

*PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS CRUCES*

# RESUMEN EJECUTIVO

---



---

PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS CRUCES, NAY.

---

## INTRODUCCIÓN

El proyecto hidroeléctrico (PH) Las Cruces tiene como objetivo contribuir a satisfacer la demanda de energía eléctrica pronosticada para el área Occidente de México, manteniendo la potencia en niveles adecuados que cumplan con los estándares definidos para el sistema eléctrico de acuerdo con lo determinado en los estudios de crecimiento de demanda y de requerimiento de capacidad en los que se basa el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2012-2026 (POISE).

Con base en el estudio de Desarrollo del Mercado Eléctrico, se estima que la demanda máxima del área Occidental crecerá anualmente 3,7 %<sup>1</sup> en promedio durante 2012-2026 (Secretaría de Energía, 2012). Por ello, se ha programado instalar 240 MW adicionales de capacidad neta del PH Las Cruces el cual contribuirá a satisfacer la demanda del sistema al menor costo total a largo plazo.

Algunas de las ventajas que presentan este tipo de centrales generadoras como el PH Las Cruces al sistema eléctrico nacional son:

- ✓ Contribuir eficientemente para satisfacer la demanda de electricidad en las horas de mayor demanda, dada su facilidad de entrar y salir de operación en tan sólo pocos minutos, además, cubren eficientemente las fallas de centrales termoeléctricas, evitando interrupciones de energía en el sistema, lo cual provocaría grandes pérdidas económicas al país.
- ✓ Disminuyen sustancialmente los costos de operación del sistema eléctrico ya que no consumen combustibles fósiles, los cuales son la base para la operación de centrales térmicas.
- ✓ Tienen una participación muy destacada en la regulación del sistema eléctrico 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 su operación a las necesidades diarias, semanales o mensuales para satisfacer las demandas de los diferentes usuarios.
- ✓ Evita que el sistema eléctrico dependa excesivamente de los hidrocarburos, utilizados por la mayoría de las centrales térmicas.

---

<sup>1</sup> Prospectiva del Sector Eléctrico 2012-2026, SENER, 2012. Cuadro 52 y mapa 15.

PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS CRUCES, NAY.

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

**DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS**

El sitio del proyecto, se ubica en las coordenadas geográficas 22° 05' 19" de latitud norte y 104° 57' 03" de longitud al oeste de Greenwich, en la parte central del estado de Nayarit (Figura 1).

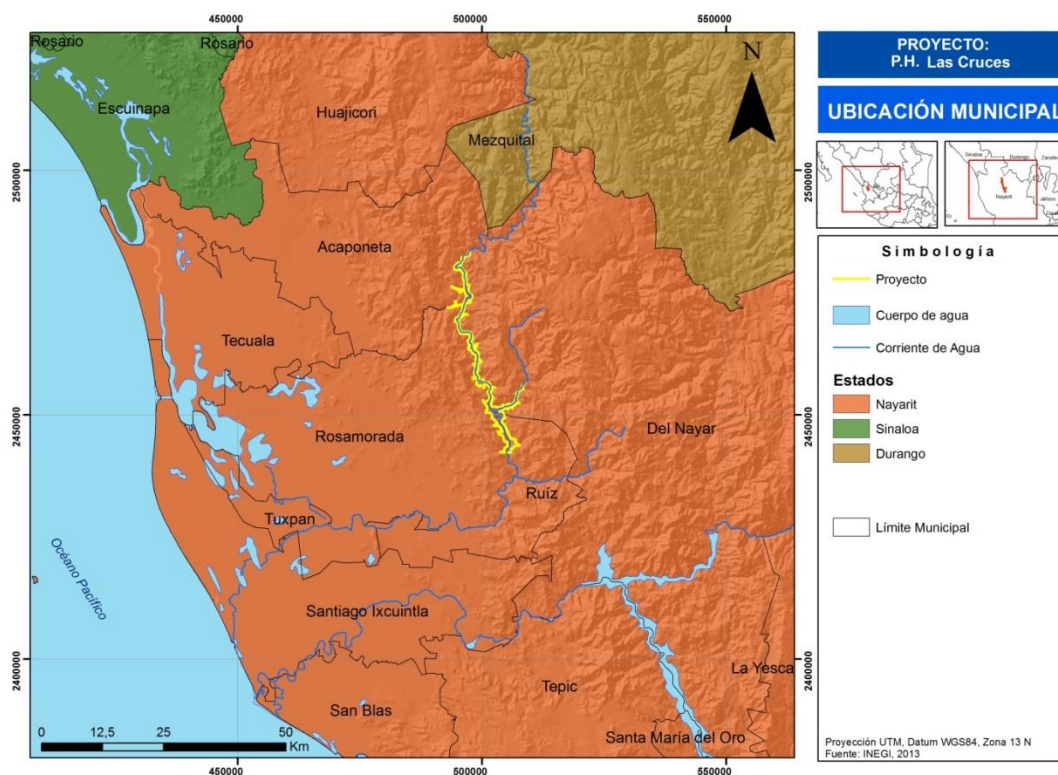


Figura 1. Localización del Proyecto

Se desarrollará en una superficie de 5 349,8 ha, que corresponden a:

- Polígono N°1 Obras del proyecto ..... 228,57 ha
- Polígono N°2 Caminos margen izquierda..... 317,88 ha
- Polígono N°3 Caminos margen derecha ..... 20,54 ha
- Polígono N°4 Presa de cambio de régimen..... 162, 79 ha
- Polígono N°5 Embalse P. H..... 4 506,20 ha
- Polígono N°6 Embalse presa de cambio régimen ..... 113,82 ha

PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS CRUCES, NAY.

Se trata de un proyecto conformado por distintas obras para generar electricidad (Figura 2), el esquema de obras propuesto está integrado por una cortina de Concreto Compactado con Rodillo (CCR) de 188 m de altura (incluyendo desplante de 20 m), obra de desvío compuesta por dos túneles excavados por margen izquierda; vertedor controlado por compuertas por margen izquierda; planta hidroeléctrica exterior a pie de presa en el cauce del río equipada con tres grupos turbogeneradores con capacidad de 80 MW cada uno, generando un total de 751 GWh/año mediante un factor de planta de 0,36 (8.64 horas al día en promedio al año).

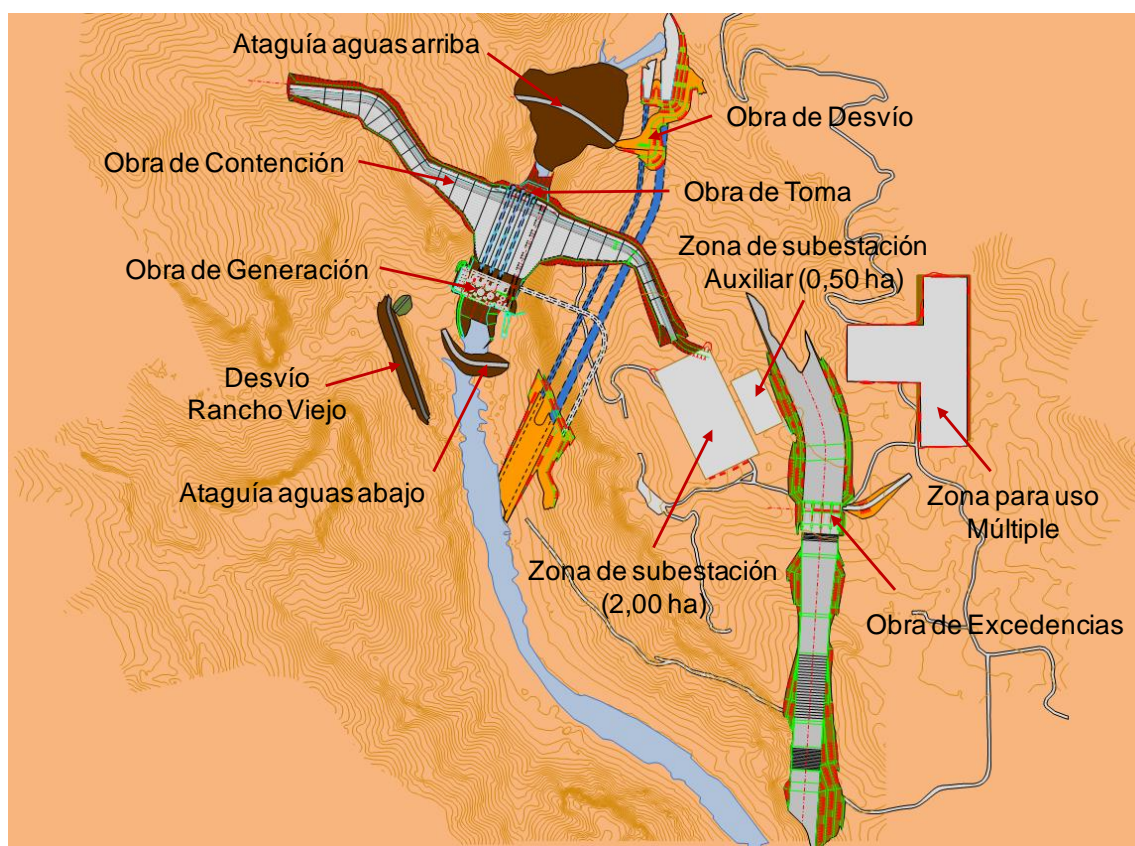


Figura 2. Esquema general de obras para la cortina de CCR

Asociada al proyecto hidroeléctrico, aproximadamente 6 km hacia aguas abajo de la cortina se plantea una estructura de cambio de régimen. Su función será garantizar una regulación del caudal turbinado, de tal forma, que no existan fluctuaciones abruptas en los niveles fluviales debido al desfogue durante el tiempo de operación de la Central. Su ubicación está planteada unos 250 m hacia aguas arriba de la confluencia del río San Pedro con el arroyo El Naranjo, la que se denomina "PCR Presidio".

*PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS CRUCES, NAY.*

Para la construcción y puesta en marcha de todos los componentes del proyecto se considera una inversión de \$ 7 995,00 millones de pesos, equivalentes a \$ 639,60 millones de dólares estadounidenses; respecto al programa de obras, se consideran 49 meses para su desarrollo.

La operación se definió al tomar en cuenta la estadística de los parámetros hidrológicos; la comprensión de las posibles repercusiones sobre los componentes biológicos; conocimiento de las demandas productivas y sociales de agua hacia la parte baja de la cuenca, así como del análisis hidroenergético del proyecto. Como resultado se obtuvo en promedio mensual las horas de operación, así como la descarga media de la PCR, que se muestran a continuación:

CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Horas diarias de generación	4	4	4	3	3	3	18	19	21	20	4	4
Descarga media de la PCR (m <sup>3</sup> /s)	43	32	32	24	24	24	145	153	170	159	32	32

La figura 3 presenta la comparativa entre caudales medios mensuales para el río San Pedro, con los caudales medios mensuales esperados con la operación del PH Las Cruces, hacia aguas abajo de la Presa de Cambio de Régimen.

PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS CRUCES, NAY.

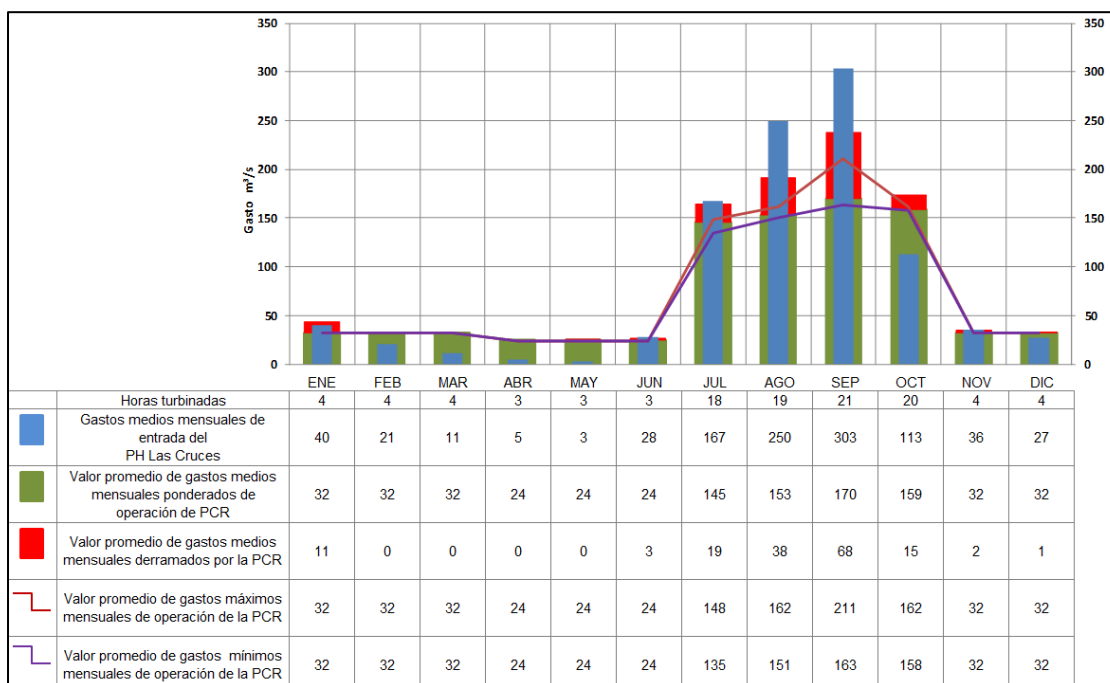


Figura 3. Comparación de caudales medios mensuales actuales en el río San Pedro con los medios mensuales esperados con la operación del PH Las Cruces

Se estima que en la fase pico de la construcción, entre el segundo y tercer año, la demanda de mano de obra será de alrededor de 5 000 trabajadores, adicionalmente se calculan 5 000 empleos indirectos.

Durante la construcción de la obra se generarán desechos sólidos urbanos, de manejo especial y peligroso, debido a las diferentes obras a desarrollar y la estancia en el lugar de los trabajadores. Se presentan las estimaciones de residuos sólidos urbanos que se generarán durante la construcción.

Año	Residuos sólidos ton/día
1	0,054
2	7,070
3	7,750
4	4,900
5	0,149

De acuerdo a su clasificación los residuos peligrosos se pondrán a disposición de empresas o compañías autorizadas para su traslado y disposición fuera del sitio del proyecto conforme a las siguientes estimaciones.

PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS CRUCES, NAY.

Tipo de Residuo	Cantidad	Destino final
Acumuladores	6 unidades/año	Reciclado
Capacitores dañados	5 unidades/año	Destino final controlado
Estopas, ropa y equipo de protección contaminada	200 kg/año	Destino final controlado
Suelo contaminado de aceite		Destino final controlado

Como residuos de manejo especial se consideran aquellos generados en los procesos constructivos, los residuos esperados son:

Residuo	Volumen	Destino final
Alambre de cobre	100 kg/mes	Reciclado
Chatarras	2 000 kg/ anual	Reciclado
Escombros	24 m <sup>3</sup> /año	Relleno sanitario o elaboración de composta
Biomasa (podas y control de malezas)	18 m <sup>3</sup> /año	composta o relleno sanitario
Cartón	100 kg/mes	Reciclado
Empaque y envases vacíos	100 kg/mes	Reciclado
Vidrio	20 kg/mes	Reciclado
Madera de desecho	50 kg/mes	Reciclado, reutilización o elaboración de composta
Equipos de protección personal dañados	200 kg/año	Relleno sanitario
Cartuchos de tóner	5 unidades/mes	Reciclado
Neumáticos	No estimado	Reciclado
Aceite dieléctrico	5 000 l/año	Reciclado
Residuos de asfaltos (mantenimiento de camino)	500 kg/año	Reciclado

Los volúmenes estimados de agua residual generada en cada etapa se muestran a continuación.

PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS CRUCES, NAY.

Etapa del proyecto	Número o identificación de la descarga	Origen	Empleo que se le dará	Volumen diario descargado	Sitio de descarga
Preparación del sitio y construcción	Domésticas	Campamentos, comedores y oficinas	Tratamiento primario y secundario y descarga	600 m <sup>3</sup> , en el pico de máxima población	Por definir por el contratista

**VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO**

El PH Las Cruces es congruente con los objetivos y estrategias establecidos en los instrumentos de planeación vigentes (2013-2018) de carácter federal, como son el Plan Nacional de Desarrollo, Programa Sectorial de Energía y Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2012–2026, y se vincula a ellos principalmente por su contribución a la diversificación de las fuentes de energía y reducción de las emisiones de GEI.

Con relación a los programas de conservación en la región y regulación de uso del suelo, el Sistema Ambiental Regional coincide con los siguientes ordenamientos:

Respecto a la regulación de uso de suelo

- Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.
- Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial (POET) del Estado de Durango.
- Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California.
- Ordenamiento Ecológico Territorial de la Zona Costera del Municipio de El Rosario, Sinaloa.
- Plan de Manejo Tipo Regional para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de Manglares en Marismas Nacionales, Nayarit.

El Proyecto no se contrapone a lo estipulado en los planes y programas referidos, además las acciones y medidas de mitigación, control, prevención, restauración y compensación de daños e impactos ambientales, se encuentran enfocadas de conformidad a las Estrategias y Acciones previstas en estos Instrumentos de Política Ambiental, la cual se toma en cuenta con el objetivo de mejorar las prácticas ambientales, en virtud de que están orientadas a conservar y preservar la estructura y funcionamiento de los



---

PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS CRUCES, NAY.

---

ecosistemas que prevalecen en el sitio, a fin de mantener los atributos ambientales que caracterizan a la región.

Áreas naturales protegidas (ANP).

- Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales y su Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales
- Áreas de Protección de los Recursos Naturales de la Cuenca Alimentadora de Distrito de Riego 043 (CADNR043 Porción Guacamayita; CADNR043 Porción Sierra Valparaíso; CADNR043 Porción Guacamayita Cerro El Cangrejo - Guajolote - Labrado, Sierra Nayar; CADNR043 Porción Aguamilpa El Cajón)
- Región Denominada Cerro Blanco RB La Michilía
- Sitio RAMSAR “Marismas Nacionales”

El aspecto vinculante de mayor relevancia que tiene el proyecto con las ANP es hidrológico involucrado a Marismas Nacionales, dado el manejo del agua que se realizará con la generación de energía. La Comisión Federal de Electricidad tiene considerado un régimen de generación durante la toda vida útil que operará el proyecto, el cual se explica en el capítulo II y para estar acorde con el Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera de Marismas Nayarit se proponen medidas de mitigación que pretenden alcanzar caudales mínimos y máximos que no tengan repercusiones significativas en marismas nacionales, tales como la Presa de Cambio de Régimen (PCR), con la cual se estabilizará el caudal diario y el manejo del agua en la planicie costera simulando lo más posible el régimen de caudal natural del río.

Regiones Prioritarias para la conservación de la biodiversidad.

- Área de Importancia para la Conservación de las Aves.
  - Marismas Nacionales.
  - Guacamayita.
  - La Michilía.
- Regiones Terrestres Prioritarias.
  - Marismas Nacionales.
  - Guacamayita.
  - La Michilía.
  - Cuenca del río Jesús María.

---

PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS CRUCES, NAY.

---

- Regiones Hidrológicas Prioritarias.
  - Río Baluarte- Marismas Nacionales
  - Región Hidrológica Prioritaria San Blas-La Tobará

Es importante mencionar que, en la presente evaluación está siendo considerada la información ambiental que existe con relación a las Áreas Prioritarias antes mencionadas, sin embargo, es necesario establecer que técnica y legalmente todas las anteriores superficies del territorio nacional en protección y conservación de los recursos naturales, no cuentan con Programas de Manejo debidamente decretados y vigentes, por lo que no es posible hacer un análisis legal y técnico de condiciones, restricciones y reglas específicas de operación para el proyecto Las Cruces, con relación a la influencia que se tiene territorialmente al interior de cada una de ellas.

El PH Las Cruces es regulado por los siguientes instrumentos jurídicos:

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.- Para dar cumplimiento a lo establecido se presenta la Manifestación de Impacto Ambiental del PH Las Cruces, para su evaluación y resolución correspondiente, y en su momento, de la evaluación y resolución materia del Cambio de Uso del Suelo.

Ley General de Vida Silvestre y su Reglamento.- Para su cumplimiento se proponen obras y acciones dirigidas a la Conservación del caudal ecológico (artículo 60 ter) y a la Flora y Fauna, con énfasis de las especies registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos y su Reglamento.- Para su atención se diseñó un Programa de Gestión Integral de Residuos con acciones concretas para el manejo adecuado de residuos urbanos, peligrosos y de manejo especial.

Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.- CFE gestionará con la autoridad correspondiente la concesión del agua.

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento.- El proyecto requiere la remoción de diversos tipos de vegetación, de las que sobresale la selva mediana subcaducifolia, por lo que oportunamente realizará el trámite correspondiente ante la Secretaría.

Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas y su Reglamento.- Previo al inicio de la construcción, personal del INAH realizará la prospección arqueológica de los sitios de obra.

---

*PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS CRUCES, NAY.*

---

Las Normas aplicables al proyecto son las siguientes:

NMX-AA-159-SCFI-2012. Que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas.

NOM-059-SEMARNAT-2010. 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-045-SEMARNAT-2006. Protección ambiental.- Vehículos en circulación que usan diesel como combustible.- Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.

NOM-041-SEMARNAT-2006. Que 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-052-SEMARNAT-2005. Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

NOM-004-SEMARNAT-2002. Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

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

NOM-080-SEMARNAT-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-043-SEMARNAT-1993. Que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.

NOM-054-SEMARNAT-1993. Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.

Los aspectos legales de índole social se vinculan con el Convenio 169 Organización Mundial del Trabajo, que entre otras exigencias, establece que los pueblos indígenas y tribales puedan participar de manera informada, previa y libre en los procesos de desarrollo y de formulación de políticas que los afectan. La CFE requiere promover los acuerdos con los núcleos agrarios y poblaciones ubicadas en la zona de embalse y

---

PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS CRUCES, NAY.

---

estructuras del PH Las Cruces para llevar a cabo los estudios de factibilidad, consolidar el proyecto, lograr su viabilidad social y proceder a su construcción y operación.

### **CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR)**

El Sistema Ambiental Regional delimitado comprende una superficie de 1 592 937,04 ha y circunscribe las cuencas media y baja del río San Pedro (incluyendo una porción significativa de la Sierra Madre Occidental) y la mayor parte de la planicie costera del estado de Nayarit, en esta región se recibe el 95% de la precipitación pluvial que recibe la cuenca total del río San Pedro.

En términos generales, dentro del SAR el gradiente altitudinal permite, en el sentido este – oeste, principalmente, la existencia desde ecosistemas de montaña como bosques de pino, pino – encino y selva mediana hasta selvas bajas, humedales, manglares y sistemas costeros. Las principales secciones terrestres son:

- Una región montañosa y de pie de monte, con elevaciones que van desde los 100 hasta los 3 000 msnm. Esta región se encuadra dentro de la cuenca media del río San Pedro.
- Una llanura aluvial irrigada por los cauces, en orden de Norte a Sur, de los ríos Baluarte, Escuinapa, Acajoneta, Las Cañas, Rosamorada, Bejuco, San Pedro, Santiago y San Francisco.
- Un sistema de lagunas costeras y cordones litorales con alta influencia mareal que va desde San Blas/Matanchén, Nayarit, hasta prácticamente la desembocadura, al norte, del río Baluarte. En la franja de la costa, los límites del SAR coinciden con el polígono del sitio RAMSAR 732, denominado *Marismas Nacionales*.

El proyecto se encuentra en el río San Pedro, que tiene su nacimiento en la sierra de La Magdalena, Durango. A lo largo del recorrido por la sierra Madre Occidental fluye dentro de su cañón en dirección Norte – Sur, cambiando su dirección hacia el Oeste al llegar al pie de monte a aproximadamente 20 km al Este de la población de Tuxpan, Nayarit. Desemboca en el sistema lagunar de Mexcaltitán, la cual tiene influencia de las aguas marinas a través del estero de Camichín a través de una red de canales que han sido modificados por el hombre en los últimos 30 a 20 años, por lo menos. Tiene un volumen medio anual aforado de 2 734,57 hectómetros de metros cúbicos, y gasto medio de 84,06 m<sup>3</sup>/s con caudales medios mensuales que oscilan entre los 3 y 303 m<sup>3</sup>/s.

La calidad del agua en términos generales es adecuada para la protección de vida acuática en el tramo estudiado desde el sitio de la Cortina hasta Tuxpan, en donde el río pierde las características lóxicas para adentrarse en la zona de laguna y marismas costeras. Como normalmente sucede en los ríos, en el San Pedro los sólidos suspendidos

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS CRUCES, NAY.**

totales aumentan durante la temporada de lluvias por el arrastre de sedimentos en la cuenca.

Las demandas bioquímica y química de oxígeno son parámetros de calidad del agua que reflejan en grado de contaminación por materia orgánica en el ecosistema acuático aportadas por actividades humanas, tanto industriales, agrícolas como municipales, en el río San Pedro se presentaron condiciones adecuadas para éstos parámetros de acuerdo a los indicadores de calidad de la CONAGUA.

Los parámetros determinados pueden ser utilizados para dar seguimiento a los cambios en la calidad del agua para las diferentes etapas del proyecto hidroeléctrico las Cruces.

De acuerdo a la clasificación de Miranda y Hernández X. (1963), Rzedowski (1978) y Rzedowski & McVaugh (1966), en el área del SAR y en la del proyecto, se tienen los siguientes tipos de vegetación:

SAR	Área del proyecto
Dunas Costeras	
Vegetación Halófila	
Manglar	
Vegetación Acuática y Subacuática:	X
Vegetación Riparia	X
Bosque de Galería	X
Áreas con Canacoíte (palo de agua)	X
Vegetación arraigada a orillas, sumergida y libre flotante	X
Selva Baja Espinosa Perennifolia	
Selva Mediana Subcaducifolia	X
Selva Baja Caducifolia	X
Vegetación Sabanoide	X
Encinares	X
Bosque Mesófilo de Montaña	
Pastizal Inducido	X

En términos de biodiversidad, se cuantificaron 164 familias, 731 géneros y 2 004 especies vegetales y 25 de éstas se encuentran bajo alguna protección por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Respecto a la fauna, la distribución de los peces en el sistema ambiental regional mostró que en marismas se presentó el mayor número de especies con 52, seguido del área de embalse y PCR con 20 especies. Por otro lado se registraron en total ocho especies de

---

PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS CRUCES, NAY.

---

anfibios, agrupados en un orden, cinco familias y ocho géneros. Los reptiles se reportan en total 33 especies en el SAR, estas están agrupadas en tres órdenes, 13 familias y 26 géneros; 22 de las especies están incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, 15 con protección especial (Pr) y siete como amenazadas (A). Un total de 18 especies de reptiles registrada en el SAR son endémicas para México, entre los cuales dominan especies de la familia Colubridae y Phrynosomatidae.

De las 52 especies de mamíferos registrados, 39 se observaron en la zona de embalse, y para el caso de los quirópteros fueron registradas 19 especies en el SAR. Para la zona que podría ocupar el embalse fueron registradas 15 de estas 19 especies. Por otra parte, entre las aves se registró mediante avistamiento directo un total de 188 especies para el SAR. Un número importante de especies de este grupo intervienen en procesos de polinización (nectarívoros), dispersión de semillas (frugívoros), controladores de poblaciones de insectos (insectívoros) y por supuesto, aquellas que consumen carroña (p.e. zopilotes).

## IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Partiendo de las acciones y obras del proyecto generadoras de cambio, se decidió analizar cinco variables para priorizar los impactos dentro de un análisis cualitativo multidisciplinario del equipo integrador del estudio:

- Categoría del impacto
  - Directo (1)
  - Indirecto primer orden (2)
- Impactos mitigables y/o compensables.
- Relación con generadores de cambio preexistentes.
- El alcance geográfico (UAR).
- Certidumbre con respecto a la magnitud del impacto.
  - ↑ Alta
  - ↓ Baja
  - ↔ Media

Los Impactos, por su origen, se dividieron en dos grandes grupos. Se presentan a continuación los originados por la construcción y cración del embalse

PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS CRUCES, NAY.

Impactos	Categoría del impacto	Mitigable (M)	Compensable (C)	Relación con generadores de cambio preexistentes	Alcance geográfico (UAR)	Certidumbre con respecto a la magnitud del impacto
Pérdida de cobertura vegetal terrestre	1	x	C	✓	1	↑
Afectación de especies NOM de flora y fauna terrestre	2	x	C	✓	1	↔
Fragmentación de hábitats terrestres	1	x	C	✓	1	↔
Alteración de corredores de fauna	1	x	C	✓	1	↔
Modificación de las actividades productivas en el polígono del embalse y sus alrededores	1	x	C	✓	1-4	↓
Alteración del paisaje	1	x	C	x	1	↓
Inundación del poblado de San Blasito	1	x	C	x	1	↑
Inundación de sitios patrimoniales y afectación a ceremonias	1	x	C	x	1	↑
Crecimiento demográfico en los poblados cercanos	1	M	x	x	1,2,3	↑
Cambio de régimen lótico a léntico estratificado	1	x	x	x	1	↑
Sustitución de ecosistemas acuáticos	2	x	C	x	1	↔
Afectación de especies NOM de flora y fauna acuática	2	x	C	x	1-4	↔
Aumento en la evaporación de agua en el polígono del embalse	2	x	x	x	1,2	↑
Interrupción de la migración de especies acuáticas	2	M	x	x	1-4	↑
Retención de materia orgánica, nutrientes y sedimentos	1	x	C	x	1-4	↑
Generación de GEI por descomposición anaerobia	1	x	x	x	1	↑
Alteración de los procesos geomorfológicos aguas abajo de la cortina	1	x	x	✓	3-4	↓
Afectación a las actividades extractivas de materiales	1	x	x	✓	1-3	↓
Formación de deltas y depósitos de materia orgánica e inorgánica	1	x	x	x	1	↓
Sismicidad local inducida	1	x	x	x	1,3	↔

Los impactos por la operación del sistema de generación hidroeléctrica son los siguientes:

PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS CRUCES, NAY.

Impactos por la operación del sistema de generación hidroeléctrica	Categoría del impacto	Mitigable (M)	Compensable (C)	Relación con generadores de cambio preexistentes	Alcance geográfico (UAR)	Certidumbre con respecto a la magnitud del impacto
Variación del régimen de caudal diario	1	M	x	x	2-4	↑
Variación del régimen estacional	1	M	x	✓	2-4	↑
Disminución en la magnitud de los pulsos de inundación en la planicie costera durante la temporada de lluvias	2	M	x	x	2-4	↔
Cambios de uso de suelo de las zonas de la planicie inundable	2	x	x	✓	3-4	↑
Modificación de las actividades productivas en las zonas inundables de la planicie costera	2	x	x	x	3-4	↑
Aumento de la disponibilidad de agua durante la temporada de estiaje	2	x	x	✓	2-4	↔
Variación del régimen interanual	1	M	x	x	2-4	↑
Modificación del transporte de nutrientes y sedimentos en el río San Pedro.	1	x	C	x	2-4	↓
Incisión y rectificación sostenida del cauce debido al aumento de la velocidad del flujo y de los procesos erosivos	2	x	x	✓	2-4	↓
Modificación de pozas y fondos de grava y rodados	2	x	x	✓	2-3	↓
Modificación de procesos morfogenéticos en planicies de inundación y humedales.	1	x	x	✓	3-4	↓
Modificación del transporte de nutrientes y sedimentos al sistema lagunar.	2	x	C	✓	2-4	↓

**ESTRATÉGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL**

La estrategia adoptada por CFE en la planeación y diseño del PH Las Cruces, de acuerdo con su política ambiental ha sido en primer término evitar en la medida de lo posible los impactos al ambiente que pudieran derivarse por el desarrollo del mismo, en ese sentido se incluyen las medidas de mitigación propuestas para atender los impactos identificados en un **“Plan de Manejo Ambiental”** que establece las principales líneas estratégicas y acciones que deberán implementarse durante la preparación del sitio, construcción y operación del PH Las Cruces, con el objetivo general de prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos ambientales negativos y fortalecer los positivos; así como el seguimiento y monitoreo de las variables ambientales que permitan lograr que el proyecto evaluado se integre de manera adecuada a su entorno o área de influencia. La estructura de dicho Plan es la siguiente:



**PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS CRUCES, NAY.**

Línea Estratégica c	Programas	
Prevención y Control	Manejo y control de emisiones atmosféricas y ruido	
	Manejo integral de residuos sólidos municipales	
	Manejo de sustancias y materiales peligrosos	
	Manejo de aguas residuales	
	Información y capacitación ambiental	
Mitigación	Control de erosión	
	Manejo y rescate de vegetación	
	Manejo y rescate de fauna	
	Efecto barrera	
	Restauración y rehabilitación	
	Restauración de manglar	
Compensaciones	Compensación de vegetación	
	Corredor biológico	
	Plan de manejo de la cuenca baja	
Sociales	Reasentamiento de la localidad de San Blasito	
	Fortalecimiento de actividades productivas	
	Atención al crecimiento demográfico en los poblados cercanos al sitio del proyecto	
Contingencias y Respuesta a Emergencias	Prevención y control de incendios forestales	
	Prevención y control de derrame de combustibles y aceites	
Seguimiento y control	Cumplimiento Legal	Monitoreo de la calidad del aire
		Monitoreo de residuos sólidos
		Monitoreo de sustancias y materiales peligrosos
	Cumplimiento de mitigación	Conservación de Suelos
		Calidad del agua y sedimentos
		Régimen hidrológico
		Ecosistema acuático
		Ecosistema terrestre
	Estudio complementarios	Socioeconómico
		Sedimentos
Protección del patrimonio cultural		

---

PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS CRUCES, NAY.

---

## PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Se analizaron los posibles escenarios resultantes de la construcción y operación del proyecto sobre procesos naturales que se verán modificados, considerando el escenario sin proyecto y con proyecto. Para algunos casos aplican medidas de mitigación o bien estrategias o políticas de manejo que permitirán mantener los procesos naturales en el área de influencia del proyecto. Los procesos analizados comprenden:

- Régimen natural de caudales
- Geomorfología del cauce
- Patrón de inundaciones en la parte media y baja del río San Pedro
- Calidad del agua en el embalse y aguas abajo
- Uso de suelo
- Transporte de sedimentos y nutrientes
- Escenarios con proyecto y medidas de mitigación en UAR
- Escenarios sociales

En el SAR y el AIP se presentan procesos de cambio que permiten establecer escenarios mayoritariamente negativos a corto, mediano y largo plazo. El diseño de la estructura y operación del Proyecto permiten afirmar que sus impactos sobre los ecosistemas pueden ser aceptables únicamente si los procesos de deterioro causados por agentes externos al Proyecto pueden ser controlados, mitigados o compensados por mecanismos de uso racional y ordenado de los recursos, el uso del suelo y el respeto a la integridad funcional de la red de drenaje del río San Pedro, que se ha visto modificada de manera reiterada e inconsecuente durante décadas.

De no ocurrir un reordenamiento del territorio que sea congruente con su integridad funcional y capacidad de carga, las tendencias del SAR y del AIP son extremadamente negativas con o sin el proyecto. Sin embargo, la discusión generada por el proceso de evaluación de impacto ambiental y los recursos (de información y financieros) que puede generar el Proyecto pueden contribuir a que el territorio que rodea al ANP y sitio Ramsar de Marismas Nacionales sea ordenado de manera efectiva y con consecuencias positivas para la región.

## CONCLUSIONES

De los sitios estudiados para el aprovechamiento del río San Pedro en el tramo comprendido del sitio Tecarita al Platanares, el sitio que presentó condiciones geológicas, sociales y ambientales más adecuadas fue el denominado “Las Cruces”, con el cual, se evitaron afectaciones a 1 736 habitantes de las localidades San Juan Corapan, San Pedro Ixcatán y Presidio de los Reyes y se dejó el flujo libre del arroyo el Naranjo que ambientalmente representa un factor importante ya que es un aportador importante de sedimentos, como lo demostraron los estudios realizados para la estimación de aporte y transporte de sedimentos, amén del modelo hidrodinámico que integró el tramo del río San Pedro (y su planicie de inundación que consideró la zona lagunar con influencia hidrológica del río San Pedro).

Como punto de partida y conforme al análisis jurídico de los instrumentos normativo que se vinculan al Proyecto, no existen disposiciones legales, tanto federales como locales, que prohíban o limiten expresamente la realización de las actividades pretendidas, únicamente se establecen disposiciones tendientes a condicionar el proyecto para asegurar su viabilidad ambiental lo que supone que, atendiendo las acciones de mitigación, restauración y compensación establecidos en la presente Manifestación de Impacto Ambiental, se garantiza el cumplimiento de las obligaciones ambientales descritas en el presente apartado.

Es claro que existen hábitats de enorme valor intrínseco o por la provisión de servicios ambientales, así como sistemas productivos que deben ser resguardados para asegurar la cobertura de bienes y servicios para una población creciente y que el balance entre los dos es un asunto complejo y de vital importancia.

De los estudios realizados y consultados para la presente MIA es claro que todos los ríos dentro del SAR – y no solamente el San Pedro – tienen una importancia definitiva en el traslado de materia, energía, seres vivos y germoplasma. Históricamente, su aprovechamiento consuntivo y modificaciones al paisaje, drenaje y flujos dentro de los cuerpos de agua han introducido inestabilidad y cambios significativos. Por este motivo, cualquier variación significativa de los caudales, estacionalidad y parámetros físicos y químicos deberá monitorearse rigurosamente y de manera integral considerando el funcionamiento regional y no sólo local de las cuencas y microcuencas que conforman el SAR.

Los impactos relevantes de carácter estructural – aquellos derivados de la creación del embalse son:

- La transformación de 4,500 ha de ecosistemas terrestres a un ecosistema acuático de tipo léntico estratificado. Este impacto no es mitigable; sólo es compensable

---

*PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS CRUCES, NAY.*

---

mediante los mecanismos dispuestos para la autorización por excepción del cambio de uso del suelo en terrenos forestales.

- La fragmentación local de ecosistemas terrestres regionales. Este impacto no es mitigable; se planea compensarlo mediante el establecimiento y mantenimiento de corredores de fauna identificados dentro del SAR entre la sierra y la costa, de valor para grandes depredadores.
- La fragmentación del sistema hidrológico, alterando los ecosistemas acuáticos existentes y su continuidad biológica. Este impacto sería mitigado mediante la puesta en operación de programas de traslado manual de individuos y germoplasma de especies indicadoras y de valor comercial.
- Las afectaciones a las poblaciones de flora y fauna, derivadas de la transformación de los hábitats. Estos impactos se compensarían o mitigarían mediante las medidas descritas en otros puntos y mediante un programa de restauración de hábitats acuáticos.
- La retención de una cantidad significativa de nutrientes y sedimentos dentro del embalse, que alterarían los procesos geomorfológicos y productivos del río, la llanura inundable y de las lagunas costeras, estuarios y línea de costa. Este impacto se mitigaría mediante el diseño y ubicación de la presa de cambio de régimen en un punto que permita la incorporación de hasta 13% aproximadamente de los sedimentos (de finos a gruesos) por tributarios del San Pedro, al sistema.
- La afectación a las actividades de extracción de materiales pétreos.
- La generación de gases de efecto de invernadero por los procesos de descomposición anaeróbica de la materia orgánica capturada en el embalse. Este impacto sería mitigado, en sentido amplio, por la disminución de las emisiones de gases de efecto de invernadero producidas por el consumo de combustibles fósiles de las centrales de combustión que serían necesarias sin el proyecto.
- La alteración del paisaje local y regional por la instalación del embalse y su cortina, que podría mitigarse mediante la instalación de geomembranas y vegetación adosada a la pared de la cortina principal.
- La inundación de un poblado con 19 viviendas y de algunos sitios de importancia patrimonial para los habitantes de la región. Este impacto sería compensado por la reubicación del poblado, su infraestructura y algunos de los sitios de valor patrimonial y cultural.

---

PROYECTO HIDROELÉCTRICO LAS CRUCES, NAY.

---

- El cambio en las actividades productivas, básicamente agropecuarias de autoconsumo y ganaderas itinerantes a pesca y servicios turísticos. Este es un impacto positivo que podría potenciarse con el Plan de Negocios que se presenta como parte de las medidas de mitigación, para minimizar los conflictos por los nuevos recursos y maximizar la producción.

Los impactos relevantes de carácter funcional – aquellos derivados de la operación de las turbinas son:

- Modificación del régimen de caudales del río. Mitigada mediante la operación del Proyecto bajo la norma de caudal ecológico, pero con impactos residuales.
- Variaciones en la velocidad y flujo del agua del río San Pedro discordantes con las condiciones naturales del ecosistema. Incremento del caudal de agua dulce disponible en la temporada de secas, que alterará el balance de agua salada – dulce en el sistema de lagunas costeras y estuarios. Mitigada mediante la operación del Proyecto bajo la norma de caudal ecológico, pero con impactos residuales.
- Alteraciones en los procesos geomorfológicos del río San Pedro. A pesar de la operación del Proyecto bajo el régimen de caudal ambiental, las modificaciones de los caudales – especialmente el aumento de caudal con respecto a las condiciones naturales durante la temporada de estiaje – aunadas a la disminución significativa de sedimentos (principalmente medianos a gruesos), ocasionará cambios en el río:
  - Profundización del cauce – incremento de la profundidad del lecho del río.
  - Inmovilización del cauce – detención del proceso de migración de meandros del río.
  - Cambios en la red de drenaje, patrones de escurrimiento y ubicación de los puntos de descarga del río San Pedro, ocasionadas por las dos anteriores.

De acuerdo con los lineamientos de la Junta Ejecutiva del Mecanismo de Desarrollo Limpio de la ONU, las emisiones evitadas por un proyecto de generación de electricidad a partir de fuentes renovables, con la entrada en operación del PH Las Cruces, se puede asegurar que se logrará evitar la emisión de 304 807 tCO<sub>2</sub>eq al año por la generación limpia de energía, asimismo, se adiciona al parque de generación de energía eléctrica 751 GWh de energía renovable, siendo congruentes con los Políticas de la Estrategia Nacional de Energía.