



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

SUAYED

LICENCIATURA EN GEOGRAFÍA



**ACTIVIDADES GEOGRÁFICAS EN LAS CONSULTORÍAS: ELABORACIÓN DE ESTUDIOS TÉCNICOS
PARA UN PROYECTO HIDROELÉCTRICO EN EL RIO SAN PEDRO,
ESTADO DE NAYARIT, 2016-2017**

INFORME ACADÉMICO POR ACTIVIDAD PROFESIONAL

Que para obtener el título de

LICENCIADO EN GEOGRAFÍA

PRESENTA

Luis Manuel León de la Barra Domínguez

epactro@hotmail.com

ASESOR

Mtro. Pastor Gerardo González Ramírez

Ciudad Universitaria, Ciudad de México, 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatorias

A mí amada esposa por su paciencia e incondicional apoyo, VICTORIA PATRICIA, luz de mis ojos, te amo.

Oculi sunt in amore duces (En el amor, los ojos son la guía)

A dos almas virtuosas que causan efecto en mi nave libertad, ALBERTO y EDITH.

En memoria de mi abuela paterna MARIA TERESA y mi madre CONCEPCIÓN que en vida, no claudicaron ni dejaron de creer que yo podría ser útil, insertarme y servir a la sociedad por causa de mi discapacidad auditiva.

Una ciudad está compuesta por diferentes clases de hombres;
personas similares no pueden crear una ciudad.

Aristóteles,
Política

Agradecimientos

A mi profesor, Maestro PASTOR GERARDO GONZÁLEZ RAMÍREZ, por responder con el suficiente grado de interés como para que ya no hubiera marcha atrás y culminar esta etapa.

A mis profesores Doctor ARMANDO GARCÍA DE LEÓN LOZA y Maestro JOSÉ MANUEL ESPINOZA RODRÍGUEZ e igualmente, a los profesores Doctora MARÍA DE LOURDES RODRÍGUEZ GAMIÑO y Doctor JOSÉ MANUEL CRESPO GUERRERO.

Todos ellos integrantes del sínodo y quienes revisaron mi documento. Gracias a cada uno de ustedes por el tiempo dedicado, por sus comentarios y sugerencias porque todos ellos enriquecieron este trabajo y con ello, a un servidor.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO por brindarme los instrumentos cognoscitivos y prepararme para crear, a partir del conocimiento, un mejor nivel de vida para mi familia y mi país, todo con el debido respeto de los valores sociales y ser capaz de enfrentar el mundo.

A la Licenciada LANDIS CÓRDOBA DE LA CRUZ y Doctor JOSÉ LUIS SILVAN CÁRDENAS del Centro de Investigación en Geografía y Geomática “Ing. Jorge L. Tamayo”, A. C. por apoyarme y brindarme la confianza necesaria para llevar a buen fin esta etapa.

Al director de Grupo de Ingeniería en Consultoría y Obras, Ingeniero LUIS FRANCISCO ROBLEDO CABELLO por sus consideraciones; he aquí algunas de sus enseñanzas.

A mis COMPAÑEROS DE TRABAJO que hicieron posible mi formación, quienes conocieron y distinguieron Geografía de Ingeniería.

XLVII

Cuatro cosas tiene el hombre
que no sirven en la mar:
ancla, gobernalle y remos,
y miedo de naufragar

Antonio Machado
Fragmento de Campos de Castilla,
proverbios y cantares

CONTENIDO GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. CARACTERIZACIÓN GENERAL.....	5
1.1 Consultoría, un concepto	5
1.2 El sector productivo y la geografía.....	6
1.2.1 Una empresa de servicios de consultoría	6
1.2.2 Constitución legal y servicios principales.....	6
1.2.3. Correlación de los servicios de consultoría y la geografía	7
1.3 Proyecto hidroeléctrico	8
1.3.1 De la hidroelectricidad	8
1.3.2 La presa y sus estructuras auxiliares.....	8
1.3.3 Diseño esquemático de obras de contención	10
1.4 Ubicación geográfica de los estudios técnicos	11
1.4.1 Localización	11
1.4.2 Acceso	11
CAPÍTULO 2. INTERVENCIÓN EN EL ASPECTO GEOLÓGICO	13
2.1 Consideración de los estudios geológicos	13
2.2 Objetivos y método capitular	13
2.2.1 Objetivos logrados	13
2.2.2 Métodos aplicados en este capítulo	14
2.3. La Sierra Madre Occidental	16
2.3.1 Provincias fisiográficas de México	16
2.3.2 Provincia fisiográfica: Sierra Madre Occidental	16
2.3.3 Subprovincia fisiográfica: Mesetas y Cañadas del Sur	19
2.4 Sitio de Estudio	19
2.5 Exposición de estudio técnico	22
2.5.1 Geomorfología regional y local	22
2.5.2 Identificación de fallas geológicas	24
2.5.3 Expresión fisiográfica de fallas geológicas	26
2.5.4 Trabajos estratigráficos.....	36
2.6 Mapa geológico preliminar.....	50

CAPÍTULO 3. INTERVENCIÓN EN EL ASPECTO AMBIENTAL	51
3.1 Consideración de los estudios ambientales	51
3.2 Objetivo y método capitular.....	54
3.2.1 Objetivo alcanzado.....	54
3.2.2 Métodos aplicados en este capítulo	54
3.3 Sistema ambiental regional.....	55
3.3.1 Modelación del sistema ambiental regional.....	55
3.3.2 Polígono de influencia directa	59
3.3.3 Ocupación y función de los polígonos	60
3.4 Consecuencia analítica del Polígono de Influencia Directa	64
3.4.1 Integración del proceso Evaluación Ambiental Estratégica	65
3.4.2 Implementación conceptual de la evaluación ambiental estratégica	66
3.5 Proceso de socialización con las comunidades vinculadas al proyecto	68
CONSIDERACIONES FINALES.....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
BIBLIOGRAFÍA.....	76

TABLAS

Tabla 1. Fallas de gran longitud en la zona del proyecto hidroeléctrico Las Cruces	24
Tabla 2 Barrenos ejecutados en las inmediaciones de la alternativa Rancho Viejo.....	33
Tabla 3 La región hidrológica número 11 se conforma de 30 subcuencas.....	56
Tabla 4 Elementos técnicos constructivos de una Evaluación Ambiental Estratégica	67

FIGURAS

Figura 1 Esquema general de una presa y obras generales	9
Figura 2 Cortina ECC, alternativa eje 1	10
Figura 3 Cortina CCR, alternativa eje 2	11
Figura 4 Acceso y localización del Proyecto	12

Figura 5 Formato para el registro de los núcleos de roca extraídos por barrenos.....	15
Figura 6 Alveolo para exploración y transporte de núcleos de roca extraídos por barrenos.....	15
Figura 7 Territorio mexicano dividido en 15 provincias fisiográficas	16
Figura 8 Cronoestratigrafía internacional.....	18
Figura 9 Provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental y Subprovincias Fisiográficas	19
Figura 10 Al centro se muestra la cuenca San Pedro, sobre el río se han marcado los sitios estudiados	21
Figura 11 Cantiles en el río San Pedro, vista hacia el norte — aguas arriba—	23
Figura 12 Distribución de fallas geológicas de gran longitud. Variación general NW 20° a 80° SE / NE	25
Figura 13 Falla normal PHC-1 en margen derecha	26
Figura 14 Falla normal PHC-2 en margen derecha	27
Figura 15 Falla normal PHC-3 en margen derecha	28
Figura 16 Falla El Risco y falla Bordones en margen derecha.....	28
Figura 17 Bordones, pared rugosa y zona de falla.....	29
Figura 18 En el Arroyo El Fortín, traza de la falla Bordones	29
Figura 19 Escarpe de falla Los Bueyes, cercano a la falla El Cantil	30
Figura 20 Falla Las Cruces, al nivel del cauce en margen derecha	31
Figura 21 Falla Las Cruces, en el interior de la margen izquierda	32
Figura 22 Falla El Cantil, ladera en margen izquierda.....	32
Figura 23 Columna litológica general. Unidades Las Cruces y Corapan	38
Figura 24 Horizontes de tobas, el color pardo claro a oscuro que denota la presencia de arcillas	39
Figura 25 En el techo de las tobas, de color transitorio, se identificó un horizonte vitrificado	40
Figura 26 Techo del horizonte vitrificado con transición al estrato Tm-ic1.....	40
Figura 27 Riolita fluidal, rumbo general de la estratificación NW 52° SE / 24° NE.....	41
Figura 28 Ignimbrita riolítica (Tm-ic2). Se aprecian abundantes fiames alargados y líneas de fluidez	41
Figura 29 Dique emplazado en rocas de la unidad (Tm-ic1)	43
Figura 30 Depósito de talud (Qdt).....	44
Figura 31 Contorno de un depósito de talud (Qdt)	44
Figura 32 Suelo residual (Qsr). Roca alterada	45
Figura 33 Depósitos de aluvión que siguen la forma del río (Qal).....	45
Figura 34 Columna litológica en margen derecha —unidad Las Cruces—	46
Figura 35 Toba (Tm-ct1) de color rojo a ocre. Textura piroclástica.....	47
Figura 36 Ignimbritas (Tm-ci1) en techo estratigráfico: tono gris claro y en muro: de tono rojizo. Se observan formas elongadas de los fragmentos de pómez.....	47

Figura 37 Dique diabásico (Tm-dd) de tono gris oscuro a verdoso, presenta vetillas de calcita.....	48
Figura 38 Columna litológica en margen izquierda —unidad Corapan—	49
Figura 39 Imagen ilustrativa del mapa geológico preliminar	50
Figura 40 Región hidrológica Presidio-San Pedro (RH-11) conformada por cuatro cuencas.	56
Figura 41 SAR inscrito en la subregión hidrológica Río San Pedro (RH-11-A).....	56
Figura 42 Cuenca Río San Pedro y subcuencas: Subregión Hidrológica 11-A.....	57
Figura 43 Subcuenca Río San Pedro: RH-11-A-a.....	58
Figura 44 Poligonal de influencia directa (PID) y subdivisión	60
Figura 45 Estado de Nayarit y municipios implicados	61
Figura 46 Polígono P6, embalse circunscrito a una línea de cota topográfica	63
Figura 47 Integración de la noción EAE entre los procesos de Planes y Programas	65
Figura 48 Modelo General de Aplicación Conceptual de la EAE.....	67
Figura 49 Firma de convenios ante autoridades federales	69
Figura 50 Firma de convenios ante autoridades locales	69
Figura 51 Asambleas comunitarias, donde se plantearon dudas e intereses propios	70
Figura 52 En el comité municipal se orientó y se brindó información	70

FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	15
Fotografía 2 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	23
Fotografía 3 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	26
Fotografía 4 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	27
Fotografía 5 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	28
Fotografía 6 de CFE (c. 2015). Proyecto hidroeléctrico Las Cruces	28
Fotografía 7 de CFE (c. 2016). Proyecto hidroeléctrico Las Cruces	29
Fotografía 8 de CFE (c. 2016). Proyecto hidroeléctrico Las Cruces	29
Fotografía 9 de CFE (c. 2017). Proyecto hidroeléctrico Las Cruces	30
Fotografía 10 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	31
Fotografía 11 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	32
Fotografía 12 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	32
Fotografía 13 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	39

Fotografía 14 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	40
Fotografía 15 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	40
Fotografía 16 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	41
Fotografía 17 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	41
Fotografía 18 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	43
Fotografía 19 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	44
Fotografía 20 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	44
Fotografía 21 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	45
Fotografía 22 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	45
Fotografía 23 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	47
Fotografía 24 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	47
Fotografía 25 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces	48
Fotografía 26 y 27 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces.	69
Fotografía 28 y 29 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces.	70

Siglas empleadas

C

CCR..... Concreto Compactado con Rodillo
CFE Comisión Federal de Electricidad
CONABIO..... Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad

D

DEGIRA..... Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental
DOF Diario Oficial de la Nación
DPIF..... Dirección de Proyectos de Inversión Financiada

E

EAE Evaluación Ambiental Estratégica
ECC..... Enrocamiento con Cara de Concreto
EIA..... Evaluación de Impacto Ambiental
ESA Estudios ambientales

F

FODA..... Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas

G

GICO..... Grupo de Ingeniería en Consultoría y Obras, S.A. de C.V.

L

LGEEPA..... Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
LOPSRM Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas

M

MIA Manifestación de Impacto Ambiental
MD Margen Derecha
MI..... Margen Izquierda

P

PID..... Polígono de Influencia Directa
PO Periódico Oficial
POISE..... Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico
PPP Políticas, planes y programas

R

RLGEEPA Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

S

SAR..... Sistema Ambiental Regional
SEMARNAT..... Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca
SMO Sierra Madre Occidental

U

UAN..... Universidad Autónoma de Nayarit
UDG..... Universidad de Guadalajara

Introducción

La electrificación ha acompañado y hecho posible la consolidación de México como país con capacidad de desarrollo. Generar electricidad constituye un insumo fundamental en el sustento y desarrollo de su población. Los proyectos hidroeléctricos permiten aprovechar los recursos naturales generando diversos beneficios económicos y sociales pero depende demasiado del emplazamiento en donde éstos se desarrollen. Se indica este argumento porque el conjunto de actividades de una colectividad humana pueden describirse como integración, desarrollo y competitividad y, para ello se requiere de infraestructura principal que básicamente resultan de los servicios proporcionados por el sector público siendo a su vez, un elemento del conjunto de actividades que están relacionados íntimamente con calidad de vida.

A mi entender, cuando una población y sus economías se expanden, crecen también las demandas de servicios públicos como lo es el servicio de electricidad y que para producirla, hoy día, es imprescindible ser respetuosos con el medio ambiente, examinando los impactos ambientales a fin de reducir la vulnerabilidad de las sociedades actuales y futuras.

El conocimiento geográfico identifica áreas de acción y permite lograr la realización de ciertos proyectos al exponer los beneficios y riesgos que pueden afectar el progreso, en este contexto, los geógrafos al trabajar o proponer realizar infraestructura contribuyen con un pilar fundamental para el desarrollo de toda sociedad siendo un deber el mejorar la calidad de vida e inclusión ciudadana conservando el medio ambiental.

El presente informe expone las actividades geográficas llevadas a cabo en la elaboración de los estudios técnicos de una obra de control hidráulico en el río San Pedro, estado de Nayarit en los años 2016 y 2017.

En la realización de estos estudios, mi intervención incumbió por tener referencia cognitiva de los antecedentes que a continuación se describen:

Primeramente, la comprensión de la reforma constitucional del Artículo 25 en su cuarto, sexto y octavo párrafo, prosigue:

“Artículo 25. ...

...

...

El sector público tendrá a su cargo, de manera exclusiva, las áreas estratégicas que se señalan en el artículo 28, párrafo cuarto de la Constitución, manteniendo siempre el Gobierno Federal la propiedad y el control sobre los organismos y empresas productivas del Estado que en su caso se establezcan. Tratándose de la planeación y el control del sistema eléctrico nacional, y del servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica, (...). En las actividades citadas la ley establecerá las normas relativas a la administración, organización, funcionamiento, procedimientos de contratación y demás actos jurídicos que celebren las empresas productivas del Estado, así como el régimen de remuneraciones de su personal, para garantizar su eficacia, eficiencia, honestidad, productividad, transparencia y rendición de cuentas, con base en las mejores prácticas, y determinará las demás actividades que podrán realizar.

...

Bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente.

...

La ley alentará y protegerá la actividad económica que realicen los particulares y proveerá las condiciones para que el desenvolvimiento del sector privado contribuya al desarrollo económico nacional, promoviendo la competitividad e implementando una política nacional para el desarrollo industrial sustentable que incluya vertientes sectoriales y regionales, en los términos que establece esta Constitución” (DOF, 20, 12, 2013, p. 1).

Acorde a lo anterior, es que el gobierno federal ha proyectado construir una obra de control hidráulico que se desempeñará como una central hidroeléctrica para producir y satisfacer de energía eléctrica a la región Centro-Occidente de México a fin de evitar un déficit en su producción que limite los planes nacionales de desarrollo.

Otro antecedente correspondió al conocer un resolutivo precedente del proyecto constructivo de una central hidroeléctrica en el río exorreico San Pedro que se encuentra en la zona meridional de la Sierra Madre Occidental entre las latitudes 22°30' N y 21°55' N donde actualmente, en uno de sus estrechamientos, existen las condiciones para el aprovechamiento hidráulico; al mismo tiempo, permitiría controlar las aguas torrenciales que se presentan periódicamente en la planicie costera del estado de Nayarit, consiguiéndose consolidar la ampliación de 2 800 hectáreas del distrito de riego cuarenta y nueve.

Esta obra se realizará por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), organismo público descentralizado del gobierno federal e institución tutelar con las siguientes atribuciones: “ejecución de la planeación, diseño, construcción y operación de los sistemas de generación de energía eléctrica, encargándose también de su transmisión y distribución” (DOF, 24, 08, 1937, p. 4).

Considerando los atributos anteriores, a través del tiempo, es que la CFE ha desarrollado múltiples proyectos que han permitido satisfacer la demanda de energía eléctrica en el país, guardándose una directriz en materia de energía establecida en los planes nacionales de desarrollo y donde se ha señalado un aumento en las inversiones para generar electricidad a fin de satisfacer la demanda nacional con la finalidad de que las actividades económicas y sociales no sean afectadas por limitaciones en la oferta.

La expectativa actual del desarrollo económico de México y el constante requerimiento de energía eléctrica acusan la necesidad de evaluar proyectos que permitan un adecuado abastecimiento energético.

El sistema eléctrico nacional, actualmente, produce energía eléctrica con base en el uso de combustibles fósiles por lo que en el futuro, México tendrá que contar y extraerlos de yacimientos cuya complejidad supera por mucho la que se ha presentado hasta ahora.

Es por ello, y con el objetivo de reducir los riesgos inherentes al alto consumo de combustibles fósiles, la CFE ha propuesto que en la matriz energética se incluya una mayor participación de fuentes renovables. Esto es, la construcción de centrales hidroeléctricas con el fin de diversificar las fuentes de generación de energía eléctrica. Su adopción permitiría cumplir con las metas y los compromisos internacionales en la generación de energía limpia referidos en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Acuerdo de París, 2015).

Para dar cumplimiento en la materia anterior, la CFE revisó y actualizó el diseño de una obra de control hidráulico; proyecto que se desempeñará como central hidroeléctrica en la cuenca baja del río San Pedro. Como parte de acciones necesarias, la entidad pública convocó en diversas licitaciones públicas, a participar en la revisión, actualización y elaboración de los estudios técnicos necesarios para validar dicho proyecto de obra. Instituciones y empresas consultoras respondieron a los requerimientos solicitados por la CFE, entre ellas, la empresa consultora en donde laboro y en donde participé con la elaboración de los estudios técnicos que presento en este informe de actividades profesionales.

El informe se estructuró en tres capítulos, a saber:

En el primer capítulo se expone la caracterización general del informe, se divide en cuatro puntos. El primer punto, esboza un concepto de consultoría. El segundo punto, apunta al vínculo existente entre el sector productivo y la geografía y se alude a la empresa consultora donde laboré, su constitución y los servicios que proporciona. Finalmente filosóficamente se explica la correlación de los servicios de consultoría y la geografía. El tercer punto ahonda en la comprensión de los elementos involucrados de este informe y se enuncian conceptos pertinentes como lo es la hidroelectricidad, la constitución de una presa y obras auxiliares para luego explicar dos tipos de presas de almacenamiento. Cierra este capítulo el cuarto punto; en este punto se indica la ubicación geográfica del proyecto en ciernes.

El segundo capítulo desarrolla una faceta profesional con perfil positivista y se divide en seis puntos. El primer punto enuncia al solicitante que requirió de servicios profesionales. Este punto carga la consideración en la realización de estudios geológicos, exponiéndose como una oferta laboral de parte del geógrafo en acuerdo a sus estudios universitarios. El segundo punto, expone las acciones logradas después de haber aceptado los trabajos así como los métodos utilizados. El tercer punto presenta, brevemente, el conocimiento geográfico de la zona donde se desarrollarán las actividades. El cuarto punto, presenta el argumento que definió el sitio de estudio. El quinto punto expone el trabajo de campo desarrollado: los estudios geológicos. El sexto punto, justifica la elaboración de los trabajos de campo que concluyeron con una representación gráfica: la elaboración de un mapa geológico preliminar.

El tercer capítulo desarrolla otra faceta de actividad profesional. El capítulo pormenoriza la validación de un instrumento ambiental, el concepto Evaluación Ambiental Estratégica que dirimió controversias gubernamentales y sociales. Se divide en cinco puntos. El primer punto indica una breve causa de la geografía y el aspecto ambiental. El segundo punto, justifica la intervención del conocimiento geográfico así como de los métodos aplicados. El tercer punto, expone el análisis de

un Sistema Ambiental Regional que fue base para trazar el polígono de influencia directa del proyecto hidroeléctrico; el polígono se dividió y se describe la ocupación y función de cada uno de ellos. El cuarto punto, reúne las acciones realizadas de una consecuencia analítica: la reformulación de un concepto ambiental y que explica la integración e implementación del concepto evaluación ambiental estratégica. El quinto punto muestra una derivación de esta reformulación: un proceso de socialización.

Se concluye el presente informe con las consideraciones finales.

Capítulo 1. Caracterización general

1.1 Consultoría, un concepto

La importancia de bosquejar un concepto de consultoría sobreviene puesto que en la producción e intercambio de bienes y servicios en el estado mexicano se admite la iniciativa privada al igual que la pública; esta organización económica es la que ofrece un campo y mercado laboral en los que, como también indica la Universidad Nacional Autónoma de México, “se desempeñan los profesionales en Geografía (...) en la iniciativa privada como revisor técnico o consultor” (UNAM, 2010, p. 1).

A fin de tener un concepto, es preciso reflexionar que en el medio empresarial el término consultoría admite diferentes nociones que han evolucionado desde los últimos veinte años del siglo XX.

Una evolución de los servicios de consultoría, fue la consultoría colaborativa. El economista Sherwood (1989) enunció: “La consultoría se utiliza y tiene como finalidad apoyar intensa y temporalmente a las organizaciones para realizar un proyecto y no ejecutarlo por sí mismo.” (Sherwood, 1989, p. 24). Del mismo modo, los sociólogos Portuondo y Rodríguez (1992) la especificaron como: “Un servicio profesional que presta ayuda a los directivos de las organizaciones e involucra la transferencia de conocimientos y capacitación del personal en las organizaciones.” (Portuondo Vélez y Rodríguez Pérez, 1992, p. 19).

En aquella evolución, conviene subrayar, las empresas prestadoras de servicios en consultoría alcanzaron mayor relevancia y que, por la misma competencia existente entre empresas semejantes, respondieron a diferentes desafíos ocasionándose otros métodos de colaboración y, en este sentido es que el servicio de consultoría colaborativa, ulteriormente, se le consideró como un servicio profesional en el que se destacó ciertas características que se debiesen poseer; a lo que M. Kurb (1997) señaló parafraseando a Greiner y Metzger: “La consultoría profesional es un servicio de asesoramiento, contratado por y proporcionado a organizaciones, por personas especialmente capacitadas y calificadas que prestan asistencia de manera objetiva e independiente...” (Kurb, 1997, p. 7). Esto significó recomendar soluciones a diversos problemas y coadyuvar, si se le solicita, en la aplicación de soluciones.

Los párrafos anteriores permiten tener un concepto de consultoría que marcha desde apoyar, prestar o brindar un servicio de asesoramiento. Al mismo tiempo, no hay que desconocer que las condiciones políticas, financieras y fiscales de la iniciativa pública y privada, son las que han regulado los distintos servicios de consultoría, anteriormente y actualmente, siendo por esto que, al justipreciar un servicio de consultoría colaborativa se obtiene un valor, empero, otro valor se obtiene cuando el servicio es proporcionado por una consultoría profesional.

Por consiguiente, independientemente de la evolución y valor, la consultoría ha sido un método para optimar prácticas de gestión considerándosele como profesión. Al presente, el servicio de consultoría colaborativa o profesional son enfoques complementarios que no disímiles.

1.2 El sector productivo y la geografía

1.2.1 Una empresa de servicios de consultoría

En la elaboración y propuesta de soluciones para el desarrollo e implementación de políticas públicas, la empresa Grupo de Ingeniería en Consultoría y Obras, S. A. de C. V. (GICO) reúne y organiza a profesionistas con experiencia adquirida a través de años de labores, tanto del sector público como del privado y, principalmente entre ellos, los hay afiliados a la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, A. C. y el Colegio de Ingenieros Civiles de México, A. C., así como de otras asociaciones u organizaciones.

De esta forma, en el desarrollo e implementación de proyectos de infraestructura que el país demanda y que requieren de estudios con la descripción e información suficiente para que estos se puedan llevar a cabo; en acato al artículo 2, numeral IX de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (LOPSRM) (DOF 13, 01, 2016), GICO elabora estos estudios que igualmente se denominan proyectos ejecutivos.

La empresa consultora en comento cuenta con la capacidad técnica y tecnológica porque ha llevado a cabo diversas obras de infraestructura así como la elaboración de estudios relacionados con la hidráulica, energía, transporte y el aspecto medioambiental mediante los procesos de gerencia de proyecto, administración y control de obras significando que GICO participa desde la elaboración de convocatorias hasta la puesta en marcha de proyectos.

1.2.2 Constitución legal y servicios principales

Constitución

GICO inició sus actividades el 22 de marzo de 1988 bajo el nombre de Ingeniería Vinci, S.A. de C.V., con Acta Constitutiva número 22 778, Volumen 478, ante la fe del Notario Público número 84, Lic. Rafael Rebollar Garduño. El 22 de octubre de 1990 se acordó cambiar su denominación social a Grupo de Ingeniería en Consultoría y Obras, S. A. de C. V., en Acta número 39 948, Volumen 778, ante la fe del Notario Público número 140, Lic. Jorge Alfredo Domínguez Martínez.

Servicios Profesionales

Elaboración y ejecución de toda clase de estudios, trabajos, diseños, proyectos y construcción de obras de ingeniería y arquitectura. Se incluye la ingeniería de cualquier tipo como la civil, eléctrica, mecánica, hidráulica, petroquímica, agronómica, industrial, marítima, sanitaria y similares, sean éstos urbanos o suburbanos.

1. Realiza toda clase de avalúos de bienes muebles e inmuebles, sean urbanos, suburbanos, rústicos, además del avalúo de empresas o negociaciones industriales o comerciales de cualquier giro o actividad, incluyendo equipo, maquinaria y herramienta de todo tipo, así como cualquier otra edificación construida sobre cualquier clase de bienes inmuebles.
2. Supervisión y elaboración de estudios y proyectos, en general, los trabajos de ingeniería en sus etapas de planeación (Gran visión; prefactibilidad y factibilidad; socioeconómica; financiera).

3. Presta servicios de consultoría relacionados con la actividad de la ingeniería en general a que se refieren los incisos anteriores.
4. Autorizado para constituirse en agente, factor, comisionista o mandatario de toda clase de empresas del ramo de la ingeniería.
5. Celebrar todos los contratos y ejecutar toda clase de actos civiles o mercantiles relacionados, necesarios o convenientes para el desarrollo de sus servicios.

1.2.3. Correlación de los servicios de consultoría y la geografía

Por lo regular, el sector público recurre a empresas del sector privado para la realización de infraestructura pública. Está área requiere de profesionistas de distintas disciplinas y los geógrafos son incluidos mínimamente. Sin embargo, las empresas consultoras del área físico-matemáticas, en la elaboración de sus estudios o proyectos ejecutivos los incluyen moderadamente. Hoy día, el desempeño de los geógrafos y la geografía se manifiestan implícitamente; el sociólogo Daniel Hiernaux (2011) de manera sucinta lo refiere así:

...la geografía es una disciplina secular, sus campos de aplicación se han multiplicado de manera rizomática alcanzando una estructura de red que conforman numerosas ramas que suelen entrecruzarse advirtiéndose por qué los temas desarrollados por el conocimiento geográfico son aplicados desde diferentes campos científicos... (Hiernaux N., 2011, p. 14).

La correspondencia de este tipo de consultorías y la geografía, al aludir el rumbo filosófico, reside en que sus estudios o proyectos se desarrollan en dos dimensiones: la sensible y la inteligible.

En el plano sensible: Durante el desarrollo de la geografía física se advierte que atrae el positivismo; el conocimiento empírico que se limita a la interpretación de hallazgos reales, lo sensorialmente perceptible y verificable. En este plano la información obtenida se interpreta a través de la razón y la lógica constituyéndose en un conocimiento cierto o positivo.

En el plano inteligible: Por la naturaleza de este tipo de consultorías, el desarrollo de los estudios o proyectos principalmente versan en la razón que, para este caso, aplica el entendimiento legal, esto es, aplicar o lograr el buen acuerdo prescrito por ley y conforme a ella.

De modo que el perfil del geógrafo participa, en el plano sensible, con métodos cuantitativos, cualitativos y deductivos, a decir, con sus conocimientos en topografía, geología, cartografía, edafología, climatología e hidrología. En el plano inteligible participa realizando análisis, con la aplicación de métodos cualitativos y deductivos y donde es posible, circunscribir la estadística, la demografía, la conservación de recursos naturales o la planeación.

Considerando que los estudios o proyectos suelen ser diversos en tiempo y complejidad, hoy día, se exige establecer equipos diferentes de profesionistas para ejecutar en conjunto soluciones; para el geógrafo, incluso, está el ser objeto puente entre las diversas disciplinas que se conjuntan en este tipo de consultorías.

En los capítulos siguientes de este informe se entenderán los estudios técnicos derivados de la colaboración en un proyecto hidroeléctrico que, y como posteriormente, se expondrán.

1.3 Proyecto hidroeléctrico

Los estudios de planificación integral del sistema eléctrico del país, se elaboran mediante un Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE) y éste, se publica y actualiza anualmente con proyecciones de tres lustros.

Desde 1980, en los documentos del POISE se registra un proyecto hidroeléctrico en el río San Pedro que se constituye como un trabajo de años que viene realizando la CFE.

A finales del 2015 la CFE, a través de la Dirección de Proyectos de Inversión Financiada (DPIF), propuso incrementar la capacidad de generación hidroeléctrica nacional, resolviéndose, entre otros estudios, continuar con los estudios técnicos correspondientes a un proyecto hidroeléctrico en el río San Pedro donde se modificó el diseño original a fin de tener un proyecto superior, que permitiera expandir el parque eléctrico así como de cubrir demandas en horas pico a menor tiempo y costo.

En este ámbito y para una clara comprensión de este trabajo, es necesario enunciar conceptos pertinentes como lo es la hidroelectricidad, la constitución de una presa, así como la explicación de dos tipos de presas de almacenamiento que ayudará a entender el cambio de diseño en presas.

1.3.1 De la hidroelectricidad

El adjetivo hidroeléctrico refiere a la energía eléctrica obtenida por fuerza hidráulica. Se obtiene a partir del aprovechamiento del diferencial de energías, es decir, de la energía cinética de una corriente o salto de agua (Alonso y Finn, 1970, pp. 209-218). En los saltos de agua, la masa de agua en altura tiene una determinada energía potencial que al caer y ser conducida ésta se transforma en energía cinética. Si se hiciese pasar el fluido por una turbina colocada a continuación del diferencial de las masas de agua, se transmitiría dicha energía cinética que haría al girar la turbina; la energía cinética se convertiría en energía mecánica por el movimiento de aquella que luego se transmite a un alternador de un generador eléctrico, transformándose ahora, la energía mecánica en energía eléctrica debido al efecto de inducción electromagnética.

1.3.2 La presa y sus estructuras auxiliares

Vega y Arreguín (1981), profesores de la sección de hidráulica en la UNAM, enseñan que el diseño modelo de una obra de control hidráulico está conformado básicamente por siete obras principales (Vega Roldán y Arreguín Cortés, 1981, p. 7) (véase Figura 1).

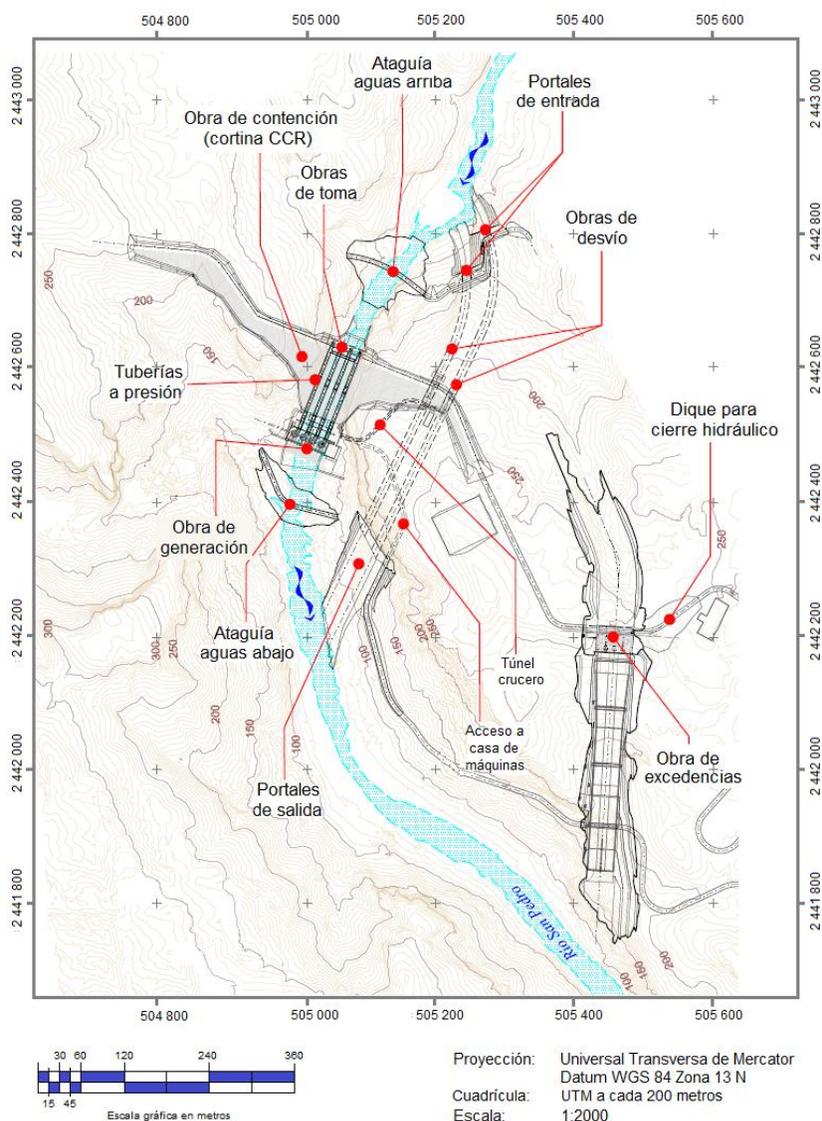
1. Obras de acceso. Consisten en el trazo y construcción de caminos así como de la instalación de oficinas y campamentos.
2. Obras de desvío. Obras que son de carácter temporal y tienen por objeto controlar adecuadamente la corriente durante los trabajos constructivos. Consisten en portales de entrada y salida, túneles así como de diques provisionales -ataguías- aguas arriba y aguas abajo.
3. Obra de contención o presa. Obstáculo construido al paso de la corriente con el objeto de embalsar el agua. Inicialmente, el proyecto se planeó con la construcción de una cortina de enrocamiento con cara de concreto. Recientemente se ha planteado la construcción de

otro tipo de cortina: de concreto compactado con rodillo diseñado con la obra de toma adosada en la misma cortina.

4. Obra de excedencia. Estructura que permite el derrame de agua excedente del vaso al nivel de aguas máximo ordinario; por ejemplo, en el caso de avenidas extraordinarias.
5. Obra de control o presa cambio de régimen. Controla y maneja volúmenes de agua. Garantiza y permite servir agua controlada aguas abajo.
6. Obra de toma. Estructura que permite la extracción de agua del embalse para los fines deseados.
7. Obra de generación eléctrica. Consisten en obra de toma, conducción de agua a presión mediante tuberías, casa de máquinas (turbinas, alternadores, etcétera), subestación eléctrica y túneles de acceso y crucero.

Figura 1

Esquema general de una presa y obras generales



Fuente: Elaboración propia (2016) con base en el Proyecto Hidroeléctrico Las Cruces

1.3.3 Diseño esquemático de obras de contención

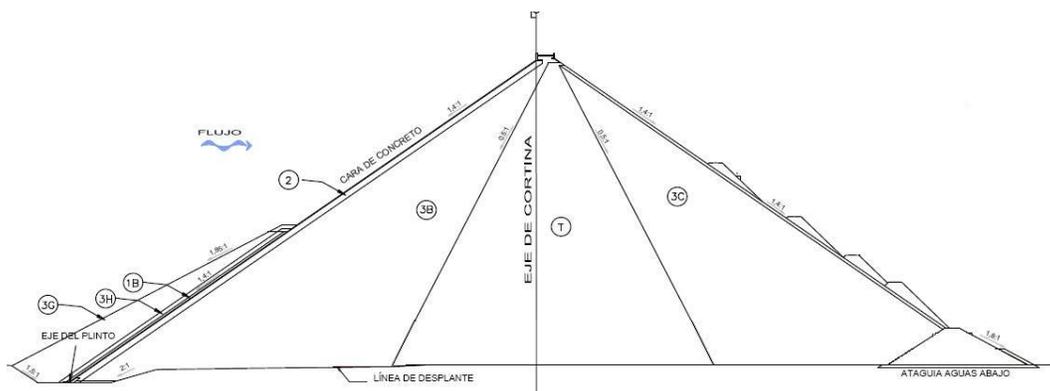
Las obras de contención se clasifican, según su desempeño, en tres tipos: presas de almacenamiento, presas de derivación y presas reguladoras. Presento dos diseños esquemáticos correspondientes al tipo de presas de almacenamiento, con base en lo publicado por (Hansen y Reinhardt, 1991).

Una presa de Enrocamiento con Cara de Concreto (ECC) es aquella formada por un cuerpo principal de enrocamiento, grava o arena; dos losas de concreto, una de ellas más impermeable, en el talud aguas arriba; un plinto desplantado sobre roca sana o sobre aluvión, de acuerdo a las características que exigen las especificaciones de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, conocida por sus siglas en inglés como ASTM, *American Society for Testing and Materials*, concluyéndose con un parapeto en la corona de la presa (v. Figura 2).

Las caras de concreto, talud aguas arriba y abajo, evitan la humedad y saturación del cuerpo principal de la presa lo que se traduce en un mejor comportamiento de estabilidad, permitiendo colocar taludes menos tendidos, menor volumen y en general menores tiempos de colocación a diferencia de las presas de materiales graduados con núcleo impermeable (otro tipo de diseño).

Figura 2

Cortina ECC, alternativa eje 1



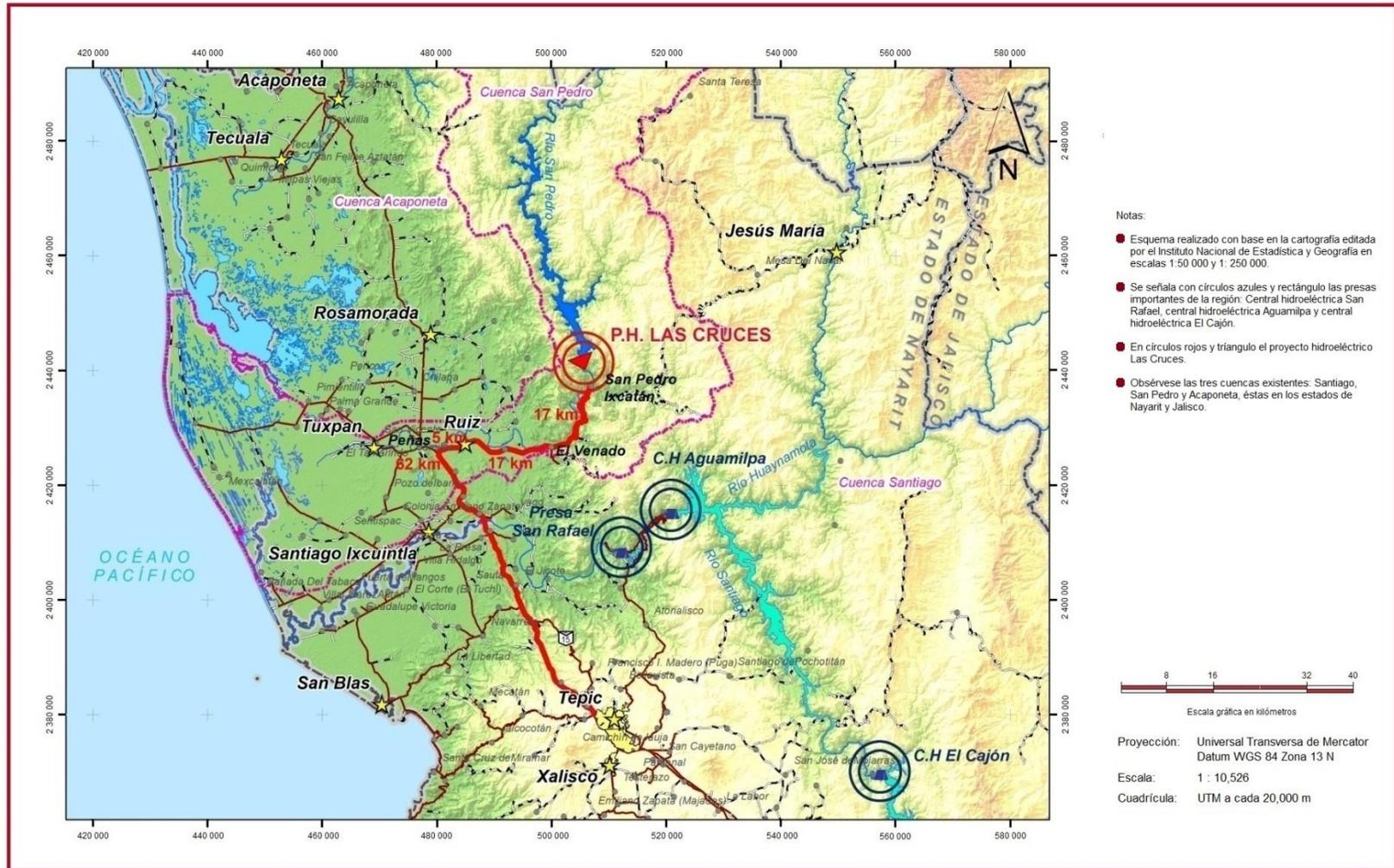
Fuente: CFE (2012). Detalle, sección máxima de la presa con diseño ECC

Otro diseño esquemático corresponde a las presas de Concreto Compactado con Rodillo (CCR). Su importancia procedió al difundirse una praxis constructiva de presas y cuyo objetivo fue el reducir los tiempos de ejecución; esto implicó nuevos procesos constructivos con el uso de equipos modernos y se obtuvo como resultado una puesta en marcha de la obra en un lapso cada vez menor reduciendo los costos políticos y sociales (Hansen, 1998).

La respuesta a lo citado es que, se están implementando diseños de presas CCR; estas comprenden mezclas de cemento y agregados seleccionados con un contenido de agua suficientemente reducido para permitir su compactación con rodillos causando así, un costo menor en la construcción por maximizar un ritmo mayor de ejecución y tener menor impacto ambiental debido al menor uso en cantidades de materiales requeridos; conllevando a la

Figura 4

Acceso y localización del Proyecto



Fuente: Elaboración propia (2016) con base en cartografía publicada por INEGI

Capítulo 2. Intervención en el aspecto geológico

2.1 Consideración de los estudios geológicos

Entre los trabajos que comprende la construcción de una presa, una parte importante son los estudios previos, desde el anteproyecto hasta su definición como proyecto.

Por un ahorro mal entendido es pretendido no realizar estudios previos o confirmativos. A la vez, en el medio geológico, en ocasiones, se ha llegado a suponer que existen características idénticas en la roca superficial y el sustrato; en el medio constructivo, ello puede trascender en accidentes, hundimientos o imprevistos que repercuten finalmente en la economía de una obra.

Para la CFE, los estudios previos o confirmativos son medida de precaución y aseguramiento tanto de calidad, como de las condiciones que imperarán durante el proyecto. Por ello, esta entidad federativa requirió realizar estudios geomorfológicos que consistieron en identificar la distribución de fallas principales así como de estudios geológicos en su rama estratigráfica. Los estudios fueron parte del sustento en la elaboración del dictamen del análisis de factibilidad técnica del proyecto hidroeléctrico (CFE, 2018).

Ahora bien, trabajos de esta condición son oportunidad de desarrollo para los geógrafos si se tiene en cuenta lo instruido y escrito por el ingeniero geólogo Lugo (1996): "...de la unión de la geología y la geografía física surgió la geomorfología, ciencia o disciplina del relieve terrestre" (Lugo Hubp, 1996, p. 14); también, lo indicado por la doctora en geografía e investigadora Alcántara (2011): "la geomorfología es concebida como la disciplina puente entre la geología y la geografía, a la geomorfología le compete el entendimiento del origen y la evolución de la superficie terrestre" (Alcántara Ayala, 2011, p. 203).

2.2 Objetivos y método capitular

2.2.1 Objetivos logrados

Mediante subasta de contratación, a finales del año 2015, la CFE asignó el contrato número 143067 que facultó a la empresa GICO para llevar a cabo el "Dictamen del Análisis de Factibilidad Técnica del Proyecto Hidroeléctrico CH Las Cruces, en el Estado de Nayarit, correspondiente a 2 unidades de 120 MW"(CFE, 2018). Durante la elaboración del dictamen se revisó y validó los documentos proporcionados por la CFE; organizándolos para generar nueva información y actualizar lo correspondiente a geología.

Luego, mi intervención se realizó en el componente geomorfológico y estratigráfico del departamento geológico en GICO; este capítulo tiene como finalidad mostrar aquellos trabajos donde:

- Se indicaron las estructuras geológicas principales -Fallas o fracturas mayores que afectan el macizo rocoso de la zona-.
- Se realizaron los trabajos estratigráficos –Caracterización del macizo rocoso-.

- Se realizó una carta geológica preliminar –Caracterizando el macizo rocoso a través de la correlación de datos y resultados-.

2.2.2 Métodos aplicados en este capítulo

La construcción de infraestructura comúnmente está ligada al uso de cartografía temática. Se explica: El suministro y uso de cartografía topográfica escala 1 : 2000, permitió identificar la zona del proyecto para luego realizar sobre el terreno un levantamiento y estacado por secciones. En cada sección se establecieron puntos de control, ejecutándose una interpretación geomorfológica. Posteriormente, los puntos de control se utilizaron para definir la localización y ejecución de barrenos exploratorios para conocer la geología preliminar.

En la interpretación geológica preliminar, se recurrió a la consulta de datos vectoriales de información geológica de las cartas escala 1 : 50 000, siendo las cartas F13A79, F13B71 y F13B81 las correspondientes al acervo cartográfico del Instituto Nacional de Estadística y Geografía confrontándose en campo su coincidencia (INEGI, 2011).

En la obtención de información y recogida de datos, el reconocimiento u observación natural fue el método más directo; asimismo, se recurrió al uso técnico de la Cronología Relativa; subsiguientemente, se efectuaron barrenos exploratorios para la toma y recuperación de núcleos de roca en puntos definidos que, mediante el uso y el llenado de formatos preestablecidos (véase Figura 5) se formalizó su debida recolección y clasificación ordenada en alveolos (véase Figura 6), obteniendo *in situ* la estratigrafía secuencial y gracias al empleo de un analizador portátil de minerales XRF¹, martillo de geólogo, lupa 20x y brújula se obtuvieron resultados previos que se utilizaron también para un posterior análisis en un laboratorio de petrología que corroboró los resultados previos, además de realizar otros análisis.

Los métodos anteriores son detallados por el catedrático en estratigrafía Vera Torres (1994) quien alude:

...una escala de tiempo geológico relativo toma como base, una serie de principios que permite ordenar los sucesos geológicos en orden secuencial sin realizar ninguna referencia a la edad en la que se produjeron; consiste en separar grandes conjuntos de materiales con litología diferente o grado de deformación aplicándose criterios estratigráficos como es el principio de superposición y la existencia de discordancias o cambios litológicos bruscos. La elaboración de esta escala estriba en que el registro estratigráfico es incompleto, por ello, se complementan estos datos con los obtenidos a partir de otros métodos; como la perforación de barrenos o geofísica que permiten obtener una datación numérica... (Vera Torres, 1994, p. 69)

Finalmente, con la aplicación de estos métodos se obtuvo nueva información que permitió constatar y corroborar información previa. Los nuevos datos y resultados fueron el insumo principal para generar una carta geológica preliminar -modelo- aportándose elementos suficientes que ofreció continuidad en la elaboración del Dictamen de Factibilidad, objeto del contrato ya antes mencionado.

¹ Fluorescencia por rayos X, por sus siglas en inglés XRF

Figura 5

Formato para el registro de los núcleos de roca extraídos por barrenos

GRÁFICA DEL BARRENO No. _____																
Coordenadas										Escala: _____						
X = _____ m	Rumbo: _____			Inclinación _____			Diámetro: _____									
Y = _____ m	Elevación: _____ m			Prof. Total _____ m			Profundidad del N.F.: _____									
ALTERACIONES	CARACTERÍSTICAS DIVERSAS	PROFUNDIDAD (m)	COLUMNA LITOLÓGICA	FRACTURAS POR TRAMOS CONSIDERADOS	INCLINACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS	ELEVACION (m.s.n.m.)	RECUPERACIÓN DE NÚCLEO					RECUPERACIÓN POR TRAMOS (%)	RQD POR TRAMOS (%)	ABSORCIÓN l / min / m	CLASIFICACION PRESIÓN MÁXIMA EN MPa (kg / cm)	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA Y OBSERVACIONES
							Y RQD									
							0	20	40	60	80					

Fuente: Elaboró GICO (2016) con base a las instrucciones propias del proyecto hidroeléctrico de la CFE

Figura 6

Alveolo para exploración y transporte de núcleos de roca extraídos por barrenos



Fotografía 1 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

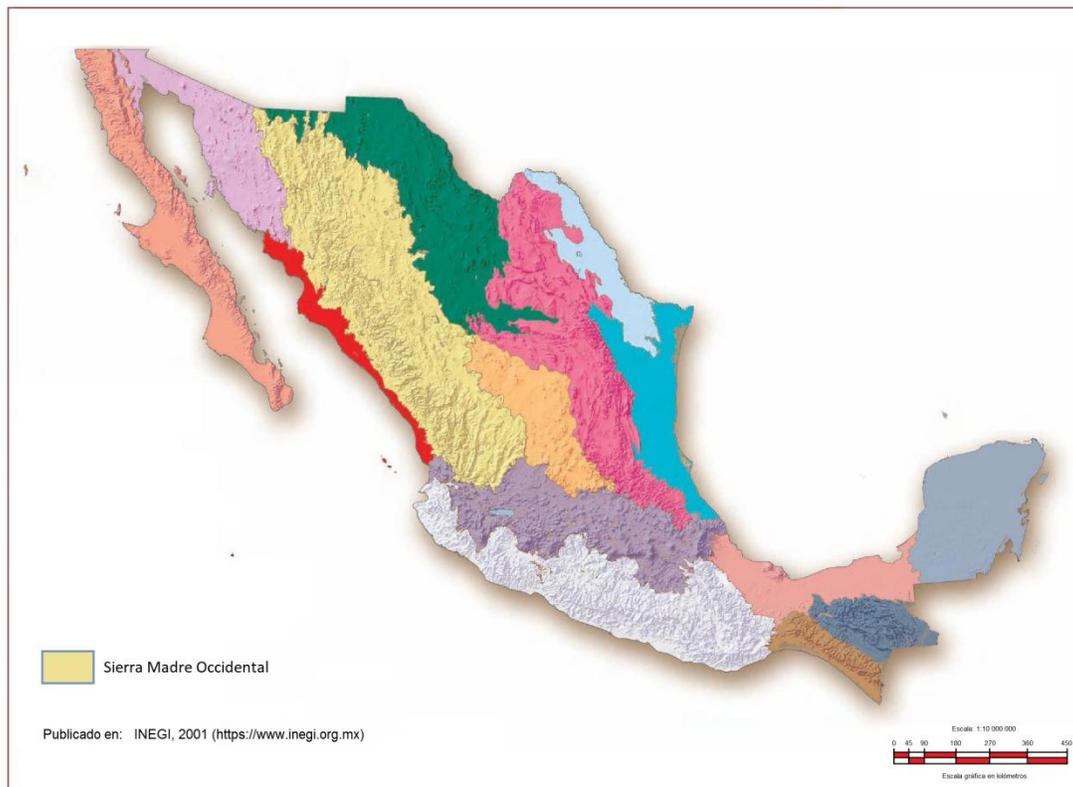
2.3. La Sierra Madre Occidental

2.3.1 Provincias fisiográficas de México

Con base en la división fisiográfica elaborada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2001) el territorio mexicano está dividido en 15 provincias fisiográficas. Cada una de ellas, es definida como un conjunto estructural de origen geológico unitario de gran extensión que posee una morfología propia y distintiva; de esta manera, una provincia fisiográfica se define como una región de paisajes y rocas semejantes en toda su extensión (Figura 7).

Figura 7

Territorio mexicano dividido en 15 provincias fisiográficas



Fuente: Adaptado de INEGI, 2001. <http://www.inegi.org.mx>

2.3.2 Provincia fisiográfica: Sierra Madre Occidental

Con el nombre de Sierra Madre Occidental (SMO) se define tradicionalmente a una provincia fisiográfica del occidente de México. Los estudios propiamente geológicos de esta provincia se remontan a las postrimerías del siglo XIX (Aguilera, Muñoz, Ordóñez, Cabañas y Buelna, 1896, p. 190). Sin embargo, fue a principios de la década de los sesenta del siglo XX, cerca de la ciudad de Durango, en que la cadena montañosa occidental fue realmente estudiada por el ingeniero geólogo Daniel Córdoba (1963), quien precisó una secuencia de riolitas con más de 1800 metros de espesor y edad aproximada a 12 millones de años que descansan sobre rocas sedimentarias del Cretácico Superior (Córdoba M., 1963, p. 2).

Posteriormente, los ingenieros geólogos McDowell y Clabaugh (1979), han particularizado que la SMO está constituida por acumulaciones de ignimbritas originadas de dos etapas principales de vulcanismo. La primera entre el Cretácico Superior y el Eoceno y la segunda, del Oligoceno al Mioceno que fue relativamente breve, cerca de diez millones de años (véase Figura 8). Durante la formación media de la SMO —principios del Oligoceno—, se manifestó un proceso orogénico importante donde hubo una gran acumulación de sedimentos —areniscas tipo molasa—; a finales de esta época —período Neógeno— tuvo lugar otra intensa erupción volcánica acompañada de movimientos verticales que dieron origen a esta gran estructura de tipo meseta volcánica (McDowell y Clabaugh, 1979, p. 115).

Agregando a lo anterior, Aguayo y Trápaga (1996), ingeniero geólogo y biólogo respectivamente, consideraron que la formación de la SMO no se debe solamente a las acumulaciones volcánicas, sino también a los levantamientos tectónicos del Jurásico superior y el Cretácico superior que pude relacionarse con la subducción de la placa Farallón (Aguayo C. y Trápaga M., 1996, p. 36).

Finalmente Ferrari, Valencia y Bryan (2005), ingenieros geólogos y asociado en ciencias aplicadas respectivamente, explicaron la historia magmática y tectónica de la SMO y refirieron que, por su extensión, esta es una de las provincias más relevantes de México y del mundo. Precisarón que es de composición riolítica y/o granítica predominantemente. Asimismo, perfilaron las dimensiones aproximadas de la SMO consistentes en 1400 kilómetros de longitud y de 120 a 300 kilómetros de anchura con alturas medias de 2100 a 2200 metros sobre el nivel del mar y domina una superficie aproximada de 300 000 kilómetros cuadrados; su orientación es noroeste-sureste que abarca los estados de Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Nayarit y Jalisco (Ferrari P., Valencia M. y Bryan S., 2005, p. 346).

El escrutinio correspondiente a la vasta información existente y estudiada de este tema; desde las postrimerías del siglo XIX hasta nuestros días, la SMO se destaca geomorfológicamente como sigue:

- Se trata de una superficie con masas rocosas que forman una amplia franja de orientación noroeste-sureste; constituyen altiplanicies que observadas masivamente, se presentan horizontales e inclinadas y en conjunto escalonadas. Las masas rocosas afloran como una gran unidad; siendo las diferencias locales las que reflejan las distintas etapas de acumulación volcánica así como los movimientos tectónicos posteriores que han modificado su altura e inclinación original.
- La existencia de un conjunto de cañones profundos —producto de cortes verticales— por acción de las corrientes fluviales que reducen constantemente la superficie de la unidad anteriormente mencionada (meseta).
- Es el producto de una erupción de intensidad extraordinaria que, en edades orientativas, aconteció hace 100 millones de años y tuvo su aparente extinción entre los 20 millones de años y los 5 millones de años; favoreciéndose el proceso de la erosión vertical, además de los procesos de gravedad asociados. Los cortes de erosión llegan a ser de más de 300

metros con valores máximos a 1500 metros, los máximos reconocidos en el país; se tratan de cañones con laderas muy empinadas —verticales frecuentemente—, escalonadas, con fondos estrechos, formando auténticas montañas erosivas, con cimas testigos de antiguas superficies homogéneas.

- Finalmente, la erosión fluvial es favorecida por el tipo de litología y precipitaciones pluviales que alcanzan los 1500 milímetros en las partes altas del sur de la sierra. Los mapas topográficos permiten reconocer los grandes sistemas fluviales de la sierra que deben haber evolucionado por erosión, tratándose de un ejemplo típico de lo que puede definirse como una formación de relieve juvenil.

Figura 8

Cronoestratigrafía internacional

Eonotema / EÓN	Eratema / ERA	Sistema / PERÍODO	Serie / ÉPOCA	EDAD (Ma)
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	0.0117
			Pleistoceno	2.58
		Neógeno	Plioceno	5.333
			Mioceno	23.03
		Paleógeno	Oligoceno	33.9
			Eoceno	56.0
			Paleoceno	66.0
	Mesozoico	Cretácico	Superior	100.5
			Inferior	~ 145.0
		Jurásico	Superior	163.5 ± 1.0
			Medio	174.1 ± 1.0
			Inferior	201.3 ± 0.2
		Triásico	Superior	~ 237
			Medio	247.2
			Inferior	251.902 ± 0.024
		Paleozoico	Pérmico	
	Carbonífero		Pensilvánico	323.2 ± 0.4
			Misisípico	358.9 ± 0.4
Devónico			419.2 ± 3.2	
Silúrico			443.8 ± 1.5	
Ordovícico			485.4 ± 1.9	
Cámbrico		541.0 ± 1.0		
Precámbrico	Proterozoico		2500	
	Arcaico		4000	
	Hádico			~ 4600

Fuente: Elaborada a partir de Cohen, Finney, Gibbard, y Fan, 2010

2.3.3 Subprovincia fisiográfica: Mesetas y Cañadas del Sur

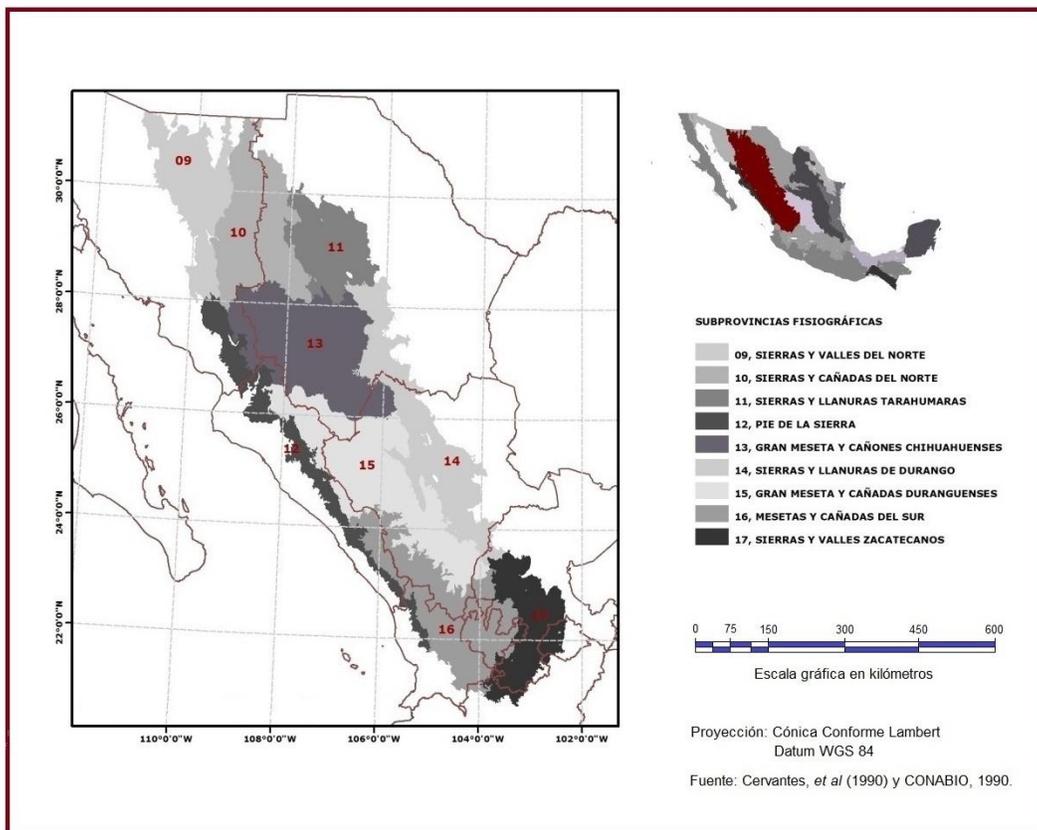
El territorio mexicano está dividido en 15 Provincias Fisiográficas, mismas que el INEGI subdivide en 73 Subprovincias y 13 discontinuidades. Corresponden en la SMO, nueve Subprovincias Fisiográficas (véase Figura 9).

El presente estudio técnico se llevó a cabo en la Subprovincia Fisiográfica número 16: Mesetas y Cañadas del Sur.

Esta Subprovincia es alargada con dirección general noroeste-sureste y se halla emplazada en la zona meridional de la SMO. Abarca territorios de los estados de Durango, Jalisco, Nayarit, Sinaloa y Zacatecas.

Figura 9

Provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental y Subprovincias Fisiográficas



Fuente: Elaborado a partir de Cervantes-Zamora, y otros, 1990

2.4 Sitio de Estudio

A finales de los años setenta del siglo pasado, partiendo de la Etapa de Planeación —Identificación, Gran Visión, Prefactibilidad y Factibilidad— la CFE a través de la Residencia de Estudios de los ríos Baluarte y Presidio, inició los estudios de exploración a lo largo de la cuenca baja del río San Pedro en el estado de Nayarit, con el fin de proponer la construcción de una obra de control hidráulico para aprovechar los escurrimientos normales y generar energía eléctrica, así

como tener control de las avenidas extraordinarias que pudieran afectar a los municipios de Tuxpan y Ruiz del mismo estado.

Es hasta el año 2010, en que a lo largo de un tramo aproximado de 38 kilómetros del río San Pedro, antes de entrar a la planicie costera, se completaron los estudios de factibilidad y se indicaron cinco sitios probables para establecer una obra de control hidráulico; ellos fueron: Tecarita, Las Cruces, El Limón, Pozolillo y Platanares (véase Figura 10).

De las cinco alternativas posibles, se eligió el sitio Las Cruces como el más factible para llevar a cabo la obra de control hidráulico por ser el que menos afectaciones producirá al entorno natural y los bienes culturales de las poblaciones involucradas.

Para el 2015, los estudios de diseño contemplaban la edificación de una cortina ECC² no obstante, la CFE realizó modificaciones a los estudios de diseño para optimizar recursos financieros y disminuir en mucho más los impactos ambientales al aplicar mejores prácticas y novedosas técnicas constructivas; avistándose ahora, en los estudios de diseño una cortina tipo CCR.

Esta segunda propuesta, sigue el mismo proceso constructivo que las ECC, pero modifica sus materiales con granulometría de diferente calidad en el talud de aguas arriba. La segunda cara se completa con rejillas y concreto reforzado que disminuye el uso de material granulométrico mayor e implica una menor disposición de bancos de material. El resultado: el ahorro de más del 25% del monto de la cortina y, sobre todo, un menor impacto ambiental.

En consecuencia, a finales del 2016, en el sitio Las Cruces fue necesario realizar y corroborar los estudios de factibilidad de la elección original del asentamiento de la boquilla denominada eje 1; determinándose explorar otras áreas para la instalación de un par de ejes más, llamándoles eje 1A y eje 2, el primero se ubica 50 metros aguas arriba del eje original y el segundo 300 metros aguas arriba. El eje 1A es una variante mejorada del eje 1 original, pivoteado u optimizado conforme a las condiciones geológicas imperantes del sitio. Para la determinación de las condiciones del eje 2, también llamado Rancho Viejo, se solicitó a GICO verificar y constatar las condiciones del sitio (CFE, 2018).

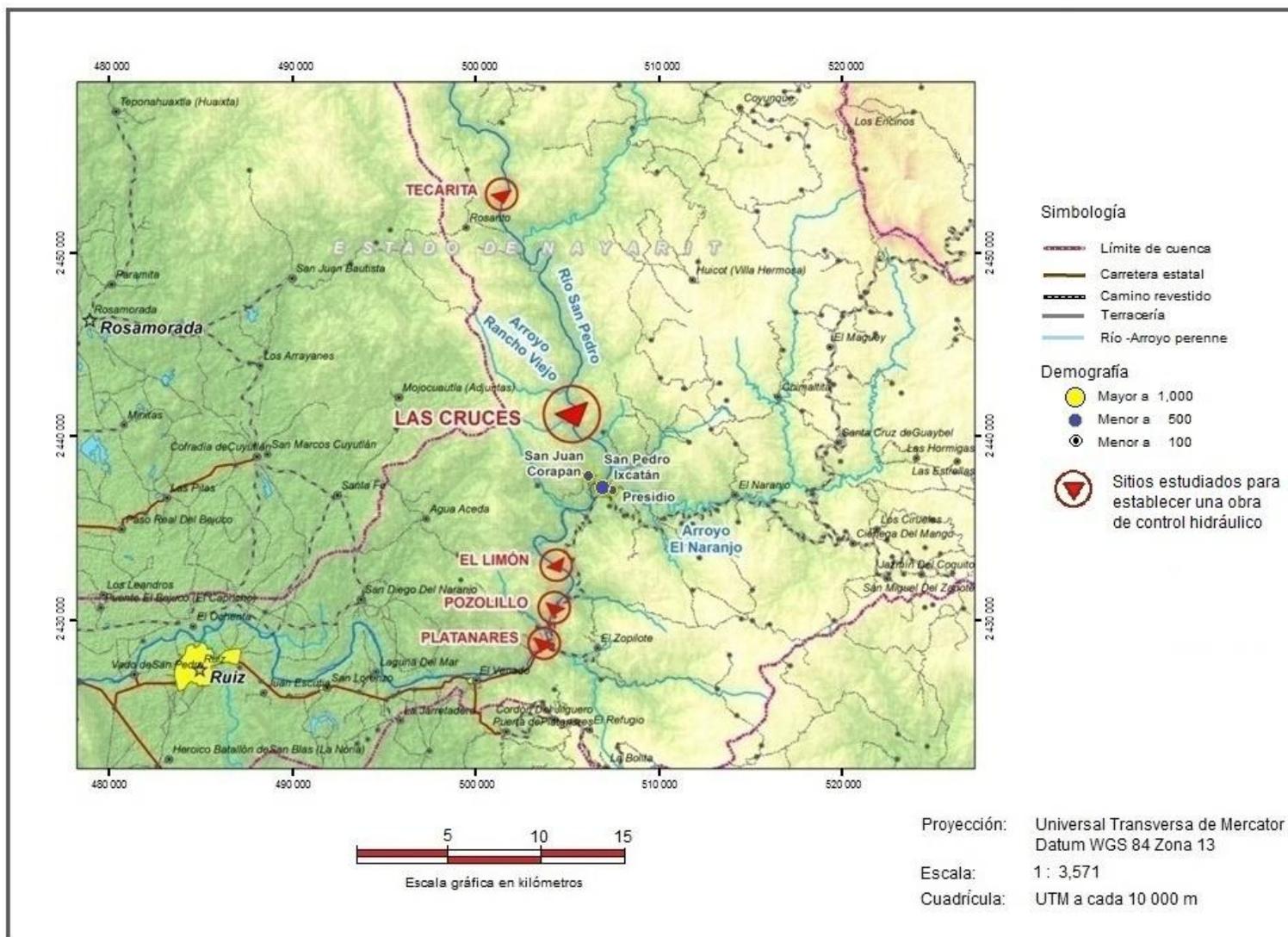
La necesidad y posibilidad de esta obra, después de 35 años y de haber concluido su etapa de planeación, los planos constructivos de la etapa de diseño tuvo modificaciones sensibles en sus diseños y se retomó el último nivel de estudio de la planeación, es decir de la factibilidad para llevar a cabo estos trabajos.

El sitio cumplió, por lo que los estudios y diseños del proyecto migraron a la segunda propuesta para poder instalar la boquilla, esto es en el eje 2 Rancho Viejo.

² Ya se apuntó que una cortina ECC se construye con material de granulometría particular que abarca completamente su superficie y concluye con material granulométrico mayor para, finalmente, sellar ambas caras con concreto

Figura 10

Al centro se muestra la cuenca San Pedro, sobre el río se han marcado los sitios estudiados



Fuente: Elaboración propia (2016) con base en cartografía publicada por INEGI

2.5 Exposición de estudio técnico

En las consultorías de carácter físico-matemáticas, la valoración y legitimación de la geografía como ciencia social es relativamente baja. Sin embargo, no es así como ciencia positivista; de aquella ciencia que se interesa por los fenómenos circunscritos en el ámbito de la superficie terrestre, lo que está enclavado en el orden de la naturaleza; convenientemente se entiende: del conocimiento y su estudio que es primordial para realizar y formar infraestructura.

El contenido de este apartado presenta una actividad geográfica poco común entre los geógrafos; se refiere al conocimiento empírico en lo que toca a la geomorfología; esto es, la identificación de fallas geológicas y su expresión fisiográfica y que, en este caso, se realizó en el sitio de estudio. Luego, se expondrán los trabajos estratigráficos realizados que, hoy día, es parte de una rama de la geología. El alcance de esta información permitió la representación cartográfica preliminar. Este estudio técnico esclarece cómo el geógrafo puede o participa actualmente en este tipo de consultorías.

2.5.1 Geomorfología regional y local

En la década de los años setenta del siglo XX, Fred W. McDowell coordinó la publicación de diversos trabajos sobre la SMO realizados por investigadores de la Universidad de Texas en Austin y la Estación Regional del Noroeste del Instituto de Geología de la UNAM, condensándose así los estudios pioneros sobre la SMO.

Aquellos trabajos, de revisión y síntesis, delinearon el primer acercamiento a la estratigrafía general de la parte norte y centro de la SMO logrando un acercamiento geológico-cronológico que fueron resumidos en una serie de artículos publicados en el *GSA Bulletin* entre 1994 y 2001. Sin embargo, la zona meridional de la SMO se cita brevemente, por esta razón se expone lo siguiente:

Relieve regional

Se conoce que una parcela meridional de la SMO está ocupada por dos grandes grupos volcánicos superpuestos, geológicamente se identifican como Secuencia Ignimbrítica del Nayar. El complejo volcánico superior consiste en rocas ígneas extrusivas: ignimbritas y tobas de composición riolítica del Mioceno temprano que sobreyacen en forma discordante al complejo volcánico inferior de composición andesítica, depositado en grandes extensiones que aflora en las zonas bajas o zonas erosionadas de los bordes de la provincia volcánica. Las rocas del complejo volcánico superior se encuentran afectadas por domos, cuerpos granodioríticos, y numerosos diques máficos, que se alojaron en fallas geológicas, zonas débiles (McDowell y Clabaugh, 1979; Ferrari, Valencia y Bryan, 2005).

Relieve local

Las rocas que conforman el relieve local, de observación directa, consiste en un apilamiento sucesivo de rocas volcánicas de composición ácida que buzcan localmente hacia el noreste; donde persiste un gran número de estructuras dómicas de variadas dimensiones y dispersas que, en conjunto, cubren una superficie de erosión previa de otra serie volcánica. Las rocas volcánicas y los

domos, pertenecen a series volcánicas distintas y conforman en conjunto una meseta lávica que es afectada por fallas normales y emplazamientos de cuerpos ígneos intrusivos.

El relieve es el resultado de la acción de procesos geomorfológicos de tipo endógeno, —construccionales— lo que ha dado lugar a rasgos de segundo orden de tipo exógeno —destruccionales o erosivos—.

El nivel actual de erosión ha formado valles en una meseta modelada en etapa transicional de juventud tardía a temprana pues, los arroyos tributarios y el colector principal aún muestran la característica sección en “v”.

Relieve en zona de proyecto

En la alternativa Rancho Viejo, con relación a un plano y centro —topográficamente hablando—, el relieve es asimétrico debido a que en ambas márgenes del río San Pedro asumen variaciones en cuanto a sus pendientes. Las variaciones en la margen derecha corresponden a tres pendientes: desde el cauce del río hasta la elevación 135 msnm la pendiente es de 50°; de las cotas 135 a 192 msnm de 36°; por último, de 83° hasta lo que será la altura de la cortina en la elevación 235 msnm. La margen izquierda manifiesta también tres cambios de pendiente: desde el cauce del río hasta la elevación 100 msnm la pendiente es de 97°; de las cotas 100 msnm a 140 msnm es de 30° y, de la cota 140 msnm hasta la elevación 235 msnm —altura de la cortina— es de 80° (Figura 11).

Figura 11

Cantiles en el río San Pedro, vista hacia el norte — aguas arriba—



Fotografía 2 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

2.5.2 Identificación de fallas geológicas

Las fallas geológicas son fracturas que ocurren en la corteza de la tierra, a lo largo de las cuales, se produce un desplazamiento apreciable de las rocas o suelos y generalmente se les representa como un plano único. Sin embargo, una falla geológica es un conjunto de fracturas que afecta a las rocas o suelos por lo que en conjunto, las dimensiones de largo y ancho varían desde metros hasta kilómetros.

En el entorno de la alternativa Rancho Viejo, se caracteriza por elementos estructurales de orientación NW-SE y buzamiento al SW con tendencia vertical, siendo el resultado de un desplazamiento extensional con dirección ENE-SW, producto de la tectónica regional que dio origen a una serie de bloques escalonados.

Lo anterior, dio pie a fallas de gran longitud que afectan la zona del proyecto hidroeléctrico. Los nombres y orientación se presentan en la Tabla 1 y (Figura 12).

Tabla 1.

Fallas de gran longitud en la zona del proyecto hidroeléctrico Las Cruces

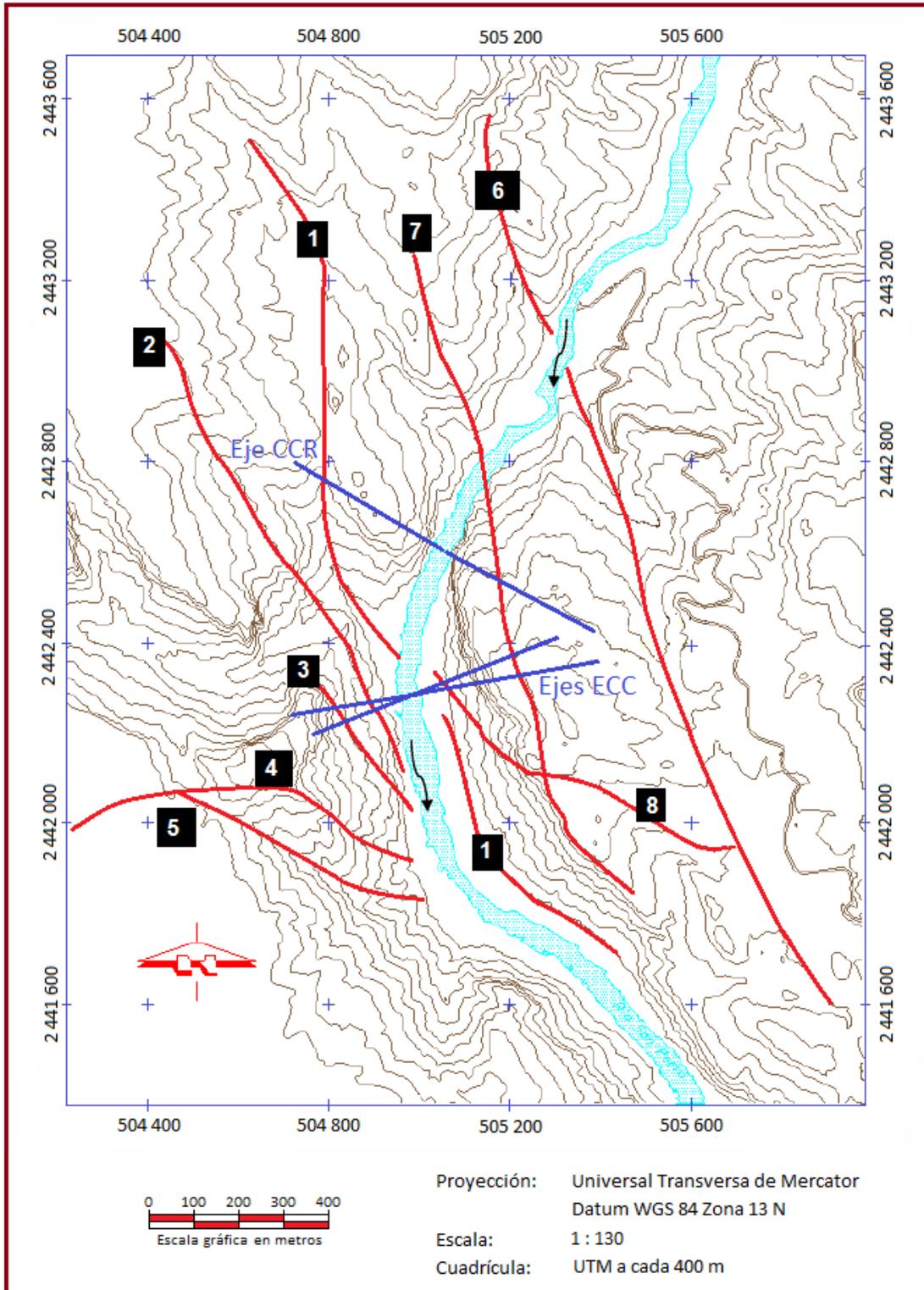
Margen derecha (MD)		Margen izquierda (MI)	
Orientación general: NW 20° a 80° SE		Orientación general: NW 30° a 80° SE	
(1)	Falla PHC-1	(6)	Falla Los Bueyes
(2)	Falla PHC-2	(7)	Falla Las Cruces
(3)	Falla PHC-3	(8)	Falla El Cantil
(4)	Falla El Risco		
(5)	Falla Bordones		

Fuente: Elaboración propia (2016) Información de campo

Las fallas en la margen derecha: PHC-1, PHC-2 y PHC-3 y, de la margen izquierda Las Cruces y El Cantil se consideran importantes por su continuidad y afectación directa en los ejes constructivos.

Las fallas de la margen derecha El Risco, Bordones y, de la margen izquierda Los Bueyes, afectarían al estar próximas a las obras adicionales del proyecto hidroeléctrico (cf. Figura 1).

Figura 12
Distribución de fallas geológicas de gran longitud. Variación general NW 20° a 80° SE / NE



Fuente: Elaboración propia (2016) Información de campo

Contemporáneo a las fallas de gran longitud, se produjo otro sistema de fracturas y fallas normales de muy pequeña longitud, es decir, en el sitio concurre un complejo sistema de discontinuidad geológica; los peritos geólogos identificaron que en la zona de la boquilla la fracturación es muy persistente y, por ello, bajo la convención *Dip / Dip direction* (α y β) —buzamiento / dirección de buzamiento—, se realizó el análisis estadístico de un total de 575 datos estructurales correspondientes a la margen derecha del río San Pedro definiéndose dos sistemas principales: NW 28° / 78° SW y NW 69° / 80° SW, en tanto que en la margen izquierda los sistemas fueron NW 04° / 86° SW y NW 60° / 83° SW. Los sistemas son consistentes y varían poco en ambas márgenes; la variación responde a que en la margen izquierda se involucran las unidades Las Cruces y Corapan, mientras que en la margen derecha sólo la primera.

2.5.3 Expresión fisiográfica de fallas geológicas

Para los geógrafos, el reconocimiento u observación natural es el método más directo, útil y antiguo en la obtención de información. Con este método se contempló la recogida de datos, pero es fundamental comprender que se quiere observar y cuál es la mejor manera de hacerlo.

A continuación se ilustra la información recogida en campo de ocho fallas considerables para el proyecto y que son el resultado de varias observaciones. De estas ocho estructuras, se presentan rasgos adicionales en la (Tabla 2) que permiten completar su identificación.

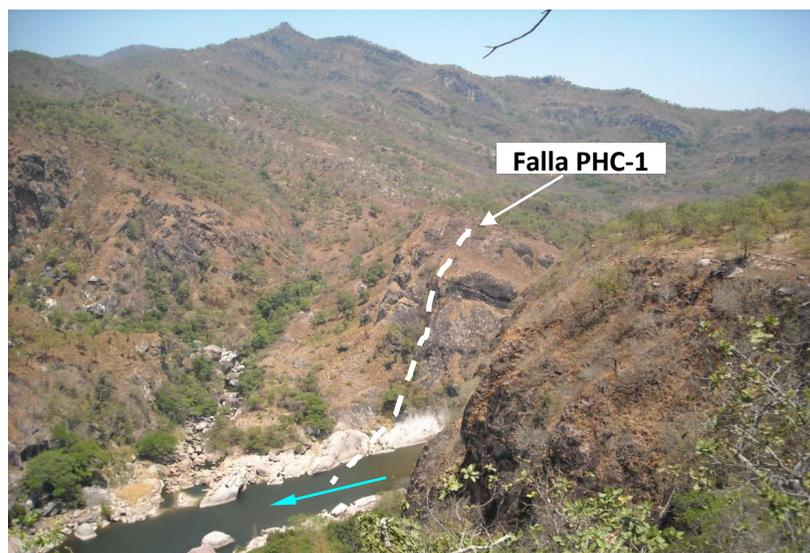
(1) Falla PHC-1

Rumbo general: NW 22° SE / 65° SW

Falla localizada en la MD, tiene ancho aproximado de dos metros y una longitud aproximada a 150 metros. El extremo norte se pierde en la cima del cerro y su parte media se desvanece en el lecho del río, en su completa identificación se consiguió llegar a su extremo sur que continúa en la MI por 280 metros más (Figura 13). La estructura se exploró mediante el barreno BLC-02.

Figura 13

Falla normal PHC-1 en margen derecha



Fotografía 3 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

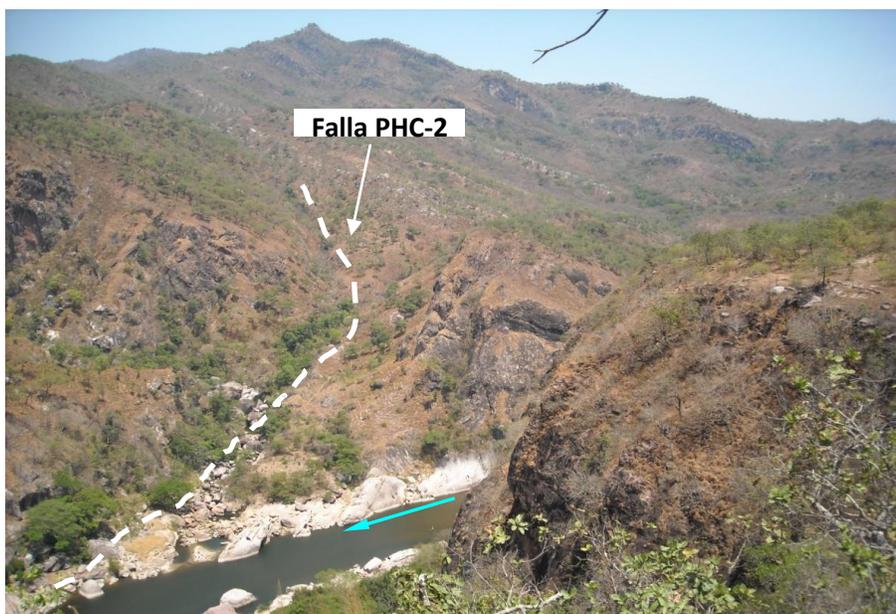
(2) Falla PHC-2

Rumbo general: NW 25° SE / 75° SW

En la MD se emplaza una prominencia topográfica con elevación de 325 metros sobre el nivel del mar. Está delimitada por una falla normal, de traza casi rectilínea y un espesor de cinco metros. La longitud aproximada fue de 550 metros y, en su mayor parte, el contacto es roca con roca encontrándose roca muy triturada, el plano de la falla se presenta rugoso y ondulado. El extremo norte se haya cubierto con depósitos de talud, en tanto que la parte sur atraviesa el cauce del río en forma diagonal no hallándose en la MI (Figura 14). La estructura se exploró mediante los barrenos BLC-04-C y BLC-06.

Figura 14

Falla normal PHC-2 en margen derecha



Fotografía 4 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

(3) Falla PHC-3

Rumbo inicial: NW 47° SE / 63° SW

Rumbo final: NW 67° SE / 62° SW

La falla normal PHC-3 se reconoció en un macizo rocoso de la MD, su traza es alabeada con longitud aproximada de 220 metros, perdiéndose en los depósitos de talud que se formaron sobre la MD del arroyo Rancho Viejo; se infiere que la falla continúa por el cauce del río San Pedro.

Este macizo rocoso presenta múltiples fracturas y fallas, destacándose una ramificación de tipo normal y de transcurrencia que, en superficie, el rumbo y buzamiento fue NW 22° SE / 65° a 70° SW (Figura 15). La estructura se exploró mediante barreno BLC-20.

Figura 15

Falla normal PHC-3 en margen derecha



Fotografía 5 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

(4) Falla El Risco Rumbo general: NW 70° SE / 76° SW

Falla normal, localizada en la parte superior del cerro Los Bordonos, MD. Siendo su extremo NWW la continuación bifurcada de la falla Bordonos y su extremo SEE se pierde en los depósitos aluviales del río San Pedro.

La brecha de falla es de traza irregular con longitud de 460 metros y un ancho de 1.15 metros compuesta por líticos angulosos a subredondeados de toba riolítica (Figura 16). La estructura se exploró mediante el barreno BLC-14

Figura 16

Falla El Risco y falla Bordonos en margen derecha



Fotografía 6. CFE (c. 2015). Proyecto hidroeléctrico Las Cruces

(5) Falla Bordones Rumbo general: NW-SE con variaciones de 60° a 80° / de 45° a 52° SW

La falla se ubica en la MD, topográficamente divide el montículo denominado cerro Los Bordones, en la proximidad superior del macizo rocoso. A lo largo de varios metros coincide con el cauce del arroyo El Fortín y el contacto no es roca a roca. Su longitud aproximada es de 590 metros con traza irregular y cerrada con material arcilloso. El ancho promedio fue de dos a tres metros y medio.

La falla Bordones conjuga, al NWW, con la falla Las Peñas de rumbo y buzamiento general NW 20° a 25° SE / 75° SW. Partiendo de la conjugación, 250 metros al SEE, se asocia a otras discontinuidades sobresaliendo la falla denominada El Risco (Figura 17 y Figura 18) (cf. Figura 16). La estructura geológica se exploró mediante los barrenos BLC-12, BLC-16, BLC-32 y BLC-38.

Figura 17

Bordones, pared rugosa y zona de falla



Fotografía 7 de CFE (c. 2016). Proyecto hidroeléctrico Las Cruces

Figura 18

En el Arroyo El Fortín, traza de la falla Bordones



Fotografía 8 de CFE (c. 2016). Proyecto hidroeléctrico Las Cruces

(6) Falla Los Bueyes Rumbo: NW 30° SE / 80° SW

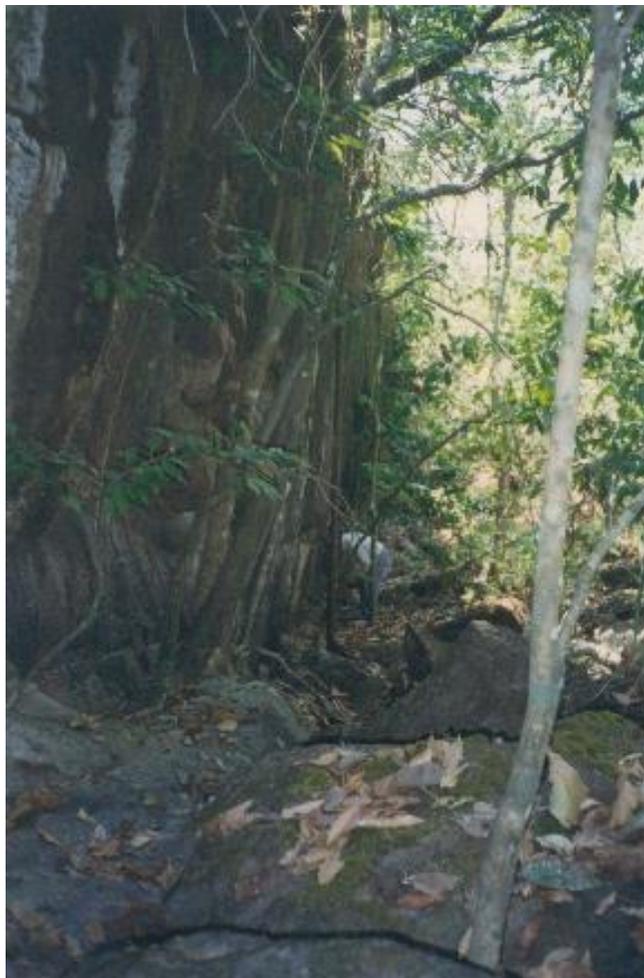
Falla alineada en forma longitudinal al río en la MI; sus límites quedan fuera del área de la boquilla, sin embargo, la continuación de esta falla hacia el sureste podría afectar la zona de obra del vertedor.

Su expresión en superficie se denota por una depresión topográfica, cuyos lados se encuentran separados entre sí hasta por 6 metros, hallándose también la presencia de escarpes que en ocasiones alcanzan los 8 metros de altura.

El espacio entre paredes a veces está relleno por fragmentos de roca de tamaño diferente, en otras, se observan descubiertas con superficies sin estrías, ni material de falla. La depresión topográfica está erosionada por el arroyo Los Bueyes, cuyo curso está en gran parte controlado por el rumbo de la falla (Figura 19). La estructura se exploró mediante los barrenos BLC-27, BLC-33, BLC-37 y BLC-47.

Figura 19

Escarpe de falla Los Bueyes, cercano a la falla El Cantil



Fotografía 9 de CFE (c. 2017). Proyecto hidroeléctrico Las Cruces

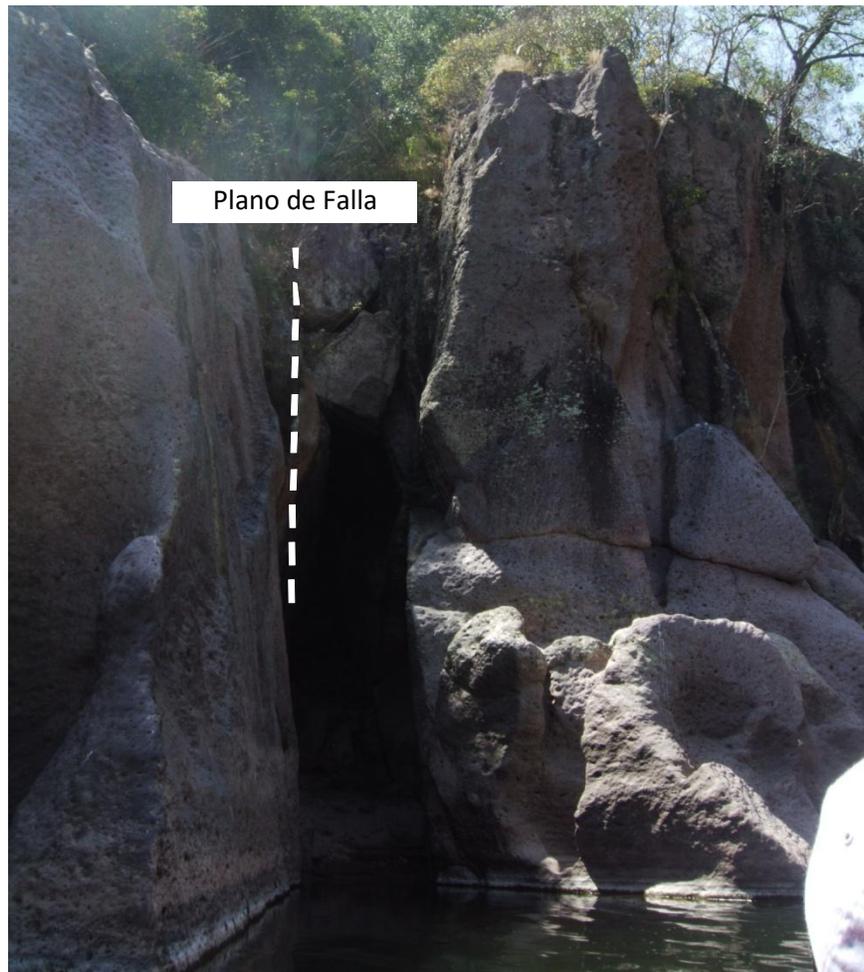
(7) Falla Las Cruces Rumbo general: NW 20° SE / 85° SW

El trayecto mayor de esta falla fue de 800 metros y discurre por la MI, siendo su traza de forma sinuosa; el extremo norte da comienzo en la MD, siguiendo hacia el sur atraviesa el río San Pedro continuando en la MI. Su extremo sur es cortado por la falla El Cantil, pero no limitando la falla.

Al nivel del cauce, en la MI, se presenta con un ancho máximo de cuatro metros, disminuyendo este ancho hasta por dos metros con rumbo hacia el extremo sur. La falla, en su trayecto, se encontró rellena de bloques de tamaño variable y material areno-arcillosos (Figura 20 y Figura 21).

Figura 20

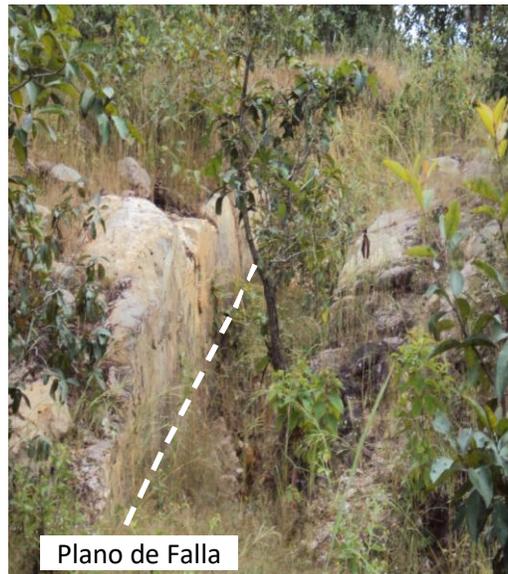
Falla Las Cruces, al nivel del cauce en margen derecha



Fotografía 10 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

Figura 21

Falla Las Cruces, en el interior de la margen izquierda



Fotografía 11 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

(8) Falla El Cantil **Rumbo general:** NW-SE con variaciones de 65° a 80° / de 70° a 80° SW

Falla de traza ondulada ligeramente convexa al NE, localizada en la MI; su límite al NW corta a la altura del cauce del río, el extremo que debería seguir por el cauce del río no se observa debido a la existencia de depósitos no consolidados, no observándose continuidad en la MD, si continuara, correría cercana a la falla PHC-1 dando pie a pensar que es bifurcación de ésta. El límite extremo, al SE, es la falla Los Bueyes, teniendo entonces una longitud aproximada de 800 metros. En el trayecto de la falla se observó la brecha de falla con material triturado y un ancho de hasta dos metros, en la parte acantilada muestra planos estriados con un salto estructural que no rebasa los cinco metros (Figura 22).

Figura 22

Falla El Cantil, ladera en margen izquierda



Fotografía 12 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

Tabla 2

Barrenos ejecutados en las inmediaciones de la alternativa Rancho Viejo

Identificador Barreno	Posición del barreno de perforación	Sitio	Profundidad Ejecutada (Metros)	Nombre de Falla	Ancho de falla (Metros)	Profundidad de corte (Metros)	Observaciones (Nombre del estrato: observación realizada)
BLC-02	Vertical	M. D.	73.00	PHC-1	2.00	11.70 a 13.70	Tm-pa: Dique pórfido andesítico
				PHC-1			Tm-ic2: Ignimbrita riolítica
BLC-02'	Vertical	M. D.	270.50			218.00	Tm-ic2: Ignimbrita riolítica. Espesor máximo medido de esta unidad
BLC-02C	Vertical	Cauce	100.05			88.20	Tm-ic2: Ignimbrita lítica
							Tom-ta: Toba
BLC-03C	Vertical	Cauce	100.00			60.20	Tm-dd: Diques diabásicos. Con diferentes espesores: desde 0.50 a 16.80 metros
							Vitrófido: Espesor de 4.40 metros
BLC-04	Inclinado	M. D.	82.45				Tom-ta: Toba
							Tm-ic2: Ignimbrita riolítica
BLC-04C	Inclinado	Cauce	102.10	PHC-2	1.05	68.90 a 69.95	Tm-pa : Dique pórfido andesítico
							Tm-dd: Dique diabásico
BLC-06	Inclinado	M. D.	113.00	PHC-2	0.62	105.40 a 106.02	Tm-pa: Dique pórfido andesítico
				PHC-2			Tm-ic2: Ignimbrita riolítica
BLC-08C	Vertical	Cauce	100.00			84.30	Tm-ic2: Ignimbrita riolítica
							Vitrófido: Espesor 2.00 metros
BLC-12	69°	M. D.	72.25	Bordones	2.50	32.00 a 34.50	Tom-ta: Toba
				Bordones			Tm-dd: Dique diabásico con impregnación de sericita
							Tm-ic2: Ignimbrita riolítica

Identificador Barreno	Posición del barreno de perforación	Sitio	Profundidad Ejecutada (Metros)	Nombre de Falla	Ancho de falla (Metros)	Profundidad de corte (Metros)	Observaciones (Nombre del estrato: observación realizada)
BLC-14	60°	M. D.	70.30	El Risco	1.15	29.35 a 30.50	Matriz compuesta por la misma roca triturada
				El Risco			Tm-ic2: Ignimbrita riolítica
BLC-15	Vertical	M. I.	205.70				Tm-dd: Dique diabásico: Diferentes espesores, de centímetros hasta 18 metros
BLC-16	73°	M. D.	82.00	Bordones	3.75	61.25 a 65.00	Tm-dd: Dique diabásico con impregnación de sericita
				Bordones			Tm-ic2: Ignimbrita riolítica
BLC-18	Vertical	M. D.	153.80			120.00	Tm ic1: Riolita fluidal, espesor de 120 metros
						180.00	Tm-ic2: Ignimbrita riolítica
							Vitróvido: Espesor de 2.00 metros
						113.40	Tom-ta : Toba
BLC-20	Inclinado	M. D.	70.00	PHC-3	2.00	43.00 a 45.00	Tm-dd: Ramificación NW 22° SE / 65° a 70° SW, dique diabásico
				PHC-3	6.05	52.20 a 58.25	Tm-dd: Dique diabásico de 2.70 metros
				PHC-3			Tm-ic2: Ignimbrita riolítica
BLC-27	Inclinado	M. I.	70.90	Los Bueyes	2.55	49.15 a 51.70	Tm-dd: Dique diabásico de color verde oscuro muy fragmentado y cloritizado
BLC-28B	Vertical	M. D.	70.00				Tm-ic2: Ignimbrita riolítica. El contacto entre subunidades fue gradual
BLC-32	61°	M. D.	130.00	Bordones	3.40	41.60 a 45.00	Tm-dd: Dique diabásico con impregnación de sericita
				Bordones			Tm-ic2: Ignimbrita riolítica
BLC-33	Inclinado	M. I.	72.00	Los Bueyes	3.79	15.21 a 19.00	Tm-dd: Dique diabásico de color verde oscuro muy fragmentado y cloritizado
BLC-34	Vertical	M. D.	100				Tm-ic2: Ignimbrita riolítica
							Vitróvido.- Espesor de 4.40 metros
						49.20	Tom-ta : Toba

Identificador Barreno	Posición del barreno de perforación	Sitio	Profundidad Ejecutada (Metros)	Nombre de Falla	Ancho de falla (Metros)	Profundidad de corte (Metros)	Observaciones (Nombre del estrato: observación realizada)
BLC-35	Inclinado	M. I.	75.00			33.60	Tm-dd: Dique diabásico, espesor de 1.10 metros
BLC-37	Inclinado	M. I.	50.00	Los Bueyes	2.35	41.40 a 43.75	Tm-dd: Dique diabásico de color verde oscuro muy fragmentado y cloritizado
BLC-38	45°	M. D.	120.00	Bordones	2.60	75.69 a 78.20	Tm-dd: Dique diabásico con impregnación de sericita
				Bordones			Tm-ic2: Ignimbrita riolítica
BLC-40	Vertical	M. D.	250.85			180.00	Tm-ic2: Ignimbrita riolítica
						183.00 a 185.00	Tm ic1: Riolita fluidal
						137.00	Tom-ta: Toba
BLC-46	Vertical	M. D.	90.00				Tm-ic2: Ignimbrita riolítica El contacto entre subunidades fue gradual
BLC-47	Inclinado	M. I.	90.00	Los Bueyes		31.55 a 34.30	Tm-dd: Dique diabásico de color verde oscuro muy fragmentado y cloritizado
BLC-51	Vertical	M. I.	170.10			75.00	Unidad Corapan: Perforación no limitativa
						91.35	Tom-ta: Toba

Fuente: Elaboración propia (2016) Información recogida en campo

2.5.4 Trabajos estratigráficos

Con el reconocimiento de fallas geológicas implicó obtener información adicional. Esta actividad consistió en efectuar trabajos estratigráficos, *id est*, el conocimiento y descripción de la secuencia vertical como horizontal de rocas estratificadas; a este respecto, se efectuaron barrenos exploratorios con toma y recuperación de núcleos de roca que detallaron la estratigrafía secuencial y facilitó conocer el orden y condiciones de formación de los estratos así como de su correlación dentro y fuera de la zona de estudio. Los reportes elaborados *in situ* procuraron información de las propiedades geofísicas y geoquímicas y que, fueron confirmados en un laboratorio de petrología.

La descripción de las masas de roca tuvo lugar en dos etapas. La primera se operó a partir de lo histórico, ya que ofreció una idea general de los fenómenos acontecidos sobre la zona de estudio, descrito ya en la geomorfología regional y local (v. § 2.5.1). La segunda, consistió en realizar los trabajos estratigráficos; constituyéndose en un enfoque aplicado porque dispuso la continuación de trabajos especializados desde la ciencia geológica.

Conviene puntualizar que en la redacción de este trabajo se utiliza la palabra estrato para referirse a espesores de roca que poseen unas características físicas y composicionales similares.

Así, un estrato queda delimitado por dos superficies de estratificación, una inferior, denominada muro, que es donde se inicia la sedimentación y una superficie superior, denominada techo, que es donde finaliza el proceso de sedimentación. El espesor de un estrato o potencia de un estrato, se define como la distancia entre las superficies de estratificación medida de forma perpendicular al estrato, siendo entonces, la distancia que separa el techo del muro.

Estratos representativos de la Secuencia Ignimbrítica del Nayar: Las Cruces y Corapan

Las investigaciones de Ferrari, Valencia y Bryan (2005) han demostrado que gran parte de la SMO son una sucesión de ignimbritas provenientes principalmente de dos pulsos ignimbríticos en su correspondiente sistema y serie de activación —periodo y época, respectivamente— dejando estudiar a futuro la zona meridional de la SMO por su posible confluencia con el Faja Volcánica Transmexicana (FVT) (Ferrari, Valencia y Bryan, 2005).

Los sitios de estudio realizados por la CFE se sitúan en la parte sur de la SMO, donde persiste la Secuencia Ignimbrítica del Nayar, la misma que cubre la parte media de la SMO, y ésta no es afectada por la FVT que dista a más de 60 kilómetros, distancia relativamente corta dada las dimensiones de la FVT.

Descripción

La Secuencia Ignimbrítica del Nayar cubre las inmediaciones donde se ha trazado el proyecto hidroeléctrico. Consta de dos capas volcánicas irregulares denominadas localmente: unidad Las Cruces y unidad Corapan; estas aparecen superpuestas en la margen derecha más no, totalmente, en la margen izquierda.

Unidad Las Cruces

Su primer estrato, está constituido de una intercalación de tobas (Tom-ta), a saber: tobas líticas que no afloran en el sitio —de color rosa a pardo claro—; tobas arenosas —de grano fino a grueso, de color rojizo a verdosas— y tobas arcillosas —de color pardo rojizas—.

Sobreyace al horizonte Tom-ta, un horizonte vitrófido considerado como una vulcanita —roca con características de una andesita hasta la obsidiana de color negro—, con una potencia de 2.00 a 4.40 metros. Su color es gris verdoso con textura afanítica, propiamente es lo que identifica como vidrio volcánico.

En el techo del horizonte vitrófido se halló riolita fluidal (Tm-ic1), argilitizada y silicificada —de color pardo claro a pardo por intemperismo y, de color gris claro a blanquecina al fresco—. La textura afanítica presenta pequeñas oquedades rellenas de cuarzo sobre lo que fueron corrientes de flujo. Su estructura se describió fluidal masiva y compacta.

En contacto transicional sobreyace a la riolita fluidal el muro de una ignimbrita lítica de composición riolítica (Tm-ic2). Su color intemperizado va de pardo oscuro a pardo claro y, al fresco es gris pardusco. De textura piroclástica, presentándose una estructura masiva y compacta.

Las dos secuencias anteriores fueron afectadas por intrusiones ígneas, a saber: diques de composición pórfido-andesíticas (Tm-pa) a diabásicos (Tm-dd) —de color gris oscuro y textura variable: afanítica o porfídica—.

Unidad Corapan

Esta unidad aflora fácilmente y será constituida como poligonal del embalse, en las márgenes norte del río San Pedro.

Por barreno, en las inmediaciones de la alternativa Rancho Viejo, en la margen izquierda se estudió un espesor de 75 metros, sin representar este su medida final.

Dicho espesor se constituyó por paquetes intercalados de tobas vitrolíticas (Tm-ct1, Tm-ct2 y Tm-ct3) y estratos de ignimbrita riolítica (Tm-ci1, Tm-ci2 y Tm-ci3). Todos los estratos se hallaron depositados de forma concordante sobre la unidad Las Cruces.

Al igual que la unidad Las Cruces, estas secuencias fueron afectadas por intrusiones ígneas (Tm-pa) y (Tm-dd).

Finalmente, estos materiales se presentan cubiertos parcial o totalmente por depósitos de tres tipos. A saber: materiales no consolidados de suelo residual (Qsr); depósitos en forma de talud (Qdt) y depósitos aluviales (Qal).

La representación esquemática de las unidades litológicas Las Cruces y Corapan, identificadas en la margen derecha e izquierda, se expresan en la (Figura 23).

Figura 23

Columna litológica general. Unidades Las Cruces y Corapan

ERA	PERIODO	ÉPOCA	NOMENCLATURA	LITOLOGÍA	EDAD (Ma)
CUATERNARIO	Holoceno		Qdt Qsr Qal	Depósitos de talud (Qdt), depósitos residuales (Qsr) y depósitos aluviales (Qal).	0.01
	Pleistoceno		DISCORDANCIA		
CENOZOICO TERCIARIO	Mioceno temprano	Plioceno			5.3
			Tm-ci3	Cuerpos ígneos intrusivos Tm-pa Porfídico andesítico. Altera de color gris oscuro a verdoso, visualiza fenocristales blanquesinos. Tm-dd Diabásico, afanítico, color gris oscuro.	23
			Tm-ct3	Unidad CORAPAN Compuesta de paquetes intercalados de: Tobas vitrolíticas. - Tm-ct1, Tm-ct2 y Tm-ct3. Color definido por sus propiedades físicas. Estratos de ignimbrita riolítica . - Tm-ci1, Tm-ci2 y Tm-ci3. Todos estos estratos se hallaron depositados de forma concordante y sobre la unidad Las Cruces.	
			Tm-ci2		
			Tm-pa		
			Tm-ct2		
			Tm-ci1		
			Tm-ct1		
			Tm-ic2	Unidad LAS CRUCES Riolita fluidal e ignimbrita. Se diferencia por sus propiedades físicas. Riolita fluidal. - Tm-ic1. De composición riolítica, fluidal, masiva y compacta, textura piroclástica eutaxítica, mesostasis afanítica. Minerales principales: Cuarzo y feldespato potásico. Minerales secundarios: Hematita y calcita.	
			Tm-ic1	Ignimbrita. - Tm-ic2. De composición riolítica, masiva y compacta, textura piroclástica eutaxítica con fragmentos pumiciticos. Minerales principales: Cuarzo y feldespato potásico con oquedades y vacuolas por desvitrificación.	
Oligoceno		Tom-ta	Tobas. - Tom-ta. Intercalación de tobas líticas, arenosas y arcillosas		

Fuente: Elaboración propia (2016) Información de campo

A continuación se describirá e ilustrará, individualmente, las columnas litológicas propios de cada margen —MD y MI— de las unidades Las Cruces y Corapan.

Unidad Las Cruces: Estratos en margen derecha

Alternancia de Tobas (Tom-ta)

Las tobas no afloran en el área de estudio; estas se ubicaron mediante la perforación de tres barrenos y ninguno de los barrenos cortó la base de estos materiales por lo que se desconoce su espesor.

Estos materiales, las tobas, son de origen piroclástico. Al examinarlas, en su interestratificación, sobresalieron horizontes de color rojizo —pardo claro a oscuro— y horizontes de color verde claro. Los colores revelan la presencia litificada de arenas, limos y arcillas que se deben nombrar de acuerdo con el material que predomine. Cuando las tobas son ricas en arena, persiste el color gris oscuro a gris verdoso —por la presencia de clorita—, mientras que en el predominio de arcilla, las rocas adquieren un color pardo rojizo —por la presencia de óxido de hierro—. Estas tobas presentaron una densidad y dureza media y, probablemente, se depositaron en un ambiente lacustre. Las rocas son de baja competencia mecánica (Figura 24).

Figura 24

Horizontes de tobas, el color pardo claro a oscuro que denota la presencia de arcillas



Fotografía 13 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

Vitrófico

Entre el techo del horizonte de las Tobas (Tom-ta) y el muro de la riolita fluidal (Tm-ic1), con distintos barrenos, se halló un horizonte vitrífico —vulcanita— con espesores de 2 a 4 metros.

Los núcleos recuperados presentaron características diversas: desde andesitas —textura afanítica de color gris verdoso— hasta la obsidiana —de color negro, que propiamente se identifican como vidrio volcánico—. En los materiales vítreos —de estructura masiva, compacta, dura y de fractura concoide— se reconocieron escasas esferulitas y oquedades, así como fracturas rellenas por calcita (Figura 25 y Figura 26).

Figura 25

En el techo de las tobas, de color transitorio, se identificó un horizonte vitrificado



Fotografía 14 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

Figura 26

Techo del horizonte vitrificado con transición al estrato Tm-ic1



Fotografía 15 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

Riolita fluidal (Tm-ic1)

En ambas márgenes del río, afloran rocas piroclásticas de estructura fluidal, constituidas por fenocristales de cuarzo y feldespatos contenidos en una mesostasis cuarzo-feldespática.

Refleja mayor presencia la riolita fluidal —esta es de composición félsica con altas concentraciones de cuarzo fino—; su color es pardo claro por intemperismo y, al fresco, de color gris claro a blanquecino. Le sigue, con menor presencia, la ignimbrita vesicular, su composición es riolítica; y muestra cristales bien formados que brindan una estructura compacta y densa; escasamente se manifiestan vesículas huecas y su color es rosado (Figura 27).

Este tipo de roca, la riolita fluidal y la ignimbrita vesicular presenta alta resistencia mecánica a la erosión y llega a formar cantiles casi verticales en ciertas zonas.

En zonas de boquillas, los cortes verticales e inclinados con barrenos, se registró una potencia de hasta 120 metros retrocediendo la persistencia de este tipo de roca.

Figura 27

Riolita fluidal, rumbo general de la estratificación NW 52° SE / 24° NE



Fotografía 16 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

Ignimbrita riolítica (Tm-ic2)

La roca, de textura piroclástica, que forma el horizonte Tm-ic2 se clasificó como ignimbrita riolítica. En la zona su estructura es masiva, compacta y densa; al fresco, su color se desarrolla de pardo a gris rosáceo, intemperizada, varía de pardo oscuro a pardo claro o pardo amarillento.

Las perforaciones realizadas cortaron un espesor aproximado de 185 metros, llegándose a comprobar el contacto transicional con las rocas que le subyacen, la riolita fluidal (Tm-ic1).

Las muestras obtenidas y cercanas a la cima donde cruza el eje CCR, mostraron rocas de grano fino a vítrea con una alta presencia de fiames y oquedades alineados a las corrientes de flujo. En las oquedades —de más de tres centímetros— se observaron cristales de cuarzo euhedrales que formaron drusas cubiertos de arcillas y hematita. Se visualizó también fragmentos de pómez y líticos (Figura 28).

Figura 28

Ignimbrita riolítica (Tm-ic2). Se aprecian abundantes fiames alargados y líneas de fluidez



Fotografía 17 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

Cuerpos ígneos intrusivos

Conviene mencionar, la Unión Internacional de Ciencias Geológicas clasifica las rocas ígneas en función de su origen con dos criterios: las rocas plutónicas o intrusivas y las rocas volcánicas o extrusivas. Entre este tipo de rocas algunos autores reconocen una clase intermedia: los cuerpos ígneos intrusivos, que es el nombre genérico de rocas plutónicas hipoabisales y se refieren a rocas que han cristalizado a una profundidad moderada. Las rocas que los envuelven, se denominan rocas de campo o rocas de caja. De los cuerpos ígneos intrusivos, según su relación con la roca de campo o encajante, se distinguen dos tipos de intrusiones: (1) Las concordantes, donde la estructura plutónica es más o menos paralela a los estratos de la roca encajante y su disposición, habitualmente, es horizontal denominándose filón capa; (2) Las discordantes, donde la intrusión corta a la estratificación de la roca encajante, según ángulos de noventa grados o muy próximos a ese valor, presentándose en forma de diques (Le Maitre, y otros, 2002).

Como el ascenso del magma hasta la superficie es difícil, gran parte de rocas ígneas se solidifican bajo la superficie terrestre, formando rocas intrusivas. La intrusión es, por tanto, el movimiento de magma hacia la superficie aprovechando alguna fractura de las rocas encajantes.

En los párrafos preliminares se admite otro tipo de unidad geológica: El cuerpo ígneo intrusivo. Del que se hace referencia a continuación.

Diques diabásicos (Tm-dd)

Con perforación ejecutada de los barrenos BLC-2, BLC-4C, BLC-06 y BLC-20 se identificó un conjunto de diques asociados a las fallas PHC-1, PHC-2 y PHC-3 éstos, de composición andesítica a diabásico. En superficie se hallaron emplazados en forma discontinua y sobre el cauce del río se cortaron varios de ellos.

El espesor de los diques varían de 0.50 a 6.80 metros e intrusionan los estratos de tobas arenosas (Tm-ta), la riolita fluidal (Tm-ic1) y las ignimbritas riolíticas (Tm-ic2).

La textura se caracterizó por la presencia de cristales bien desarrollados en una masa de grano fino o vítreo —pórfido-afanítica—. El color dominante fue verde oscuro a violáceo que intemperizado tornó a tonalidad verdosa. Como alteración principal se expuso la silificación —metosomatismo—, argilitización —recristalización—, cloritización — alteración de minerales ferromagnesianos— y oxidación (Figura 29).

Diques pórfido andesíticos (Tm-pa)

Los diques pórfido andesítico se encontraron emplazados solamente en dos estratos: En la riolita fluidal (Tm-ic1) y la ignimbrita lítica (Tm-ic2). La textura porfídica ostentó una estructura compacta y masiva y tuvo un color gris verdoso a rojizo por oxidación.

En el laboratorio de petrología analizó la matriz microlítica arreglada de plagioclasas sódicas (albita, oligoclasa y andesina), piroxeno (augita) y olivino, catalogando la intrusión como dique pórfido andesítico de piroxenos.

En superficie se localizaron dos cuerpos tabulares en la proximidad del arroyo Rancho Viejo; con diferente orientación y emplazados en la ignimbrita lítica (Tm-ic2). El primer cuerpo es un dique andesítico con textura porfídica de color gris oscuro con pequeños lunares blancos, su espesor fue de 1.60 metros. Rumbo e inclinación de NE 73° SW / 54° SE. El segundo, otro dique andesítico con textura porfídica con 1.15 metros de espesor, rumbo e inclinación de NW 21° SE / 63° SW.

Figura 29

Dique emplazado en rocas de la unidad (Tm-ic1)



Fotografía 18 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

Depósitos no consolidados

De acuerdo a sus características y a su génesis los depósitos no consolidados se dividieron en tres tipos:

- (1) Depósitos de talud (Qdt)
- (2) Depósitos de suelo residual (Qsr)
- (3) Depósito de aluvión (Qal)

(1) Depósitos de talud (Qdt)

Ocupan gran parte de cantiles o laderas donde existen cambios de pendientes muy fuertes, se refieren a bloques y fragmentos de rocas de forma angulosa a subangulosa de tamaños variables que van de gravas y arenas hasta bloques de más de 10.00 metros de diámetro (Figura 30 y Figura 31)

Figura 30
Depósito de talud (Qdt)



Fotografía 19 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

Figura 31
Contorno de un depósito de talud (Qdt)



Fotografía 20 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

(2) Depósitos de suelo residual (Qsr)

Los depósitos de suelo residual (Qsr), están compuestos por material producto de la disgregación y desintegración del macizo rocoso por los agentes del intemperismo en combinación con los agentes de erosión, estos depósitos se conforman por la mezcla de arcilla, limo, arena y algunos clastos mayores, mezclados con materia orgánica; estos depósitos se reducen a pequeños afloramientos (Figura 32).

Figura 32

Suelo residual (Qsr). Roca alterada



Fotografía 21 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

(3) Depósitos de aluvión (Qal)

La distribución de estos depósitos es restringida, hallándose en la intersección del arroyo Rancho Viejo y el río San Pedro. Estos depósitos están formados por fragmentos de roca de diferentes tipos y tamaños variables que van desde el limo y arena hasta fragmentos de roca subredondeadas de más de 2.00 metros de diámetro. Son de coloración y composición variada (Figura 33).

Figura 33

Depósitos de aluvión que siguen la forma del río (Qal)



Fotografía 22 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

La representación esquemática de las unidades litológicas identificadas en la margen derecha —unidad Las Cruces— se expresa en la (Figura 34).

Figura 34
Columna litológica en margen derecha —unidad Las Cruces—

ERA	PERIODO	ÉPOCA	NOMENCLATURA	LITOLOGÍA	EDAD (Ma)	
CENOZOICO	Cuaternario	Holoceno	Qdt Qsr Qal	Qdt: Depósitos de talud , Qsr: depósitos residuales y Qal: depósitos aluviales	0.01	
		Pleistoceno	DISCORDANCIA	Cuerpos ÍGNEOS INTRUSIVOS Tm-pa: Dique pórfido andesítico de color violáceo, textura porfídica. Tm-dd: Dique diabásico de color gris oscuro a verdoso, textura porfídica.		
		Plioceno				
	TERCIARIO	Mioceno temprano		Tm-ic2	Tm-ic2: Ignimbritas líticas de composición riolítica de tonos rojizos y blanquesinos, de textura piroclástica, compacta, presentó oquedades parcialmente rellenas de cristales de cuarzo.	5.3
				Tm-ic1	Tm-ic1: Riolita fluidal de tono gris claro, textura (mesostasis) afanítica, minerales (cuarzo) alineados en la dirección del flujo. La base de este estrato se compone de un vitrificado color negro y rojizo.	
		Oligoceno		Tom-ta	Tom-ta: Alternancia de tobas arenosas rojizas a verdosas, líticas de grano fino a grueso, de composición riolítica, con textura piroclástica, sacaroide, con lineamientos en una mesostasis desvitrificada con calcita	23

Fuente: Elaboración propia (2016) Información de campo

Estratos en margen izquierda —Unidad Corapan—

La unidad Corapan está constituida de paquetes intercalados de Tobas vitrolíticas (Tm-ct1, Tm-ct2 y Tm-ct3) e Ignimbritas riolíticas (Tm-ci1, Tm-ci2 y Tm-ci3).

Todos ellos, depositados de forma concordante sobre la unidad Las Cruces. Se les observa aflorando en las inmediaciones de la alternativa Rancho Viejo, así como en las márgenes norte del río San Pedro.

Tobas (Tm-ct1)

Sobreyace de forma concordante a la unidad Las Cruces (Tm-ic-2) el primer estrato compuesto de tobas (Tm-ct1) con un espesor de 20 metros. La existencia de óxido de hierro y manganeso se encuentra diseminada y proporciona un color rojizo a ocre. Es de textura piroclástica con estructura porosa pero compacta. Su núcleo mostró cuarzo y plagioclasa en forma de lunares blancos de 0.10 a 0.50 centímetros (Figura 35).

Figura 35

Toba (Tm-ct1) de color rojo a ocre. Textura piroclástica



Fotografía 23 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

Ignimbrita (Tm-ci1)

Los núcleos obtenidos en esta margen también expuso la ignimbrita (Tm-ci1). Roca de color gris claro a rojizo, su textura eutaxítica está compuesta por cuarzos, feldespatos y fragmentos de pumicita alargadas así como líticos andesíticos, todos ellos englobados en una matriz vítrea (mesostasis). En la superficie de sus fracturas se presentó óxido de hierro y manganeso (Figura 36).

Figura 36

Ignimbritas (Tm-ci1) en techo estratigráfico: tono gris claro y en muro: de tono rojizo.

Se observan formas elongadas de los fragmentos de pómez



Fotografía 24 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

Toba (Tm-ct2)

El segundo estrato intercalado de tobas (Tm-ct2), con espesor de 25 metros, se trató de tobas vitrolíticas de composición riolítica fuertemente argilitizada y oxidada de textura porfídica.

Ignimbrita (Tm-ci2)

Al estrato de tobas (Tm-ct2) le sobreyace la ignimbrita (Tm-ci2). Son rocas de color gris claro a ligeramente rosa con partículas oscuras. De textura piroclástica moderadamente soldada. Una

plagioclasa cálcica cuya alineación no quedó bien definida por el reemplazamiento parcial o total del vidrio —mesostasis vitrolítica—.

Toba (Tm-ct3)

El tercer estrato de tobas (Tm-ct3) trascendió intemperizado y deleznable, de textura piroclástica con fragmentos líticos andesíticos y riolíticos. Presentó una coloración de rojo a ocre.

Ignimbrita (Tm-ci3)

La base de este tercer horizonte de ignimbritas(Tm-ci3) es de color rosa pasando a rojo en el techo. Su estructura es compacta y masiva, parcialmente oxidada de textura eutaxtica, de los minerales identificados fue el cuarzo y, en menor parte, feldespato potásico (ortoclasa).

Cuerpos intrusivos

La secuencia de la unidad Corapan es cortada por rocas intrusivas que corresponde a diques pórfido andesíticos (Tm-pa) y diabásicos (Tm-dd); estos cuerpos tabulares se emplazaron en los estratos de forma semivertical, siguiendo los planos de las fallas.

Los diques pórfido andesítico (Tm-pa) atraviesan los lechos rocosos de las tobas vitrolíticas (miembros Tm-ct1, Tm-ct2 y Tm-ct3) y la ignimbrita (miembros Tm-ci1, Tm-ci2 y Tm-ci3). El color general de los diques es de color gris-verdoso a rojizo, de estructura compacta, masiva, muy densa con alta dureza.

Las intrusiones tabulares, diques diabásicos (Tm-dd), fueron de color gris oscuro a verdoso, semiverticales, de estructura compacta y densa, textura afanítica a porfídica, compuesto por plagioclasas, presentado vetillas de calcita en una mesostasis microcristalina de composición básica (Figura 37).

Figura 37

Dique diabásico (Tm-dd) de tono gris oscuro a verdoso, presenta vetillas de calcita



Fotografía 25 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

Representación esquemática de las unidades litológicas identificadas en la margen izquierda —Unidad Corapan— se expresa en la (Figura 38).

Figura 38

Columna litológica en margen izquierda —unidad Corapan—

ERA	PERIODO	ÉPOCA	NOMENCLATURA	LITOLOGÍA	EDAD (Ma)
CENOZOICO	Cuaternario	Holoceno	Qdt / Qsr / Qal	Depósitos de talud (Qdt), Depósitos residuales (Qsr) y Depósitos aluviales (Qal)	0.01
		Pleistoceno	DISCORDANCIA		5.3
	TERCIARIO	Plioceno	Tm-ci3	<p>Cuerpos ígneos intrusivos</p> <p>Tm-pa: Dique pórfido andesítico violáceo, textura porfídica.</p> <p>Tm-dd: Dique diabásico de color gris oscuro a verdoso, textura porfídica.</p>	<p>INTERCALACIÓN DE ESTRATOS</p> <p>CONFORMADOS POR</p> <p>TOBAS VITROLÍTICAS Tm-ct1, Tm-ct2 y Tm-ct3</p> <p>e</p> <p>IGNIMBRITA RIOLÍTICA Tm-ci1, Tm-ci2 y Tm-ci3</p>
		Mioceno temprano	Tm-ct3		
			Tm-ci2		
			Tm-ct2		
Oligoceno	Tm-pa	Tm-ci1	Tm-ct1	Tm-dd	

Fuente: Elaboración propia (2016) Información de campo

2.6 Mapa geológico preliminar

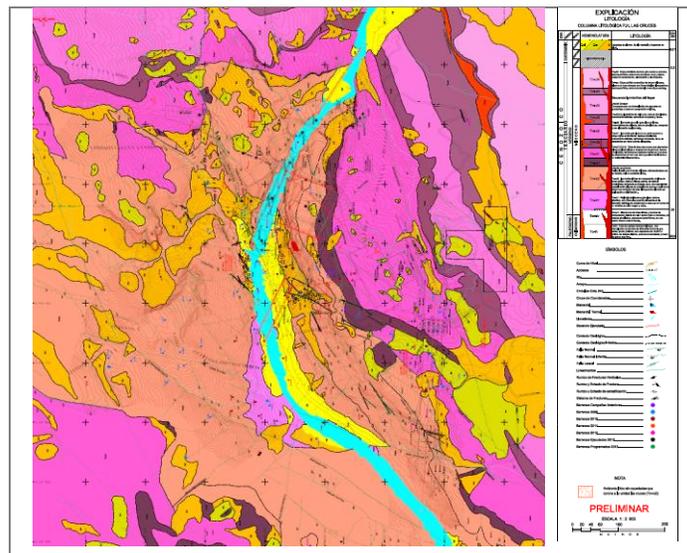
En el sitio de obras del entorno Rancho Viejo se ejecutó, por quien suscribe este informe, un levantamiento geológico de detalle en los afloramientos de roca. Se incluyó barrenos exploratorios con toma y recuperación de núcleos de roca y la realización de estudios geofísicos. En consecuencia, se señaló las características principales de las unidades litológicas Las Cruces y Corapan y fueron identificadas con sus respectivas variaciones texturales, la composición y espesor de las unidades de roca que las constituyen y fue expresado en un mapa geológico preliminar.

Los trabajos iniciaron con la expresión fisiográfica de fallas geológicas, su observación y descripción (v. § 2.5.2 y § 2.5.3). En seguida, devino el trabajo estratigráfico, una selección que caracterizó la superficie y el sustrato (v. § 2.5.4). La realización de los considerandos anteriores y la preparación geográfica, fueron la ayuda metodológica para cartografiar las unidades litológicas mencionadas. Luego, con la ayuda de peritos geólogos, los límites de las superficies fueron trazados por ellos ya que obedecen a discontinuidades que no pueden ser explicados fácilmente por cambios de facies convencionales o discordancias, sin embargo, los límites de cada superficie dividen secuencias de rocas separadas totalmente por diferencias físicas y temporales.

Concluyendo, en la elaboración del mapa geológico se aplicó la normatividad estándar geológica, esto implicó usar el método tradicional de cartografiar unidades por colores y símbolos de acuerdo con su edad y que no puede utilizarse formalmente en donde hace falta información veraz, es decir, cuando se tienen interrogantes y aún se carece de modelos o interpretaciones indiscutibles.

Su identificación y descripción aportó una sistematización que ayudó a avanzar en el conocimiento geológico de una parcela meridional de la SMO. Se presenta la imagen ilustrativa que refiere al mapa geológico preliminar realizado con un software de diseño CAD (Figura 39).

Figura 39
Imagen ilustrativa del mapa geológico preliminar



Capítulo 3. Intervención en el aspecto ambiental

3.1 Consideración de los estudios ambientales

La participación de los geógrafos en los estudios ambientales se debe a que, en éstos convergen elementos físicos y sociales, significando que, lo físico delimita espacios y lo social determina su provecho. En este rubro, los geógrafos advierten de los cambios ejercidos entre el medio natural y las sociedades y expresa ponderaciones positivas o negativas mediante procedimientos aplicativos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)³. Los EIA son estudios técnicos científicos que comprenden diferentes escenarios, entre ellos, los ambientales, los jurídicos, los económicos, demográficos, etcétera y que en su totalidad, son los que configuran una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA)⁴.

El cumplimiento de los estudios ambientales está regulado por el artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)(DOF 04, 06, 2012), que somete a cumplirlos a todas las obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico y que, en este caso, corresponde a una obra hidráulica. En la LGEEPA, se enuncia que corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) establecer el procedimiento para comunicar a las entidades interesadas, si procede o no, la presentación de una MIA así como la modalidad y el plazo para hacerlo.

Toda vez que la CFE dispuso de las EIA fueran elaborados por la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN) y la Universidad de Guadalajara (UDG), la CFE solicitó apoyo adicional para llevar a cabo una revisión de las EIA y el marco legal ambiental aplicado en una obra hidráulica.

En la elaboración de uno de aquellos diagnósticos técnicos, es como participé a través de la aplicación de una acción correctiva en materia de EIA. Como primicia de los trabajos, se señalan dos aseveraciones y cuatro condicionantes. Las aseveraciones testifican el comienzo de los trabajos y, las condicionantes revelan en qué estado están las políticas y medidas que permiten conservar el medio ambiente. Las aseveraciones y condicionantes se descargan a continuación.

Aseveraciones

1. Se tiene conocimiento de las diversas disposiciones derogadas o reformadas en el Decreto Modificatorio a la Ley de la Industria Eléctrica (DOF, 20, 12, 2013). Se aclara: Anteriormente, la CFE era legalmente responsable en desarrollar anualmente el plan de expansión del sistema eléctrico del país con horizontes a tres quinquenios y quedaba inscrito en el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE). Para la generación y abastecimiento de energía eléctrica acaecido, personal en planeación tomaba como base los escenarios macroeconómicos del país y los precios internacionales de combustibles con ello, se

³ La EIA es un mecanismo y procedimiento administrativo que asegura la debida observancia de las disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

⁴ La MIA indica los efectos que puede ocasionar una obra o actividad sobre el medio ambiente y señala las medidas preventivas que podrían minimizar dichos efectos.

consideraban los lineamientos en política energética previéndose a su vez, de las disposiciones nacionales en materia financiera así como de la creación de infraestructura con base en los costos de generación de energía.

Con las disposiciones derogadas la CFE transfirió autonomía y, sin embargo, en sus normas jurídicas, ese cambio, subsanó algunos lineamientos internos de la CFE; adscribiéndose en particular, el de los aspectos ambientales que están relacionados con la creación de infraestructura. En los lineamientos anteriores existían restricciones legales que no permitían tomar en cuenta causas de interferencia social, por consiguiente, el decreto modificatorio subsanó lineamientos que ofrecieron certeza para la creación de infraestructura concurriéndose, condicionalmente, que en los estudios ambientales obligatoriamente se deben integrar los aspectos sociales con carácter explícito, significando que al presente existen transferencias o responsabilidades inequívocas para la creación de infraestructura.

2. Para la resolución de evaluación de impactos, la Asociación Internacional para la Evaluación de Impactos, en el interior de sus metodologías propone la aplicación de análisis matricial FODA⁵ y no obstante de ser un concepto con más de cincuenta años de existencia es una herramienta de planeación que sirve para la toma de decisiones que ayudan a entender los factores internos y externos de una situación que se quiera mejorar, innovar o incluso prevenir (www.iaia.org, 2016). Con la exposición de cada elemento resultante del análisis matricial FODA es posible exhibir o comparar diferentes perspectivas para después corroborar si la estrategia elegida es la mejor.

El concepto de análisis matricial FODA ha sido esgrimido por geógrafos investigadores como (Delgadillo Macías, 2004), (Gasca Zamora, 2006) y (Torres Torres y Gasca Zamora, 2006).

Condicionantes

El primer condicionante que se expresará, manifiesta que los estudios ambientales han evolucionado lentamente y la segunda condicionante presentará un resultado obtenido por la reforma de la LGEEPA que clarificó acuerdos y directrices en materia de política ambiental.

En la tercer y cuarta condicionantes se exhorta a la ejecución correcta de política ambiental; desarreglo existente en una coordinación de la CFE: La Dirección de Proyectos de Inversión Financiada (DPIF) que aplicó conceptos de política ambiental desactualizados en los acuerdos de concertación al tratar de conciliar reservas ejidales y comunales. Las reservas ejidales dependen de autoridades municipales y, las reservas comunales de la población, ya que son agentes de preservación y cuidan de su manejo.

⁵ FODA: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas. Al realizar un análisis matricial permite examinar pormenores de diferentes variables a analizar. La matriz de análisis utilizada normalmente, se encuentra en un formato de cuadrícula y siempre debe incluir el nombre del objeto de estudio. Puede tener una lista de preguntas en cada sección y un área para responder a las preguntas. No hay límite para el número de preguntas y respuestas que tiene, pero cuantas más preguntas en profundidad se realicen, sus respuestas y análisis brindará un resultado superior (www.iaia.org, 2016).

Esta problemática condicional fue salvada una vez que se explicó y aplicó un instrumento del marco legal ambiental: La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) por quien suscribe este informe.

Primer condicionante. Mucho de los estudios ambientales han sido problematizados por profesionistas acreditados. Así, las tesis geográficas de Hernández, B. (1995); Rodríguez, B. (2011); Pérez, G. (2011); Ávila, M. (2015) y el trabajo de Ibarra, G. y Talledos, S. (2015) manifiestan en general que las políticas ambientales a través del tiempo han evolucionado reservadamente, sucediéndose a la vez, modificaciones de índole técnica, administrativa, jurídica y conceptual. De igual manera, como institución, la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) documenta críticamente el desarrollo de los estudios ambientales, y señala: "...cuando los estudios ambientales sustentables se promueven, al ser trasladados a la realidad se trastocan diferentes rubros, principalmente los económicos, los sociales y los de la conservación del ambiente" (CONABIO, 2006, p. 36).

Segunda condicionante. Del capítulo tercero, artículo 15, tercer y cuarto párrafo de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente dicta:

"Artículo 15.- Para la formulación y conducción de la política ambiental [...] en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo Federal observará los siguientes principios:

[...]

III.- Las autoridades y los particulares deben asumir la responsabilidad de la protección del equilibrio ecológico;

IV.- Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique [...]" (DOF 04, 06, 2012)

Tercer condicionante. En la gestión de los ecosistemas, mantenimiento de la biodiversidad y la protección de los recursos naturales, la custodia de la vida silvestre y de las especies en peligro de extinción, corresponden y deben regularse mediante políticas ambientales. Es decir, una política ambiental correcta consiente el desarrollo sostenible ya que permite acceder al equilibrio ecológico y se garantiza al mismo tiempo, la armonía con otros dos pilares del desarrollo: el económico y el social.

Cuarta condicionante. La influencia directa del proyecto hidroeléctrico significó afectar la tenencia de la tierra. Las tierras en cuestión, son áreas protegidas de administración ejidal y comunal y donde coexisten asentamientos rurales que, siendo sujetos de derecho a través de la ley, es disímil a sujetos con derechos particulares⁶. Por lo que para lograr la estabilidad social, se han requerido acuerdos que expresan políticas concretas sustentadas en ordenamientos jurídicos.

⁶ Estos, como toda sociedad humana, se apoyan en equilibrios dinámicos de poder e intereses.

Las aseveraciones y las condicionantes expuestas permiten comprender el contexto de mi intervención en los estudios ambientales⁷ referente a una obra de contención en el río San Pedro, estado de Nayarit.

3.2 Objetivo y método capitular

3.2.1 Objetivo alcanzado

Se validó un concepto teórico y metodológico de acuerdo al marco legal vigente. Con el exhorto personal, se intermedió con el empleo de un instrumento de política ambiental: la Evaluación Ambiental Estratégica.

En tanto los instrumentos de política ambiental no se apliquen formalmente bajo el marco legal vigente, la inclusión de este capítulo pretende ampliar conversaciones para debatir más ideas, no precisamente para encontrar la verdad, sino problematizar prácticas en la dimensión política en que, como geógrafos, debemos participar.

3.2.2 Métodos aplicados en este capítulo

Explicar una parcela de la realidad como situación problemática, no reside únicamente en la formación y comprensión de espacios físicos. Indudablemente, las sociedades y los agentes sociales son los que permiten explicar algunas configuraciones espaciales y, en este caso, al entender las colectividades discrepantes se pudo revelar la disconformidad en cuanto al rechazo o aceptación en la instauración de una obra de control hidráulico a fin de generar electricidad.

El método principal consistió en aplicar el análisis matricial FODA; este método permitió obtener perspectivas e información ordenada. El FODA se alimentó con información derivada de la consulta cartográfica digital elaborada por el INEGI que permitió delimitar y describir un área de influencia directa y circunscribirla en un polígono. Consecutivamente se realizó la consulta de los indicadores demográficos del INEGI confrontándolo con información obtenida de las comisarías municipales involucradas. Subsiguientemente, en el interior del polígono se realizaron entrevistas con el fin de comprender las necesidades y problemas de las comunidades además, se cotejó documentos expositivos como fueron los títulos de propiedad o certificados parcelarios.

A fin de proporcionar soluciones a las necesidades y problemas, simultáneamente se propuso la investigación de conceptos técnicos e información propia del campo ambiental; recurriéndose a información bibliográfica como fuente documental. En éstos, las tesis y otros libros, al ser vehículos de comunicación y portadores de ideas, permitieron que su uso se lograra formalizar con la experiencia de peritos ambientales.

A continuación se extractará un diagnóstico geográfico partiendo del conocimiento de un Sistema Ambiental Regional para indicarse luego, la actuación en un polígono al interior del mismo.

⁷ Que contemplaron, entre otros aspectos, la caracterización de la población vinculada al proyecto (aspectos históricos y culturales), el cotejo de indicadores socioeconómicos y demográficos y la elaboración relacional representativa de flora y fauna silvestre.

3.3 Sistema ambiental regional

El Sistema Ambiental Regional (SAR) es un elemento central de una MIA. En su modalidad regional, el alcance de su contenido se concentra en dos rubros:

- La delimitación del SAR puede contener de uno a más ecosistemas, cuyas tendencias de desarrollo o deterioro ambiental son imprescindibles de analizar y determinar para lograr una identificación y evaluación eficiente del impacto de un proyecto sobre dicho sistema.
- El tipo o naturaleza de los impactos que se generarían en el SAR podrían verse incrementados por el establecimiento de un proyecto.

De esta manera, el SAR se elabora para delimitar espacialmente los estudios técnicos o trabajos de factibilidad mencionándose en él los impactos acumulativos, sean positivos o negativos, así como la forma en que un proyecto puede incrementar dichos impactos. Su base jurídica radica en las disposiciones que al respecto establece la LGEEPA y su Reglamento (DOF 04, 06, 2012 y DOF 31, 10, 2014). Quinquenalmente la SEMARNAT, a través de la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DEGIRA) elabora guías para elaborar e integrar un SAR.

Actualmente se pretende la construcción de una obra de contención en el río San Pedro que está en su última etapa de planeación empero se continúan analizando las posibles alteraciones ambientales que impactarán en la región.

Desde el inicio de este proyecto le correspondió a la CFE, a través de la UAN, UDG y diversas empresas consultoras elaborar los correspondientes dictámenes de EIA, así como de planificar las acciones que permitan prevenir los posibles aspectos negativos que ocasiona una obra de esta magnitud para así liberar una MIA. Al respecto, se aclara que en su oportunidad fue liberada una MIA, donde la DEGIRA emitió un resolutive en sentido favorable, si bien, de manera condicionada en materia de impacto social.

3.3.1 Modelación del sistema ambiental regional

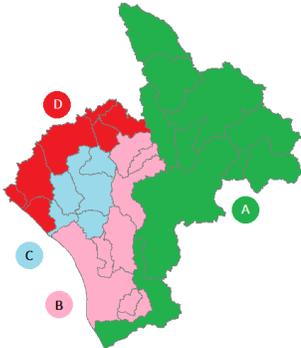
La localización y descripción superficial del SAR resultó de los trabajos multidisciplinarios de la UAN y la UDG de acuerdo con las guías y lineamientos establecidos por la SEMARNAT y sus órganos desconcentrados y descentralizados⁸.

Durante el desarrollo de los estudios técnicos se exhibieron las múltiples características geográficas y ambientales, en virtud de lo cual, al realizar el SAR se consideró el criterio morfométrico con base en parámetros de altitud, pendiente y el tipo de relieve de una gran cuenca, representándose especialmente el ambiente hídrico. En este rubro, con propósitos administrativos, la CONAGUA tiene organizado 37 regiones hidrológicas que definen 731 cuencas

⁸ Órganos desconcentrados y descentralizados de la SEMARNAT.- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas; Comisión Nacional del Agua; Comisión Nacional Forestal; Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad; Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

por lo que el SAR se empató con una sección de la región hidrológica número 11 denominada Presidio-San Pedro (CONAGUA, 2016, pp. 20-21) (Figura 40 y Tabla 3).

Figura 40
Región hidrológica Presidio-San Pedro (RH-11)
conformada por cuatro cuencas.



Fuente: Mapa Digital de México (INEGI, 2010)

Tabla 3
La región hidrológica número 11 se conforma de 30 subcuencas.

Región Hidrológica	Cuenca	Cauce principal	Subcuencas
RH 11	A	Río San Pedro	10
RH 11	B	Río Acaponeta	8
RH 11	C	Río Baluarte	5
RH 11	D	Río Presidio	7

Fuente: Información de Mapa Digital de México (INEGI, 2010)

A la sección mencionada se le denominó subregión hidrológica Río San Pedro (RH-11-A), definida con anterioridad en los “Estudios Técnicos de la Subregión Hidrológica Río San Pedro en la región hidrológica Presidio-San Pedro” (DOF 09, 07, 2014) y abarca parte de los estados de Durango, Zacatecas y Nayarit (Figura 41).

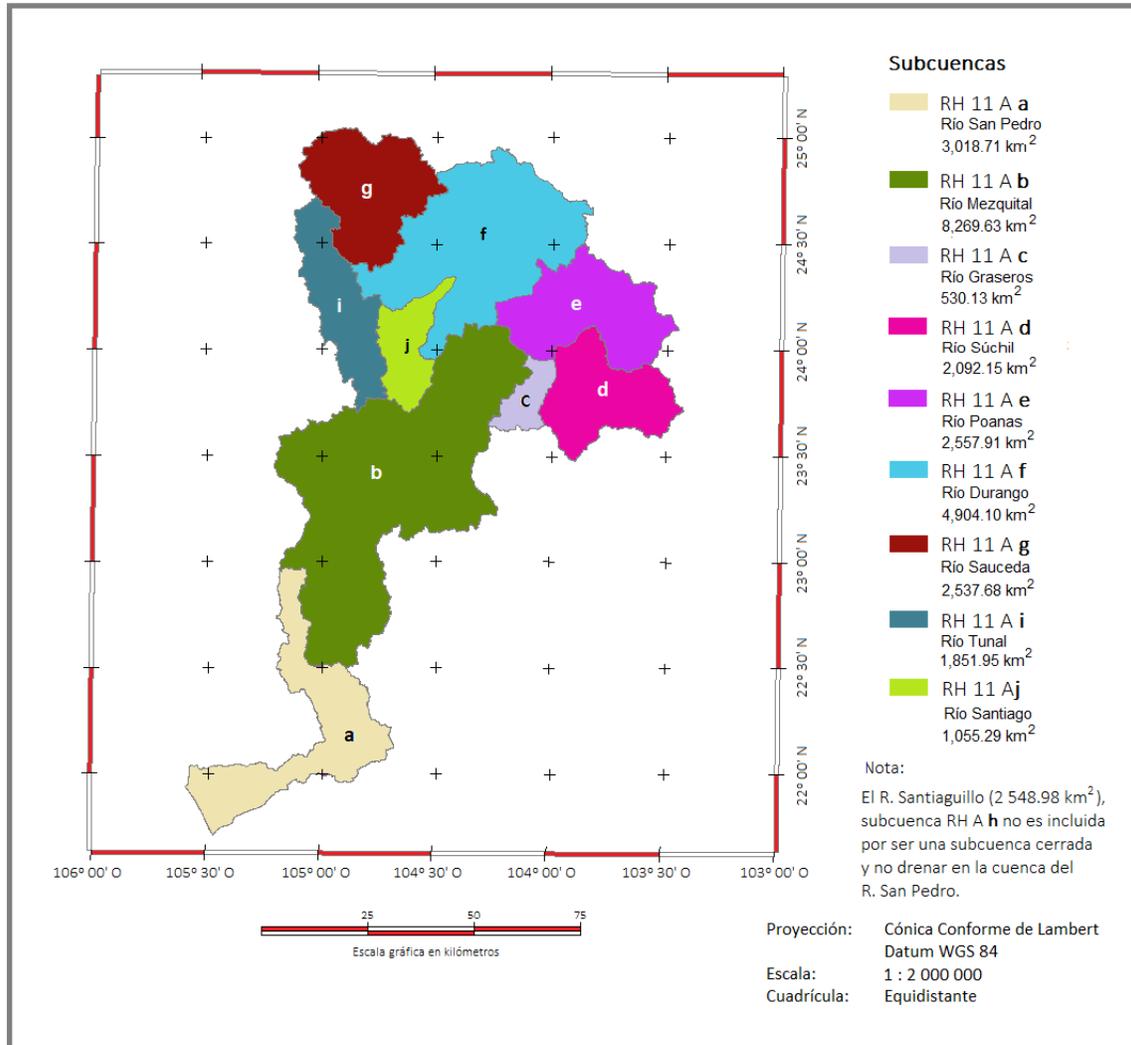
Figura 41
SAR inscrito en la subregión hidrológica Río San Pedro (RH-11-A)



Fuente: Modificado de WWF-México

La red hidrográfica de la subregión hidrológica Río San Pedro se divide en diez subcuencas y se extiende en una superficie de 26 817.55 kilómetros cuadrados (Figura 42).

Figura 42
Cuenca Río San Pedro y subcuencas: Subregión Hidrológica 11-A.

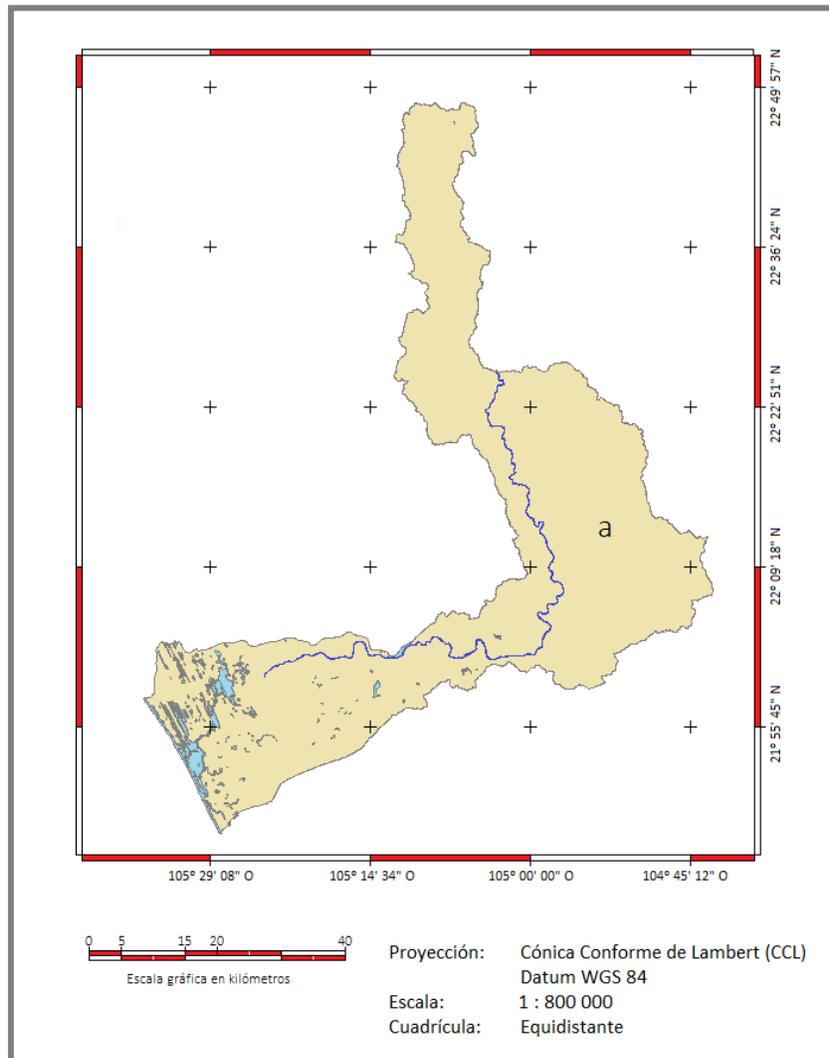


Fuente: Con información de Mapa Digital de México (INEGI, 2010)

Repetimos, la Subregión Hidrológica Río San Pedro o cuenca río San Pedro, es el límite del SAR y abarca una dimensión superficial muy extensa: 2 681 755 hectáreas y consta de diversas topografías, altitudes y climas. Por ello es que la CFE solicitó una delimitación particular con base en el SAR, concretamente, para revisar y reconocer nuevamente los espacios requeridos por el proyecto y de las áreas donde se tendrá influencia directa, nombrándose a la delimitación particular polígono de influencia directa y, dentro de éste, dividirlo en zonas para las cuales, de acuerdo con los usos y costumbres de sus propietarios o los que utilizan los terrenos pudieran tener alguna relación con el proyecto.

Por consiguiente, se erigió una zona de actuación en el interior de la cuenca río San Pedro, la subcuenca Río San Pedro: RH-11-A-a, denominada igualmente cuenca baja del río San Pedro (Figura 43).

Figura 43
Subcuenca Río San Pedro: RH-11-A-a



Fuente: Con información de Mapa Digital de México (INEGI, 2010)

En la circunscripción RH-11-A-a, fueron considerados los aspectos socioculturales y su relación con el proyecto; además, se registró la actividad socioeconómica de las actividades productivas en esta circunscripción, no dejándose de lado la zona comprendida aguas abajo del proyecto, es decir, se consideró, inclusive, la desembocadura del río San Pedro al mar.

Empero la superficie de 301 871 hectáreas de la subcuenca río San Pedro RH-11-A-a, fue vasto en relación al proyecto de obra hidráulica en cuestión; por lo que se estableció un polígono de influencia directa en una área menor.

3.3.2 Polígono de influencia directa

Una norma significativa para la consecución del polígono es la que dicta el artículo 19 de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas:

“Las dependencias y entidades que realicen obras públicas [...] observarán las disposiciones que en materia de asentamientos humanos, desarrollo urbano y construcción rijan en el ámbito federal, estatal y municipal.

Las dependencias y entidades, cuando sea el caso, previamente a la realización de los trabajos, deberán tramitar y obtener de las autoridades competentes los dictámenes, permisos, licencias, derechos de bancos de materiales, así como la propiedad o los derechos de propiedad incluyendo derechos de vía y expropiación de inmuebles sobre los cuales se ejecutarán las obras públicas, o en su caso los derechos otorgados por quien pueda disponer legalmente de los mismos. [...]” (DOF 13, 01, 2016)

En acato al artículo 19 de la LOPSRM, la elaboración del Polígono de Influencia Directa (PID) pormenorizó la tipificación del uso de suelo así como de su relación con los municipios involucrados de la entidad y que, para efectos del resolutivo de la MIA, se realizó una delimitación al interior de la cuenca baja del Río San Pedro (RH-11-A-a), examinándose y elaborándose nuevos planos con las superficies a ocupar. Éstos, a su vez, serán de utilidad para facilitar las acciones de rehabilitación ambiental que se desarrollarán al concluir la construcción de la obra hidráulica.

El PID está conformado por unidades topográficas con una superficie total de 5493 hectáreas; comparativamente es el equivalente al 0.20% del SAR (Subregión Hidrológica RH-11-A) elaborado por las universidades mencionadas anteriormente y al 1.82% de la cuenca baja del Río San Pedro (RH-11-A-a) registrado por el Mapa Digital de México (INEGI, 2010).

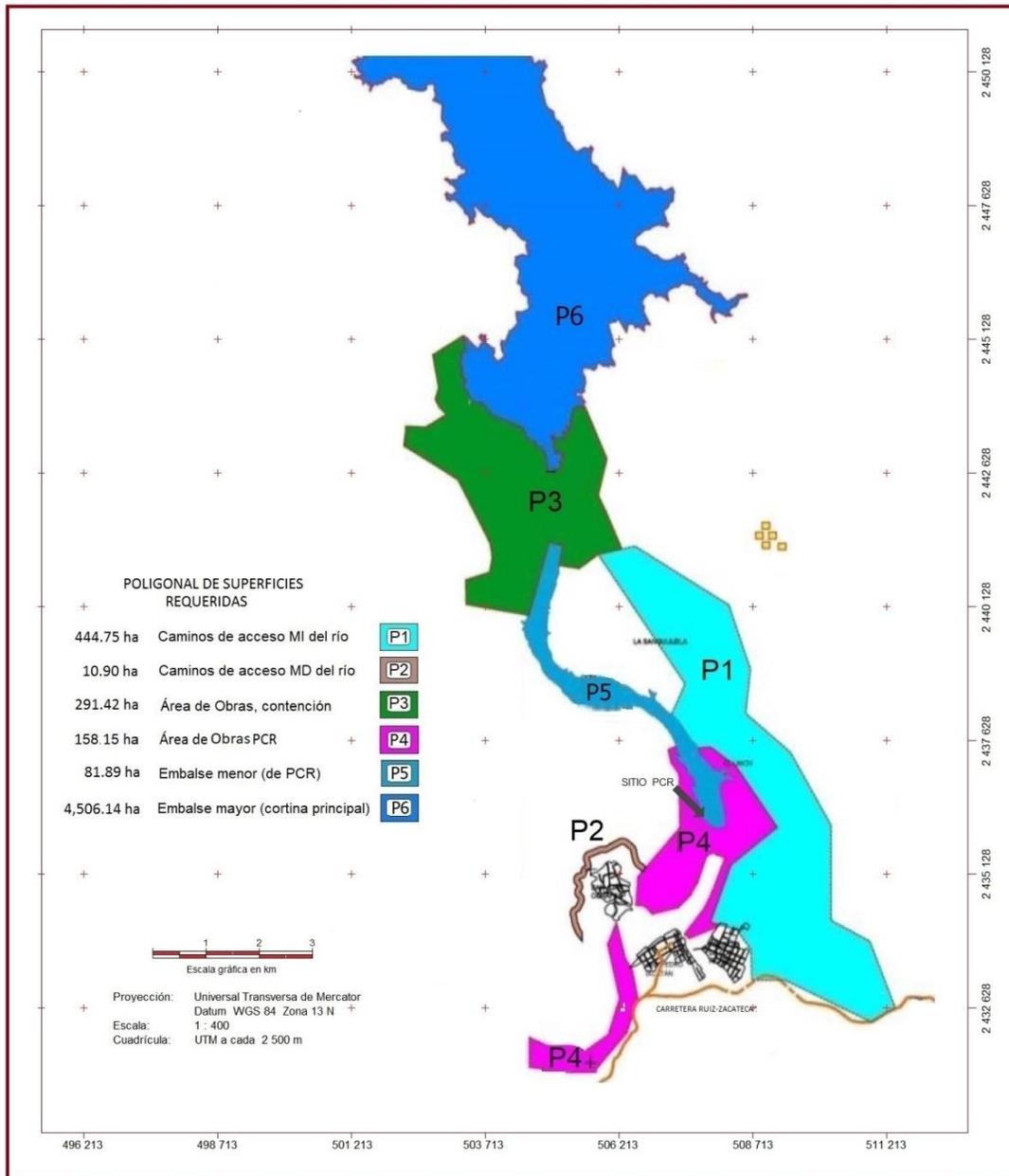
Al interior del PID se constató y precisó qué superficie requiere de una regulación de uso de suelo, además de puntualizar las posibles modificaciones que estarán sujetas a lo que realice la institución agraria como parte de los procedimientos de expropiación.

En el PID se trazaron dos zonas principales: la primera correspondió a la zona de obras y, en la segunda, lo que será el embalse del proyecto. Por lo que respecta a la población, se llegó a confirmar que en el PID residen algunas comunidades agrarias, mayoritariamente indígena, y son los que tienen y tendrán una relación directa con las actividades de los estudios previos a la construcción de la obra y la formación del embalse. Durante la operación de la futura central, su relación será básicamente la del aprovechamiento del nuevo cuerpo de agua con distintos propósitos y servicios que no se tienen, esto significa que la organización social y actividad económica de la población asentada en estas zonas será diferente.

En la zona de aguas abajo del PID, habitada por población mestiza, no se construirá ninguna obra relacionada con las estructuras principales del proyecto, ni se requerirán terrenos para la formación de algún embalse. En este sentido, su relación con el proyecto será únicamente durante la operación de la futura central hidroeléctrica y esto, sólo en cuanto al monitoreo del régimen de escurrimientos que se establezca para asegurar que la calidad, volumen y que el régimen de escurrimiento no afecte a las actividades productivas asociadas al uso del agua del Río San Pedro.

El PID conformado se subdividió en seis polígonos, cada uno destinado a ser ocupado por las distintas obras relacionadas entre sí y cuyo propósito será generar hidroelectricidad (Figura 44).

Figura 44
Poligonal de influencia directa (PID) y subdivisión



Fuente: Con información de Mapa Digital de México (INEGI, 2010)

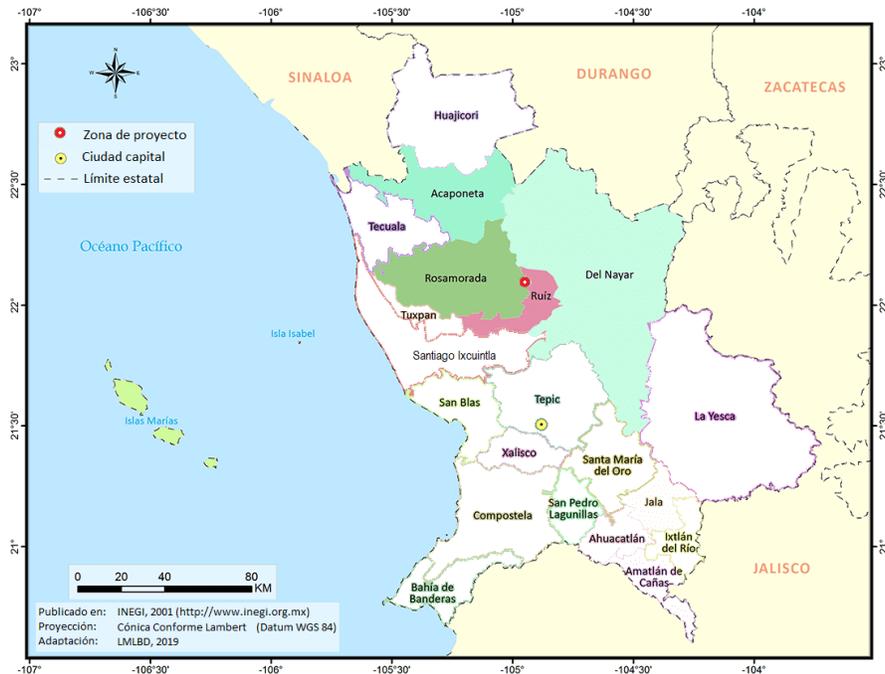
3.3.3 Ocupación y función de los polígonos

Ocupación

Al haber fincado ocupación y función a seis polígonos; jurisdiccionalmente se ratificó cinco polígonos mediante las leyes dispuestas en el Periódico Oficial de Nayarit: Ley de categorías políticas para las poblaciones que forman el estado de Nayarit (Decreto_463, 28, 01, 1926) y Ley

de división territorial del estado de Nayarit (Decreto_6789, 31, 01, 1984); verificándose que los terrenos del PID continúan integrados a tres núcleos agrarios: San Pedro Ixcatán, Presidio de los Reyes y San Juan Corapan ubicados en la proximidad de los límites municipales de Ruíz y Rosamorada del estado de Nayarit, corroborándose que el uso de suelo estaba bien definido para los polígonos P1, P2, P3 y P4, exceptuándose el polígono P5. El P5 contendrá el embalse menor, atribución por lo que el uso de suelo no está definido (Figura 45).

Figura 45
Estado de Nayarit y municipios implicados



Fuente: Adaptado de INEGI, 2001, <http://www.inegi.org.mx>

El polígono P6, que conformará el embalse mayor, fue ratificado jurisdiccionalmente mediante las mismas leyes del Periódico Oficial (Decreto_463, 28, 01, 1926, 1926 y Decreto_6789, 31, 01, 1984), confirmándose que los terrenos a ocupar del polígono P6 continúan integrados a diferentes núcleos agrarios: Rosarito, San Blasito, Saycota y anexos; éstos ubicados en la limitación de los municipios de Acaponeta y Del Nayar (véase misma Figura 45). Actualmente, las comunidades arrendan empero, previo a la ocupación final y formación del embalse, una parte mínima del contenido de los certificados parcelarios —terrenos— serán adquiridos o expropiados⁹ por utilidad pública por parte de la CFE.

La titularidad de los terrenos al interior del PID incumbe a distintas comunidades vulnerables que pertenecen a las etnias cora, huichol y escasos mestizos. Su organización política-social está regida por los lineamientos constitucionales del estado y la autoridad de estas comunidades se jerarquiza

⁹ La expropiación es un procedimiento constitucional y administrativo, que consiste en la transferencia coactiva de la propiedad privada desde su titular al Estado, mediante indemnización: concretamente, a un ente de la Administración pública dotado de patrimonio propio (DOF 25,11,1936).

en dos comisarías y un juzgado auxiliar o consejo para cada etnia. Las autoridades se renuevan cada tres años, siendo exclusivamente ellas las que velan y otorgan los permisos que así convengan a las comunidades; a dichas autoridades o representantes se les debe mostrar y señalar periódicamente cómo se usa o usará su patrimonio. Cabe acentuar que ninguna comunidad o familia afectada sería desplazada de su lugar de origen por la construcción del proyecto hidroeléctrico ya que nadie habita o trabaja en los terrenos al interior del PID.

Función de los polígonos

Polígonos P1 y P2: Instalación y caminos de acceso provisionales. Desde la reanudación del proyecto, a finales del 2015, en el polígono P1 se instalaron más oficinas que operan la comunicación terrestre y las telecomunicaciones así como de la instalación de otros campamentos, almacenes, patios e instalaciones de seguridad industrial. Al mismo tiempo, se desarrollaron los caminos de acceso en terracería; éstos continuarán con una cubierta compactada, previo a la construcción, funcionando como vialidades provisionales para finalizar luego, con caminos revestidos que garantizarán la operación de la central hidroeléctrica. En el polígono P2, para comunicar la margen izquierda con la margen derecha, se propuso elaborar un vado y un puente metálico, dichas estructuras serían provisionales en tanto se construyan las ataguías.

Polígono P3: Área de obras, contención y generación de energía eléctrica. Aquí se ha propuesto realizar una cortina de CCR con una altura de 188 metros. Las obras de desvío, que son dos túneles excavados por la margen izquierda; las ataguías, superior e inferior en el cauce del río; la obra de excedencias controlada por compuertas en la margen izquierda y, las obras de generación de energía eléctrica a pie de la presa (Obra de toma, conducción, casa de máquinas, desfogue y subestación eléctrica).

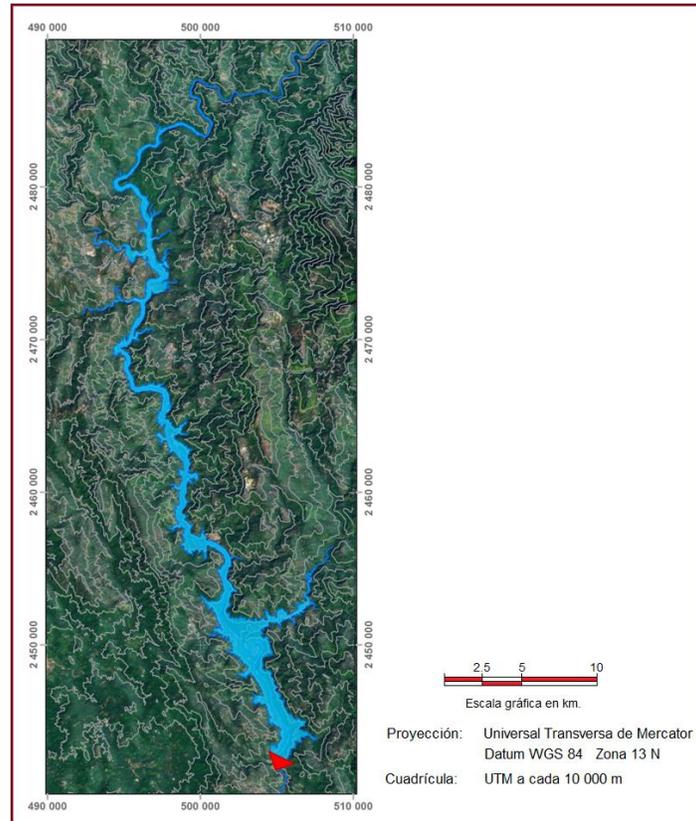
Polígono P4: Presa Cambio de Régimen. Con el propósito de conservar los humedales en condición natural y que están localizados en la cuenca baja del río San Pedro, se realizará una cortina denominada presa cambio de régimen. A principios del año 2016 los aspectos sociales, culturales y ambientales fueron reconsiderados debido a múltiples fallas organizativas, sobre todo por y para la definición del eje definitivo donde se alojará la presa cambio de régimen. Su localización quedó fuera del tránsito de poblados de San Pedro Ixcatán, Presidio de los Reyes y San Juan Corapan y a la vez, del área del centro ceremonial “La Muxatena” que no se afectará y, como ya se anotó, se continuará beneficiando el ecosistema de la planicie del río San Pedro al adicionar un caudal mayor al dejar libre el flujo de los arroyos El Naranjo y Tenamache.

Polígono P5: Embalse menor. La superficie total del embalse menor ocupará 81.89 hectáreas. Este embalse garantizará una regulación del caudal principal, de tal forma que no existan fluctuaciones abruptas en los niveles fluviales debido al desfogue del caudal turbinado durante el tiempo de operación de la central hidroeléctrica y se pueda correlacionar con el caudal medio del río.

Polígono P6: Embalse mayor. La superficie total del embalse mayor cubrirá un aproximado de 4,506.14 hectáreas. La cortina del proyecto retendrá y formará una masa de agua a lo largo del

cauce con una longitud de 63 kilómetros rumbo aguas arriba del río San Pedro. Su ocupación se realizará desde el inicio del llenado del embalse y su velocidad de llenado dependerá de la cantidad de escurrimiento fluvial que se presente (Figura 46).

Figura 46
Polígono P6, embalse circunscrito a una línea de cota topográfica



Fuente: Elaboración propia (2016) con base en el Proyecto Hidroeléctrico Las Cruces

Comprender perspectivas locales, como fue la formación de un espacio determinado, sea para analizar los aspectos medioambientales, su aprovechamiento o sencillamente, su organización espacial asume conocimiento de causa. Habida cuenta de haber ordenado diferentes componentes del conjunto presentado se permite reflexionar en las relaciones existentes que explican ciertos proceder.

El SAR y el PID, en su ocupación y función, fueron las concepciones que permitieron visualizar y ordenar los diferentes componentes en el uso y goce de propiedades o patrimonios. A continuación, se expondrá una problemática habida en la DPIF y su posterior resolución al haber explicado y aplicado por quien suscribe este informe, un instrumento del marco legal ambiental: La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE); para concluir el informe, su aplicación práctica, que fue un el proceso de socialización¹⁰ resultante con las comunidades vinculadas al proyecto.

¹⁰ La socialización se produce a través de instituciones que la sociedad ha ido creando para garantizar la incorporación efectiva de sus miembros a la cultura predominante (Caballero Mora, 2014).

3.4 Consecuencia analítica del Polígono de Influencia Directa

Al advertir que los compromisos de trabajo en el PID no coincidían con los obtenidos y coordinados por la DPIF, se pudo revelar una falla conceptual en y por parte de la coordinación. Se refiere a la sustentabilidad del programa elaborado para el proyecto; un concepto no comprendido que orbita en el marco de operación gubernamental con respecto a Políticas, Planes y Programas (PPP).

Actualmente, el concepto sustentabilidad¹¹ es medular en toda política gubernamental; la CFE, a través de la DPIF ha cumplido estrictamente con dicho concepto, sin embargo, en sus EIA solamente ha dado importancia a los aspectos biofísicos soslayándose el aspecto social¹².

El compromiso personal destacó en señalarse que, además de los aspectos biofísicos, es un deber considerar el aspecto social en todo programa que involucre la construcción de infraestructura.

Como el realizar los estudios sociales no compete directamente a la DPIF e implicaba erogar gastos presupuestarios y, a la vez, que la programación de sus planes que no se ejecutaban cabalmente; con el fin de evitar menoscabo en la programación y el crédito presupuestario de la coordinación, se intermedió para revisar en quién o dónde recaen estas obligaciones, a decir: de la consideración del aspecto social en acuerdo al marco de operación de PPP. Por ello, se mostraron circunstancias análogas a la situación; el objetivo fue corregir la interacción entre los planes y programas circunscritos en la DPIF y no para destacar su error, sino ejecutar acciones encaminadas a un ejercicio ponderado de ética ambiental¹³.

El haber trabajado con diversos estudios del proyecto hidroeléctrico, permitió esbozar un diagnóstico y proponer una acción correctiva que brindó una solución. Para ello, fuentes informativas de primera y segunda mano fueron articuladas para realizar la formulación inicial. Con este modo, se aludió a lo escrito por los técnicos ambientalistas Tajima y Fischer (2013), quienes han explicado de una herramienta, utilizada en la planificación espacial inglesa, para trasladar el concepto sustentabilidad al terreno práctico; se trató por entonces de la noción Evaluación Ambiental Estratégica. Esta noción tiene el propósito de concentrar aspectos biofísicos y sociales en las etapas tempranas de decisión para el desarrollo de PPP; toda vez que una EAE se originó como respuesta a una consideración tardía, es decir, reactiva, que de estos asuntos se hacen a través de las EIA (Tajima y Fischer, 2013, pp. 29-37).

¹¹ Que refiere al desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Informe Brundtland, 1987).

¹² Aquellas propiedades, características y maneras que definen la forma en que una sociedad o pueblo se organiza. Es decir, las costumbres, prácticas y tradiciones que definen a una comunidad específica (Caballero Mora, 2014).

¹³ La ética ambiental es parte de la filosofía y la ética aplicada. Considera las relaciones éticas entre los seres humanos y el ambiente natural. Trata, en última instancia, de extender la consideración moral cuando ciertos elementos tienen un valor intrínseco que deben ser tratados con respeto por su propio bien y donde sus derechos no deben ser anulados sin razón (DesJardins, 2001).

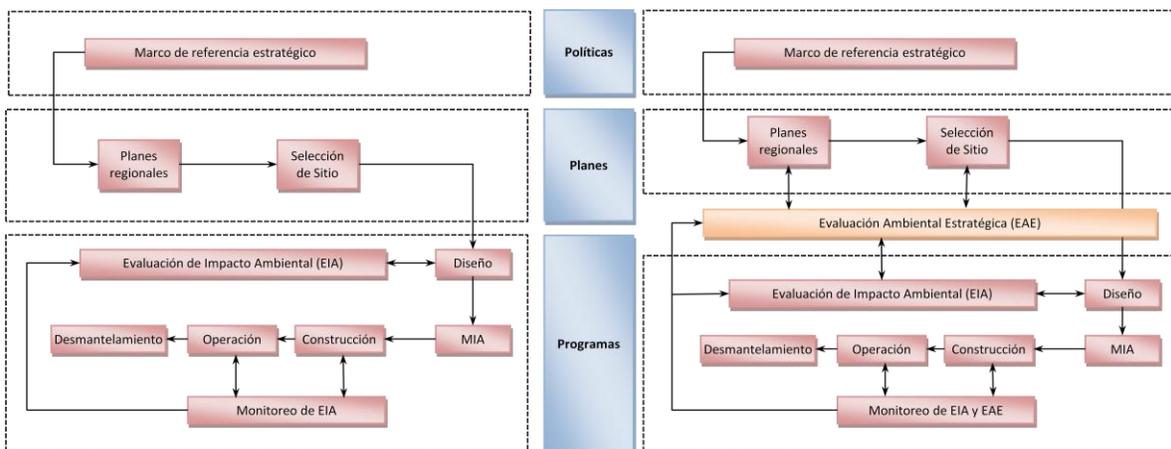
Cabe mencionar que Tajima y Fischer sustentaron su proceder en Riki Therivel (2010), consultora de sustentabilidad, quien señaló: “[...] el concepto EAE no debe centrarse únicamente en los aspectos biofísicos, conocidos comúnmente como ambientales, sino que los objetivos de la EAE deben ser más amplios e incluir todos los aspectos de sustentabilidad en particular los aspectos sociales” (Therivel, 2010, p. 78).

Por lo que entonces, una EAE es un instrumento de efectos y cuyo objetivo es facilitar la integración ambiental del aspecto biofísico y social en el marco del desarrollo sustentable; considerándose fundamental los principios de responsabilidad, participación y transparencia que son esenciales en toda EAE. A este respecto, la Asociación Internacional para la Evaluación de Impactos (IAIA, por sus siglas en inglés)¹⁴ tiene establecido criterios de desempeño que pueden consultarse en línea en <http://www.iaia.org>.

3.4.1 Integración del proceso Evaluación Ambiental Estratégica

La importancia de la integración del concepto EAE es ofrecer continuidad en la línea de las PPP e influir en la toma de decisiones, sea de jerarquización, selección o implantación, a la vez, ser una herramienta que articule procesos para interactuar preferentemente en la concepción y formulación de programas y hacer posible la integración de los aspectos biofísicos y sociales de manera compartida entre planes y programas (Figura 47).

Figura 47
Integración de la noción EAE entre los procesos de Planes y Programas



Fuente: Elaboración propia (2016)

Nota a la Figura 47. Obsérvese que la figura está dividida por un eje vertical representado por PPP; luego, compárese el lado derecho con el izquierdo. El lado derecho presenta la noción EAE integrada no sucediendo así, del lado izquierdo. Esta base conceptual lo ha explicado la doctora en planificación, urbanismo y medio ambiente María R. Partidário (2012), profesora de la Universidad de Lisboa:

¹⁴ IAIA es una red mundial líder en mejores prácticas del uso de la evaluación de impacto para la toma de decisiones informadas con respecto a políticas, programas, planes y proyectos (www.iaia.org).

[...] este enfoque está sólidamente ligado al concepto ciclo de decisión, el cual establece una noción de continuidad, en el sentido de que se toman decisiones estratégicas en varias ocasiones a lo largo de un proceso, en momentos críticos denominados ventanas de decisión que se realiza entre Planes y Programas (Partidário, 2012, p. 70).

Ahora bien, la integración del concepto EAE ocurrió en los departamentos de planeación y programas del organigrama administrativo de la DPIF, siendo a la vez que, las responsabilidades económicas fueron compartidos por ambos departamentos ya que, por lo general, los planes circunscriben regiones y utilizan presupuestos federales, en tanto que, los programas usualmente emplean presupuestos locales, es decir, estatales o municipales.

La EAE facilitó la operatividad del concepto sustentabilidad en la DPIF y la noción se instrumentó *de facto* y cabe decir que, para dicha instrumentación, se apoyó también en lo dictado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico¹⁵ y la Directiva 2001/42/CE del consejo y parlamento Europeo¹⁶ (DOCE, 2001, p. 8).

Habiendo explicado el contenido conceptual ‘integración’, se continúa con la ‘implementación’.

3.4.2 Implementación conceptual de la evaluación ambiental estratégica

La implementación conceptual de la EAE, que debió ser usada como instrumento estratégico y sistémico, no se aplicó anteriormente debido a diversos eventos: El proyecto que mantiene un tiempo de ejecución extenso, cambios gubernamentales, aplicación de nuevos ordenamientos jurídicos, ausencia de personal idóneo, etc., estos, entre otros, fueron los agentes adversos que constantemente obligaban a revisar e implementar información actualizada que proporcionara elementos de juicio a quienes tomaban decisiones complicando o retrasando programas.

Puesto que la DPIF presentaba una óptica restrictiva hacia la EAE, se privaba de información y, por lo tanto, existía una brecha importante entre el desarrollo teórico y el desarrollo práctico del concepto sustentabilidad, luego entonces, se exhortó en la implementación de la EAE para así lograr transferencias de información ordenada a otras direcciones de la CFE.

Sobre este particular y, para transformar la óptica habida, se aludió al informe elaborado por los consultores Ahmed y Sánchez (2008) para el Banco Mundial: “Aunque pase el tiempo, en términos de sustentabilidad y protección al ambiente, se debe compartir un lenguaje común en cuanto a objetivos y metodologías en la evaluación de proyectos y sus externalidades” (Ahmed y Sánchez Triana, 2008, p. 194).

Tal proposición se llevó a cabo con base en el programa de obras e inversiones del sector eléctrico (POISE 2012-2022, 2012) a fin de establecer lineamientos de sustentabilidad en el PID.

¹⁵ En el informe de enero de 2013, relativo al desempeño ambiental de México, recomendó reforzar la integración de políticas ambientales a través de la introducción de la EAE en sus políticas y planes regionales de desarrollo.

¹⁶ En la Unión Europea, con el fin de evaluar los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente, la EAE es obligatoria desde 2004.

En un principio correspondió el establecimiento de la toma de decisiones a la DPIF separadamente de los núcleos agrarios para, posteriormente, incluirse las decisiones y peticiones de éstos. La DPIF reordenó su metodología y precisó de información actualizada con los factores críticos clave y consideró los elementos técnicos de la Tabla 4.

Tabla 4
Elementos técnicos constructivos de una Evaluación Ambiental Estratégica

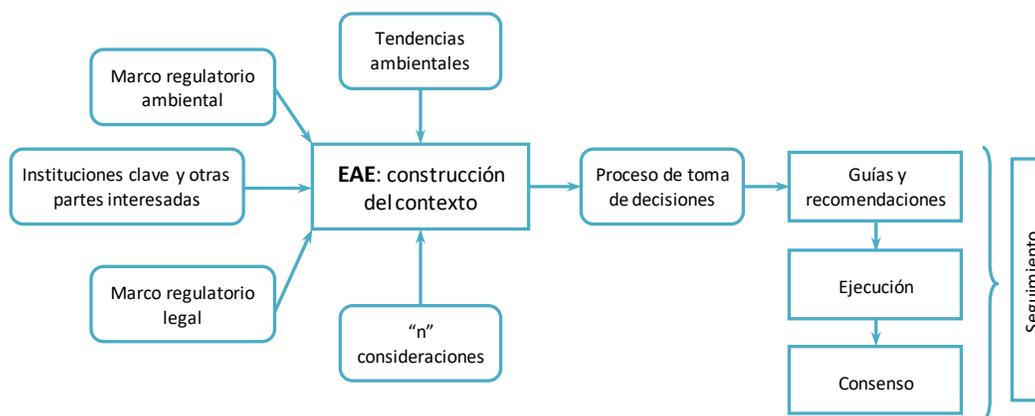
<i>Elementos Técnicos</i>	<i>Que traducido a elementos reales significan</i>
— Marco regulatorio legal	— Planificación territorial
— Tendencias ambientales	— Riesgo natural y cambio climático
— Marco regulatorio ambiental	— Valores culturales ¹⁷ y Recurso hídrico ¹⁸
— Instituciones clave y otras partes interesadas	— Calidad de vida a futuro

Fuente: Elaboración propia (2016)

Al haber analizado dichos elementos técnicos, se desarrolló el lineamiento constructivo para elaborar un Modelo General de Aplicación Conceptual de EAE que, por la normatividad actual modificada, sería igualmente aplicable en la Secretaría de Energía en su reciente función de planificación del sector eléctrico nacional.

La (Figura 48) ilustra los principales elementos técnicos de entrada, requeridos en una EAE aquí se contextualiza y analizan dichos elementos para posteriormente evaluarlos y continuar con el proceso de toma de decisiones. Durante el proceso de toma decisiva se aplicó el análisis matricial FODA recurso desusado y, sin embargo, práctico ante las circunstancias normativas actuales de la CFE. El resultado del proceso de toma decisiva fue la elaboración de guías y recomendaciones que prácticamente se ejecutaron para finalmente lograr consensos.

Figura 48
Modelo General de Aplicación Conceptual de la EAE



Fuente: Elaboración propia (2016)

¹⁷ Creencias, costumbres y tradiciones que identifican a las comunidades locales.

¹⁸ Se dispuso de la información generada en las estaciones climatológicas e hidrométricas desde 1951.

La DPIF corrigió su concepto de EAE en sus lineamientos internos y proporcionó los elementos técnicos necesarios para realizar nuevas evaluaciones que se constituyeron como parte de una reciente elaboración de una Manifestación Social.

Concluyendo, una EAE consigue transformar a las personas, organizaciones y decisiones hacia una mayor ética ambiental, a tener procesos efectivos, es decir, una mejor integración ambiental y, en última instancia, resultados sostenibles.

A continuación se ejemplifica un acto realizado derivado de aplicar estas líneas, en otros términos, el proceso de seguimiento como parte del proceso de socialización.

3.5 Proceso de socialización con las comunidades vinculadas al proyecto

Los estudios sociales que identificaron las condiciones sociales y económicas de los núcleos agrarios vinculados al proyecto se realizaron antes del 2016 sin embargo, se aplazó la rigurosa comunicación-acción.

Ulteriormente, con la aplicación de una herramienta de análisis ambiental: la EAE, posibilitó la toma de decisiones idóneas que permitieron efectuar la comunicación-acción y, en consecuencia, una socialización¹⁹ que se afirmó con las reuniones constantes de todos los involucrados, en concreto, de los representantes de la CFE, autoridades municipales, comunidades y organizaciones sociales. Se destaca que en aquellas reuniones trataron también de peticiones e ideas donde, además de facilitarse los diálogos abiertos y plurales, se aportaron orientaciones y recomendaciones en torno al polígono de influencia directa. Dichas reuniones se llevan a cabo anualmente y los procedimientos finales se revisan cada cuatro años. A cada periodo de cuatro años se le conoce como etapa al que se le asigna un nombre cualitativo en función de su acción.

A finales del 2016, la DPIF requirió solucionar el aspecto comunicación-acción convocado por organizaciones sociales que indicaron que la socialización no se reducía únicamente a realizar estudios sociales y se contrapusieron al concepto tenido por la CFE de etapas anteriores toda vez que, la CFE conceptualizaba la noción socialización como un conjunto de actividades a través del cual se transmitían propósitos, información, beneficios e impactos potenciales a las comunidades para así implicar²⁰ a la población y lograr la viabilidad social del proyecto. Este modelo de gestión fue instrumentado hasta antes del periodo 2016-2019, fecha en que esta conceptualización fue insuficiente para brindar soluciones a las necesidades existentes.

Para dar cumplimiento a los resolutivos en materia de impacto ambiental emitidas por la SEMARNAT y toda vez que una de sus condicionantes reservadas fue la gestión social, en el periodo 2016-2019 se sugirió rectificar el uso conceptual tenido de la EAE. Una vez que asintió la DPIF, se procedió a realizar peritajes en sus diversos elementos técnicos revisándolos transversalmente.

¹⁹ La interpretación actual de Socializar supone: hacer de aquello que afecta a la sociedad, un fomento para mejorar el nivel de vida de las personas que integran esa sociedad (Caballero Mora, 2014).

²⁰ Implicar, de acción u obra, no significa participar, sumarse o formar parte.

De la acción revisora, se advirtió que en la etapa 2012-2015 surgieron diversas expectativas e implicaciones de la población en los alcances del proyecto que se resolvieron sin ponderar la tenencia de la tierra y, no obstante, se obtuvieron anuencias y conformidades provisionales para la realización de estudios y ocupación de terrenos; ya con licencias provisionales y para establecer la factibilidad del proyecto, se pudo continuar con algunos estudios que fueron coordinados por el Centro de Anteproyectos del Pacífico Norte correspondiéndose una parte a la exploración geológica y su evaluación técnica; sin embargo, con respecto a los estudios sociales, económicos y ambientales se vieron retrasados por mantenerse una política de comunicación vertical descendente²¹, hecho que no favoreció el flujo de información.

En el periodo 2016-2019, se modificó la noción de socialización en la DPIF, llevándose a cabo las pertinentes actividades de socialización. Fue en este periodo en que se requirió realizar y corroborar los estudios técnicos en donde las anuencias y conformidades de ocupación de terrenos habían vencido. De aquí que el seguimiento e importancia conceptual de la EAE en el periodo 2016-2019 consistió en que una vez aplicada, se obtuvieran resultados prácticos en esta etapa toda vez que también se permitió la comunicación simétrica²² con todos los involucrados; lográndose intercambiar información relevante entre el personal de distintas áreas colaborativas. En estas circunstancias, se logró denotar el carácter real de la tenencia de la tierra²³ un conflicto que impedía acuerdos entre las representaciones gubernamentales: la federal y la municipal en detrimento de las comunidades.

Por consiguiente, con las guías y recomendaciones derivadas de la EAE recién aplicada, coadyuvó a la resolución de conflictos y se determinó responsabilidades y obligaciones reales de indemnización correspondientes a cada institución de gobierno, lográndose a la vez anuencias consensuadas y, celebrándose convenios de colaboración para la ocupación de los terrenos requeridos para los estudios Figura 49 y Figura 50.

Figura 49
Firma de convenios ante autoridades federales



Figura 50
Firma de convenios ante autoridades locales



Fotografía 26 y 27 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

²¹ Significando que la comunicación fluía de niveles jerárquicos superiores a inferiores.

²² Comunicación establecida en un mismo nivel jerárquico sin presencia de una autoridad.

²³ La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación conceptualiza este término (FAO, 2003).

De los cinco núcleos agrarios afectados, se obtuvieron intereses particulares de desarrollo, asociados a la construcción del proyecto; además de conseguir la información social directamente con y en las localidades vinculadas con el proyecto Figura 51 y Figura 52.

Figura 51

Asambleas comunitarias, donde se plantearon dudas e intereses propios



Figura 52

En el comité municipal se orientó y se brindó información



Fotografía 28 y 29 de Luis M. León de la Barra (2016). Archivo: Presa Las Cruces

La actividad de consulta, como responsable del proyecto, fue encabezada por la Dirección de Proyectos de Inversión Financiada de la Comisión Federal de Electricidad y como grupo institucional de trabajo de la DPIF fue secundada por Grupo de Ingeniería en Consultoría y Obras; como órgano coadyuvante siguió la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. Además, participaron otras dependencias federales y estatales relacionadas con los rubros de desarrollo social, agropecuarios, salud, seguridad y uso del agua, entre otros.

La etapa descrita, periodo 2016-2019, cubrió el Polígono de Influencia Directa, es decir, tanto la zona de aguas arriba como la zona de estructuras principales del proyecto.

Para concluir, la gestión ambiental significó la construcción de espacios diversos para lograr la interacción social. Se trató de un proceso que se llevó a cabo en núcleos agrarios con base en el aprendizaje colectivo, continuo y abierto donde se logró satisfacer diversas necesidades y problemas sociales.

Consideraciones finales

Los trabajos que involucran la planeación, programación y construcción de infraestructura son, prácticamente, actividades que no se realizan individualmente; por lo general, son actividades interdisciplinarias que aportan soluciones a las diferentes problemáticas en torno a los retos que afronta el país y que, en este caso, se trabajó con el fin de presentar una alternativa para generar energía eléctrica a futuro.

La falta de geógrafos en el sector infraestructura significa una barrera clave que no permite visualizar prácticamente los alcances de los geógrafos y, una de las formas de promover el desarrollo de nuestra profesión, es motivarnos y mantenernos en la vanguardia del conocimiento, desarrollar la práctica profesional en sus múltiples facetas; tanto en el ambiente público como en el privado, en las áreas académica, de campo o empresarial. Resulta importante divulgar los conocimientos y las experiencias profesionales como lo es mi desempeño cotidiano, donde he alcanzado logros que pueden y deben ser compartidos para provecho de los colegas y de la profesión en general.

Se mencionó que la geografía evolucionó en varias direcciones, como toda disciplina científica y, sin embargo, el enlace de la geografía física y humana que se efectúa en la estructura curricular de la licenciatura de Geografía impartida en la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, me permitió poseer métodos de trabajo de gabinete y campo, posibilitándome la integración al medio laboral del sector privado en el rubro servicios de consultoría.

Considero que para ejercer en una consultoría es preciso tener un campo de especialización o algún conocimiento especial toda vez que, el concepto de consultoría, quizás, se ha desvirtuado con el tiempo intitulándose consultor a toda persona que labora al interior de una consultoría cuando una realidad es que, el flujo de profesionistas que se ocupan en las consultorías calificadas, se capacitan y desarrollan con la debida supervisión de un perito hasta lograr adquirir la experiencia apropiada y obtener la debida potestad. En mi caso, además de mi preparación en geografía, han sido los estudios en energía renovable ya que, actualmente, su uso y suministro es esencial para las actividades productivas de toda sociedad y su escasez derivaría en un obstáculo para el desarrollo de cualquier economía.

Cabe mencionar que las centrales hidroeléctricas son fuentes renovables de energía, y su aprovechamiento fortalece la seguridad energética, ya que diversifican las fuentes primarias de su producción a la vez que forman parte de estrategias de producción de energía sin la generación de gases de invernadero que provocan el cambio climático contribuyéndose así al cuidado del medio ambiente.

También se expresó que el conocimiento geográfico identifica áreas de acción y permite alcanzar la realización de ciertos proyectos porque se exponen los beneficios y riesgos que pueden afectar el desarrollo social. En este sentido indicaré, las centrales hidroeléctricas no se edifican únicamente para satisfacer inversiones monetarias, sino para satisfacer necesidades sociales, es

decir, ante la existencia del ramo Planeación, las políticas energéticas no se elaboran para fortalecer a las agrupaciones públicas o privadas. Su función principal radica en garantizar energía suficiente, económica y ecológica ante y por la sociedad, como lo es este proyecto hidroeléctrico que brindaría únicamente energía de picos. El proyecto en ciernes se ha retrasado por diversos motivos, entre ellos, la baja demanda energética que implica falta de crecimiento y desarrollo en los diversos sectores económicos de la región centro occidente de la república e incluso, la de poder ofrecer energía excedente fuera del país y por los cambios tecnológicos en su producción.

Al capacitarme y realizar estudios técnicos que desarrollaron mis competencias, objetivamente participé en este proyecto hidroeléctrico, patentando que los geógrafos, en las diferentes etapas de planeación, fungimos como puentes indispensables entre diversas disciplinas, como lo fue al presentar los resultados obtenidos de mi trabajo geológico, mismo que resolvió la falta de información geoespacial, y que fue trasladado para suministrar una base de aplicación en otras disciplinas como lo fue para la geofísica, petrología, cartografía y la biología. En este proceso y con el perfil mencionado, es que he reforzado los conocimientos teóricos adquiridos, pudiendo adoptar y transferir conceptos geográficos a las necesidades de mi entorno laboral.

Durante el planteamiento y ejecución de cualquier etapa de planeación de infraestructura se realizan estudios técnicos. Por lo que respecta a temas ambientales, aquí es donde se identifica los posibles impedimentos de acción y, a los geógrafos, se nos permite participar y analizar estos procesos, con el fin de identificar los posibles equívocos o proponer soluciones. Por ello es que, al advertir el uso del concepto Evaluación Ambiental Estratégica como un proceso nulo, se sugirió procurar su ocupación práctica; ofreciéndose el concepto vigente de evaluación ambiental estratégica e instó a utilizar esta herramienta ambiental en las futuras evaluaciones de impacto ambiental.

Con la acción anterior no se pretendió descubrir verdades ignotas, sino enfatizar definiciones esenciales que son manejadas por las ciencias ambiental y geográfica; como fue la relación conceptual de una evaluación ambiental estratégica en la Dirección de Proyectos de Inversión Financiada, una coordinación de la CFE.

Finalmente, como geógrafos, se nos permite encauzar propuestas edificativas de infraestructura, aceptándolos o rechazándolos, como son los proyectos hidroeléctricos; propuestas delicadas que demandan discreción en su planteamiento y que, precisamente, éstos deben plantearse en marcos de razonamientos estudiados, no así, en marcos políticos e ideológicos. Por lo que uno debe capacitarse e incursionar en diversas áreas del conocimiento, pero hemos de ser cuidadosos, y no dejar de lado el desempeño de nuestra disciplina al incursionar en otras ciencias ya que en nosotros, radica un enfoque común: el compromiso y la capacidad de empatía hacia los problemas colectivos además de poder construir estrategias de intervención que conduzcan a una probable solución.

Referencias bibliográficas

- Acuerdo de París (12 de diciembre de 2015) *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Paris: ONU.
- Aguayo Camargo, J. E., y Trápaga Martínez, R. (1996) *Geodinámica de México y Minerales del Mar*, México: FCE.
- Aguilera, J. G., Muñoz, B., Ordóñez, E., Cabañas, L. y Buelna, R. S. (1896) Bosquejo geológico de México. *Boletín 4-6 del Instituto geológico de México*, 276.
- Ahmed, K., y Sánchez Triana, E. (2008) *Strategic environmental assessment for polices: An instrument for good governance*, Washington, D.C.: The World Bank.
- Alcántara Ayala, I. (2011). Geomorfología en C. Herrero B. (Ed.), *Cosmos. Enciclopedia de las Ciencias y tecnologías en México* (Vol. VIII: Geografía, pp. 203-215), México: UAM-I.
- Alonso, M., y Finn, E. (1970) *Física* (Vol. I: Mecánica), México: Fondo Educativo Interamericano.
- Caballero Mora, J. I. (s/d de octubre de 2014) Licenciado en Filosofía, Maestro en Docencia y Doctor en Derecho. (L. M. León de la Barra Domínguez, Entrevistador) Cuautla, Morelos, México: Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Cervantes-Zamora, Y., Cornejo-Olguín, S. L., Lucero-Márquez, R., Espinoza-Rodríguez, J. M., Miranda-Viquez, E. y Pineda-Velazquez, A. (1990) *Clasificación de Regiones Naturales de México Escala 1:4'000,000. II: Sección IV.10.2 Atlas Nacional de México (1990-1992)*, México: UNAM-Instituto de Geografía.
- CFE (2018) *Dictamen del Análisis de Factibilidad Técnica del Proyecto Hidroeléctrico CH Las Cruces, en el Estado de Nayarit, correspondiente a dos unidades de 120 MW*. Elaborado para la Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Construcción, Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos. México: Grupo de Ingeniería en Consultoría y Obras, S. A. de C. V. Contrato No. 143067.
- Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L. y Fan, J. X. (2010) *The ICS International Chronostratigraphic Chart, Episodes 36: 199-204*. Recuperado el 06 de 02 de 2019, de <https://stratigraphy.org/icschart/ChronostratChart2018-08Spanish.pdf>
- CONABIO (2006) *Capital Natural y Bienestar Social*, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad.
- CONAGUA (2016) *Atlas del Agua en México 2016*, México: Comisión Nacional del Agua.
- Córdoba M., D. A. (1963) *Geología de la región entre Río Chico y Llano Grande, Municipios de Durango, Estado de Durango*, Boletín del Instituto de Geología, 71, Parte 1, México: UNAM.

- Decreto_463, 28, 01, 1926 (28 de enero de 1926) Ley de Categorías políticas para las poblaciones que forman el Estado de Nayarit, en relación con su división política territorial, *Periódico Oficial, Órgano del Gobierno Estatal*.
- Decreto_6789, 31, 01, 1984 (31 de Enero de 1984) Ley de División Territorial del Estado de Nayarit, *Periódico Oficial, Órgano del Gobierno Estatal*.
- DesJardins, J. (2001) *Environmental Ethics: An introduction to environmental philosophy* (3 ed.), Minnesota: Wadsworth Thompson Learning.
- DOCE (21 de julio de 2001) Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, p. 8.
- DOF 25, 11, 1936 (25 de noviembre de 1936) Ley de Expropiación. Nueva Ley, *Diario Oficial de la Federación*.
- DOF 24, 08, 1937 (24 de agosto de 1937) Capítulo II. Objeto y facultades de la Comisión, *Diario Oficial de la Federación*, p. 4.
- DOF 04, 06, 2012 (04 de junio de 2012) Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), *Diario Oficial de la Federación*, p. 114.
- DOF 20, 12, 2013 (20 de diciembre de 2013) Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía. *Diario Oficial de la Federación*.
- DOF 09, 07, 2014 (09 de julio de 2014). Acuerdo. Estudios técnicos de aguas superficiales de la RH número 11 Presidio-San Pedro. *Diario Oficial de la Federación*.
- DOF 31, 10, 2014 (31 de octubre de 2014) Reglamento de la LGEEPA. *Diario Oficial de la Federación*, p. 29.
- DOF 13, 01, 2016 (13 de enero de 2016) Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (LOPSRM), *Diario Oficial de la Nación*.
- Ferrari Pedraglio, L., Valencia Moreno, M. y Bryan, S. E. (2005) *Magmatismo y tectónica en la Sierra Madre Occidental y su relación con la evolución de la margen occidental de Norteamérica*. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo LVII, No. 3. México: UNAM.
- Hansen, K. D. (1998) *Cost of roller compacted concrete versus concrete faced rockfill dams*, Seminar, sept 6-17, 1998. Denver, EUA: International RCC Dams.
- Hansen, K. D. y Reinhardt, W. G. (1991) *Roller Compacted Concrete Dams*, New York: Mc Graw Hill.
- Hiernaux N., D. (2011) En C. Herrero B. (Ed.), *Cosmos*, Enciclopedia de las Ciencias y Tecnologías en México (Vol. VIII: Geografía, p. 14). México: UAM-I.

- INEGI (2001) *Provincias Fisiográficas - Escala 1:1'000,000*. Aguascalientes, Aguascalientes, México: INEGI.
- INEGI (2010) Red hidrográfica edición 2.0 Región Presidio - San Pedro, ITRF92, época 1988.0, *Mapa Digital de México versión 6*, Ciudad de México.
- INEGI (2011) *Cartas Geológicas 13A79 San Miguel; F13B71 Dolores; F13B81 San Pedro*, Conjunto de datos vectoriales escala 1:50,000 serie III, Nayarit, México.
- Kurb, M. (1997) *La Consultoría de Empresas: Guía de la Profesión*, Madrid: Limusa - Oficina Internacional del Trabajo (OIT) Ginebra, Suiza.
- Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M. J., Bonin, B. y Bateman, P. (2002) *Igneous Rocks: A Classification and Glossary of terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks*, Cambridge University Press.
- Lugo Hubp, J. I. (1996) *La Superficie de la Tierra I. Un vistazo a un mundo cambiante*, México: FCE.
- McDowell, F. W., y Clabaugh, S. E. (1979) *Ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and their relation to the tectonic history of western México*, Washington, D. C.: Geological Society of America, Special Paper No. 180.
- Naciones Unidas (1987) *Informe Brundtland*. Documentos Oficiales de la Asamblea General, cuadragésimo segundo período de sesiones, Suplemento No. 25.
- Partidário, M. R. (2012) *Guía de mejores prácticas para la evaluación ambiental estratégica: Orientaciones metodológicas para un pensamiento estratégico en EAE*, Lisboa: Agencia Portuguesa del Ambiente (APA) y Redes Energéticas Nacionales (REN).
- POISE 2012-2022. (2012) *Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE 2012-2022)*, México: Comisión Federal de Electricidad.
- Portuondo Vélez, Á. L., y Rodríguez Pérez, A. (1992) *La decisión en la empresa: implicación, algo más que participación; El camino hacia la modernidad en la dirección empresarial*, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Centro de Estudios de Planificación.
- Sherwood, J. (1989) "Diferencias esenciales entre el enfoque tradicional de la consultoría y el enfoque colaborativo" En *Capacitación de Estudios de Técnicas de dirección (CETDIR)* (p. 24), La Habana, Cuba: Instituto Superior Politécnico, José Antonio Echeverría (ISPJAE).
- Tajima, R. y Fischer, T. B. (Julio de 2013) Should different impact assessment instruments be integrated? Evidence from English spatial planning, *Environmental Impact Assessment* (41), 29-37.

- Therivel, R. (2010) *Strategic environmental assessment in action* (Edition 2nd. ed.), Londres: Routledge.
- UNAM (2010) *Campo y mercado de trabajo*, Recuperado el 15 de enero de 2022, de Oferta académica licenciatura: <http://www.ofertaacademica.unam.mx/carreras/22/geografia>
- Vega Roldán, Ó., y Arreguín Cortés, F. I. (1981) *Presas de almacenamiento y derivación*, México: UNAM - Facultad de Ingeniería: División de Estudios de Posgrado.
- Vera Torres, J. A. (1994) *Estratigrafía. Principios y Métodos*, Madrid: Editorial Rueda.
- WWF-México (s. f.) *San Pedro Mezquital - El gran desconocido* (WWF México y Fundación Gonzalo Arronte, Eds.) Recuperado el 06 de febrero de 2019, de https://www.wwf.org.mx/que_hacemos/programas/programa_agua/san_pedro_mezquital/
- www.iaia.org (01 de febrero de 2016) *Asociación Internacional para la Evaluación de Impactos*, Obtenido de www.iaia.org

Bibliografía

- Ávila Mares, A. (2015) *La contribución del geógrafo a la evaluación del impacto ambiental de proyectos carreteros*, Ciudad de México: Tesis Profesional.
- Delgadillo Macías, J. (2004) *Planeación territorial, políticas públicas y desarrollo regional en México*, México: UNAM-CRIM.
- Gasca Zamora, J. (2006) *El Plan Puebla Panamá: La configuración de un proyecto ampliado de inversión y comercio para el sureste de México y Centroamérica*. En F. Torres Torres y J. Gasca Zamora, *Los espacios de reserva en la expansión global del capital*. México: UNAM-Facultad de Economía y Plaza y Valdés.
- Hernández Bernal, N. A. (1995) *Distribución geográfica de la disponibilidad de agua para generación de energía eléctrica en México y generalidades del impacto ambiental en las 13 presas más importantes*, Ciudad de México: Tesis Profesional.
- Ibarra García, M. V. y Talledos Sánchez, E. (2015) *Las grandes obras hidroeléctricas manifestación espacial del régimen priísta*, pp.23. Ciudad de México: UNAM: Palacio de Minería.
- Pérez García, M. Á. (2011) *Técnicas y métodos de evaluación del impacto ambiental en proyectos lineales del sector eléctrico*, México: Tesis de Maestría.

Rodríguez Barrientos, J. A. (2011) *El geógrafo un profesionalista capacitado para desarrollar los procesos concernientes a la evaluación del impacto ambiental*, México: Tesis Profesional.

Torres Torres, F., y Gasca Zamora, J. (2006) *Los espacios de reserva en la expansión global del capital. El sur-sureste de México de cara al "Plan Puebla Panamá"*, México: UNAM-Facultad de Economía y Plaza y Valdés.