersección de columnas y renglones.
Reciclaje.-	El proceso por el cual los residuos son transformados en productos nuevos, de tal manera que pierden su identidad original y se convierten en materia prima de nuevos productos.
Recurso Natural.-	El elemento natural susceptible de ser aprovechado en beneficio del hombre.
Recursos Biológicos.-	Los recursos genéticos, los organismos o partes de ellos, las poblaciones, o cualquier otro componente biótico de los ecosistemas con valor o utilidad real o potencial para el ser humano.
Recursos Genéticos.-	El material genético de valor real o potencial.
Región Ecológica.-	La unidad del territorio nacional que comparte características ecológicas comunes.
Relleno Sanitario.-	Sistema de ingeniería sanitaria para la disposición final de los residuos sólidos municipales en terrenos condicionados para tal efecto, de conformidad a las disposiciones normativas aplicables, con el objeto de proteger el medio de cualquier posible contaminación.
Rescate Energético.-	Es la recuperación con fines de reutilización de una parte de la energía que fue utilizada en los procesos productivos que anteceden a la generación de residuos.
Residuo Incompatible.-	Aquel que al entrar en contacto o ser mezclado con otro, reacciona produciendo calor o presión, fuego o evaporación, partículas, gases o vapores peligrosos, pudiendo ser esta reacción violenta.
Residuo.-	Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo genero.

Residuos Peligrosos.-	Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.
Residuos Sólidos Industriales.-	Residuos sólidos que resultan de las actividades industriales y de servicios, que no se consideran peligrosos conforme la normatividad ambiental federal.
Residuos Sólidos Municipales.-	Residuos sólidos que resultan de las actividades domésticas y comerciales, no considerados como peligrosos, conforme la normatividad ambiental federal.
Restauración.-	Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales.
Reversibilidad.-	Ocurre cuando la alteración causada por impactos generados por la realización de obras o actividades sobre el medio natural puede ser asimilada por el entorno debido al funcionamiento de procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio.
Riesgo.-	Posibilidad de pérdidas humanas, materiales y económicas, así como la afectación significativa al ambiente, que se pueda generar con motivo de los peligros naturales o antropogénicos existentes y la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas.
Sistema ambiental.-	Es la interacción entre el ecosistema (componentes abióticos y bióticos) y el subsistema socioeconómico (incluidos los aspectos culturales) de la región donde se pretende establecer el proyecto.
Subempleo.-	En este estudio se entiende por subempleo la situación en que las personas realizan actividades económicas y no reciben ingreso por sus trabajos.
Temperatura máxima Maximorum.-	Es el valor máximo de temperatura que se ha presentado a una escala horaria o diaria durante la serie histórica de datos de una localidad en particular.

Temperatura mínima Minimorum.-	Es el valor mínimo de temperatura que se ha presentado a una escala horaria o diaria durante la serie histórica de datos de una localidad en particular.
Unidad ambiental.-	Las áreas en las que están zonificados polígonos, definidas por rasgos geomorfológicos y ecológicos específicos, georreferenciados, en condiciones de homogeneidad.
Urgencia de aplicación de medidas de mitigación.-	Rapidez e importancia de las medidas correctivas para mitigar el impacto, considerando como criterios si el impacto sobrepasa umbrales o la relevancia de la pérdida ambiental, principalmente cuando afecta las estructuras o funciones críticas.
Vegetación riparia.-	Vegetación que crece a la orilla de los ríos o cuerpos de agua.
Vocación Natural.-	Condiciones que presenta un ecosistema para sostener una o varias actividades sin que se produzcan desequilibrios ecológicos.
Vulnerabilidad Ambiental.-	Nivel de susceptibilidad de los ecosistemas o de alguno de sus componentes para soportar diferentes tipos y/o intensidades de impacto ambiental provenientes de las diversas acciones o actividades productivas del desarrollo o por efecto de los eventos naturales.
Zona de influencia.-	Se refiere a toda el área que queda por arriba de la cota de inundación y dentro del área de estudio.
Zona de inundación.-	Se refiere a la zona que quedará inundada una vez lleno el vaso de la presa.