# *MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL*
# *MODALIDAD PARTICULAR*
# *SECTOR HIDRÁULICO*

## *PROYECTO:*
## *APROVECHAMIENTO DE MATERIALES PÉTREOS*

## *BANCO: DENOMINADO TORO BRAVO II, MARGEN IZQUIERDO DEL CAUCE DEL RÍO PAPALOAPAN*

## *SAN JUAN BAUTISTA, TUXTEPEC, OAXACA*



*PROMOVENTE:*
*AGLOMERADOS DE CONCRETO DEL PAPALOAPAN S.A. DE C.V.*
*OCTUBRE, 2026*

# ÍNDICE GENERAL

*CAPÍTULO I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE, DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO* ..... 10

1. Datos Generales del Proyecto. ..... 10

1.1. Nombre del Proyecto. ..... 10

1.2. Ubicación del proyecto. ..... 10

1.3. Datos generales del promovente. ..... 11

1.4. Nombre o razón social. ..... 12

1.5. Registro Federal de Contribuyentes. ..... 12

1.6. Nombre y cargo del representante legal. ..... 12

1.7. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones ..... 12

1.8. Teléfono y correo electrónico de contacto ..... 12

1.9. Datos del responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental. ..... 12

1.9.1. Nombre o Razón Social. ..... 12

1.9.2. Registro Federal de Contribuyentes ..... 13

1.9.3. Dirección del responsable técnico de la elaboración del estudio ..... 13

1.9.4. Teléfono y correo electrónico de contacto ..... 13

2. Descripción del Proyecto. ..... 13

2.1. Naturaleza del proyecto. ..... 14

2.2. Selección del sitio. ..... 14

2.3. Ubicación física del proyecto y planos de localización. ..... 15

3. Inversión requerida. ..... 17

3.1. Naturaleza privada del proyecto ..... 17

3.2. Ausencia de programas públicos aplicables ..... 17

3.3. Responsabilidad financiera directa ..... 17

3.4. Autonomía operativa y administrativa ..... 17

3.5. No afectación a presupuestos públicos ..... 17

4. Descripción Específica de las Obras y Actividades, Incluyendo Obras Complementarias ..... 19

5. Superficie de incidencia en la zona federal y/o cuerpos de agua..... 19
6. Superficie de incidencia de obras asociadas..... 20
7. Etapas del proyecto..... 21
7.1. Descripción de la preparación del sitio (incluyendo obras temporales o provisionales)..... 22
7.2. Descripción de la Etapa de Construcción..... 25
7.3. Descripción de la Etapa de Operación..... 25
7.4. Descripción de la Etapa de Mantenimiento..... 28
7.5. Descripción de la Etapa de Abandono y Desmantelamiento..... 29
8. Ubicación del proyecto..... 30
9. Plano de representación geográfica..... 34
10. Incidencia en ANP..... 34
11. Anteproyectos de las diferentes opciones analizadas..... 35
12. Cronograma Detallado de Ejecución del Proyecto..... 50
13. Volumen de Material Removido por Etapa..... 60
14. Cambio de Uso de Suelo de Áreas Forestales así como en selvas y zonas áridas..... 67
15. Especies sujetas a remoción por Cambio de Uso de Suelo de Áreas Forestales..... 69
*CAPÍTULO II. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO.*..... 71
16. Fundamento Legal..... 71
16.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)..... 71
16.2. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental..... 73
16.3. Ley General de Vida Silvestre..... 75
16.4. La NOM-022-SEMARNAT-2003..... 79
16.5. Áreas Naturales Protegidas (ANP)..... 84
16.6. Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC)..... 85
16.7. LGEEPA y Reglamento de la LGEEPA en materia de Áreas Naturales Protegidas..... 86

16.8. Programa de Manejo de Área Natural Protegida (Federales, estatales y municipales) ..... 88
16.9. Sitios RAMSAR ..... 89
16.10. Programas de Ordenamiento Ecológico Regional, Marino, Estatal, Municipal y Local ..... 92
16.10.1 Planes de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT). ..... 93
16.10.2 Plan de Desarrollo Municipal. ..... 95
16.10.3. Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio del Estado de Oaxaca (POERTEO). ..... 95
16.10.4. Regiones Terrestres Prioritarias (RTP). ..... 99
16.10.5. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS). ..... 99
16.10.6. Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP). ..... 100
16.10.7. Regiones Marítimas Prioritarias (RMP). ..... 101
16.11. Programas de Desarrollo Urbanos Locales. ..... 102
16.12. Normas Oficiales Mexicanas. ..... 104
16.13. Convenio 169 Organización Internacional del Trabajo (OIT) sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes. ..... 106
16.13. Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos ..... 108
*CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA* ..... 110
17. Criterios que se consideraron para la delimitación de la Región Ecológica. ..... 110
17.1. Componentes ambientales. ..... 117
17.1.1. Aspectos Abióticos. ..... 117
17.1.1.1 Clima y Fenómenos Meteorológicos. ..... 117
17.1.1.2. Fisiografía. ..... 120
17.1.1.3. Edafología. ..... 122
17.1.1.4. Geología. ..... 125
17.1.1.5. Uso del suelo y vegetación. ..... 127
17.1.1.6. Hidrología superficial. ..... 128
17.1.1.7. Microcuenca o cuencas hidrológicas de incidencia. ..... 132
17.1.1.8. Caudal ecológico. ..... 134
17.1.1.9. Principales ríos que tendrán interacción con el proyecto. ..... 138

17.1.1.10. Características físicas del cuerpo de agua. ..... 140
17.1.1.11. Calidad del agua del cuerpo de agua. ..... 142
17.1.1.12. Hidrología subterránea. ..... 143
17.1.2. Aspectos bióticos. ..... 145
17.1.2.1. Flora. ..... 145
17.1.2.2. Fauna. ..... 148
17.1.2.3. Medio socioeconómico. ..... 151
17.1.2.4. Paisaje. ..... 159
17.1.2.4.1. Evaluación del paisaje dentro de la zona. ..... 161
17.2. Diagnóstico ambiental. ..... 165
17.2.1. Integración e interpretación del inventario ambiental. ..... 167
17.2.2. Síntesis del inventario. ..... 174
17.3. Estudios específicos. ..... 176
17.3.1. Determinación del caudal ecológico, con base en la NMX-AA-159-SCFI-2012. ..... 176
17.3.2. Estudio hidrológico. ..... 180
17.3.2.1. Caracterización de la cuenca hidrológica. ..... 181
17.3.2.2. Métodos a utilizar para el cálculo del gasto de diseño para un periodo de retorno determinado, de acuerdo con la obra hidráulica. ..... 184
17.3.2.3. Tiempo de concentración. ..... 186
17.3.3. Estudio hidráulico. ..... 188
17.3.3.1. Modelación hidráulica considerando el gasto de diseño obtenido en el estudio hidrológico, para los escenarios actual y con proyecto. ..... 189
17.3.3.2. Datos considerados para la simulación en software (IBER, HEC-RAS, MIKE11, entre otros). ..... 192
17.3.3.3. Datos considerados para la simulación en software (IBER, HEC-RAS, MIKE11, entre otros). ..... 195
17.3.3.4. Conclusiones y recomendaciones sobre la viabilidad del desarrollo del proyecto. ..... 198
17.3.4. Mecánica de suelos. ..... 200
17.3.5. Topografía. ..... 204
17.3.6. Estudio geológico. ..... 207

17.3.7. Muestreos estadísticamente confiables de flora y fauna. Deberán cubrir una anualidad (lluvias, secas). ..... 213

17.3.8. Índices de diversidad (Shannon –Weiner, dominancia de Simpson, uniformidad de Pielou, entre otros). ..... 216

*CAPÍTULO IV. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN* ..... 220

18. Impactos ambientales y Medidas de Prevención, Mitigación y/o Compensación propuestas. ..... 220

19. Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental. ..... 244

20. Pronósticos del escenario considerando los Impactos Ambientales y las Medidas de Prevención y Mitigación ..... 255

21. Programa de Vigilancia Ambiental. ..... 260

21.1 Medidas de Ubicación y Diseño ..... 262

21.1.1 Delimitación del polígono de extracción ..... 262

21.1.2. Respeto a la franja de vegetación riparia ..... 262

21.1.3. Diseño del camino de acceso ..... 262

21.2. Procedimientos de Construcción y Operación ..... 262

21.2.1. Procedimiento de extracción ..... 262

21.2.2. Procedimiento de mantenimiento ..... 263

21.2.3. Manejo de residuos ..... 263

21.2.4. Prevención de derrames ..... 263

21.3. Programas de Monitoreo ..... 263

21.3.1. Monitoreo de la calidad del aire ..... 263

21.3.2. Monitoreo de la calidad del agua ..... 264

21.3.3. Monitoreo del suelo ..... 264

21.3.4. Monitoreo de flora y fauna ..... 264

21.3..5. Monitoreo del cauce y la morfología ..... 264

21.3..6. Monitoreo socioeconómico ..... 264

21.4. Planes de Contingencia y Respuesta a Emergencias ..... 264

21.4.1. Identificación de riesgos potenciales ..... 264

21.4.2. Plan de respuesta a derrames de hidrocarburos ..... 265

21.4.3. Plan de respuesta a inundaciones ..... 265
21.4.4. Plan de respuesta a accidentes laborales ..... 265
21.4.5. Plan de respuesta a afectación de fauna ..... 265
21.4.6. Programa de capacitación en emergencias ..... 266
21.5. Medidas Socioeconómicas ..... 266
21.5.1. Generación de empleo ..... 266
21.5.2. Desarrollo económico local ..... 266
21.5.3. Prevención de molestias a la comunidad ..... 266
21.5.4. Vinculación con comunidades indígenas y afromexicanas ..... 266
21.6. Compensación por Pérdidas o Daños ..... 267
21.6.1. Mecanismos de compensación ..... 267
21.6.2. Fondo de compensación ambiental ..... 267
21.6.3. Procedimiento de atención a quejas y reclamaciones ..... 267
21.7. Forma de llevar a cabo las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales identificados. ..... 268
22. Otros Anexos. ..... 277
23. Glosario de términos. ..... 277
24. Fuentes Bibliográficas. ..... 284

# ÍNDICE DE IMÁGENES

Ilustración 1.- Croquis de macro localización del sitio del proyecto. ..... 11
Ilustración 2. Micro localización del banco Toro Bravo II en el río Papaloapan. ..... 16
Ilustración 3. Ubicación del banco en el río Papaloapan. ..... 16
Ilustración 4.- Áreas Naturales Protegidas cercanas al sitio del proyecto. ..... 85
Ilustración 5.- Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), cercanas al sitio del proyecto. ..... 86
Ilustración 6.- Sitios RAMSAR cercas del proyecto. ..... 92
Ilustración 7.- Ubicación del proyecto dentro de la UAB definidas en el POEGT. ..... 94
Ilustración 8.- Ubicación del proyecto con relación a la UGA del POERTEO. ..... 98
Ilustración 9.- Regiones Terrestres Prioritarias inmersa en el sitio del proyecto. ..... 99

Ilustración 10.- AICAS cercanas al sitio del proyecto. ..... 100
Ilustración 11.- Región Hidrológica Prioritaria cercana al sitio de proyecto. ..... 101
Ilustración 12.- Región Marítima Prioritaria cercana al sitio de proyecto. ..... 102
Ilustración 13.- Mapa de delimitación del región ecológica. ..... 116
Ilustración 14.- Tipo de clima presente en el sitio del proyecto. ..... 119
Ilustración 15.- Provincias Fisiográfica presente dentro de la región ecológica. ... 122
Ilustración 16.- Tipo de edafología dentro del región ecológica. ..... 125
Ilustración 17.- Geología presente dentro del región ecológica. ..... 127
Ilustración 18.- Uso del suelo y vegetación dentro de la región ecológica. ..... 128
Ilustración 19.- Hidrología presente en el sitio del proyecto y región ecológica. .. 132
Ilustración 20.- Presencia de terrenos destinados a las prácticas agrícolas, pecuarias, colindante en la parte del río Papaloapan. ..... 163
Ilustración 21.- Observarse que en el río Papaloapan, colinda en la parte Oeste con terrenos de uso agrícola. ..... 164
Ilustración 22.- Condiciones actuales del cauce del río Papaloapan, se aprecia el abundamiento del material, lo que provoca inundaciones en sitios aledaños en temporadas de lluvias. ..... 165
Ilustración 23.- Panorámica del tipo de suelo en el la región ecologica y sitio del proyecto, predominando los suelos cambisol eutrico y feozem hplico. ..... 170
Ilustración 24.- Condiciones actuales del río Papaloapan, nótese la acumulación del material pétreo en el sitio propuesto. ..... 171
Ilustración 25.- Vegetación existente en las márgenes del rio Papaloapan. ..... 172
Ilustración 26.- En las colindancias del sitio del proyecto predominan las áreas destinadas a las prácticas agrícolas y pecuarias. ..... 173

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fuentes de financiamiento y porcentajes de distribución sitio....17
Tabla 2. Costos de Inversión....18
Tabla 3. No aplica para el proyecto....
Tabla 4. No aplica para el proyecto....
Tabla 5. No aplica para el proyecto....
Tabla 6. No aplica para el proyecto....
Tabla 7. No aplica para el proyecto....
Tabla 8. No aplica para el proyecto....
Tabla 9. No aplica para el proyecto ....
Tabla 10. Especificaciones técnicas de obras de dragado de cuerpos de agua continentales....19
Tabla 11. No aplica para el proyecto ....
Tabla 12.. No aplica para el proyecto....
Tabla 13. No aplica para el proyecto....
Tabla 14. Superficie de incidencia en la zona federal y/o cuerpos de agua....19
Tabla 15. Superficie de incidencia de obras asociadas....20
Tabla 16. Superficies de incidencia en Área Natural Protegida (ANP) Federal....34
Tabla 17. Desechos....64
Tabla 18. Insumos....65
Tabla 19. Cambio de Uso de Suelo de Áreas Forestales....68
Tabla 20. Cambio de Uso de Suelo de Áreas Forestales (NOM-059-SEMARNAT-2010)....69
Tabla 21. Vinculación....71-106
Tabla 22. Delimitación de la Región Ecológica....110
Tabla 23. Componentes ambientales de la Región Ecológica y área de influencia. ....117-161
Tabla 24. Impactos ambientales y Medidas de Prevención, Mitigación y/o Compensación propuestas....220-268
Tabla 25. No aplica para el proyecto....

# *CAPÍTULO I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE, DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO*

## 1. Datos Generales del Proyecto.

### 1.1. Nombre del Proyecto.

*APROVECHAMIENTO DE MATERIAL PÉTREO EN EL BANCO DENOMINADO "TORO BRAVO II" MARGEN IZQUIERDA DEL CAUCE DEL RÍO PAPALOAPAN, SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC, OAXACA.*

### 1.2. Ubicación del proyecto.

El proyecto se ejecutará específicamente en el cauce del río Papaloapan en jurisdicción de la localidad y municipio de **San Juan Bautista Tuxtepec**, Distrito de Tuxtepec en la Región de Papaloapan del **Estado de Oaxaca**; dicho municipio se localiza en las coordenadas geográficas 18°05' latitud norte y 96°08' longitud oeste y se encuentra a 20 metros sobre el nivel del mar.

El municipio de Sa Juan Bautista Tuxtepec, Oax., consta de una superficie total de 381.49 $km^2$, lo que representa el 0.82 % de la superficie con relación al estado; limita al norte con el estado de Veracruz y el municipio de San Miguel Soyaltepec, al sur con los municipios de Santiago Jocotepec y Loma Bonita, al poniente con los municipios de Santa María Jacatepec, San Lucas Ojitlán y San José Chiltepec, al oriente con el municipio de Loma Bonita.




*Ilustración 1.- Croquis de macro localización del sitio del proyecto.*

### 1.3. Datos generales del promovente.

I. Copia certificada del Acta Constitutiva de la empresa **AGLOMERADOS DE CONCRETO DEL PAPALOAPAN, S.A. DE C.V.**, de acuerdo con el Instrumento número mil ciento cinco, volumen octavo, de fecha treinta y uno de julio de mil novecientos ochenta y dos, ante la fe de la Lic. Andrea Guzmán López encargada provisional de la Notaría Publica número quince de Córdoba Veracruz, Oaxaca. En el Anexo A, se presenta copia fotostática del documento referido.

II. Copia certificada del poder notarial a nombre de la **C. Susette Balderas Rodríguez**, Apoderada Legal para pleitos y cobranzas, actos de administración y para actos de dominio, de acuerdo con el Instrumento número seis mil ciento sesenta y siete (6,167), de veintiuno de abril del año dos mil veinticinco, ante la fe de la Lic. Pedro Enrique García Pensado titular de la Notaría Publica número cuarenta y dos (42) de Alvarado, Ver. En el Anexo A, se presenta copia fotostática del documento referido.

III. Copia certificada del instrumento público número seis mil trescientos sesenta y nueve (6369) volumen ochenta (80), de fecha primero de octubre del año dos mil veintiuno. ante la fe del Lic. Rosa Lizbeth Caña Cadeza,

donde se hace constar el contrato de compraventa de una fracción de terreno ubicado en el Paraje Toro Bravo s/n, San Juan Bautista Tuxtepec en el Municipio de San Juan Bautista Tuxtepec, en el Estado de Oaxaca, que se utilizará como servidumbre de paso para acceso al sitio del proyecto.

IV. Copia fotostática simple del Registro Federal de Contribuyentes de la empresa Aglomerados de Concreto del Papaloapan, S. A. de C. V.

V. Credencial para votar con fotografía a nombre del **C. Susette Balderas Rodríguez**.

La documentación descrita se presenta en el Anexo "A" del presente documento.

### 1.4. Nombre o razón social.

AGLOMERADOS DE CONCRETO DEL PAPALOAPAN, S.A. DE C.V.

### 1.5. Registro Federal de Contribuyentes.

[redacted]

### 1.6. Nombre y cargo del representante legal.

C. Susette Balderas Rodríguez**, en su carácter de Apoderada Legal.**

### 1.7. Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones

[redacted]

### 1.8. Teléfono y correo electrónico de contacto

[redacted]

### 1.9. Datos del responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental.

### 1.9.1. Nombre o Razón Social.

Ing. Alfonso Alarcón Hernández
Cédula Profesional .- 5150054

Lo testado corresponde al RFC, domicilio, teléfono y correo electrónico datos personales con fundamento en el primer párrafo del artículo 115 y 120 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

### 1.9.2. Registro Federal de Contribuyentes

[redacted]

### 1.9.3. Dirección del responsable técnico de la elaboración del estudio

[redacted]

## *DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.*

### 2. Descripción del Proyecto.

La actividad que se pretende ejecutar consiste en la extracción de material pétreo en greña en una superficie total de **16,679.5307 m²** distribuidos en el (Banco "**Toro Bravo II**"), con un volumen total de aprovechamiento de **33,035.19 m³** durante un periodo de 5 años, situados sobre el cauce del río Papaloapan en jurisdicción del municipio de San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca.

En base a los resultados del estudio de levantamiento topográfico se determinó que el sitio del proyecto presenta gran cantidad de material pétreo acumulado, las características de aprovechamiento del banco se detallan a continuación:

El banco "**Toro Bravo II**" contempla una superficie de **16,679.5307 m²**, con un volumen total de aprovechamiento durante un periodo de cinco años de **33,035.19 m³** anuales, a razón de **6,607.03 m³** anuales en promedio.

La extracción de material se realizará sobre el cauce principal del río Papaloapan, llevándose a cabo en un frente de trabajo, partiendo de aguas abajo hacia aguas arriba (***en contracorriente***), dicha actividad se efectuará con ayuda de una retroexcavadora, la cual ingresará temporalmente al cauce del río para extraer el material pétreo en greña, el cual será acumulado en la misma playa durante algunas horas para propiciar el escurrimiento de exceso de agua, posteriormente será cargado a los **camiones tipo volteo con capacidad de 7 m³** y transportado inmediatamente al sitio donde sea requerido, por lo que no se contemplan actividades de selección o clasificación del material en el sitio de aprovechamiento; asimismo, dentro de la etapa de operación del proyecto no se contempla la existencia de un patio de almacenamiento del material extraído, ya que éste será llevado directamente al lugar de requerimiento.

Lo testado corresponde al RFC, domicilio, teléfono y correo electrónico datos personales con fundamento en el primer párrafo del artículo 115 y 120 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Asimismo, el material no aprovechable será dispuesto sobre las márgenes del río para el levantamiento del hombro del cauce y protección marginal, aprovechando de esta manera el material no comercializable, lo cual mitigará la erosión del suelo de terrenos colindantes debido a la fuerza de deslave que ejerce la corriente del río sobre ellos.

## 2.1. Naturaleza del proyecto.

La presente Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular, Sector Hidráulico, se presenta con la finalidad de dar cumplimiento al Art. 28 fracción X (Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lago y esteros conectados en el mar, así como en sus litorales o zonas federales) de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; así como al Art. 5, incisos R) fracción II, (Cualquier actividad que tenga fines u objetivos comerciales) de su reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental; dada las actividades que contempla el presente proyecto.

Por otra parte, se solicitará ante la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) la concesión de la superficie propuesta para aprovechamiento de material pétreo en greña durante un periodo de 5 años, lapso máximo que esa Dependencia Federal expide una concesión de esa naturaleza. Una vez ***fenecido*** el tiempo otorgado en concesión se realizarán los estudios correspondientes para determinar la viabilidad para continuar con su aprovechamiento y gestión correspondiente.

Cabe mencionar que las actividades de aprovechamiento del material pétreo se sujetarán a los resultados obtenidos en el levantamiento topográfico, estudio hidráulico y estudio hidrológico.

## 2.2. Selección del sitio.

En la siguiente tabla se describen los criterios elegidos para la selección del sitio propuesto para realizar el aprovechamiento del material pétreo del Banco "**Toro Bravo II**".

| Tabla A | | | |
|---|---|---|---|
| **No.** | **Criterios Ambientales** | **Respuesta** | **Valor** |
| 1 | ¿Se trata de obras o actividades en areas naturales protegidas de competencia de la Federación? | No | 1 |
| | | Si | 3 |
| 2 | ¿Para el desarrollo del proyecto se requiere la autorización de impacto ambiental por el cambio de uso del suelo de areas forestales, en selvas o zonas áridas? | No | 1 |
| | | Si | 3 |
| 3 | ¿El Proyecto implica el uso o manejo de al menos una sustancia considerada dentro de las actividades consideradas altamente riesgosas? | No | 1 |
| | | Si | 3 |

| Tabla B | | |
|---|---|---|
| Grado | Cuota a Pagar Según el Inciso Correspondiente a las Fracciones II y III de este artículo | Rango (Clasificación) |
| Mínimo | a) | 3 |
| Medio | b) | De 3 a 7 |
| Alto | c) | 9 |

## 2.3. Ubicación física del proyecto y planos de localización.

Las coordenadas de ubicación del polígono del banco de material pétreo denominado (***Banco Toro Bravo II***) se muestra en la siguiente tabla, dichos datos están referidos en los vértices que forman el polígono propuesto, estas se presentan en Unidades Terrestres de Mercator (UTM) y corresponden a la zona de cuadriculas 14 Banda Q, con un Datum de georeferenciación WGS84, equivalente a ITRF92, para su determinación geográfica se utilizó un sistema de posicionamiento global (GPS).

| CUADRO DE CONSTRUCCION DE ZONA DE EXTRACCION | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| LADO | | RUMBO | DISTANCIA | V | COORDENADAS | |
| EST | PV | | | | Y | X |
| | | | | A | 2,006,438.6002 | 803,956.4713 |
| A | B | S 42°02'02.3629" E | 50.0000 | B | 2,006,401.4628 | 803,989.9499 |
| B | C | N 47°57'57.6371" E | 333.5906 | C | 2,006,624.8255 | 804,237.7236 |
| C | D | N 42°02'02.3629" W | 50.0000 | D | 2,006,661.9629 | 804,204.2450 |
| D | A | S 47°57'57.6371" W | 333.5906 | A | 2,006,438.6002 | 803,956.4713 |
| SUPERFICIE = 16,679.5307 m2 | | | | | | |

*Coordenadas de ubicación del Banco Toro Bravo II*




*Ilustración 2. Micro localización del banco Toro Bravo II en el río Papaloapan.*




*Ilustración 3. Ubicación del banco en el río Papaloapan.*

## 3. Inversión requerida.

La totalidad de los recursos destinados al desarrollo del proyecto de extracción de material pétreo proviene de **inversión privada**, aportada exclusivamente por la empresa AGLOMERADOS DE CONCRETO DEL PAPALOAPAN S.A. de C.V. Esto se debe a los siguientes motivos:

### 3.1. Naturaleza privada del proyecto

La extracción, acopio y comercialización de material pétreo constituye una actividad productiva realizada por una ***empresa mercantil con fines comerciales***. Al no tratarse de una **obra pública**, *infraestructura gubernamental* o *programa social*, no es elegible para financiamiento federal, estatal o municipal.

### 3.2. Ausencia de programas públicos aplicables

Actualmente no existen programas de inversión pública destinados al financiamiento de proyectos de explotación de bancos de materiales por parte de empresas privadas. Los fondos gubernamentales en materia de infraestructura se orientan a **obras públicas**, no a actividades extractivas con fines comerciales.

### 3.3. Responsabilidad financiera directa

La empresa AGLOMERADOS DE CONCRETO DEL PAPALOAPAN S.A. de C.V., asume íntegramente los costos de adquisición de maquinaria, operación, mantenimiento, cumplimiento ambiental, seguridad laboral y demás obligaciones derivadas del proyecto, sin requerir subsidios, apoyos o aportaciones gubernamentales.

### 3.4. Autonomía operativa y administrativa

El modelo de negocio de la empresa AGLOMERADOS DE CONCRETO DEL PAPALOAPAN S.A. de C.V., contempla la **operación independiente** del sector público, por lo que la planeación, ejecución y financiamiento del proyecto se realizan con recursos propios para garantizar eficiencia, continuidad y control interno.

### 3.5. No afectación a presupuestos públicos

Al no **solicitar** ni **recibir** recursos gubernamentales, el proyecto no compromete partidas presupuestales federales, estatales o municipales, ni requiere asignaciones extraordinarias de gasto público.

**Tabla 1. Fuentes de financiamiento y porcentajes de distribución.**

| Federal | % | Estatal | % | Municipal | % | Otros (Especificar) | % | Total | 100% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | Inversión privada | 100 | $ 1,380,000.00 | 100 |

La inversión para la ejecución del proyecto asciende a **$ 1,380,000.00** (Un millón trecientos ochenta mil pesos 00/100 M.N.); este presupuesto será aplicable para un periodo de cinco años de vida útil. Dicha inversión se considera no muy alta considerando que la empresa promovente cuenta con la maquinaria, equipos y vehículos de carga que serán empleados durante la operación del proyecto.

| Tabla 2. Costos de Inversión. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Preparación del sitio | Construcción | Operación y mantenimiento | Abandono | Medidas de prevención, mitigación y/o compensación | Total |
| 0.00 | 0.00 | $ 210,100.00 | 0.00 | 75,900.00 | $276,000.00 x 5 años = $1,380,000.00 |

| Requerimientos | Gasto Mensual En Pesos ($) | Gasto Anual En Pesos ($) |
|---|---|---|
| Mantenimiento de maquinarias, equipos y camiones de volteo. | 13,800.00 | 82,800.00 |
| Combustible para maquinarias. | 5,750.00 | 34,500.00 |
| Combustible para camiones de volteo. | 5,750.00 | 34,500.00 |
| Pago de mano de obra | 6,900.00 | 41,400.00 |
| Renta de sanitarios portátiles | 1,150.00 | 6,900.00 |
| Aplicación de medidas de prevención y mitigación (MIA-P). | 5,750.00 | 34,500.00 |
| Supervisión ambiental y cumplimiento SEMARNAT. | 6,900.00 | 41,400.00 |
| **Total** | **46,000.00** | **276,000.00** |

a) **Período de recuperación de la inversión**: La inversión se plantea recuperarla en un lapso de tres años aproximadamente.
b) **Especificar los costos necesarios para aplicar las medidas de prevención y mitigación**: Como se mencionó en la tabla anterior, se contempla un monto de $34,500.00 (Treinta y cuatro mil quinientos pesos 00/100 M.N.) de manera semestral para la aplicación de medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales propuestos en la MIA-P y de $41,400.00 (Cuarenta y un mil cuatrocientos pesos 00/100 M.N) para la supervisión ambiental y cumplimiento a las condicionantes establecidas en la autorización en materia de impacto ambiental otorgada por la SEMARNAT, dichas medidas serán aplicables durante la vida útil del proyecto.

## 4. Descripción Específica de las Obras y Actividades, Incluyendo Obras Complementarias

| Tabla 10. Especificaciones técnicas de obras de dragado (EMP) de cuerpos de agua continentales. | | | |
|---|---|---|---|
| Profundidad de dragado (Extracción Material Pétreo) (m) | 1.10 m | | |
| Ancho de dragado (Extracción Material Pétreo) (m) | 50.00 m | | |
| Volumen de material producto ($m^3$) | 33,035.19 $m^3$ | | |
| Tipo de draga | Mecánica | | |
| Sitios de disposición del producto | | | |
| Ubicación (Coordenadas UTM): | V | Y | X |
| | 1 | 2,006,412.01 | 803,723.32 |
| | 2 | 2,006,422.74 | 803,740.61 |
| | 3 | 2,006,459.42 | 803,804.74 |
| | 4 | 2,006,483.71 | 803,804.74 |
| | 5 | 2,006,507.78 | 803,830.04 |
| | 6 | 2,006,532.71 | 803,856.45 |
| | 7 | 2,006,540.28 | 803,864.20 |
| | 8 | 2,006,544.12 | 803,870.56 |
| | 9 | 2,006,566.99 | 803,891.29 |
| | 10 | 2,006,605.27 | 803,930.52 |
| | 11 | 2,006,626.56 | 803,952.83 |
| | 12 | 2,006,652.04 | 803,979.23 |
| | 13 | 2,006,672.26 | 804,000.01 |
| | 14 | 2,006,650.93 | 804,029.80 |
| | 15 | 2,006,643.59 | 804,039.81 |
| | 16 | 2,006,564.29 | 803,956.39 |
| | 17 | 2,006,513.05 | 803,902.58 |
| | 18 | 2,006,492.71 | 803,881.63 |
| | 19 | 2,006,477.95 | 803,867.56 |
| | 20 | 2,006,457.79 | 803,848.61 |
| | 21 | 2,006,442.03 | 803,832.23 |
| | 22 | 2,006,426.06 | 803,813.36 |
| | 23 | 2,006,411.16 | 803,798.31 |
| | 24 | 2,006,393.89 | 803,781.59 |
| | 25 | 2,006,371.92 | 803,762.03 |
| | 26 | 2,006,337.16 | 803,735.58 |
| | 27 | 2,006,337.16 | 803,731.49 |
| | 28 | 2,006,365.44 | 803,751.15 |
| | 29 | 2,006,370.48 | 803,754.97 |
| | 1 | 2,006,412.01 | 803,723.32 |
| Superficie ($m^2$) | 18,714.9800 $m^2$ | | |

## 5. Superficie de incidencia en la zona federal y/o cuerpos de agua.

| Tabla 14. Superficie de incidencia en la zona federal y/o cuerpos de agua. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Obra y/o actividad | Nombre del cuerpo de agua continental (río, lago y/o laguna, etc.) . | Superficie de incidencia en la zona federal*. ($m^2$) | Superficie de incidencia en el cauce. ($m^2$) | Coordenadas UTM de ubicación de la incidencia. | | |
| | | | | V | X | Y |
| Ocupación de una fracción de terreno federal de la margen derecha de río Papaloapan, para su ocupación como | Río Papaloapan | 100.00 | 784.4494 | 1 | 803,952.6610 | 2,006,553.5475 |
| | | | | 2 | 803,945.5281 | 2,006,546.5388 |
| | | | | 3 | 803,952.5369 | 2,006,539.4059 |
| | | | | 4 | 804,030.6413 | 2,006,505.4628 |
| | | | | 5 | 804,038.0687 | 2,006,512.1585 |
| | | | | 6 | 803,959.6697 | 2,006,546.4147 |
| | | | | 1 | 803,952.6610 | 2,006,553.5475 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| camino de acceso al banco de materiales. | | | | | | |
| **Superficie total** | 884.4494 m² | | | | | |

***NOTA: Ley de Aguas Nacionales, Artículo 3, fracción XLVII.- "Ribera o Zona Federal": Las fajas de diez metros de anchura contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, medidas horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias. La amplitud de la ribera o zona federal será de cinco metros en los cauces con una anchura no mayor de cinco metros. El nivel de aguas máximas ordinarias se calculará a partir de la creciente máxima ordinaria que será determinada por "la Comisión" o por el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, de acuerdo con lo dispuesto en los reglamentos de esta Ley. En los ríos, estas fajas se delimitarán a partir de cien metros río arriba, contados desde la desembocadura de éstos en el mar. En los cauces con anchura no mayor de cinco metros, el nivel de aguas máximas ordinarias se calculará a partir de la media de los gastos máximos anuales producidos durante diez años consecutivos. Estas fajas se delimitarán en los ríos a partir de cien metros río arriba, contados desde la desembocadura de éstos en el mar. En los orígenes de cualquier corriente, se considera como cauce propiamente definido, el escurrimiento que se concentre hacia una depresión topográfica y forme una cárcava o canal, como resultado de la acción del agua fluyendo sobre el terreno. La magnitud de la cárcava o cauce incipiente deberá ser de cuando menos de 2.0 metros de ancho por 0.75 metros de profundidad.**

**Tabla 14. Superficie de incidencia en la zona federal y/o cuerpos de agua.**

| Obra y/o actividad | Nombre del cuerpo de agua continental (río, lago y/o laguna, etc.) . | Superficie de incidencia en la zona federal*. (m²) | Superficie de incidencia en el cauce. (m²) | Coordenadas UTM de ubicación de la incidencia. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | V | X | Y |
| Extracción de materiales pétreos del banco denominado "***Toro Bravo II***', de material en greña | Río Papaloapan | 0.00 | 16,679.5307 | A | 803,956.4713 | 2,006,438.6002 |
| | | | | B | 803,989.9499 | 2,006,401.4628 |
| | | | | C | 804,237.7236 | 2,006,624.8255 |
| | | | | D | 804,204.2450 | 2,006,661.9629 |
| | | | | A | 803,956.4713 | 2,006,438.6002 |
| **Superficie total** | | 16,679.5307 m² | | | | |

***NOTA: Ley de Aguas Nacionales, Artículo 3, fracción XLVII.- "Ribera o Zona Federal": Las fajas de diez metros de anchura contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, medidas horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias. La amplitud de la ribera o zona federal será de cinco metros en los cauces con una anchura no mayor de cinco metros. El nivel de aguas máximas ordinarias se calculará a partir de la creciente máxima ordinaria que será determinada por "la Comisión" o por el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, de acuerdo con lo dispuesto en los reglamentos de esta Ley. En los ríos, estas fajas se delimitarán a partir de cien metros río arriba, contados desde la desembocadura de éstos en el mar. En los cauces con anchura no mayor de cinco metros, el nivel de aguas máximas ordinarias se calculará a partir de la media de los gastos máximos anuales producidos durante diez años consecutivos. Estas fajas se delimitarán en los ríos a partir de cien metros río arriba, contados desde la desembocadura de éstos en el mar. En los orígenes de cualquier corriente, se considera como cauce propiamente definido, el escurrimiento que se concentre hacia una depresión topográfica y forme una cárcava o canal, como resultado de la acción del agua fluyendo sobre el terreno. La magnitud de la cárcava o cauce incipiente deberá ser de cuando menos de 2.0 metros de ancho por 0.75 metros de profundidad.**

## 6. Superficie de incidencia de obras asociadas.

**Tabla 15. Superficie de incidencia de obras asociadas.**

| Superficies de incidencia | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Estructura/Componente del proyecto** | **Área de afectación (m²)** | **Área de afectación por obras permanentes (m²)** | **Área de afectación de vegetación forestal (m²)** **CAMBIO DE USO DE SUELO** | **Área de afectación de Vegetación NO forestal (m²)** |
| Extracción de materiales pétreos del banco denominado "***Toro Bravo II***', de material en greña. | 0.00 | 0.00 **Área de afectación por obras temporales (m²)** | 0.0 | 0.00 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 16,679.5307 m² | | |

| Tabla 15. Superficie de incidencia de obras asociadas. | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Superficies de incidencia | | | | |
| Estructura/Componente del proyecto | Área de afectación (m²) | Área de afectación por obras permanentes (m²) | Área de afectación de vegetación forestal (m²) CAMBIO DE USO DE SUELO | Área de afectación de Vegetación NO forestal (m²) |
| Ocupación de una fracción de terreno federal de la margen derecha de río Papaloapan, para su ocupación como camino de acceso al banco de materiales. | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 0.00 |
| | | Área de afectación por obras temporales (m²) | | |
| | | 884.4494 m² | | |

## 7. Etapas del proyecto.

### Descripción del proyecto:

### Objetivo.

Realizar la extracción de material pétreo (grava, arena y otros agregados) en greña, directamente del cauce del río Papaloapan, para su comercialización como materia prima para la construcción. El proyecto busca aprovechar los depósitos acumulados en el banco denominado "**Toro Bravo II**" durante un periodo de 5 años.

### Justificación.

El río Papaloapan presenta un fuerte azolvamiento (acumulación excesiva de sedimentos y materiales pétreos) que reduce su capacidad de conducción, incrementa el riesgo de inundaciones en terrenos aledaños y afecta a predios agrícolas y pecuarios. La extracción controlada del material permite:

- Desazolvar el cauce, mejorando el flujo hidráulico.
- Prevenir desbordamientos durante la temporada de lluvias.
- Aprovechar un recurso natural de manera sustentable, siguiendo los lineamientos de CONAGUA y SEMARNAT.
- Generar empleos locales y dinamizar la economía regional.

### Ubicación y superficie

### Ubicación.

El proyecto se localiza en el municipio de **San Juan Bautista Tuxtepec**, Distrito de Tuxtepec, en la región de Papaloapan del estado de **Oaxaca**. El sitio se sitúa sobre el **cauce del río Papaloapan**, en su margen izquierda.

Coordenadas geográficas aproximadas del municipio: 18°05' latitud norte y 96°08' longitud oeste, a 20 msnm. El acceso se realiza mediante un camino de terracería que entronca con la carretera federal Ciudad Alemán – Tuxtepec.

**Superficie y volúmenes.**

- **Superficie total del polígono de extracción:** 16,679.5307 $m^2$ (1.67 ha aproximadamente).
- **Volumen total a extraer durante 5 años:** 33,035.19 $m^3$.
- **Volumen promedio anual:** 6,607.03 $m^3$/año.
- **Vida útil del proyecto:** 5 años, sujeto a renovación de la concesión de CONAGUA.

**7.1. Descripción de la preparación del sitio (incluyendo obras temporales o provisionales).**

La etapa de preparación del sitio es de alcance limitado debido a que el proyecto se desarrolla directamente sobre el cauce del río Papaloapan y no requiere de actividades de desmonte, despalme o desvío del cauce. Las actividades contempladas son:

- **Delimitación del polígono de extracción:**
  - Una vez obtenidos el título de concesión por parte de la CONAGUA y la autorización de impacto ambiental por parte de la SEMARNAT, se procederá a delimitar físicamente la superficie total del polígono autorizado para el aprovechamiento (**16,679.5307 $m^2$**). El objetivo es respetar estrictamente el área concesionada y evitar afectaciones fuera de ella.
- **Limpieza y acondicionamiento del banco (sitio de extracción):**
  - No se requiere realizar desmonte ni despalme, ya que las actividades se ejecutan sobre el cauce del río. Tampoco es necesario desviar el flujo del agua, dado que la extracción se realiza sobre el material pétreo que se encuentra por encima del nivel del espejo de agua (en playas y áreas descubiertas durante el estiaje). Esto permite el

aprovechamiento inmediato sin modificar el patrón de escurrimiento natural del río.

- **Limpieza y acondicionamiento del camino de acceso:**

  - Se contempla el mejoramiento del camino de terracería existente (con una longitud de 884.4494 $m^2$), el cual será utilizado como servidumbre de paso, como camino de acceso hacia el banco de extracción de material pétreo. Las labores consisten en:

    - Limpieza general del trayecto.
    - Rastreo con retroexcavadora para nivelar y compactar la superficie.
    - Revestimiento parcial del camino con material pétreo del propio banco, con el fin de facilitar el tránsito de maquinaria, equipos y camiones de volteo.

**Descripción de Obras Asociadas o Provisionales**

El proyecto no contempla la construcción de obras permanentes. La infraestructura provisional asociada es mínima y se describe a continuación:

**Bodega**.

No se construirá ninguna bodega en el sitio. Las herramientas y equipos menores serán trasladados diariamente a una bodega existente en las instalaciones de la empresa promovente.

**Almacenamiento de combustible.**

No se almacenará combustible en el sitio del proyecto. El abastecimiento de los camiones y la maquinaria se realizará directamente en estaciones de servicio cercanas o en las instalaciones de la empresa.

**Infraestructura para el manejo de residuos sólidos.**

Se colocarán tambos de 200 litros con tapa y leyendas identificables para el acopio temporal de residuos sólidos no peligrosos generados por los trabajadores. Una vez saturados, los residuos serán transportados al sitio de disposición final que autorice la autoridad municipal.

**Talleres (mantenimiento y reparación).**

No se construirá un taller temporal. El mantenimiento preventivo y correctivo mayor de maquinaria y vehículos se realizará exclusivamente en talleres especializados y autorizados en la ciudad de Tuxtepec. En caso de una reparación menor de emergencia en el sitio, se colocará una lona impermeable o charola para evitar cualquier derrame de aceites, grasas o combustibles sobre el suelo.

**Campamentos, dormitorios y comedores.**

No se instalarán, ya que todo el personal será contratado de manera local y no requiere alojamiento en el sitio.

**Instalaciones sanitarias.**

Se instalará un sanitario móvil (portátil) dentro del polígono de extracción, contratado con una empresa particular que será responsable del manejo, limpieza y disposición final de los residuos generados. Se ubicará a una distancia aproximada de 500 metros del cauce del río.

**Resguardo de maquinaria.**

Al finalizar cada jornada laboral, la maquinaria y los equipos serán retirados del banco y resguardados en un patio existente en las instalaciones de la empresa promovente.

**Caminos de acceso.**

No se prevé la apertura de nuevos caminos de acceso al sitio de extracción, para acceder al polígono propuesto se utilizará la zona federal de la sección del río sujeto a extracción (margen izquierda), donde únicamente se utilizará el ancho de rodada de maquinarías, equipo y camiones de volteo.

Para el acceso al banco Toro Bravo II, la empresa promovente adquirió un terreno a través de un contrato de compraventa de una fracción de terreno ubicado en el Paraje Toro Bravo s/n, San Juan Bautista Tuxtepec en el Municipio de San Juan Bautista Tuxtepec, en el Estado de Oaxaca, que se utilizará como servidumbre de paso para acceso al sitio del proyecto, la documentación referida se encuentra anexa.

El camino consta de una longitud de **884.4494 m²**, para el banco **Toro Bravo II**, las coordenadas correspondientes del trazo del camino se citan en la siguiente tabla,

la cual se presenta en Unidades Terrestres de Mercator (UTM) y corresponden a la zona de cuadriculas 14 Banda Q, con un Datum de georeferenciación WGS84, equivalente a ITRF92:

| CUADRO DE CONSTRUCCION DE CAUCE Y ZONA FEDERAL DE ACCESO | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| LADO | | RUMBO | DISTANCIA | V | COORDENADAS | |
| EST | PV | | | | Y | X |
| | | | | 1 | 2,006,553.5475 | 803,952.6610 |
| 1 | 2 | S 45°30'09.8176" W | 10.0000 | 2 | 2,006,546.5388 | 803,945.5281 |
| 2 | 3 | S 44°29'50.1824" E | 10.0000 | 3 | 2,006,539.4059 | 803,952.5369 |
| 3 | 4 | S 66°30'39.1731" E | 85.1612 | 4 | 2,006,505.4628 | 804,030.6413 |
| 4 | 5 | N 47°57'57.6371" E | 10.0000 | 5 | 2,006,512.1585 | 804,038.0687 |
| 5 | 6 | N 66°23'50.1356" W | 85.5563 | 6 | 2,006,546.4147 | 803,959.6697 |
| 6 | 1 | N 44°29'50.1824" W | 10.0000 | 1 | 2,006,553.5475 | 803,952.6610 |
| SUPERFICIE = 884.4494 m2 | | | | | | |

### 7.2. Descripción de la Etapa de Construcción

No aplica, toda vez que no se realizará ningún tipo de obra dentro de las áreas que conforma el proyecto."

### 7.3. Descripción de la Etapa de Operación.

La etapa de operación implica únicamente la actividad de extracción del material, dentro de las actividades propuestas no se considera ningún proceso del material pétreo, dado que la comercialización se efectuará en greña.

#### a) Extracción del material pétreo.

El proceso de extracción del material pétreo se realizará de acuerdo con las especificaciones de las condiciones generales establecidas por la **Comisión Nacional del Agua**, para no provocar oquedades dentro del cauce del río, con el propósito de prevenir la erosión y mantener la estabilidad de los taludes o barrotes del río, el material producto del arrastre de las corrientes son los que se encargan de nivelar y compactar las áreas excavadas.

Las actividades se efectuarán a cielo abierto y en temporada de estiaje del río (época durante la cual la lámina de agua tiene una profundidad de 40 a 60 centímetros), la extracción del material pétreo se realizará ejecutando cortes con ayuda de una retroexcavadora y acarreos en tramos cortos acumulando el material

en la misma playa que forma el río, con la finalidad de drenar el exceso de agua del material extraído antes de ser llevado a los sitios requeridos.

Los cortes en el lecho de río no serán más profundos de **2.00 m** y se llevarán a cabo en un solo frente de ataque partiendo de aguas abajo de la sección de río hacia aguas arriba, conservando la pendiente del cauce, respetando en todo momento el régimen hidráulico, sin sobrepasar la profundidad establecida.

El control de la extracción se apoyará en las mediciones e indicaciones del topógrafo residente de obra; a medida que se avance con las excavaciones a lo largo del sitio, se conformarán taludes con una relación **horizontal: vertical de 2:1**, lo cual permitirá la estabilidad hacia las márgenes del río, disminuyendo la posibilidad de derrumbes o erosión en ellas.

El material no aprovechable se dispondrá en la margen derecha del río, a fin de mantener las condiciones de encauzamiento original y levantar el hombro del cauce, lo cual mitigará la erosión del suelo de terrenos colindantes debido a la fuerza de deslave que ejerce la corriente del río sobre ellos.

A continuación, se presentan algunas recomendaciones de las actividades de aprovechamiento del material pétreo en greña:

La extracción se iniciará a partir de la cota del nivel superficial aguas abajo, para continuar el trayecto de la explotación hacia aguas arriba, sin realizarse la explotación por debajo de esa pendiente, para no crear oquedades que obstruyan a los escurrimientos pluviales y que interfieran con la misma velocidad del cauce.

No se dejarán áreas con desniveles menores o mayores a las colindantes en dirección aguas abajo, dado que evitará retener el recurso hídrico y las afectaciones aguas abajo del aprovechamiento.

La **profundidad promedio será de 1.10 m** de acuerdo con los resultados obtenidos del estudio Hidráulico o en base a lo que determine la Comisión Nacional del Agua y al resolutivo de la SEMARNAT, con la finalidad de no exponer el manto freático.

Las excavaciones se realizarán procurando no sobrepasar los niveles de las secciones de corte del proyecto, especificadas en el estudio de levantamiento topográfico.

Se deberán respetar los resultados obtenidos en el estudio topo-batimétrico.

Verificar el estado físico mecánico de la maquinaria, equipo y camiones de carga que se pretendan utilizar para evitar algún tipo de contaminación al cuerpo de agua del río.

De acuerdo con el levantamiento topográfico efectuado en el polígono propuesto (**Banco Toro Bravo II**), se pretende extraer un volumen total de aprovechamiento de **33,035.19 m³**, durante un periodo de **5 años**; en la siguiente tabla se presenta el cálculo de volumen de extracción del polígono:

| ESTACIÓN | TN | AREA ($m^2$) | A1+A2 | D/2 | VOLUMEN | VOLUMEN ACUMULADO ($m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0+009.95 | 6.008 | 0.00 | | | | 0.00 |
| 0+020.00 | 4.829 | 155.48 | 155.48 | 5.25 | 781.29 | 781.29 |
| 0+040.00 | 4.715 | 159.56 | 315.04 | 10 | 3,150.40 | 3,931.69 |
| O+060.00 | 4.039 | 159.24 | 318.80 | 10 | 3,188.00 | 7,119.69 |
| 0+080.00 | 4.380 | 150.20 | 309.44 | 10 | 3,094.40 | 10,214.09 |
| 0+100.00 | 4.571 | 140.88 | 291.08 | 10 | 2,910.80 | 13,124.89 |
| 0+120.00 | 5.144 | 122.74 | 263.62 | 10 | 2,636.20 | 15,761.09 |
| 0+140.00 | 5.620 | 109.50 | 232.24 | 10 | 2,322.40 | 18,083.49 |
| 0+160.00 | 5.770 | 102.00 | 211.50 | 10 | 2,115.00 | 20,198.49 |
| 0+180.00 | 6.744 | 74.30 | 176.30 | 10 | 1,763.00 | 21,961.49 |
| 0+200.00 | 7.278 | 52.57 | 126.87 | 10 | 1,268.70 | 23,230.19 |
| 0+220.00 | 6.731 | 64.50 | 117.07 | 10 | 1,170.70 | 24,400.89 |
| 0+240.00 | 6.733 | 70.92 | 135.42 | 10 | 1,354.20 | 25,755.09 |
| 0+260.00 | 6.358 | 82.94 | 153.86 | 10 | 1,538.60 | 27,293.69 |
| 0+280.00 | 6.298 | 86.76 | 169.70 | 10 | 1,697.00 | 28,990.69 |
| 0+300.00 | 6.570 | 60.41 | 147.17 | 10 | 1,471.70 | 30,462.39 |
| 0+320.00 | 6.488 | 57.92 | 118.33 | 10 | 1,183.30 | 31,645.69 |
| 0+340.00 | 6.724 | 68.48 | 126.40 | 10 | 1,264.00 | 32,909.69 |
| 0+343.66 | 6.748 | 0.00 | 34.24 | 1.83 | 125.32 | 33,035.01 |
| 0+360.00 | 6.032 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 33,035.01 |
| 0+380.00 | 7.088 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 33,035.01 |
| 0+390.00 | 6.548 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 33,035.01 |
| | | | **Total** | **333.71** | **33,035.19** | |

En la siguiente tabla se presenta el volumen mensual programado de extracción, dicha actividad se efectuará por un periodo de cinco años; como se mencionó en párrafos anteriores durante los meses de julio, agosto, septiembre y octubre el volumen de material a extraer disminuirá por la temporada de lluvias en la zona, ya que debido a la creciente de la corriente hidrológica y de las condiciones desfavorables que presenta el camino de acceso al río se dificultarán los trabajos.

| MES | Años | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 |
| | VOLUMEN A EXTRAER ($m^3$) | | | | | |
| ENERO | *0.00* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* |
| FEBRERO | *0.00* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* |
| MARZO | *0.00* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ABRIL | *0.00* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* |
| MAYO | *0.00* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* |
| JUNIO | *0.00* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* |
| JULIO | | | | | | |
| AGOSTO | | | | | | |
| SEPTIEMBRE | | | | | | |
| OCTUBRE | | | | | | |
| NOVIEMBRE | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | |
| DICIEMBRE | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | |
| VOLUMEN ANUAL | 1,651.76 | 6,607.03 | 6,607.03 | 6,607.03 | 6,607.03 | 6,607.03 |
| VOLUMEN TOTAL = 31,035.19 $m^3$ | | | | | | |

### b) Reposo de material en las áreas de extracción.

El material recién extraído será acumulado en la misma playa durante algunas horas para propiciar el escurrimiento de exceso de agua y así evitar pérdidas durante el traslado del material.

### c) Traslado del material a los sitios requeridos.

Con ayuda de un ***payloader marca Caterpillar*** serán cargados los ***camiones tipo volteo con capacidad de 7 $m^3$***, posteriormente se transportará el material a los sitios requeridos, cabe mencionar que los camiones empleados para el traslado del material extraído serán cubiertos con lonas para evitar pérdidas de partículas del material durante su traslado. El banco de material pétreo operará 6 días a la semana (de lunes a sábado), de acuerdo con las necesidades requeridas, por lo que no existirá un horario establecido, dado que los requerimientos locales son mínimos.

## 7.4. Descripción de la Etapa de Mantenimiento.

Las actividades de mantenimiento se ejecutarán durante la vida útil del proyecto, las cuales corresponden básicamente en mantener las condiciones favorables de los caminos de acceso, maquinarias, equipos y camiones de carga.

### Mantenimiento a caminos de acceso.

Esta actividad se realizará muy constantemente de acuerdo las necesidades de los caminos, incrementándose en época de lluvias donde las condiciones de acceso se vuelven más complicadas; el mantenimiento consiste en el relleno de baches ocasionados por el rodamiento constante de la maquinaria y camiones de carga, utilizando material del mismo banco.

### Mantenimiento a maquinaria y camión de carga.

El mantenimiento de la maquinaria y camión de carga utilizados en la extracción del material pétreo, requieren ser precisos y eficaces dado que de ello dependerá la óptima producción, la prevención de accidentes y desequilibrio ecológico.

Al inicio de la jornada es necesaria la supervisión del correcto funcionamiento de la maquinaria y camiones de carga, el cual consistirá en la revisión del sistema de arranque utilizando herramientas de uso mecánico en general, mantenimiento, engrase de lubricante térmico diariamente. Asimismo, cuando exista la necesidad de reparación de alguna pieza y si es muy necesario, se utilizará un equipo de soldadura autógena.

El encargado es la persona que vigilará el adecuado funcionamiento de los trabajos de extracción del material pétreo sobre el cauce del río, asimismo estará al pendiente sobre la revisión general de la maquinaria para el adecuado manejo y disposición final de los residuos generados en cada jornada.

Los trabajos preventivos a la maquinaria y camiones de carga, tales como afinación, revisión del sistema eléctrico reparación de frenos y suspensión; los cuales se llevarán a cabo fuera del banco, puesto que se realizarán en instalaciones ya establecidas dedicadas al mantenimiento automotriz que cuentan con el equipo y capacitación necesaria para tales actividades, el recambio de partes dañadas o rotas, a fin de evitar la generación y/o contaminación del suelo con los residuos peligrosos generados, quienes serán los responsables del manejo, tratamiento y disposición final de los residuos generados, estas actividades se realizaran de manera mensual.

### 7.5. Descripción de la Etapa de Abandono y Desmantelamiento.

La etapa de abandono del sitio dependerá de la disminución de la calidad del material a extraer o en caso contrario por el vencimiento de la concesión por parte de la *CONAGUA*. La extracción de material pétreo (en greña) en el polígono propuesto se pretende efectuar en un periodo de 5 años; en caso de no renovar dicha concesión, se dejará de operar el banco cumpliendo con las actividades de mitigación y compensación ambiental de los impactos ocasionados, establecidas en la presente *Manifestación de Impacto Ambiental* y en la autorización correspondiente que otorgará la *SEMARNAT*.

La Comisión Nacional del Agua recomienda que, una vez concluidos los diferentes tramos de explotación, se deberá de escarificar las zonas de circulación de maquinaria pesada dentro del cauce, para recuperar la capacidad de recarga del acuífero, así también se deberá renivelar las zonas de transición entre el área

explotada y el cauce natural, rellenando las depresiones temporales y dejando una pendiente máxima de 2% en la zona de transición de la corriente.

Cabe comentar que las corrientes anuales del cauce del rio, así como la composición geológica de las rocas de la orografía de la cuenca, permiten un rápido restablecimiento de la vertiente en cuanto al volumen de material pétreo que ahí se almacenan; puesto que la corriente lleva constantemente partículas como son gravas, arena y limo, lo que permitirá la recuperación natural del material extraído por los arrastres naturales, principalmente en cada temporada de lluvias, más sin embargo, antes de retirar la maquinaria se nivelará el cauce en las zonas afectadas, con el objetivo que en temporadas de lluvias se restablezca completamente la vertiente.

Es importante señalar que debido a los procesos de erosión que se presentan en las partes altas, los arrastres de material en greña son cada vez más importantes, por lo que el proceso de extracción ayudará a desazolvar el río, generando impactos positivos sobre la corriente hidrológica.

Al momento de abandonar el sitio de aprovechamiento, se retirará del lugar la maquinaria utilizada, así como los residuos que pudieran haberse generado, dejando el lugar completamente libre de residuos que ocasionen alguna contaminación tanto al suelo como el cauce del río. Asimismo, dada la proximidad de las áreas agrícolas, cada vez que se suspendan los trabajos de explotación se deberá conformar el relieve en los bordes de la oquedad para evitar accidentes a la fauna silvestre y domestica que puedan incrementar el deterioro ambiental.

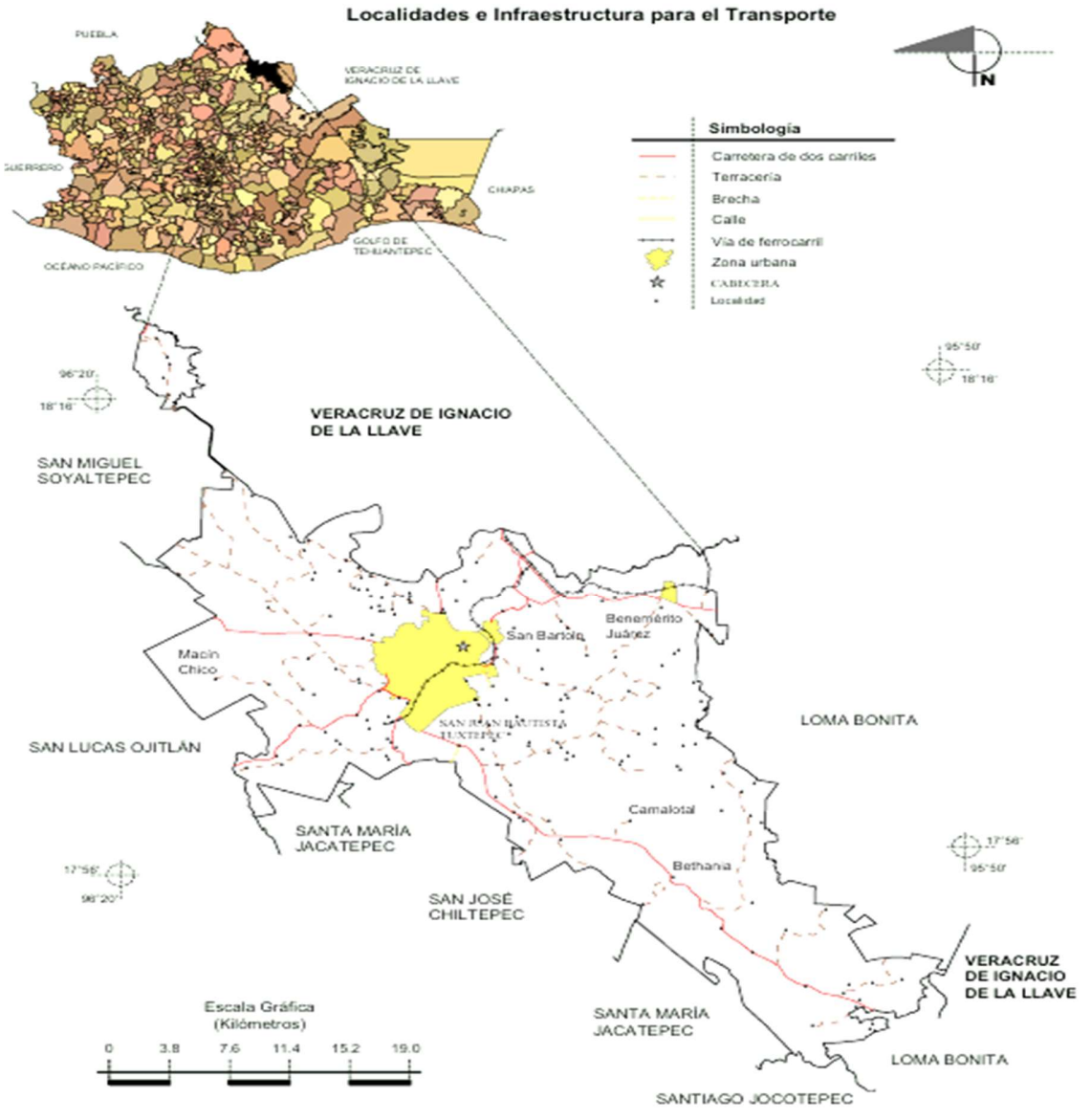
## 8. Ubicación del proyecto.

El proyecto denominado **“Aprovechamiento de materiales pétreos en el banco Toro Bravo II, margen izquierda del cauce del río Papaloapan”** se localiza en el municipio de **San Juan Bautista Tuxtepec**, en el **Distrito de Tuxtepec**, dentro de la **Región de Papaloapan** del estado de **Oaxaca**, México.

- **Municipio:** San Juan Bautista Tuxtepec
- **Superficie municipal:** 381.49 km² (0.82% del territorio estatal)
- **Coordenadas geográficas del municipio:** 18°05’ latitud norte y 96°08’ longitud oeste
- **Altitud media del municipio:** 20 metros sobre el nivel del mar (msnm)

## Colindancias municipales:

- **Norte:** Estado de Veracruz y municipio de San Miguel Soyaltepec
- **Sur:** Santiago Jocotepec y Loma Bonita
- **Poniente:** Santa María Jacatepec, San Lucas Ojitlán y San José Chiltepec
- **Oriente:** Loma Bonita




Fuente: INEGI. *Marco Geoestadístico 2010, Versión 4.3.*
INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie III.

### Ubicación específica del banco de extracción

El banco de materiales "**Toro Bravo II**" se sitúa directamente sobre el **cauce del río Papaloapan**, en su **margen izquierda** (orientación sur o poniente según el trazo del río). El área de aprovechamiento corresponde a una sección del río que presenta acumulación significativa de materiales pétreos (grava, arena y piedra en greña).

### Sistema de referencia y coordenadas

- **Datum:** WGS84 (equivalente a ITRF92)
- **Zona UTM:** 14 Q (banda Q, zona 14)
- **Unidades:** Metros (Coordenadas UTM)

### Coordenadas de los vértices del polígono de extracción (Banco Toro Bravo II):

**CUADRO DE CONSTRUCCION DE ZONA DE EXTRACCION**

| LADO | | RUMBO | DISTANCIA | V | COORDENADAS | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| EST | PV | | | | Y | X |
| | | | | A | 2,006,438.6002 | 803,956.4713 |
| A | B | S 42°02'02.3629" E | 50.0000 | B | 2,006,401.4628 | 803,989.9499 |
| B | C | N 47°57'57.6371" E | 333.5906 | C | 2,006,624.8255 | 804,237.7236 |
| C | D | N 42°02'02.3629" W | 50.0000 | D | 2,006,661.9629 | 804,204.2450 |
| D | A | S 47°57'57.6371" W | 333.5906 | A | 2,006,438.6002 | 803,956.4713 |

**SUPERFICIE = 16,679.5307 m2**

### Acceso al sitio

El acceso al banco se realiza mediante un **camino de terracería existente**, que entronca con la **carretera federal Ciudad Alemán – Tuxtepec**. La empresa promovente adquirió una fracción de terreno (Paraje Toro Bravo s/n) para garantizar la servidumbre de paso.

- **Longitud del camino de acceso:** 884.4494 m² de superficie (trazo lineal aproximado de 884 metros lineales).
- **Coordenadas del camino (tramo representativo):**
  - Inicio: 2,006,553.5475 E / 803,952.6610 N

- Fin: 2,006,553.5475 E / 803,952.6610 N (polígono cerrado de servidumbre)

No se requiere abrir nuevas brechas; se utiliza y mejora el camino existente.



## 9. Plano de representación geográfica




## 10. Incidencia en ANP.

**Descripción de incidencia en Áreas Naturales Protegidas de carácter federal, conforme a la Tabla 16.**

Con base en la delimitación cartográfica del Región Ecológica, la revisión de las capas temáticas oficiales (***POEGT***, ***POERTEO***, ***CONABIO***, ***INEGI***) y los recorridos de campo realizados, se concluye que el polígono del ***Banco "Toro Bravo II"*** no se solapa con ninguna ***Área Natural Protegida*** de carácter federal o estatal. El proyecto se ubica en una superficie de ***16,679.5307 m²*** destinada al aprovechamiento de materiales pétreos, con un volumen solicitado de ***33,035.19 m³*** y una vida útil prevista de 5 años; por tanto, la incidencia sobre ANP federales es nula. Durante la ejecución se aplicarán las medidas preventivas, de mitigación y restauración descritas en la MIA-P para evitar afectaciones indirectas a elementos de conservación cercanos.

**Tabla 16. Superficies de incidencia en Área Natural Protegida (ANP) Federal.**

| Estructura/Componente del proyecto | Área de afectación ($m^2$) | Área de afectación por obras en ANP($m^2$) | Tipo de afectación Permanente o Temporal | Área de la estructura o componente | Nombre del ANP |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **fuera de ANP($m^2$)** | |
| Extracción de materiales pétreos del banco denominado "***Toro Bravo II***", de material en greña. | 0.00 | 0.00 | Temporal | **16,679.5307 $m^2$** | No Aplica |
| Ocupación de una fracción de terreno federal de la margen derecha de río Papaloapan, para su ocupación como camino de acceso al banco de materiales. | 0.00 | 0.00 | Temporal | **884.4494 $m^2$** | No Aplica |

## 11. Anteproyectos de las diferentes opciones analizadas

### Análisis de alternativas

### Alternativas de ubicación

El presente tiene como objetivo evaluar las alternativas tecnológicas y de ubicación para la extracción de materiales pétreos (arena, grava y derivados) en el cauce del río Papaloapan, dentro del municipio de San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca. La propuesta original promovida por **Aglomerados de Concreto del Papaloapan, S.A. de C.V.** se utiliza como base para la comparación de alternativas, conforme a los criterios ambientales, técnicos, económicos y sociales señalados en la MIA.

### Descripción del proyecto original (alternativa base)

- **Ubicación**: Banco "Toro Bravo II", margen izquierda del río Papaloapan.
- **Superficie a aprovechar**: 16,679.53 $m^2$.
- **Volumen total de extracción**: 33,035.19 $m^3$ en 5 años.
- **Método de extracción**: Retroexcavadora en seco, durante temporada de estiaje.
- **Profundidad máxima de corte**: 1.10 a 2.00 m.
- **Transporte**: Camiones tipo volteo de 7 $m^3$, con lona de cobertura.
- **Destino del material**: Uso directo en construcción (sin almacenamiento ni clasificación en sitio).
- **Manejo de material no aprovechable**: Colocado en márgenes para protección del cauce.
- **Vida útil**: 5 años (concesión CONAGUA).

| *Criterio* | *Ubicación propuesta (Toro Bravo II)* | *Ubicación alternativa 1 (río arriba)* | *Ubicación alternativa 2 (margen derecha)* |
|---|---|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| Impacto a ANP, AICAS, RTP | No afecta | Similar | Similar |
| Riesgo a infraestructura hidráulica | Ninguno (tramos rectos) | Presencia de puente cercano | Cercanía a toma de riego |
| Acceso | Existente (camino de terracería) | Requiere apertura de brecha | Acceso limitado |
| Acumulación de material pétreo | Media | Baja | Media |
| Riesgo de inundación | Mitigable | Mayor por curvas | Menor |

**Conclusión**: La ubicación propuesta es la más **viable** por:

- Ausencia de infraestructura hidráulica cercana.
- Camino de acceso existente.
- Mayor acumulación natural de material.
- Compatibilidad con ordenamiento ecológico (UGAS 001 y 024).

### Alternativas tecnológicas

| Tecnología | Ventajas | Desventajas | Viabilidad ambiental |
|---|---|---|---|
| **Retroexcavadora en seco** (propuesta) | -Sin turbidez<br>- Sin uso de explosivos<br>- Bajo riesgo de derrames | - Limitada a estiaje<br>- Menor ritmo de extracción | **Alta (impacto bajo)** |
| **Draga hidráulica** | - Mayor volumen<br>- Operación continua | - Alto impacto por turbidez<br>- Riesgo de mortalidad de ictiofauna<br>- Mayor costo energético | **Baja (no recomendada)** |
| **Extracción manual con maquinaria menor** | - Muy bajo impacto<br>- Bajo costo | - Producción muy baja<br>- No rentable comercialmente | **Muy alta, pero inviable económicamente** |

**Conclusión**: La tecnología de retroexcavadora en seco es la más equilibrada entre productividad y protección ambiental, especialmente por:

- Operación en lecho seco (sin afectar columna de agua).
- Posibilidad de rescate de fauna previo a la extracción.
- Control topográfico para evitar oquedades.

### Alternativas de Consumo de Recursos Naturales

Identificar, cuantificar y evaluar el consumo de recursos naturales (renovables y no renovables) asociado a las etapas de preparación, operación, mantenimiento y abandono del proyecto, con el fin de proponer medidas de eficiencia y sustentabilidad.

### Recursos naturales involucrados

Los recursos naturales que serán utilizados o afectados por el proyecto son los siguientes:

| Recurso natural | Tipo | Uso / Afectación | Etapa principal |
|---|---|---|---|
| ***Materiales pétreos*** (arena, grava) | No renovable (a escala humana) | Extracción comercial | **Operación** |
| Agua superficial (río Papaloapan) | Renovable | Consumo humano (5 L/persona/día), riego de caminos (pipas) | **Operación** |
| Agua subterránea | Renovable | Potencial afectación por excavación (evitada) | **No significativa** |
| Suelo (cauce y riberas) | Recurso edáfico | Modificación temporal del lecho | **Operación** |
| Combustibles (diésel, gasolina) | No renovable | Operación de retroexcavadora, cargador frontal, camiones, etc. | **Operación** |
| Energía eléctrica | Renovable / No renovable | No se utiliza (operación diurna) | **No aplica** |
| Aire (calidad atmosférica) | Recurso común | Emisiones de polvo y gases de combustión | **Operación, transporte** |
| Biodiversidad (flora riparia, fauna) | Recurso biótico | Afectación mínima (desplazamiento temporal) | **Preparación, operación** |

### Cuantificación del consumo de recursos

### Materiales pétreos (recurso principal)

- Volumen total autorizado (5 años): 33,035.19 $m^3$
- Extracción anual promedio: 6,607.03 $m^3$
- Extracción mensual promedio: 550.59 $m^3$ (excepto temporada de lluvias)
- Uso final: Material en greña para construcción (sin transformación en sitio)

### Consumo de agua

| Actividad | Consumo diario | Frecuencia | Consumo anual estimado |
|---|---|---|---|
| Consumo humano (25 trabajadores) | 5 L/día | 250 días/año | 31,250 L/año (31.25 $m^3$) |
| Riego de caminos de acceso (control de polvo) | 1,500 L/día (aprox.) | 200 días/año | 300,000 L/año (300 $m^3$) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Total anual | – | – | 331.25 m³/año |

El agua se obtiene de pipas abastecidas desde un canal de riego municipal, no directamente del cauce del río.

### Consumo de combustibles

El **volumen de material a extraer (6,607 m³/año)**, el consumo real de combustible no se multiplica por el número de máquinas, sino que se calcula con base en el **rendimiento operativo** y las horas efectivas de trabajo necesarias para cumplir con la producción anual.

### Consumo de diésel (combustible principal)

- **Estimado técnico**: En proyectos de extracción de grava y arena, el consumo de diésel suele oscilar entre **4 y 6 litros por metro cúbico** de material movido (considerando excavación, carga y transporte interno).
- Se adopta un factor conservador de **5 L/m³**.

$$\text{Consumo anual de diésel} = 6{,}607.03\ \text{m}^3 \times 5\ \text{L/m}^3 = \mathbf{33{,}035}\ \text{L/año}$$

El abastecimiento se realiza en estaciones de servicio cercanas; no se almacena combustible en el sitio.

**Aclaración**: Aunque hay 5 excavadoras y 25 camiones, estos operarán de manera escalonada y no todas las unidades al mismo tiempo durante toda la jornada, ya que la producción requerida es **baja**. El uso simultáneo de toda la flota solo ocurriría en picos de demanda muy específicos, pero el cálculo anterior refleja el consumo real basado en el **trabajo efectivo**.

### Consumo de aceites lubricantes (motor e hidráulico)

- **Relación estimada**: Aproximadamente el **2 %** del consumo de diésel en aceite de motor y lubricantes.
- Se incluye también aceite hidráulico para excavadoras y tractores Cat D6.

| Tipo | Consumo anual estimado |
|---|---|
| Aceite de motor (cambios) | 660 L/año |
| Aceite hidráulico | 400 L/año |
| Grasa para chasis y rodamientos | 200 kg/año |
| **Total de lubricantes** | **1,060 L/año + 200 kg/año** |

### Consumo de refacciones y neumáticos (consumibles mayores)

Con una flota de **25 camiones de volteo**, el desgaste de **llantas** y **sistemas de frenado** es considerable. Aunque no se expresa en litros, es un recurso material (caucho, acero) que debe considerarse:

- **Neumáticos para camiones**: Se estima un reemplazo de **4 llantas por camión al año** (uso en terracería).
  $25$ camiones $\times$ $4$ llantas $=$ $\mathbf{100}$ llantas/año.
- **Filtros (aire, combustible, aceite)**: Se estima el reemplazo mensual por unidad operativa.
  $10$ máquinas pesadas $\times$ $12$ meses $=$ $\mathbf{120}$ juegos de filtros/año.

### Resumen de consumos

| Recurso / Consumible | Consumo anual estimado | Unidad |
|---|---|---|
| Agua potable (humana) | 31.25 | $m^3$ |
| Agua para riego (control de polvo) | 300.00 | $m^3$ |
| Diésel (combustible) | 33,035 | Litros |
| Aceite de motor | 660 | Litros |
| Aceite hidráulico | 400 | Litros |
| Grasa | 200 | Kilogramos |
| Llantas para camiones | 100 | Unidades |
| Juegos de filtros | 120 | Juegos |

### Implicaciones ambientales y medidas de mitigación actualizadas

| Aspecto | Impacto identificado | Medida complementaria propuesta |
|---|---|---|
| Agua | Mayor consumo para riego de caminos | Uso de agua en pipas para riego de caminos |
| Diésel | Emisiones de $CO_2$, NOx, partículas | Realizar mantenimiento preventivo cada 250 horas a toda la flota; verificar calibración de inyectores. |
| Lubricantes | Riesgo de derrames | Contar con kits de derrames (paños absorbentes, barreras) en cada máquina y en el área de maniobras. |
| Llantas | Generación de residuos de difícil degradación | Contratar a un gestor autorizado para la disposición final de llantas usadas (reciclaje o coprocesamiento). |
| Ruido y polvo | Mayor afectación a la fauna y a posibles pobladores cercanos | Establecer horarios de operación restrictivos (evitar amanecer y atardecer) y mantener la prohibición del uso de claxon. |

### Conclusión

El proyecto presenta **un consumo moderado y mayoritariamente sustentable** de recursos naturales, destacando:

- **Recarga natural del material pétreo** por sedimentación fluvial, lo que permite una extracción continua sin agotamiento del recurso a escala de tiempo humano.
- **Bajo consumo de agua** (331 $m^3$/año) en comparación con la disponibilidad regional.
- **Alto consumo de combustibles fósiles** (33,035 L/año), que debe ser mitigado mediante mantenimiento eficiente y posible transición a equipos eléctricos o híbridos en el futuro.
- **Nula afectación a flora riparia** y **bajo impacto a fauna** por operación controlada.

### Alternativas de Remoción de Vegetación

La vegetación es un componente fundamental del equilibrio ecológico, ya que cumple funciones de protección de suelos, regulación del ciclo hidrológico, captura de carbono y provisión de hábitat para la fauna silvestre. La remoción de vegetación asociada a proyectos de extracción de materiales pétreos puede generar impactos adversos como pérdida de hábitats, erosión del suelo y alteración de corredores biológicos.

### Objetivos

### Objetivo general

Identificar, caracterizar y evaluar la afectación a la vegetación derivada de las actividades de preparación del sitio, operación y abandono del proyecto, así como proponer medidas de prevención, mitigación y compensación que aseguren la viabilidad ambiental del mismo.

### Objetivos específicos

- Describir la composición florística y el estado de conservación de la vegetación en el sitio del proyecto y su Región Ecológica.
- Determinar la superficie y tipo de vegetación que será removida.
- Evaluar los impactos potenciales sobre la vegetación y los hábitats asociados.
- Establecer medidas de mitigación y compensación con base en la normativa ambiental aplicable.
- Definir un monitoreo y seguimiento de la vegetación remanente y reforestada.

### Descripción de la vegetación actual

### Contexto general

De acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI (Serie IV, escala 1:250,000), la Región Ecológica delimitada para el proyecto presenta un uso de suelo predominantemente **agrícola-pecuario-forestal** (IAPF), con presencia de pastizal inducido, bosque de coníferas y asentamientos humanos.

### Vegetación en el sitio del proyecto

El polígono de extracción se localiza dentro del cauce del río Papaloapan, por lo que la vegetación existente en el área de intervención directa es prácticamente nula. Las actividades de extracción se realizarán sobre el lecho del río, donde no hay cobertura vegetal establecida.

### Vegetación en las áreas colindantes

En las márgenes del río se ha identificado **vegetación riparia**, característica de zonas con presencia de corrientes hidrológicas. Las especies registradas en el sitio del proyecto incluyen:

| Especie | Nombre común |
|---|---|
| *Tabebuia rosea* | Primavera |
| *Cordia alliodora* | Cueramo |
| *Celtis iguanaea* | Palo Iguanero |
| *Licania arborea* | Cacahuananche |
| *Bauhinia divaricata* | Pata de Cabra |
| *Cojoba arborea* | Coralillo |
| *Gliricidia sepium* | Matarratón |
| *Ficus cotinifolia* | Amate |
| *Muntingia calabura* | Capulín |
| *Ricinus communis* | Higuerilla |

### Superficie con vegetación afectada

El proyecto establece que **no se requerirá realizar actividades de desmonte ni despalme** dentro del área donde se efectuarán los trabajos de extracción, dado que las actividades se desarrollarán sobre el cauce del río. La vegetación riparia existente en las márgenes **no sufrirá afectaciones** por la ejecución del proyecto.

### Análisis de la remoción de vegetación

### Actividades que implican remoción

| Actividad | Remoción de vegetación | Justificación |
|---|---|---|
| Delimitación del polígono | No | Se realiza sobre el cauce seco del río |
| Limpieza y acondicionamiento del banco | No | No hay vegetación en el área de extracción |

| | | |
|---|---|---|
| Acondicionamiento del camino de acceso | No | Se utiliza camino existente; solo se realiza rastreo y revestimiento |
| Operación de extracción | No | Actividad confinada al lecho del río |
| Abandono del sitio | No | Se retira maquinaria y se nivela el cauce |

## Impactos esperados sobre la vegetación

Con base en la matriz de evaluación de impactos de los impactos sobre la vegetación se clasifican como:

| Impacto | Tipo | Magnitud | Significancia |
|---|---|---|---|
| Afectación a vegetación riparia | Adverso | Baja | No significativo |
| Pérdida de hábitat para fauna | Adverso | Baja | No significativo |
| Fragmentación de corredores biológicos | Adverso | Nula | No aplica |
| Beneficio por desazolve y prevención de inundaciones | Benéfico | Media | Moderadamente significativo |

## Marco normativo aplicable

| Instrumento | Disposición | Vinculación |
|---|---|---|
| **LGEEPA** | Art. 28, Fracción X | Obras y actividades en ríos y zonas federales requieren autorización en materia de impacto ambiental |
| **Reglamento LGEEPA en materia de EIA** | Art. 5, Inciso R, Fracción II | Actividades con fines comerciales en cauces requieren MIA |
| **NOM-059-SEMARNAT-2010** | Protección de especies nativas en riesgo | Se identificó *Cedrela odorata* (Pr) en la Región Ecológica, pero no en el sitio del proyecto |
| **Ley de Aguas Nacionales** | Arts. 3, 113 BIS | Los materiales pétreos en cauces son bienes nacionales; se requiere concesión de CONAGUA |
| **POEGT / POERTEO** | Lineamientos de conservación | El proyecto se ubica en UGA 001 y 024; no se permite modificación de cauces naturales |

## Medidas de prevención, mitigación y compensación

## Medidas preventivas

| Medida | Descripción | Responsable |
|---|---|---|
| Delimitación del polígono | Señalización física del área autorizada para extracción | Supervisor ambiental |
| Protección de vegetación riparia | Respetar una franja de 50 m en márgenes del río (criterio POERTEO) | Encargado de obra |
| Capacitación ambiental | Instruir al personal sobre la prohibición de afectar vegetación aledaña | Promovente |
| Señalización restrictiva | Colocar letreros informativos sobre protección de flora y fauna | Promovente |

## Medidas de mitigación

| Medida | Descripción | Temporalidad |
|---|---|---|
| Operación en temporada de estiaje | Reducir afectación por turbidez y arrastre de sedimentos | Anual (noviembre-junio) |
| Control de polvo | Riego de caminos para evitar depósito de partículas sobre vegetación cercana | Durante operación |
| Mantenimiento vehicular | Evitar derrames de combustibles y lubricantes que afecten la vegetación riparia | Permanente |
| Restricción de accesos | Impedir el tránsito de maquinaria fuera del área autorizada | Permanente |

## Medidas de compensación

| Medida | Descripción | Meta |
|---|---|---|
| Reforestación compensatoria | Plantación de especies nativas (*Tabebuia rosea*, *Cedrela odorata*, *Gliricidia sepium*) en áreas degradadas aledañas | 2:1 (2 plantas por cada m² afectado) |
| Restauración ecológica | Recuperación de vegetación riparia en tramos del río con erosión | 500 m lineales |
| Programa de educación ambiental | Talleres comunitarios sobre conservación de vegetación riparia | 2 talleres/año |

## Programa de monitoreo y seguimiento

## Indicadores de monitoreo

| Indicador | Unidad | Frecuencia | Meta |
|---|---|---|---|
| Superficie de vegetación afectada | m² | Mensual | 0 m² |
| Sobrevivencia de plantas reforestadas | % | Trimestral | ≥ 70% |
| Cobertura vegetal en franja riparia | % | Anual | Mantener o incrementar |
| Número de especies nativas registradas | Número | Anual | Mantener o incrementar |
| Incidencias por afectación a vegetación | Eventos | Mensual | 0 |

## Bitácora de supervisión ambiental

Se implementará una **bitácora de campo** para registrar:

- Condiciones de la vegetación riparia en cada visita.
- Eventos de afectación o perturbación.
- Actividades de reforestación y su seguimiento.
- Cumplimiento de medidas preventivas.

## Conclusión

**El proyecto no implica remoción de vegetación significativa**, ya que las actividades de extracción se limitan al cauce del río Papaloapan, donde no existe cobertura

vegetal. Además, la vegetación riparia existente en las márgenes del río **no será afectada**, siempre que se respeten las medidas preventivas establecidas en la MIA y se mantenga la franja de protección de 50 m.

Se identificó la presencia de ***Cedrela odorata*** **(cedro)** en la Región Ecológica, catalogada como especie sujeta a **Protección Especial (Pr)** según la NOM-059-SEMARNAT-2010. No obstante, esta especie no se encuentra dentro del polígono de extracción.

Los impactos sobre la vegetación se consideran **adversos no significativos**, y serán mitigados mediante la aplicación de medidas preventivas y de compensación.

El proyecto es **ambientalmente viable** en lo que respecta a la vegetación, siempre que se implementen puntualmente las medidas de mitigación y el programa de monitoreo propuesto.

### Análisis de la evaluación de la huella de carbono y huella hídrica

En el contexto actual de cambio climático y escasez hídrica, la evaluación de la **huella de carbono** (emisiones de Gases de Efecto Invernadero - GEI) y la **huella hídrica** (volumen total de agua dulce utilizada directa e indirectamente) se ha convertido en un criterio esencial para determinar la viabilidad ambiental de cualquier proyecto.

El presente anteproyecto tiene como objetivo cuantificar estos dos indicadores para el aprovechamiento de materiales pétreos en el banco "Toro Bravo II", con base en los parámetros operativos actualizados (25 trabajadores, 5 excavadoras, 5 tractores D6, 25 camiones de volteo) y los consumos estimados de combustible y agua. Asimismo, se demuestra que la opción seleccionada (extracción en seco con retroexcavadora, en el sitio propuesto) sigue siendo la **mejor alternativa** desde la perspectiva de la eficiencia de recursos y bajo impacto ambiental.

### Metodología de cálculo

### Huella de carbono (Alcance 1 - emisiones directas)

Se utiliza el **factor de emisión estándar del IPCC** para diésel:

- **Factor de emisión**: 2.68 kg $CO_2e$ por litro de diésel quemado (considera $CO_2$, $CH_4$ y $N_2O$).
- **Consumo anual de diésel estimado**: 33,035 L/año (calculado con base en 5 L/$m^3$ extraído, para un volumen anual de 6,607.03 $m^3$).

### Huella hídrica

Se desglosa en:

- **Agua azul**: Volumen de agua superficial o subterránea consumida (evaporada o incorporada) y no retornada a la cuenca.
- **Agua gris**: Volumen de agua teórica necesaria para diluir los contaminantes vertidos hasta cumplir con estándares de calidad. En este proyecto, se considera el riesgo potencial de derrames de hidrocarburos y aceites.

### Cálculo de la huella de carbono

### Consumo anual de combustible

El consumo real de diésel, ajustado a la producción, es:

- **Consumo anual**: 33,035 litros.
- **Consumo total en 5 años**: 165,175 litros.

### Emisiones de $CO_2$ equivalente

| Concepto | Valor | Unidad |
|---|---|---|
| Consumo anual de diésel | 33,035 | L/año |
| Factor de emisión (IPCC) | 2.68 | kg $CO_2e$/L |
| **Emisiones anuales** | **88,534** | **kg $CO_2e$/año** (88.5 t$CO_2e$/año) |
| **Emisiones totales (5 años)** | **442,670** | **kg $CO_2e$** (442.7 t$CO_2e$) |

### Intensidad de carbono por unidad de material

$$\text{Intensidad} = \frac{88.5\,\text{tCO}_2\text{e}}{6,607.03\,\text{m}^3} = \mathbf{13.4}\,\text{kg CO}_2\text{e / m}^3\ \text{extraído}$$

**Comparativa sectorial**: La extracción convencional de áridos en seco suele emitir entre 10 y 20 kg $CO_2e/m^3$. El proyecto se encuentra en el **rango inferior**, gracias a la alta concentración del material y la eficiencia operativa.

### Cálculo de la huella hídrica

### Agua azul (consumo directo)

| Actividad | Consumo anual | Unidad |
|---|---|---|
| Consumo humano (25 trabajadores × 5 L/día × 250 días) | 31.25 | $m^3$/año |
| Riego de caminos (control de polvo) | 300.00 | $m^3$/año |
| **Total agua azul** | **331.25** | **$m^3$/año** |
| **Total agua azul en 5 años** | **1,656.25** | **$m^3$** |

### Agua gris (contaminación potencial)

Si bien establecen medidas estrictas para evitar derrames (mantenimiento en talleres externos, uso de charolas y lonas impermeables), se estima un **volumen de dilución teórico** para un escenario de contingencia menor:

- **Derrame potencial máximo**: 100 L/año de aceite o diésel (escenario muy conservador, asumiendo un accidente menor no deseado).
- **Factor de dilución para hidrocarburos**: Aproximadamente 1 L de aceite contamina 1,000,000 L de agua (factor de dilución estándar para alcanzar límites permisibles).
- **Agua gris anual estimada**: 100 L × 1,000 = 100,000 L = **100 m³/año** (este valor se **neutraliza** si se aplican las medidas de mitigación, llevándolo a **0 m³/año** en condiciones operativas normales).

### Intensidad hídrica por unidad de material

Considerando solo el agua azul efectivamente consumida (la cual se obtiene de fuentes externas, no del cauce del río):

$$\text{Intensidad} = \frac{331.25\,\text{m}^3}{6,607.03\,\text{m}^3} = \mathbf{0.05}\,\text{m}^3\ \text{agua/m}^3\ \text{de material}$$

Esto se traduce que por cada metro cúbico de grava extraído, se consumen solo **50 litros de agua**, un valor extremadamente bajo en comparación con procesos industriales como el lavado de áridos (que puede consumir 1,000 L/m³).

### Medidas propuestas para reducir aún más la huella ambiental

| Huella | Medida | Impacto esperado |
|---|---|---|
| **Carbono** | Implementar un programa de mantenimiento predictivo (monitoreo de inyectores y filtros) para reducir el consumo específico de diésel. | Reducción del 10-15% en consumo anual (≈ 3,300 L/año menos). |
| **Carbono** | Capacitar a operadores en técnicas de conducción eficiente (evitar ralentí, aceleraciones bruscas). | Reducción adicional del 5% en emisiones. |
| **Hídrica** | Instalar un sistema de captación de agua de lluvia para el riego de caminos, reduciendo la dependencia de pipas. | Disminución del 50% del agua azul para riego (≈ 150 m³/año). |
| **Hídrica** | Colocar puntos de lavado de manos con sistemas de bajo flujo (válvulas ahorradoras) en los sanitarios portátiles. | Reducción del 20% en consumo humano (≈ 6 m³/año). |
| **Hídrica gris** | Contar con un **kit de derrames** por cada unidad de maquinaria (paños absorbentes, barreras) para evitar que cualquier fuga llegue al suelo o al agua. | Mantener el agua gris en **0 m³/año**. |

### Conclusión

**Huella de carbono controlada**: Con **88.5 $tCO_2e$/año** y una intensidad de **13.4 kg $CO_2e/m^3$**, el proyecto se sitúa en el **rango bajo** de la industria de extracción de áridos. Las emisiones totales en 5 años (442.7 $tCO_2e$) son perfectamente mitigables mediante programas de reforestación locales (captura de carbono).

**Huella hídrica excepcionalmente baja**: El consumo de **331.25 $m^3$/año** (0.05 $m^3/m^3$) es mínimo, especialmente considerando que no se utiliza agua para procesamiento (clasificación o lavado). El agua gris es **nula** gracias a las estrictas medidas de prevención de derrames.

**La opción seleccionada es la mejor**:

- **Ambientalmente**: Supera ampliamente a la draga hidráulica (menos $CO_2$, cero turbidez).
- **Técnicamente**: Es la única que garantiza el volumen requerido sin comprometer la seguridad ni la rentabilidad, a diferencia de la extracción manual.
- **Estratégicamente**: La ubicación en Toro Bravo II minimiza el consumo de combustible por metro cúbico, debido a la alta concentración natural del material, y evita afectar infraestructuras críticas.
- **Viabilidad**: Con la implementación de las medidas de eficiencia propuestas, el proyecto no solo es viable, sino que se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 13 - Acción por el clima, y ODS 6 - Agua limpia y saneamiento).

**Análisis de la eficiencia energética y modificación del hábitat en el banco Toro Bravo II, río Papaloapan, Oaxaca.**

La **eficiencia energética** y la **modificación del hábitat** son dos pilares fundamentales para evaluar la sustentabilidad de un proyecto de extracción de materiales pétreos. El primero se refiere a la optimización del consumo de combustible y energía por unidad de material extraído, mientras que el segundo analiza las alteraciones sobre los ecosistemas terrestres y acuáticos existentes en el área de influencia.

El presente cuantifica ambos indicadores con base en la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) y los parámetros operativos (25 trabajadores, 5 excavadoras, 5 tractores D6 y 25 camiones de volteo), demostrando que la opción seleccionada (extracción en seco en el banco Toro Bravo II) es la **mejor alternativa** tanto desde el punto de vista energético como de conservación del hábitat.

## Eficiencia energética del proyecto

### Consumo energético actual (combustible)

El proyecto utiliza **diésel** como única fuente de energía para la maquinaria pesada (excavadoras, tractores y camiones de volteo). No se consume energía eléctrica, ya que las operaciones se realizan exclusivamente en horario diurno.

- **Volumen anual extraído**: 6,607.03 $m^3$
- **Consumo anual de diésel estimado**: 33,035 litros (cálculo basado en 5 $L/m^3$, rango eficiente para extracción en seco).
- **Consumo específico de energía**:

$$\text{Energía Especifica} = \frac{33{,}035\ \text{L}}{6{,}607.03\ \text{m}^3} = \mathbf{5.0}\ \text{L/m}^3$$

### Factores que contribuyen a la eficiencia energética

| Factor | Contribución a la eficiencia |
|---|---|
| Extracción en seco (temporada de estiaje) | Menor resistencia al movimiento de la maquinaria (sin agua) |
| Topografía plana (Llanura Costera Veracruzana) | Reduce el esfuerzo de tracción y el consumo de combustible |
| Mantenimiento preventivo programado | Asegura la combustión completa y reduce fricción |
| Operación en un solo frente de ataque | Minimiza traslados internos de la maquinaria |
| Material acumulado en la superficie | Reduce el tiempo de excavación y el uso de la cuchara |

### Comparación con otras tecnologías

| Tecnología | Consumo estimado de diésel ($L/m^3$) | Razón de la diferencia |
|---|---|---|
| **Extracción en seco con retroexcavadora (opción seleccionada)** | **5.0** | Operación intermitente, solo cuando hay demanda, sin bombeo continuo. |
| Draga hidráulica (alternativa 1) | 12.0 – 15.0 | Motores de alta potencia para bombas y propulsión continua; mayor fricción con el agua y sedimentos. |
| Extracción manual con maquinaria menor | 2.0 – 3.0 | Menor consumo, pero produce **solo el 5%** del volumen requerido; inviable económicamente. |

**Conclusión preliminar**: La opción seleccionada es **2.5 veces más eficiente** que una draga hidráulica y es la única tecnológicamente viable para cumplir con el volumen de producción sin recurrir a un parque de maquinaria extremadamente grande.

### Modificación del hábitat

#### Hábitat terrestre (ribereño)

**Vegetación afectada**: Se establece claramente que **no se realizará desmonte ni despalme** dentro del polígono de extracción. Las actividades se limitan al cauce del río, donde no existe cobertura vegetal.

**Franja de protección**: El POERTEO (Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de Oaxaca) exige mantener y conservar la vegetación riparia en una franja de **50 m** en los márgenes del río. El proyecto respetará esta franja.

**Especies de flora**: Se registraron especies como *Cedrela odorata* (cedro, categoría **Pr** según NOM-059) en la Región Ecológica, pero **ninguna se encuentra dentro del polígono de extracción**.

**Efecto sobre la fauna terrestre**: El ruido y el movimiento de maquinaria provocarán un desplazamiento temporal de aves y mamíferos menores hacia áreas más conservadas. Sin embargo, no se perderá superficie de hábitat, ya que la vegetación riparia permanece intacta.

#### Hábitat acuático (lecho del río)

**Turbidez**: La extracción se realiza **en seco**, durante la temporada de estiaje, cuando la lámina de agua tiene solo 40 a 60 cm de profundidad. No se generan sedimentos en suspensión (turbidez), a diferencia de la extracción con dragas.

**Ictiofauna**: No se emplean explosivos ni dragas, por lo que no hay mortalidad directa de peces. Se implementará un programa de ahuyentamiento y rescate de especies antes de iniciar los trabajos en cada frente.

**Morfología del cauce**: La extracción controlada (profundidad máxima de 2.00 m, pendiente respetada) modifica temporalmente el lecho, pero el río **recupera su perfil natural** en las siguientes temporadas de lluvias, debido al arrastre de sedimentos desde las partes altas de la cuenca.

**Impacto positivo**: La extracción contribuye al **desazolve del cauce**, reduciendo el riesgo de inundaciones en áreas aledañas (beneficio ecológico y social).

#### Hábitat en áreas colindantes

- El sitio del proyecto se encuentra rodeado por terrenos de uso agrícola, pecuario y zonas urbanas. El hábitat original (selva alta perennifolia) ya ha sido modificado por actividades antropogénicas.
- No existen Áreas Naturales Protegidas (ANP), AICAS, RTP, RHP o Sitios RAMSAR dentro del área de influencia directa.

### Medidas para mitigar la modificación del hábitat

| Medida | Objetivo |
|---|---|
| Delimitación física del polígono | Evitar que la maquinaria invada áreas ribereñas |
| Colocación de letreros restrictivos | Prohibir la caza, captura o daño a la fauna |
| Capacitación ambiental a trabajadores | Fomentar el respeto a la flora y fauna circundante |
| Rescate y reubicación de fauna | Trasladar ejemplares lentos (reptiles, anfibios) fuera de la zona de trabajo |
| Programa de reforestación compensatoria | Plantación de 2:1 con especies nativas en áreas degradadas aledañas |

### Conclusión

**La eficiencia energética es alta**: El consumo de **5.0 L/m³** se encuentra dentro de los estándares internacionales de buenas prácticas para extracción de material pétreos en seco, y es significativamente inferior al de cualquier método hidráulico.

**La modificación del hábitat es mínima y reversible**:

Afectación terrestre: **0 m²** de vegetación removida.

Afectación acuática: **nula** en términos de turbidez y mortalidad de fauna.

El hábitat recupera su estado natural con los ciclos hidrológicos anuales.

**La opción seleccionada es la mejor**:

Supera a la draga hidráulica en **eficiencia energética (2.8 veces mejor)** y en **conservación del hábitat acuático (cero turbidez)**.

Supera a otras ubicaciones por su **acceso existente** (evita apertura de brechas, que sí modificarían el hábitat terrestre) y por su **mayor acumulación natural de material** (reduce horas de operación y, por tanto, consumo energético).

**Viabilidad integral**: El proyecto no solo es viable, sino que ejemplifica un modelo de extracción de materiales pétreos que armoniza la productividad con la preservación de los ecosistemas riparios y acuáticos, alineándose con los principios de desarrollo sustentable y economía circular.

## 12. Cronograma Detallado de Ejecución del Proyecto

### Programa General de Trabajo.

El siguiente programa general de trabajo incluye todas las actividades contempladas de manera anual, una vez obtenida la autorización en materia de

impacto ambiental emitida por la ***SEMARNAT***, estas actividades se ejecutarán durante un lapso de cinco años, tiempo que otorga la ***CONAGUA*** una concesión de esta naturaleza. Cabe mencionar, que durante los meses de agosto, septiembre y octubre el aprovechamiento del material pétreo será en menor cantidad debido al aumento de la corriente hidrológica y las condiciones un poco desfavorables del camino para acceso al río.

Antes del fenecimiento de la autorización en materia de impacto ambiental y de la concesión correspondiente, se realizarán los trámites necesarios para solicitar nuevamente la ampliación de dicho termino.

| *ETAPA* | ACTIVIDAD | MESES | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| *PREPARACIÓN DEL SITIO* | Limpieza, acondicionamiento y delimitación del polígono. | | | | | | | | | | | | |
| | Limpieza, acondicionamiento del camino de acceso. | | | | | | | | | | | | |
| *OPERACIÓN* | Extracción del material pétreo. | | | | | | | APROVECHAMIENTO DE MATERIAL PÉTREO EN MENOR VOLUMEN. | | | | | |
| | Reposo del material a orillas del río. | | | | | | | | | | | | |
| | Carga del material a los camiones tipo volteo. | | | | | | | | | | | | |
| | Carga y transporte del material a los sitios requeridos. | | | | | | | | | | | | |
| *MANTENIMIENTO* | Camino de acceso. | | | | | | | | | | | | |
| | Mantenimiento preventivo y/o correctivo de la maquinaria y camiones de carga. | | | | | | | | | | | | |
| *ABANDONO DEL SITIO* | Limpieza general del sitio. | La vida útil programada para el proyecto es de 5 años, la cual podría prolongarse de acuerdo con las necesidades del mercado y a la disponibilidad del material en el sitio, sin embargo, dependerá de que la CONAGUA otorgue otra nueva concesión. | | | | | | | | | | | |
| | Restauración del sitio. | | | | | | | | | | | | |

## Fase I: Preparación del sitio (Duración: 4 semanas / 1 mes)

| Actividad | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | Recursos asignados |
|---|---|---|---|---|---|
| Delimitación topográfica del polígono | | | | | 1 Topógrafo, 2 ayudantes |
| Acondicionamiento de camino de acceso (rastreo y revestimiento) | | | | | 1 Excavadora 320, 1 Tractor D6, 1 Camión de volteo |
| Colocación de señalización informativa y restrictiva | | | | | 2 Trabajadores, letreros |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Instalación de sanitarios portátiles y contenedores de residuos | | | | | 1 Camión, 2 trabajadores |
| Capacitación ambiental inicial al personal | | | | | Supervisor ambiental, 25 trabajadores |

**Limpieza y acondicionamiento del banco.**

Por la naturaleza del proyecto no se requerirá realizar actividades de desmonte ni despalme dentro del área donde se efectuarán los trabajos de extracción, dado que las actividades se desarrollarán sobre el cauce del río Papaloapan, tampoco será necesario el desvió del cauce, debido a que el aprovechamiento del material de interés se encuentra sobre el nivel del espejo de agua, lo que permite la inmediata explotación del material debido a su abundancia, por lo que no modificará el patrón de escurrimiento del río.

**Limpieza y acondicionamiento del camino de acceso.**

El acondicionamiento del camino de acceso existente consiste en actividades de limpieza y mejoramiento del camino, esto para facilitar el desplazamiento de la maquinaria, equipos y camiones tipo volteo que serán empleados para el aprovechamiento del material, para tal efecto se realizará actividades de rastreo con la retroexcavadora y posteriormente será revestido con material del banco.

**Fase II: Construcción de obras asociados o provisionales.**

**Bodega**.

No se tiene contemplado la construcción de alguna bodega en las cercanías de los bancos de material; las herramientas manuales equipos a utilizar serán trasladados diariamente a una bodega existente en las instalaciones de la empresa promovente. De igual manera no existirá almacenamiento de algún tipo de combustibles en el sitio del proyecto, el abastecimiento de los camiones de carga se realizará de manera directa en la estación de servicio cercana al proyecto; la maquinaria y equipos serán abastecidos en las instalaciones de la empresa promovente.

**Infraestructura para el Manejo de Residuos Sólidos.**

Se colocarán tambos de 200 litros con tapa y con su leyenda respectiva para el acopio de los residuos sólidos no peligrosos que sean generados en cada frente de trabajo, una vez que estén saturados serán transportados a los sitios de disposición final que autorice la autoridad municipal.

**Talleres**.

Es necesario señalar que el mantenimiento, reparación de maquinarias y vehículos empleados en las actividades de extracción, se desarrollará en talleres de la zona, a fin de evitar alguna afectación al suelo por derrame de productos químicos, combustibles, aceites o lubricantes, además los residuos generados por esta actividad tendrán que ser dispuestos en los contenedores correspondientes; por lo que no será necesario la construcción de un taller temporal para mantenimiento y/o reparación.

En caso de ser necesario atender reparaciones menores o de emergencia que ocurran dentro del área de ejecución del proyecto, se realizará tomando en cuenta que deberán colocarse charolas o un piso impermeable a base de lona para evitar alguna afectación al suelo por derrame de productos químicos, combustibles, aceites o lubricantes, además los residuos generados por esta actividad tendrán que ser dispuestos en los contenedores correspondientes.

**Resguardo de maquinarias.**

Serán resguardados en un patio existente para tal fin en las instalaciones de la empresa promovente.

**Campamentos, dormitorios y comedores.**

No se considera la instalación de este tipo de construcciones, dado que el personal será contratado de manera local.

**Instalaciones sanitarias.**

Será instalado un sanitario móvil dentro del polígono de extracción, servicio que será contratado por alguna empresa particular que brinde el servicio, mismos que serán los responsables del manejo y disposición de los residuos generados.

**Caminos de acceso**.

No se prevé la apertura de nuevos caminos de acceso al sitio de extracción, para acceder al polígono propuesto se utilizará la zona federal de la sección del río sujeto a extracción (margen izquierda), donde únicamente se utilizará el ancho de rodada de maquinarías, equipo y camiones de volteo.

Para el acceso al banco Toro Bravo II, la empresa promovente adquirió un terreno a través de un contrato de compraventa de una fracción de terreno ubicado en el

Paraje Toro Bravo s/n, San Juan Bautista Tuxtepec en el Municipio de San Juan Bautista Tuxtepec, en el Estado de Oaxaca, que se utilizará como servidumbre de paso para acceso al sitio del proyecto, la documentación referida se encuentra adjunta al proyecto.

El camino consta de una longitud de **884.4494 m²**, para el banco Toro Bravo II, las coordenadas correspondientes del trazo del camino se citan en la siguiente tabla, la cual se presenta en Unidades Terrestres de Mercator (UTM) y corresponden a la zona de cuadriculas 14 Banda Q, con un Datum de georeferenciación WGS84, equivalente a ITRF92:

**CUADRO DE CONSTRUCCION DE CAUCE Y ZONA FEDERAL DE ACCESO**

| LADO | | RUMBO | DISTANCIA | V | COORDENADAS | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| EST | PV | | | | Y | X |
| | | | | 1 | 2,006,553.5475 | 803,952.6610 |
| 1 | 2 | S 45°30'09.8176" W | 10.0000 | 2 | 2,006,546.5388 | 803,945.5281 |
| 2 | 3 | S 44°29'50.1824" E | 10.0000 | 3 | 2,006,539.4059 | 803,952.5369 |
| 3 | 4 | S 66°30'39.1731" E | 85.1612 | 4 | 2,006,505.4628 | 804,030.6413 |
| 4 | 5 | N 47°57'57.6371" E | 10.0000 | 5 | 2,006,512.1585 | 804,038.0687 |
| 5 | 6 | N 66°23'50.1356" W | 85.5563 | 6 | 2,006,546.4147 | 803,959.6697 |
| 6 | 1 | N 44°29'50.1824" W | 10.0000 | 1 | 2,006,553.5475 | 803,952.6610 |
| SUPERFICIE = 884.4494 m2 | | | | | | |

**Etapa de construcción.**

No aplica, toda vez que no se realizará ningún tipo de obra dentro de las áreas que conforma el proyecto.

**Fase III: Operación y mantenimiento (Duración: 60 meses)**

**Operación.**

La etapa de operación implica únicamente la actividad de extracción del material, dentro de las actividades propuestas no se considera ningún proceso del material pétreo, dado que la comercialización se efectuará en greña.

**Extracción del material pétreo.**

El proceso de extracción del material pétreo se realizará de acuerdo con las especificaciones de las condiciones generales establecidas por la Comisión Nacional del Agua, para no provocar oquedades dentro del cauce del río, con el propósito de prevenir la erosión y mantener la estabilidad de los taludes o barrotes del río, el material producto del arrastre de las corrientes son los que se encargan de nivelar y compactar las áreas excavadas.

Las actividades se efectuarán a cielo abierto y en temporada de estiaje del río (época durante la cual la lámina de agua tiene una profundidad de 40 a 60 centímetros), la extracción del material pétreo se realizará ejecutando cortes con ayuda de una retroexcavadora y acarreos en tramos cortos acumulando el material en la misma playa que forma el río, con la finalidad de drenar el exceso de agua del material extraído antes de ser llevado a los sitios requeridos.

Los cortes en el lecho de río no serán más profundos de **2.00 m** y se llevarán a cabo en un solo frente de ataque partiendo de aguas abajo de la sección de río hacia aguas arriba, conservando la pendiente del cauce, respetando en todo momento el régimen hidráulico, sin sobrepasar la profundidad establecida.

El control de la extracción se apoyará en las mediciones e indicaciones del topógrafo residente de obra; a medida que se avance con las excavaciones a lo largo del sitio, se conformarán taludes con una relación **horizontal: vertical de 2:1**, lo cual permitirá la estabilidad hacia las márgenes del río, disminuyendo la posibilidad de derrumbes o erosión en ellas.

El material no aprovechable se dispondrá en la margen derecha del río, a fin de mantener las condiciones de encauzamiento original y levantar el hombro del cauce, lo cual mitigará la erosión del suelo de terrenos colindantes debido a la fuerza de deslave que ejerce la corriente del río sobre ellos.

A continuación, se presentan algunas recomendaciones de las actividades de aprovechamiento del material pétreo en greña:

- La extracción se iniciará a partir de la cota del nivel superficial aguas abajo, para continuar el trayecto de la explotación hacia aguas arriba, sin realizarse la explotación por debajo de esa pendiente, para no crear oquedades que obstruyan a los escurrimientos pluviales y que interfieran con la misma velocidad del cauce.
- No se dejarán áreas con desniveles menores o mayores a las colindantes en dirección aguas abajo, dado que evitará retener el recurso hídrico y las afectaciones aguas abajo del aprovechamiento.

- La **profundidad promedio será de 1.10 m** de acuerdo con los resultados obtenidos del estudio Hidráulico o en base a lo que determine la Comisión Nacional del Agua y al resolutivo de la SEMARNAT, con la finalidad de no exponer el manto freático.
- Las excavaciones se realizarán procurando no sobrepasar los niveles de las secciones de corte del proyecto, especificadas en el estudio de levantamiento topográfico.
- Se deberán respetar los resultados obtenidos en el estudio topo-batimétrico.
- Verificar el estado físico mecánico de la maquinaria, equipo y camiones de carga que se pretendan utilizar para evitar algún tipo de contaminación al cuerpo de agua del río.

De acuerdo con el levantamiento topográfico, y los estudios hidráulico e hidrológico efectuado en el polígono propuesto (Banco Toro Bravo II), se pretende extraer un volumen total de aprovechamiento de **33,035.19 m³**, durante un periodo de 5 años; en la siguiente tabla se presenta el cálculo de volumen de extracción del polígono:

| ESTACIÓN | TN | AREA ($m^2$) | A1+A2 | D/2 | VOLUMEN | VOLUMEN ACUMULADO ($m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **0+009.95** | 6.008 | 0.00 | | | | 0.00 |
| **0+020.00** | 4.829 | 155.48 | 155.48 | 5.25 | 781.29 | 781.29 |
| **0+040.00** | 4.715 | 159.56 | 315.04 | 10 | 3,150.40 | 3,931.69 |
| **O+060.00** | 4.039 | 159.24 | 318.80 | 10 | 3,188.00 | 7,119.69 |
| **0+080.00** | 4.380 | 150.20 | 309.44 | 10 | 3,094.40 | 10,214.09 |
| **0+100.00** | 4.571 | 140.88 | 291.08 | 10 | 2,910.80 | 13,124.89 |
| **0+120.00** | 5.144 | 122.74 | 263.62 | 10 | 2,636.20 | 15,761.09 |
| **0+140.00** | 5.620 | 109.50 | 232.24 | 10 | 2,322.40 | 18,083.49 |
| **0+160.00** | 5.770 | 102.00 | 211.50 | 10 | 2,115.00 | 20,198.49 |
| **0+180.00** | 6.744 | 74.30 | 176.30 | 10 | 1,763.00 | 21,961.49 |
| **0+200.00** | 7.278 | 52.57 | 126.87 | 10 | 1,268.70 | 23,230.19 |
| **0+220.00** | 6.731 | 64.50 | 117.07 | 10 | 1,170.70 | 24,400.89 |
| **0+240.00** | 6.733 | 70.92 | 135.42 | 10 | 1,354.20 | 25,755.09 |
| **0+260.00** | 6.358 | 82.94 | 153.86 | 10 | 1,538.60 | 27,293.69 |
| **0+280.00** | 6.298 | 86.76 | 169.70 | 10 | 1,697.00 | 28,990.69 |
| **0+300.00** | 6.570 | 60.41 | 147.17 | 10 | 1,471.70 | 30,462.39 |
| **0+320.00** | 6.488 | 57.92 | 118.33 | 10 | 1,183.30 | 31,645.69 |
| **0+340.00** | 6.724 | 68.48 | 126.40 | 10 | 1,264.00 | 32,909.69 |
| **0+343.66** | 6.748 | 0.00 | 34.24 | 1.83 | 125.32 | 33,035.01 |
| **0+360.00** | 6.032 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 33,035.01 |
| **0+380.00** | 7.088 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 33,035.01 |
| **0+390.00** | 6.548 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 33,035.01 |
| | | | **Total** | **333.71** | **33,035.19** | |

En la siguiente tabla se presenta el volumen mensual programado de extracción, dicha actividad se efectuará por un periodo de cinco años; como se mencionó en párrafos anteriores durante los meses de julio, agosto, septiembre y octubre el volumen de material a extraer disminuirá por la temporada de lluvias en la zona, ya que debido a la creciente de la corriente hidrológica y de las condiciones desfavorables que presenta el camino de acceso al río se dificultarán los trabajos.

| MES | Años | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 |
| | VOLUMEN A EXTRAER ($m^3$) | | | | | |
| ENERO | *0.00* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* |
| FEBRERO | *0.00* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* |
| MARZO | *0.00* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* |
| ABRIL | *0.00* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* |
| MAYO | *0.00* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* |
| JUNIO | *0.00* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* |
| JULIO | | | | | | |
| AGOSTO | | | | | | |
| SEPTIEMBRE | | | | | | |
| OCTUBRE | | | | | | |
| NOVIEMBRE | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | |
| DICIEMBRE | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | *825.88* | |
| VOLUMEN ANUAL | 1,651.76 | 6,607.03 | 6,607.03 | 6,607.03 | 6,607.03 | 6,607.03 |
| VOLUMEN TOTAL = 31,035.19 $m^3$ | | | | | | |

**Reposo de material en las áreas de extracción.**

El material recién extraído será acumulado en la misma playa durante algunas horas para propiciar el escurrimiento de exceso de agua y así evitar pérdidas durante el traslado del material.

**Traslado del material a los sitios requeridos.**

Con ayuda de un ***payloader marca Caterpillar*** serán cargados los ***camiones tipo volteo con capacidad de 7 $m^3$***, posteriormente se transportará el material a los sitios requeridos, cabe mencionar que los camiones empleados para el traslado del material extraído serán cubiertos con lonas para evitar pérdidas de partículas del material durante su traslado. El banco de material pétreo operará 6 días a la semana (de lunes a sábado), de acuerdo con las necesidades requeridas, por lo que no existirá un horario establecido, dado que los requerimientos locales son mínimos.

**Mantenimiento.**

Las actividades de mantenimiento se ejecutarán durante la vida útil del proyecto, las cuales corresponden básicamente en mantener las condiciones favorables de los caminos de acceso, maquinarias, equipos y camiones de carga.

**Mantenimiento a caminos de acceso.**

Esta actividad se realizará muy constantemente de acuerdo las necesidades de los caminos, incrementándose en época de lluvias donde las condiciones de acceso se vuelven más complicadas; el mantenimiento consiste en el relleno de baches ocasionados por el rodamiento constante de la maquinaria y camiones de carga, utilizando material del mismo banco.

**Mantenimiento a maquinaria y camión de carga.**

El mantenimiento de la maquinaria y camión de carga utilizados en la extracción del material pétreo, requieren ser precisos y eficaces dado que de ello dependerá la óptima producción, la prevención de accidentes y desequilibrio ecológico.

Al inicio de la jornada es necesaria la supervisión del correcto funcionamiento de la maquinaria y camiones de carga, el cual consistirá en la revisión del sistema de arranque utilizando herramientas de uso mecánico en general, mantenimiento, engrase de lubricante térmico diariamente. Asimismo, cuando exista la necesidad de reparación de alguna pieza y si es muy necesario, se utilizará un equipo de soldadura autógena.

El encargado es la persona que vigilará el adecuado funcionamiento de los trabajos de extracción del material pétreo sobre el cauce del río, asimismo estará al pendiente sobre la revisión general de la maquinaria para el adecuado manejo y disposición final de los residuos generados en cada jornada.

Los trabajos preventivos a la maquinaria y camiones de carga, tales como afinación, revisión del sistema eléctrico reparación de frenos y suspensión; los cuales se llevarán a cabo fuera del banco, puesto que se realizarán en instalaciones ya establecidas dedicadas al mantenimiento automotriz que cuentan con el equipo y capacitación necesaria para tales actividades, el recambio de partes dañadas o rotas, a fin de evitar la generación y/o contaminación del suelo con los residuos peligrosos generados, quienes serán los responsables del manejo, tratamiento y disposición final de los residuos generados, estas actividades se realizaran de manera mensual.

**Descripción de obras asociadas al proyecto.**

No se consideran obra asociadas al desarrollo del proyecto, como se mencionó anteriormente, el proyecto contempla únicamente el aprovechamiento de material pétreo en greña en el cauce del río Papaloapan durante una vida útil de 5 años.

### Fase IV: Abandono y desmantelamiento (Duración: 4 semanas / 1 mes)

La etapa de abandono del sitio dependerá de la disminución de la calidad del material a extraer o en caso contrario por el vencimiento de la concesión por parte de la ***CONAGUA***. La extracción de material pétreo (en greña) en el polígono propuesto se pretende efectuar en un periodo de 5 años; en caso de no renovar dicha concesión, se dejará de operar el banco cumpliendo con las actividades de mitigación y compensación ambiental de los impactos ocasionados, establecidas en la presente ***Manifestación de Impacto Ambiental*** y en la autorización correspondiente que otorgará la ***SEMARNAT***.

| Actividad | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | Recursos asignados |
|---|---|---|---|---|---|
| Retiro de toda la maquinaria y equipos del sitio. | | | | | 5 Excavadoras, 5 Tractores, 25 Camiones (movilización final) |
| Recolección y disposición final de residuos sólidos y peligrosos almacenados. | | | | | 1 Camión, contenedores. |
| Escarificación de zonas de circulación de maquinaria dentro del cauce (recuperación de capacidad de recarga) | | | | | 1 Tractor D6 con Ripper. |
| Renivelación de zonas de transición entre área explotada y cauce natural (relleno de depresiones, pendiente máxima del 2%) | | | | | 1 Excavadora 320, 1 Tractor D6 |
| Conformación de bordes de oquedad (seguridad para fauna y ganado) | | | | | 1 Excavadora 320 |
| Limpieza general del sitio y retiro de señalización | | | | | 5 Trabajadores |
| Notificación formal de conclusión a SEMARNAT y CONAGUA | | | | | Promovente / Supervisor ambiental |

La Comisión Nacional del Agua recomienda que, una vez concluidos los diferentes tramos de explotación, se deberá de escarificar las zonas de circulación de

maquinaria pesada dentro del cauce, para recuperar la capacidad de recarga del acuífero, así también se deberá renivelar las zonas de transición entre el área explotada y el cauce natural, rellenando las depresiones temporales y dejando una pendiente máxima de 2% en la zona de transición de la corriente.

Cabe comentar que las corrientes anuales del cauce del rio, así como la composición geológica de las rocas de la orografía de la cuenca, permiten un rápido restablecimiento de la vertiente en cuanto al volumen de material pétreo que ahí se almacenan; puesto que la corriente lleva constantemente partículas como son gravas, arena y limo, lo que permitirá la recuperación natural del material extraído por los arrastres naturales, principalmente en cada temporada de lluvias, más sin embargo, antes de retirar la maquinaria se nivelará el cauce en las zonas afectadas, con el objetivo que en temporadas de lluvias se restablezca completamente la vertiente.

Es importante señalar que debido a los procesos de erosión que se presentan en las partes altas, los arrastres de material en greña son cada vez más importantes, por lo que el proceso de extracción ayudará a desazolvar el río, generando impactos positivos sobre la corriente hidrológica.

Al momento de abandonar el sitio de aprovechamiento, se retirará del lugar la maquinaria utilizada, así como los residuos que pudieran haberse generado, dejando el lugar completamente libre de residuos que ocasionen alguna contaminación tanto al suelo como el cauce del río. Asimismo, dada la proximidad de las áreas agrícolas, cada vez que se suspendan los trabajos de explotación se deberá conformar el relieve en los bordes de la oquedad para evitar accidentes a la fauna silvestre y domestica que puedan incrementar el deterioro ambiental.

### Utilización de explosivos.

Dadas las características del proyecto, no se empleará ningún tipo de explosivos.

## 13. Volumen de Material Removido por Etapa

### Consideraciones generales

La naturaleza del proyecto es **puntual y de bajo impacto**, centrada exclusivamente en la extracción de material pétreo en greña (arena, grava y piedra) acumulado en el cauce del río Papaloapan. No se contempla la construcción de obras permanentes, infraestructura fija o edificaciones, lo que reduce significativamente los movimientos de tierra asociados a las fases iniciales.

Las actividades se desarrollan **en seco**, durante la temporada de estiaje, utilizando retroexcavadoras sobre el lecho del río, sin empleo de dragas, explosivos ni sistemas de bombeo.

### Etapa de preparación del sitio

**Duración estimada**: 1 mes

### Actividades que implican remoción de material:

| Actividad | Descripción | Volumen removido ($m^3$) | Observaciones |
|---|---|---|---|
| Desmonte y despalme | **No se realiza** | **0.00** | Se establece que: *"Por la naturaleza del proyecto no se requerirá realizar actividades de desmonte ni despalme dentro del área donde se efectuarán los trabajos de extracción, dado que las actividades se desarrollarán sobre el cauce del río Papaloapan".* |
| Desvío del cauce | **No se realiza** | **0.00** | *"tampoco será necesario el desvío del cauce, debido a que el aprovechamiento del material de interés se encuentra sobre el nivel del espejo de agua"* . |
| Acondicionamiento del camino de acceso | Rastreo (escarificado superficial) y revestimiento con material del mismo banco. | **< 100.00** (estimado) | No se remueve material del sitio; solo se perfila la superficie existente y se compacta con material pétreo extraído del propio banco, el cual se reincorpora al camino. No se generan excedentes de material. |
| Delimitación del polígono | Colocación de estacas y señalización. | **0.00** | No implica movimientos de tierra. |

**Volumen total removido en preparación del sitio**: **0.00 $m^3$** (únicamente se realiza un escarificado ligero del camino de acceso, sin generar material de desecho).

### Etapa de construcción

**Duración**: **No aplica (0 meses)**

*"No aplica, toda vez que no se realizará ningún tipo de obra dentro de las áreas que conforma el proyecto"* .

*"No se consideran obras asociadas al desarrollo del proyecto, como se mencionó anteriormente, el proyecto contempla únicamente el aprovechamiento de material pétreo en greña en el cauce del río Papaloapan durante una vida útil de 5 años"* .

Por lo tanto, **no se ejecutan cortes, excavaciones estructurales, dragados ni movimientos de tierra con fines constructivos**.

| Concepto | Volumen removido (m³) |
|---|---|
| Cortes para cimentación | **0.00** |
| Excavaciones para obras hidráulicas | **0.00** |
| Dragado del cauce | **0.00** |
| Movimiento de tierra para terracerías | **0.00** |
| **Total construcción** | **0.00** |

### Etapa de operación

**Duración**: 5 años (60 meses)

Esta es la **única etapa donde se remueve material** del sitio, correspondiente al aprovechamiento del material pétreo acumulado en el lecho del río.

### Volumen total autorizado

Con base en el levantamiento topográfico y el estudio de volumen:

- **Volumen total a extraer en 5 años**: **33,035.19 m³**
- **Volumen promedio anual**: **6,607.03 m³/año**
- **Volumen promedio mensual (en temporada seca)**: **825.88 m³/mes**

## 4.2. Profundidad de extracción

- **Profundidad promedio de corte**: 1.10 m
- **Profundidad máxima autorizada**: 2.00 m (para no afectar el manto freático ni la estabilidad de los taludes)

### Características del material removido

| Tipo de material | Destino | Volumen removido |
|---|---|---|
| Material pétreo en greña (arena, grava, piedra) | Comercializado directamente a clientes (sin almacenamiento en sitio) | **33,035.19 m³** (total en 5 años) |
| Material no aprovechable (finos, limos, material orgánico) | Dispuesto en las márgenes del río para levantar el hombro del cauce y proteger contra erosión. | **No se cuantifica** (se reintegra al sistema fluvial como medida de protección; no se retira del cauce). |

**Nota importante**: El material no aprovechable **no se remueve del sistema fluvial**, sino que se reubica dentro de la zona federal para cumplir funciones de estabilización de márgenes. Por lo tanto, el **volumen neto removido (extraído) del sitio** corresponde únicamente al material comercializado: **33,035.19 m³**.

### Detalle de la remoción por año

| Año | Volumen extraído (m³) | Volumen acumulado (m³) |
|---|---|---|
| Año 1 (2026-2027) | 1,651.76 (inicio parcial) | 1,651.76 |
| Año 2 (2027-2028) | 6,607.03 | 8,258.79 |
| Año 3 (2028-2029) | 6,607.03 | 14,865.82 |
| Año 4 (2029-2030) | 6,607.03 | 21,472.85 |
| Año 5 (2030-2031) | 6,607.03 | 28,079.88 |
| Año 6 (2031, cierre) | 4,955.31 (hasta fin de concesión) | 33,035.19 |
| **Total** | **33,035.19** | – |

**Observación**: Durante los meses de julio a octubre (temporada de lluvias), la extracción se reduce drásticamente o se suspende, por lo que la remoción diaria se concentra en los meses secos (noviembre a junio).

### Etapa de abandono (desmantelamiento)

**Duración estimada**: 1 mes

En esta etapa **no se remueve material adicional del cauce**. Las actividades de abandono consisten en:

- **Escarificación de las zonas de circulación de maquinaria**, para recuperar la capacidad de recarga del acuífero.
- **Renivelación de las zonas de transición** entre el área explotada y el cauce natural, rellenando depresiones temporales y dejando una pendiente máxima del 2%.
- **Retiro de maquinaria, residuos sólidos y señalización**.

Todas estas acciones implican **movimiento de tierra interno** (reacomodo del lecho), pero **no generan un volumen de material que sea extraído o removido del sistema fluvial**. El material utilizado para rellenar depresiones proviene del mismo cauce o de los bordes conformados durante la operación.

**Volumen de material removido (extraído) en abandono**: **0.00 m³**.

### Resumen global de volúmenes removidos

| Etapa | Actividad principal | Volumen removido (extraído del sitio) | Volumen movido internamente (sin extracción) |
|---|---|---|---|
| **Preparación del sitio** | Acondicionamiento de camino | **0.00 m³** | < 100 m³ (escarificado y recompactación) |
| **Construcción** | No aplica | **0.00 m³** | **0.00 m³** |
| **Operación** | Extracción de material pétreo comercial | **33,035.19 m³** (total 5 años) | Material no aprovechable reubicado en márgenes (no cuantificado, pero > 0 para protección) |
| **Abandono** | Nivelación y escarificación | **0.00 m³** | Aprox. 1,000 – 2,000 m³ (movimiento interno para nivelar el lecho y eliminar depresiones) |
| **TOTAL NETO EXTRAÍDO** | – | **33,035.19 m³** | – |

**Tabla 17. Desechos.**

| ETAPA | Residuos | | | Descargas | Emisiones a la atmósfera |
|---|---|---|---|---|---|
| | Manejos especial | Residuos sólidos urbanos | Residuos peligrosos | | |
| **Etapa de preparación** | **Ninguno.** No se generan residuos de manejo especial. | **Mínimos.** Envases de alimentos, botellas de agua, papel y cartón generados por los trabajadores durante la delimitación y acondicionamiento del camino (5 trabajadores por 4 semanas). Se depositan en tambos de 200 L y se disponen en el sitio municipal. | **Ninguno.** No se realizan cambios de aceite ni reparaciones mayores en sitio. | **No aplica.** No se generan descargas líquidas (no se lava maquinaria, no se vierten aguas residuales). | **Polvo y gases de combustión.** Generados por el rastreo del camino de acceso (1 excavadora y 1 tractor) y el traslado del personal. Emisiones ligeras y temporales. |
| **Etapa de construcción** | **No aplica.** El proyecto no contempla obras permanentes. | **No Aplica.** | **No Aplica.** | **No Aplica.** | **No Aplica.** |
| **Etapa de Operación** | **Material no aprovechable** (finos, limos, material orgánico) reubicado en las márgenes del río para levantar el hombro del cauce y proteger contra erosión.<br><br>**Residuos de sanitarios portátiles** (gestión externa por empresa contratada). | **Plásticos, cartón, vidrio, restos de comida, papel** generados por 25 trabajadores durante la extracción, carga y transporte. Se almacenan en tambos rotulados y se transportan al sitio de disposición municipal autorizado. | **Potenciales (contingencia).** En condiciones normales no se generan, ya que el mantenimiento se realiza en talleres externos. Solo en caso de derrame accidental de aceite, combustible o grasa, se retira el material contaminado, se almacena en tambos metálicos de 200 L y se entrega a | **No aplica.** No se vierten aguas residuales al cauce (los sanitarios son portátiles y la empresa contratada es responsable de su manejo). No se lavan vehículos ni maquinaria en el sitio. | **Polvo y partículas** (por el movimiento de maquinaria, carga de camiones y tránsito de vehículos sobre caminos de terracería). **Gases de combustión** ($CO_2$, NOx, $SO_2$, partículas) de los motores diésel de 5 excavadoras, 5 tractores y 25 camiones de volteo. **Ruido** (aunque no es emisión atmosférica, se incluye como emisión sonora). Se mitigan con riego de caminos y mantenimiento adecuado. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | empresa autorizada por SEMARNAT para su disposición final. | | |
| **Etapa de mantenimiento** | **Ninguno.** El mantenimiento preventivo y correctivo mayor se realiza en talleres mecánicos externos autorizados, por lo que los residuos de manejo especial (aceites usados, filtros, grasas) se generan fuera del sitio. | **Ninguno.** No se generan residuos sólidos urbanos durante el mantenimiento en sitio (solo revisiones visuales y engrase, sin residuos). | **Ninguno.** Los cambios de aceite y filtros se realizan en talleres externos, que son responsables del manejo y disposición final de los residuos peligrosos. | **No aplica.** | **Emisiones mínimas.** Corresponden al traslado de la maquinaria hacia y desde los talleres, así como al funcionamiento de la maquinaria durante las pruebas posteriores al mantenimiento. |
| **Etapa de abandono** | **Residuos de limpieza general.** Incluye la recolección y retiro de señalización, tambos de residuos, sanitarios portátiles y cualquier otro elemento provisional instalado durante la operación. | **Residuos acumulados** que no hayan sido dispuestos previamente (se retiran todos los residuos sólidos urbanos del sitio). | **Ninguno.** Se retiran los tambos que pudieran contener residuos de derrames (si los hubo), pero en condiciones normales no se generan nuevos residuos peligrosos durante el abandono. | **No aplica.** | **Polvo y gases de combustión.** Generados por la maquinaria (1 excavadora y 1 tractor) durante la escarificación, renivelación del cauce y movimiento final de tierras. Emisiones temporales y de baja intensidad. |

**Tabla 18. Insumos.**

| ETAPA | Agua | Energía | Suelo | Materiales |
|---|---|---|---|---|
| **Etapa de preparación** | **Consumo mínimo**: ~5 $m^3$ (abastecido por pipas desde el canal de riego municipal).<br><br>*Uso*: Riego ligero del camino de acceso para control de polvo y consumo humano del personal (5 trabajadores × 5 L/día × 20 días = 0.5 $m^3$). | **Combustible (diésel)**: ~1,200 L.<br><br>*Uso*: Operación de 1 excavadora, 1 tractor y 1 camión de volteo durante el acondicionamiento del camino, rastreo y delimitación del polígono. | **Sin remoción significativa**.<br><br>*Uso*: Se utiliza la superficie existente del camino de terracería (884.45 $m^2$) y el polígono de extracción (16,679.53 $m^2$) para delimitar y perfilar.<br><br>*Nota*: No se realiza desmonte, despalme ni desvío del cauce. | **Insumos menores**:<br>• Estacas y cinta para delimitación topográfica.<br>• Letreros informativos y restrictivos (6 unidades de madera tratada/plástico).<br>• 1 sanitario portátil (rentado).<br>• 4 tambos de 200 L para residuos. |
| **Etapa de construcción** | **No aplica (0 $m^3$)**<br><br>El proyecto no contempla obras permanentes, por lo que no se requiere agua para concreto, curado o compactación hidráulica. | **No aplica (0 L)**<br><br>No se realizan movimientos de tierra con fines constructivos (cimentaciones, terracerías, obras hidráulicas). | **No aplica (0 $m^2$)**<br><br>No se modifican áreas adicionales a las ya delimitadas. No se construyen campamentos, bodegas, talleres ni patios de almacenamiento. | **No aplica**<br><br>No se adquieren materiales de construcción (cemento, acero, tubería, etc.). |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Etapa de Operación** | **Consumo anual**: **331.25 m³/año** (para 5 años = 1,656.25 m³).<br><br>*Desglose*:<br>• Consumo humano (25 trabajadores × 5 L/día × 250 días) = 31.25 m³/año.<br>• Riego de caminos (control de polvo) = 300 m³/año.<br><br>*Fuente*: Pipas abastecidas desde el canal de riego municipal (no se extrae directamente del cauce del río). | **Combustible (diésel)**: **33,035 L/año** (total en 5 años = 165,175 L).<br><br>*Consumo específico*: 5 L/m³ extraído (cálculo basado en el rendimiento eficiente en seco).<br><br>*Uso*: Operación de 5 excavadoras, 5 tractores y 25 camiones de volteo (trabajo escalonado).<br><br>*Lubricantes*: 1,060 L/año de aceites + 200 kg/año de grasa (cambios periódicos). | **Extracción del lecho del río**:<br>• Superficie afectada: **16,679.53 m²**.<br>• Volumen extraído anualmente: **6,607.03 m³/año**.<br>• Profundidad promedio de corte: 1.10 m (máx. 2.00 m).<br><br>*Nota*: El material no aprovechable se reubica en las márgenes para protección del cauce, pero no se retira del sistema fluvial. | **Consumibles mayores (anuales)**:<br>• Llantas para camiones: **100 unidades/año**.<br>• Juegos de filtros (aire, combustible, aceite): **120 juegos/año**.<br>• Lonas para cubrir camiones durante el transporte (reutilizables).<br>• Herramientas menores (picos, palas, cuerdas). |
| **Etapa de mantenimiento** | **0 m³** (en sitio).<br><br>*Justificación*: El mantenimiento preventivo y correctivo mayor (cambios de aceite, filtros, reparaciones) se realiza en **talleres mecánicos externos autorizados**, fuera del área del proyecto. En sitio solo se realizan revisiones visuales y engrase, que no requieren agua. | **Combustible**: Incluido en la operación (desplazamiento de maquinaria a talleres y pruebas posteriores).<br><br>*Consumo adicional estimado*: < 500 L/año (traslados).<br><br>*Energía eléctrica*: No se consume (operación diurna). | **0 m²** (afectación adicional).<br><br>El mantenimiento en sitio (engrase, ajustes menores) se realiza sobre el área ya compactada del camino o dentro del polígono, sin ampliar la huella de afectación. | **Refacciones y consumibles**:<br>• Aceites lubricantes, filtros, grasas (suministrados por los talleres externos, no se almacenan en sitio).<br>• Piezas de repuesto (mangueras, sellos, cuchillas).<br><br>*Nota*: En caso de reparación menor de emergencia en sitio, se utilizan charolas impermeables y paños absorbentes (materiales de contingencia). |
| **Etapa de abandono** | **Consumo mínimo**: ~2 m³.<br><br>*Uso*: Riego ligero para control de polvo durante la escarificación, renivelación del cauce y limpieza final del sitio. | **Combustible (diésel)**: ~3,000 L.<br><br>*Uso*: Operación de 1 excavadora y 1 tractor durante 4 semanas para:<br>• Escarificación de zonas de circulación.<br>• Renivelación de depresiones (pendiente máxima del 2%).<br>• Conformación de bordes de seguridad. | **Movimiento interno (sin extracción)**:<br>• Se renivela el lecho del río en el área explotada.<br>• Se rellenan depresiones temporales con material del mismo cauce.<br>• Superficie intervenida: 16,679.53 m² (la misma del polígono).<br><br>*Volumen movido internamente*: Aprox. 1,000 – 2,000 m³ (no se extrae del sistema, solo se reacomoda). | **Insumos de retiro**:<br>• Se retiran y disponen adecuadamente: señalización, tambos de residuos, sanitario portátil y cualquier residuo acumulado.<br>• No se requieren materiales nuevos (solo los necesarios para la limpieza final, como bolsas de basura). |

## 14. Cambio de Uso de Suelo de Áreas Forestales así como en selvas y zonas áridas.

**El proyecto no contempla un Cambio de Uso de Suelo en Áreas Forestales (CUS)**, en los términos establecidos por la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Ello se debe a que la totalidad de las actividades de aprovechamiento se circunscriben al cauce del río Papaloapan, el cual constituye un bien nacional (zona federal) y no presenta cobertura de vegetación forestal arbórea o arbustiva dentro del polígono de extracción. El proyecto señala de manera categórica que, por la naturaleza del proyecto, no se requerirá realizar actividades de desmonte ni despalme, dado que el material de interés se encuentra sobre el lecho del río, en ausencia total de vegetación establecida. Asimismo, la normativa aplicable (Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio de Oaxaca) exige mantener una franja de vegetación riparia de 50 metros en las márgenes, la cual será respetada rigurosamente, por lo que la afectación a la cobertura forestal es nula.

Aclarado lo anterior, las superficies que ocupan las distintas obras y frentes del proyecto, todas ellas situadas fuera de cualquier área con vegetación forestal susceptible de cambio de uso, se describen a continuación. La superficie principal corresponde al banco de extracción propiamente dicho, el cual se localiza sobre una sección del cauce del río Papaloapan y abarca un área total de 16,679.5307 metros cuadrados, conformada por el polígono denominado "Toro Bravo II". Este polígono presenta una longitud de 333.65 metros a lo largo del río y un ancho promedio de 50 metros, y es la única superficie donde se llevarán a cabo los cortes y la remoción del material pétreo en greña, con una profundidad media de 1.10 metros y una profundidad máxima autorizada de 2.00 metros.

En relación con las obras asociadas, el proyecto se caracteriza por su mínimo despliegue de infraestructura, ya que no se contempla la construcción de obras permanentes, almacenes, patios de acopio para el material extraído, bodegas para herramientas o campamentos para el personal. El material pétreo que se extrae no se almacena en el sitio, sino que es cargado directamente a los camiones de volteo y transportado de inmediato al lugar de requerimiento, por lo que no existe una superficie destinada a patios de almacenamiento o zonas de clasificación y selección del material. Asimismo, las instalaciones para el manejo de residuos se limitan a la colocación de tambos de 200 litros, los cuales no requieren una superficie significativa ni infraestructura fija.

El camino de acceso constituye la única obra lineal asociada al proyecto. Para garantizar el ingreso de la maquinaria y los camiones de volteo, la empresa promovente adquirió un predio que funciona como servidumbre de paso, el cual presenta una superficie total de 884.4494 metros cuadrados. Es importante

destacar que este camino no es una apertura nueva en el terreno, sino que se trata de un camino de terracería preexistente que ya era utilizado por los pobladores de la zona, al cual únicamente se le da mantenimiento mediante rastreo y revestimiento con material del mismo banco, sin que ello implique la remoción de vegetación forestal o la ampliación de la huella de afectación.

En cuanto a los frentes de trabajo, el proyecto opera con un único frente de ataque, el cual avanza de manera progresiva desde la parte aguas abajo hacia la parte aguas arriba del polígono concesionado, en contracorriente. Este frente de trabajo se desplaza longitudinalmente a lo largo de los 333.65 metros de longitud del banco, pero siempre confinado dentro del área del cauce que corresponde al polígono de 16,679.5307 metros cuadrados. Las maniobras de la retroexcavadora, el reposo temporal del material en la misma playa para el escurrimiento del exceso de agua, y la carga a los camiones, se realizan dentro de este mismo perímetro, sin que existan frentes de trabajo adicionales o áreas de maniobra fuera del cauce.

Finalmente, toda la infraestructura provisional y las zonas de apoyo, como el área para la instalación del sanitario portátil (que se ubica a 500 metros del cauce) y la colocación de los tambos para residuos, se localizan dentro del predio de servidumbre de paso o en las inmediaciones del camino de acceso, sin que representen superficies adicionales con afectación a vegetación forestal. De esta manera, el proyecto únicamente interviene directamente el cauce del río (16,679.53 $m^2$) y el camino preexistente que conduce a él (884.45 $m^2$), sumando una superficie total de afectación de 17,563.98 metros cuadrados, de los cuales ninguno corresponde a terrenos con vegetación forestal arbórea, por lo que se reitera que el proyecto no está sujeto a la obtención de un permiso de Cambio de Uso de Suelo en Áreas Forestales, aunque sí se encuentra debidamente regulado por la autorización en materia de impacto ambiental que otorga la SEMARNAT.

**Tabla 19. Cambio de Uso de Suelo de Áreas Forestales.**

| Estructura/Componente del proyecto | Tipo de vegetación | Superficie (Ha) |
|---|---|---|
| Extracción de materiales pétreos del banco denominado “Toro Bravo II”, de material en greña.<br><br>Ocupación de una fracción de terreno federal de la margen derecha de río Papaloapan, para su ocupación como camino de acceso al banco de materiales. | **Sin vegetación forestal.** El polígono de extracción (16,679.5307 $m^2$) se localiza dentro del cauce seco del río Papaloapan, careciendo de cobertura arbórea o arbustiva. El camino de acceso (884.4494 $m^2$) es una vialidad de terracería preexistente, utilizada por los pobladores de la zona, que no presenta vegetación forestal ni será objeto de ampliación o apertura de nuevas brechas. | **0.0000** (No se requiere permiso de Cambio de Uso de Suelo Forestal, toda vez que no se afecta vegetación forestal en ninguna de las superficies del proyecto). |
| **Superficie Total del Proyecto** | | **0.0000** |

## 15. Especies sujetas a remoción por Cambio de Uso de Suelo de Áreas Forestales

El proyecto "Banco Toro Bravo II", es preciso señalar de manera enfática que **no existe remoción de especies vegetales por actividades de Cambio de Uso de Suelo en Áreas Forestales (CUS)**. La razón fundamental es que el proyecto se ejecuta íntegramente sobre el cauce del río Papaloapan, el cual constituye un bien nacional (zona federal) y carece de cobertura vegetal arbórea o arbustiva dentro del polígono de extracción. Por ellos, se establece, que por la naturaleza del proyecto no se requerirá realizar actividades de desmonte ni despalme, dado que las actividades se desarrollarán sobre el lecho del río, donde el material de interés se encuentra sobre el nivel del espejo de agua, sin que exista vegetación que deba ser removida.

En el área de la Región Ecológica delimitada para el estudio, se registraron diversas especies de flora, tal como se detalla a continuación:

**Tabla 20. Cambio de Uso de Suelo de Áreas Forestales (NOM-059-SEMARNAT-2010)**

| Especie (Nombre científico) | Especie (Nombre común) | Categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 | Número de individuos sujetos a remoción |
|---|---|---|---|
| Acrocomia aculeata | Palma de corozo | NR | 0 |
| Chamaedorea elegans | Palma Camedor | NR | 0 |
| Delilia biflora | Pelusilla | NR | 0 |
| Tillandsia schiedeana | Maguellito | NR | 0 |
| Diospyros conzattii | Zapote negro de monte | NR | 0 |
| Pouteria zapota | Mamey | NR | 0 |
| Euphorbia calyculata | Papelillo | NR | 0 |
| Senna multijuga | Cachimba | NR | 0 |
| Bauhinia miriamae | Uña de vaca | NR | 0 |
| Inga ismaelis | Palo Amargo | NR | 0 |
| Leucaena diversifolia | Guaje blanco | NR | 0 |
| Coffea arabiga | Café | NR | 0 |
| Funastrum clausum | Bejuco revienta chivos | NR | 0 |
| Trichomanes pyxidiferum | Helecho | NR | 0 |
| Yucca elephantipes | Yuca | NR | 0 |
| Heliocarpus appendiculatus | Jonote | NR | 0 |
| Cranichis sylvatica | Fago | NR | 0 |
| Vainilla mexicana | Vainilla | NR | 0 |
| Argemone mexicana | Chicalote Amarilla | NR | 0 |
| Guadua amplexifolia | Caña de Otate | NR | 0 |
| Zea maíz | Maíz | NR | 0 |
| Tristicha trifaria | Planta acuática | NR | 0 |
| Podostemum ricciiforme | Pasto de agua dulce | NR | 0 |
| Adiantum latifolium | Helecho | NR | 0 |
| Bursera simaruba | Palo mulato | NR | 0 |
| Cedrela odorata | Cedro | PR | 0 |
| Escobedia laevis | Azafrancillo | NR | 0 |
| Aphelandra scabra | Cola de gallo | NR | 0 |
| Ipomoea alba | Flor de Luna | NR | 0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ipomoea dumosa | Xonequi | NR | 0 |
| Solanum campechiense | Tomatillo | NR | 0 |
| Tabebuia rosea | Primavera | NR | 0 |
| Cordia alliodora | Cueramo | NR | 0 |
| Celtis iguanaea | Palo Iguanero | NR | 0 |
| Licania arborea | Cacahuananche | NR | 0 |
| Bauhinia divaricata | Pata de Cabra | NR | 0 |
| Cojoba arborea | Coralillo | NR | 0 |
| Gliricidia sepium | Matarratón | NR | 0 |
| Ficus cotinifolia | Amate | NR | 0 |
| Muntingia calabura | Capulin | NR | 0 |
| Ricinus communis | Higuerilla | NR | 0 |
| Morinda citrifolia | Noni | NR | 0 |
| Rauvofia tetraphylla | Pablillo | NR | 0 |
| Saccharum officinarum | Caña de azúcar | NR | 0 |
| **Total** | | | 0 |

Entre ellas destaca la presencia de *Cedrela odorata* (conocida comúnmente como cedro), la cual se encuentra catalogada en la categoría de **Protección Especial (Pr)** de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. No obstante, es fundamental subrayar que esta especie no se localiza dentro del polígono de extracción propiamente dicho (Banco Toro Bravo II), sino que se distribuye en las áreas colindantes de la Región Ecológica, específicamente en zonas con vegetación más conservada fuera del cauce.

Adicionalmente, el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio de Oaxaca (POERTEO) y los Criterios de Regulación Ecológica establecen la obligación de mantener y conservar la vegetación riparia existente en los márgenes del río en una franja no menor de 50 metros. El proyecto especifica que las actividades de extracción respetarán rigurosamente esta franja de protección, por lo que la vegetación arbórea y arbustiva de las riberas, incluido el cedro y otras especies de valor ecológico que pudieran encontrarse en esa zona, no será afectada ni removida en ningún momento.

Por todo lo anterior, se consuma que el proyecto **no implica la remoción de especies vegetales forestales ni requiere de un permiso de Cambio de Uso de Suelo en Áreas Forestales (CUS)** ante la SEMARNAT. El número de especies sujetas a remoción por esta actividad es **cero**, y la superficie sobre la cual se aplicaría dicho cambio de uso es **cero hectáreas**, ya que la totalidad de los trabajos se circunscriben al lecho del río, donde no existe vegetación susceptible de ser removida o afectada.

# *CAPÍTULO II. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO.*

## 16. Fundamento Legal

Con fundamento en lo dispuesto por el **Artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)**, el proyecto de aprovechamiento de materiales pétreos en el banco "Toro Bravo II" queda sujeto a las siguientes fracciones, las cuales se argumentan y vinculan con las obras específicas del proyecto.

### 16.1. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

a) **ARTÍCULO 15. FRACCIÓN 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. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente, promueva o realice acciones de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático y aproveche de manera sustentable los recursos naturales.

**VINCULACIÓN**: El proyecto se alinea con lo establecido en este artículo, ya que en el capítulo VI de la Evaluación del Impacto Ambiental se incluyen las estrategias de prevención y reducción imprescindibles para minimizar los efectos producidos. De igual manera, se diseñará y llevará a cabo un proyecto de reforestación utilizando plantas autóctonas de la región en zonas que carecen de vegetación o que hayan sufrido algún tipo de daño.

b) **ARTÍCULO 28**.- La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras, actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente, preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:

I.- Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos;

X.- Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales.

**VINCULACIÓN**: Dada la característica del proyecto, es necesaria la aprobación en relación con el impacto ambiental proporcionada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; así, la manifestación actual se presenta para su evaluación con el objetivo de acatar lo que se indica en este artículo. De igual manera, en el capítulos II de este proyecto, se analizan y describen los efectos ambientales vinculados al proyecto, además de las acciones correctivas que se llevarán a cabo para cada aspecto ambiental que pudiera ser perjudicado.

c) **ARTÍCULO 30**.- Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

**VINCULACIÓN**: Teniendo en cuenta que la realización del proyecto tendrá efectos en el medio ambiente, en el capítulo V de este documento se sugieren las acciones requeridas para minimizarlos, según cada aspecto ambiental que pudiera verse influenciado por la puesta en marcha del proyecto. Estas acciones se llevarán a cabo específicamente para cada aspecto evaluado, con el objetivo de establecer si las medidas sugeridas son apropiadas o, si es necesario, proponer alternativas.

d) **ARTÍCULO 35**.- Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo.

Para autorizar las obras y actividades del artículo 28, la Secretaría aplicará los ordenamientos legales relevantes, programas urbanos y ecológicos, así como declaratorias de áreas protegidas. Además, deberá evaluar los efectos en los ecosistemas considerando todos sus elementos, no solo los recursos sujetos a aprovechamiento o afectación.

**VINCULACIÓN**: Para acatar esta norma, el promovente atenderá puntualmente todas las sugerencias señaladas en la autorización provisional otorgada por la

mencionada entidad federal, teniendo en cuenta que esta entidad determina los requisitos que regirán la realización del proyecto y las acciones que podrían provocar desajustes ecológicos, con la finalidad de prevenir y/o mitigar sus impactos adversos en los ecosistemas.

### 16.2. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

a) **ARTÍCULO 5o**.- Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:

   i. Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales:
   ii. Cualquier actividad que tenga fines u objetivos comerciales, con excepción de las actividades pesqueras que no se encuentran previstas en la fracción XII del artículo 28 de la Ley y que de acuerdo con la Ley de Pesca y su reglamento no requieren de la presentación de una manifestación de impacto ambiental, así como de las de navegación, autoconsumo o subsistencia de las comunidades asentadas en estos ecosistemas.

**VINCULACIÓN**: Dado que las acciones que abarca el proyecto deben ser analizadas en términos de su efecto sobre el medio ambiente por parte de la SEMARNAT, es necesario conseguir el permiso pertinente para su implementación. Por este motivo, se presenta la Manifestación de Impacto Ambiental particular para este proyecto.

b) **ARTÍCULO 44**.- Al evaluar las manifestaciones de impacto ambiental la Secretaría deberá considerar:

   i. Se consideran los posibles efectos de las obras o actividades previstas sobre el o los ecosistemas involucrados, evaluando el conjunto de elementos que los integran y no solo los recursos que puedan ser objeto de uso o impacto.
   ii. El uso de los recursos naturales debe realizarse respetando tanto la funcionalidad como la capacidad de carga de los ecosistemas a los que pertenecen dichos recursos, asegurando así su sostenibilidad a lo largo del tiempo.

iii. En su caso, la Secretaría podrá considerar las medidas preventivas, de mitigación y las demás que sean propuestas de manera voluntaria por el solicitante, para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

**VINCULACIÓN**: En el cuarto capítulo de la Manifestación de Impacto Ambiental, se presentan las circunstancias vigentes del entorno ecológico implicado, evaluando el nivel de protección y/o alteración en la zona afectada por la propuesta, tras lo anterior se identificaron los posibles efectos negativos que podrían derivarse de las actividades asociadas con el mencionado proyecto. Además, conforme al estudio técnico realizado por la SEMARNAT, se llevará a cabo un monitoreo ágil y oportuno de las acciones de prevención, mitigación y compensación mencionadas tanto en la MIA-P como en la autorización condicionada.

c) **ARTÍCULO 47**.- La ejecución de la obra o la realización de la actividad de que se trate deberá sujetarse a lo previsto en la resolución respectiva, en las normas oficiales mexicanas que al efecto se expidan y en las demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.

   En todo caso, el promovente podrá solicitar que se integren a la resolución los demás permisos, licencias y autorizaciones que sean necesarios para llevar a cabo la obra o actividad proyectada y cuyo otorgamiento corresponda a la Secretaría.

**VINCULACIÓN**: El trabajo se llevará a cabo conforme a lo establecido en la autorización emitida por la SEMARNAT, la concesión proporcionada por la CONAGUA, las Normas Oficiales Mexicanas mencionadas y las otras regulaciones legales y normativas relacionadas con el medio ambiente que son pertinentes para las actividades del proyecto.

d) **ARTÍCULO 49**.- Las autorizaciones que expida la Secretaría sólo podrán referirse a los aspectos ambientales de las obras o actividades de que se trate y su vigencia no podrá exceder del tiempo propuesto para la ejecución de éstas. Asimismo, el promovente deberá avisar a la Secretaría del inicio y la conclusión de los proyectos, así como del cambio en su titularidad.

**VINCULACIÓN**: Mediante esta Manifestación de Impacto Ambiental se cumplen los criterios ambientales establecidos por la legislación vigente; además, el promovente estará obligado a cumplir con las recomendaciones señaladas en la resolución correspondiente.

## 16.3. Ley General de Vida Silvestre

### Ley General de Vida Silvestre (LGVS).

a) **Artículo 60 Bis.** Ningún ejemplar de mamífero marino puede ser sujeto de aprovechamiento extractivo, con excepción de la captura que tenga por objeto la investigación científica con fines de protección y conservación de dicha especie y población. La investigación debe ser realizada o avalada por una institución académica o de investigación con registro oficial y contar con un protocolo autorizado por la Secretaría. Queda prohibida la posesión y utilización de mamíferos marinos para cualquier actividad que no sean las permitidas en este artículo, con excepción de aquellos:

   I. Cuya finalidad sea su reproducción para la conservación a través de la recuperación, la reintroducción y la repoblación de especies y poblaciones amenazadas o en peligro de extinción, o

   II. Que sean rescatados y depositados por las autoridades competentes, y no tengan fines de lucro.

Queda prohibida la reproducción de los ejemplares de mamíferos marinos, salvo lo establecido en la fracción I del párrafo segundo del presente artículo.

Para el caso de los ejemplares de mamíferos marinos destinados a la reintroducción o repoblación, estos no podrán ser objeto de exhibición ni de actividades con fines de lucro.

Para el caso de las especies pertenecientes al grupo de los cetáceos, los ejemplares deben estar ubicados en corrales marinos y no en instalaciones de concreto, como albercas y estanques. En caso de que lo anterior no sea posible por la geografía en la que se encuentren dichas instalaciones, los cetáceos deben permanecer en instalaciones abiertas que reciban intercambio de agua del exterior, ya sea por flujo de mareas o por medio de un sistema de bombeo.

Para casos de contingencia, emergencia zoosanitaria, o cualquier otra situación que ponga en riesgo o peligro a los ejemplares de mamíferos marinos, deben trasladarse de manera temporal a instalaciones sin contacto o comunicación directa con el mar, para garantizar su integridad.

El promovente de una autorización para la captura de mamíferos marinos a los que se refiere este artículo deberá entregar a la autoridad correspondiente un protocolo completo que sustente su solicitud. El resto del trámite quedará sujeto a las disposiciones de la presente Ley y demás ordenamientos aplicables.

Para el caso de varamientos de mamíferos marinos se procederá siempre a lo determinado en el "Protocolo de atención para varamiento de mamíferos marinos".

Ningún ejemplar de primate, cualquiera que sea la especie, podrá ser sujeto de aprovechamiento extractivo, ya sea de subsistencia o comercial. Solo se podrá autorizar la captura para actividades de restauración, repoblamiento y de reintroducción de dichas especies en su hábitat natural.

**VINCULACIÓN:** El proyecto de extracción de materiales pétreos **no implica el aprovechamiento extractivo de mamíferos marinos**, ya que su actividad se limita a la extracción de materiales pétreos inorgánicos (arena, grava y piedra) del lecho del río Papaloapan. El río Papaloapan es un ecosistema de agua dulce que desemboca en el Golfo de México; sin embargo, los mamíferos marinos (como delfines, manatíes o nutrias marinas) no habitan en el tramo del río donde se desarrolla el proyecto, sino en zonas costeras y marinas. Por lo tanto, **el proyecto no contraviene el Artículo 60 Bis**, ya que no realiza ni tiene previsto realizar captura, extracción o aprovechamiento de ninguna especie de mamífero marino.

No obstante, la existencia de este artículo refuerza la **obligación general de respeto a la vida silvestre** y establece un **precedente de protección absoluta** para ciertos grupos faunísticos, lo que exige implementar medidas preventivas para garantizar que ninguna actividad del proyecto afecte directa o indirectamente a la fauna silvestre, incluyendo la que pudiera habitar en el sistema fluvial o en las zonas costeras aguas abajo.

b) **Artículo 60 TER.-** Queda prohibida la remoción, relleno, transplante, poda, o cualquier obra o actividad que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar; del ecosistema y su zona de influencia; de su productividad natural; de la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos; de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales, o que provoque cambios en las características y servicios ecológicos.

   Se exceptuarán de la prohibición a que se refiere el párrafo anterior las obras o actividades que tengan por objeto proteger, restaurar, investigar o conservar las áreas de manglar.

**VINCULACIÓN**: El proyecto no contraviene el artículo 60 Ter, ya que no se ubica en un área de manglar ni en su zona de influencia directa. La extracción se realiza en el cauce del río Papaloapan, a aproximadamente **80 km** río arriba de la desembocadura donde se desarrollan los manglares. Sin embargo, el proyecto sí está sujeto a la obligación de prevenir cualquier afectación indirecta a los manglares, especialmente en lo relativo a la integralidad del flujo hidrológico y la calidad del agua. Por ello, se implementan medidas preventivas (extracción en seco, mantenimiento externo de maquinaria, prohibición de vertidos, control de profundidad y monitoreo) para garantizar que no se afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar.

c) **Artículo 99**. El aprovechamiento no extractivo de vida silvestre requiere una autorización previa de la Secretaría, que se otorgará de conformidad con las disposiciones establecidas en el presente capítulo, para garantizar el bienestar de los ejemplares de especies silvestres, la continuidad de sus poblaciones y la conservación de sus hábitats. Las obras y actividades de aprovechamiento no extractivo que se lleven a cabo en manglares deberán sujetarse a las disposiciones previstas por el artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

**VINCULACIÓN:** El proyecto no es un aprovechamiento de vida silvestre (ni extractivo ni no extractivo), sino una actividad de extracción de materiales pétreos del lecho del río. Por tanto, el artículo 99 no resulta directamente aplicable al proyecto en sí mismo. Sin embargo, el artículo 99 establece un principio general que sí vincula al proyecto: toda actividad que pueda afectar hábitats de especies silvestres debe garantizar la conservación de dichos hábitats. El proyecto, al realizarse en el cauce del río Papaloapan (que es hábitat de especies acuáticas y ribereñas), garantiza que sus operaciones no afecten la continuidad de las poblaciones ni la conservación de los hábitats de la vida silvestre.

### Acciones de mitigación para especies acuáticas

| Medida | Descripción | Fundamento / Implementación |
|---|---|---|
| **Rescate y reubicación de ictiofauna** | Antes de iniciar los trabajos de extracción en cada frente, se realizará un **barrido manual** en los cuerpos de agua remanentes (charcos, pozas) dentro del área de extracción. Los peces, crustáceos y macroinvertebrados atrapados serán capturados con redes de mano y **reubicados en zonas aguas arriba o** | El Proyecto establece un programa de ahuyentamiento y rescate de fauna. Se priorizarán especies bajo categoría de riesgo (Pr) como *Notropis murales* (Carpita tepelneme) |

| | | |
|---|---|---|
| | **aguas abajo** del frente de trabajo, fuera del área de afectación. | y *Poecilia butleri* (Topote del pacífico). |
| **Extracción en seco y control de turbidez** | Las actividades de extracción se realizan **exclusivamente durante la temporada de estiaje**, cuando el nivel del agua desciende y el lecho del río queda expuesto (profundidad de 40 a 60 cm). Esto evita la resuspensión de sedimentos (turbidez) y protege las agallas de los peces, así como las zonas de desove. | Adicionalmente, se prohíbe el uso de dragas hidráulicas, que generarían alta turbidez. |
| **Prohibición de vertidos y derrames** | Está **prohibido** verter cualquier tipo de residuo (sólido, líquido, aceites, combustibles) al cauce del río. Todo el mantenimiento mayor de la maquinaria se realiza en talleres externos. En caso de emergencia, se utilizan **paños absorbentes, barreras de contención y charolas impermeables** para contener cualquier fuga antes de que alcance el agua. | Medidas para evitar contaminación del agua. Esto previene la mortalidad aguda de la ictiofauna por intoxicación. |
| **Limitación de la profundidad de corte** | La profundidad máxima de extracción es de **2.00 m** y la media de 1.10 m, respetando el nivel del manto freático y evitando la modificación de las condiciones de oxigenación y temperatura del agua subterránea que aflora al cauce. | Recomendaciones de CONAGUA. |
| **Programa de monitoreo de calidad del agua** | Durante la operación, se tomarán muestras de agua (aguas arriba y aguas abajo del frente de trabajo) para verificar que no haya cambios en los parámetros de pH, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales y presencia de hidrocarburos. | Programa de Vigilancia Ambiental. Se reportará cualquier desviación a la SEMARNAT. |

## Acciones de mitigación para especies ribereñas (flora y fauna)

| Medida | Descripción | Fundamento / Implementación |
|---|---|---|
| **Respeto a la franja de vegetación riparia de 50 m** | Se mantiene y conserva una **franja de 50 metros** de ancho en ambas márgenes del río, medida a partir del nivel de aguas máximas ordinarias. Dentro de esta franja queda **estrictamente prohibido** el tránsito de maquinaria, la tala de árboles, la remoción de vegetación o cualquier actividad que afecte la cobertura vegetal. | Criterio de Regulación Ecológica del POERTEO. Protege hábitats de aves, reptiles y mamíferos menores. |
| **Ahuyentamiento y rescate de fauna terrestre** | Antes del inicio de las operaciones en cada frente, se realizarán **recorridos de ahuyentamiento** en las áreas colindantes al cauce. Se emplearán métodos no letales (ruido, batidas suaves) para desplazar a reptiles (como *Boa constrictor*, *Ctenosaura similis*), aves nidificantes en el suelo y pequeños mamíferos | (Programa de Vigilancia Ambiental). |

| | | |
|---|---|---|
| | hacia zonas de vegetación conservada fuera del área de influencia. | |
| **Prohibición de caza, captura y colecta** | Mediante letreros informativos (colocados en accesos y frentes de trabajo) y capacitación obligatoria al personal, se establece la **prohibición absoluta** de cazar, capturar, dañar, perseguir o comercializar cualquier especie de flora y fauna silvestre. Esto incluye aves como el zanate (*Quiscalus mexicanus*) y la garceta (*Egretta garzetta*), así como especies de importancia ecológica. | Se sancionará a cualquier trabajador que incurra en estas prácticas. |
| **Control de velocidad y señalización** | Se establecerán **límites de velocidad** (máximo 20 km/h) para los camiones de volteo y la maquinaria en el camino de acceso y dentro del polígono, a fin de evitar atropellamientos de fauna (reptiles, anfibios, crías de aves que cruzan el camino). Se colocarán señalamientos de "Peligro, fauna cruzando" y "Velocidad reducida". | Se sancionará a cualquier trabajador que incurra en estas prácticas. |
| **Protección de especies enlistadas en la NOM-059** | Si durante las labores de rescate o en los recorridos de supervisión se identifica algún ejemplar de *Cedrela odorata* (cedro, categoría **Pr**) dentro de la franja de 50 m (o en sus inmediaciones), **se señalará y excluirá** físicamente el área alrededor del ejemplar (radio mínimo de 5 m). No se realizará ninguna actividad que pueda dañar su sistema radicular o su dosel. | NOM-059-SEMARNAT-2010. Se notificará a SEMARNAT si se encuentra un ejemplar de esta especie dentro del área de influencia directa. |
| **Restauración y reforestación compensatoria** | Como medida de compensación por la perturbación temporal del hábitat, se llevará a cabo un programa de reforestación en áreas degradadas aledañas al río, utilizando especies nativas de la región como *Tabebuia rosea* (Primavera), *Gliricidia sepium* (Matarratón) y *Cojoba arborea* (Coralillo), en una proporción de **2:1** (dos plantas por cada metro cuadrado de área afectada indirectamente). | (Medidas de compensación). Además de restaurar el hábitat, se crean corredores biológicos para la fauna. |
| **Control de polvo en caminos** | El riego de los caminos de acceso con agua (proveniente del canal de riego municipal) no solo controla las emisiones de polvo a la atmósfera, sino que también evita que el polvo se deposite sobre la vegetación riparia (afectando la fotosíntesis) y sobre los cuerpos de agua (alterando la calidad del hábitat acuático). | Riego de los caminos de acceso con agua. |

## 16.4. La NOM-022-SEMARNAT-2003

## Análisis de aplicabilidad de la NOM-022-SEMARNAT-2003

**El proyecto no se ubica en un humedal costero ni en una zona de manglar.** El banco de extracción "Toro Bravo II" se localiza en el cauce del río Papaloapan, en el municipio de San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, a aproximadamente 80 km río

arriba de la desembocadura donde se desarrollan los manglares del Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz.

La propia NOM-022-SEMARNAT-2003, en su **numeral 4.0**, establece que *"El manglar deberá preservarse como comunidad vegetal"*, y sus disposiciones se dirigen a regular las actividades que se realicen dentro o en la zona de influencia de estos ecosistemas. Dado que el polígono de extracción se encuentra fuera de cualquier área de manglar y fuera de su zona de influencia directa, **la norma no resulta directamente aplicable como prohibición absoluta**.

No obstante, el proyecto reconoce que el río Papaloapan es el mismo cuerpo de agua que conecta la zona de extracción con los humedales costeros aguas abajo. Por ello, si bien no se está sujeto a las prohibiciones de la NOM-022, **se adoptan voluntariamente medidas preventivas y de mitigación** que se alinean con el espíritu de la norma, garantizando que no se generen afectaciones indirectas a los manglares.

**Disposiciones generales de la NOM-022-SEMARNAT-2003 y su vinculación con el proyecto**

**Numeral 4.0.- Especificaciones**

El manglar deberá preservarse como comunidad vegetal. En la evaluación de las solicitudes en materia de cambio de uso de suelo, autorización de aprovechamiento de la vida silvestre e impacto ambiental se deberá garantizar en todos los casos la integralidad de este, para ello se contemplarán los siguientes puntos:

- La integridad del flujo hidrológico del humedal costero;
- La integridad del ecosistema y su zona de influencia en la plataforma continental;
- Su productividad natural;
- La capacidad de carga natural del ecosistema para turistas;
- Integridad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje;
- La integridad de las interacciones funcionales entre los humedales costeros, los ríos (de superficie y subterráneos), la duna, la zona marina adyacente y los corales;
- Cambio de las características ecológicas;
- Servicios ecológicos;

- Ecológicos y eco fisiológicos (estructurales del ecosistema como el agotamiento de los procesos primarios, estrés fisiológico, toxicidad, altos índices de migración y mortalidad, así como la reducción de las poblaciones principalmente de aquellas especies en status, entre otros).

**VINCULACIÓN**: El proyecto se localiza fuera de cualquier comunidad de manglar. No se realiza remoción, relleno, poda o cualquier actividad que afecte la integridad de estos ecosistemas.

**Numeral 4.1.-** Toda obra de canalización, interrupción de flujo o desvío de agua que ponga en riesgo la dinámica e integridad ecológica de los humedales costeros, quedará prohibida, excepto en los casos en los que las obras descritas sean diseñadas para restaurar la circulación y así promover la regeneración del humedal costero.

**VINCULACIÓN**: El proyecto **no** realiza canalización, interrupción ni desvío del flujo del río. La extracción se realiza en seco, respetando la pendiente natural del cauce y sin modificar el régimen hidrológico.

**Numeral 4.5.-** Cualquier bordo colindante con el manglar deberá evitar bloquear el flujo natural del agua hacia el humedal costero.

**VINCULACIÓN:** No se construyen bordos ni obras de contención. El material no aprovechable se dispone en las márgenes del río únicamente para el levantamiento del hombro del cauce y protección marginal, sin bloquear el flujo natural.

**Numeral 4.14** La construcción de vías de comunicación aledañas, colindantes o paralelas al flujo del humedal costero, deberá incluir drenes y alcantarillas que permitan el libre flujo del agua y de luz. Se deberá dejar una franja de protección de 100 m (cien metros) como mínimo la cual se medirá a partir del límite del derecho de vía al límite de la comunidad vegetal, y los taludes recubiertos con vegetación nativa que garanticen su estabilidad.

**VINCULACIÓN** : No aplica, ya que el proyecto no se desarrolla en zona de manglar.

**Numeral 4.16** Las actividades productivas como la agropecuaria, acuícola intensiva o semi intensiva, infraestructura urbana, o alguna otra que sea aledaña o colindante con la vegetación de un humedal costero, deberá dejar una distancia mínima de 100 m respecto al límite de la vegetación, en la cual no se permitirá actividades productivas o de apoyo.

**VINCULACIÓN:** No Aplica.

**Numeral 4.22.-** No se permite la construcción de infraestructura acuícola en áreas cubiertas de vegetación de manglar, a excepción de canales de toma y descarga, los cuales deberán contar previamente con autorización en materia de impacto ambiental y de cambio de utilización de terrenos forestales.

**VINCULACIÓN:** No Aplica.

**Análisis del numeral 4.43 de la NOM-022-SEMARNAT-2003**

El **numeral 4.43** fue adicionado mediante Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de mayo de 2004 y establece lo siguiente:

*"4.43.- La prohibición de obras y actividades estipuladas en los numerales 4.4 y 4.22 y los límites establecidos en los numerales 4.14 y 4.16 podrán exceptuarse siempre que en el informe preventivo o en la manifestación de impacto ambiental, según sea el caso se establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales y se obtenga la autorización de cambio de uso de suelo correspondiente."*

**Interpretación y alcance del numeral 4.43**

El numeral 4.43 establece una **excepción** a las prohibiciones y límites de la NOM-022, permitiendo que, mediante la presentación de una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) que incluya **medidas de compensación** y la obtención del **cambio de uso de suelo correspondiente**, se puedan llevar a cabo obras o actividades que, de otro modo, estarían prohibidas en zonas de manglar.

**Aplicación al proyecto**

**El proyecto no requiere acogerse al numeral 4.43** por las siguientes razones:

- **No se actualiza el supuesto de la norma**: El numeral 4.43 se refiere a la excepción de prohibiciones y límites establecidos en la NOM-022. Dado que el proyecto no se ubica en una zona de manglar, **no está sujeto a dichas prohibiciones ni límites**, por lo que no necesita invocar la excepción.
- **No se requiere cambio de uso de suelo**: El proyecto no implica un Cambio de Uso de Suelo en Áreas Forestales (CUS), ya que las actividades se desarrollan sobre el cauce del río (zona federal) y sobre un camino de terracería preexistente, sin afectar vegetación forestal ni de manglar.

- **No se realizan obras prohibidas por la NOM-022**: El proyecto no implica canalización, desvío de flujo, relleno, remoción de vegetación de manglar, ni ninguna de las actividades prohibidas por los numerales 4.4, 4.14, 4.16 o 4.22 de la NOM-022.

**En consecuencia, el numeral 4.43 no es directamente aplicable al proyecto**, ya que este no se encuentra en el supuesto normativo que requiere de dicha excepción.

### Medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración

Aunque la NOM-022-SEMARNAT-2003 no es directamente aplicable, el proyecto implementa un conjunto de medidas que **previenen, mitigan, compensan y restauran** cualquier posible afectación indirecta a los humedales costeros y manglares, alineándose con los objetivos de la norma.

### Medidas de prevención

| Medida | Descripción |
|---|---|
| **Extracción en seco** | La operación se realiza únicamente durante la temporada de estiaje, cuando el lecho del río queda expuesto, evitando la generación de turbidez y sedimentos que pudieran alcanzar los manglares aguas abajo. |
| **Respeto a la franja de 50 m** | Se mantiene y conserva una franja de vegetación riparia de 50 metros en ambas márgenes del río, la cual actúa como filtro natural de sedimentos y protege la conectividad hidrológica. |
| **Prohibición de vertidos** | Está absolutamente prohibido verter residuos sólidos, líquidos o peligrosos al cauce del río o a sus márgenes. Los residuos se depositan en contenedores y se transportan a sitios de disposición autorizados. |
| **Mantenimiento externo de maquinaria** | Todos los cambios de aceite, filtros y reparaciones mayores se realizan en talleres mecánicos autorizados fuera del sitio, eliminando el riesgo de derrames de hidrocarburos en el cauce. |

### Medidas de mitigación

| Medida | Descripción |
|---|---|
| **Control de la profundidad de extracción** | La profundidad máxima de corte es de 2.00 m, respetando la pendiente natural del cauce, lo que garantiza que no se altere el régimen hidrológico que mantiene los humedales costeros aguas abajo. |
| **Disposición de material no aprovechable** | El material no aprovechable se dispone en las márgenes del río para el levantamiento del hombro del cauce y protección marginal, sin bloquear el flujo natural del agua. |
| **Control de polvo** | El riego de los caminos de acceso con agua evita que el polvo se deposite sobre la vegetación riparia y sobre los cuerpos de agua, protegiendo la calidad del hábitat acuático. |

### Medidas de compensación

Aunque el proyecto no afecta directamente manglares, se implementan medidas de compensación ambiental en beneficio de los ecosistemas acuáticos y riparios, en línea con el espíritu del numeral 4.43:

| Medida | Descripción |
|---|---|
| **Reforestación compensatoria** | Se llevará a cabo un programa de reforestación en áreas degradadas aledañas al río, utilizando especies nativas de la región (*Tabebuia rosea*, *Gliricidia sepium*, *Cojoba arborea*), en una proporción de 2:1 (dos plantas por cada metro cuadrado de área afectada indirectamente). |
| **Restauración de márgenes** | Se restaurarán tramos del río con erosión activa, mediante la estabilización de taludes y la plantación de especies riparias, contribuyendo a la conectividad ecológica con los humedales costeros. |

### Medidas de restauración

| Medida | Descripción |
|---|---|
| **Escarificación y renivelación del cauce** | Al finalizar la concesión, se escarificarán las zonas de circulación de maquinaria y se renivelarán las áreas de transición entre el área explotada y el cauce natural, rellenando depresiones temporales y dejando una pendiente máxima del 2%. |
| **Recuperación de la capacidad de recarga del acuífero** | La escarificación del lecho del río permite recuperar la capacidad de recarga del acuífero, asegurando la continuidad del flujo base que alimenta los humedales costeros. |

### 16.5. Áreas Naturales Protegidas (ANP).

El sitio donde se ejecutará el proyecto, como de la **región ecológica delimitada**, se excluye de cualquier **Área Natural Protegida** de carácter federal, estatal o municipal.

**VINCULACIÓN**: Si bien el proyecto no afecta directamente ninguna Área Natural Protegida (ANP), durante su ejecución se implementarán medidas de prevención y mitigación orientadas a la conservación de la flora y fauna presentes en el sitio. El ANP más cercana al área del proyecto es “Tehuacán-Cuicatlán”, ubicada a 89.5 km al suroeste.

Area Natural Protegida

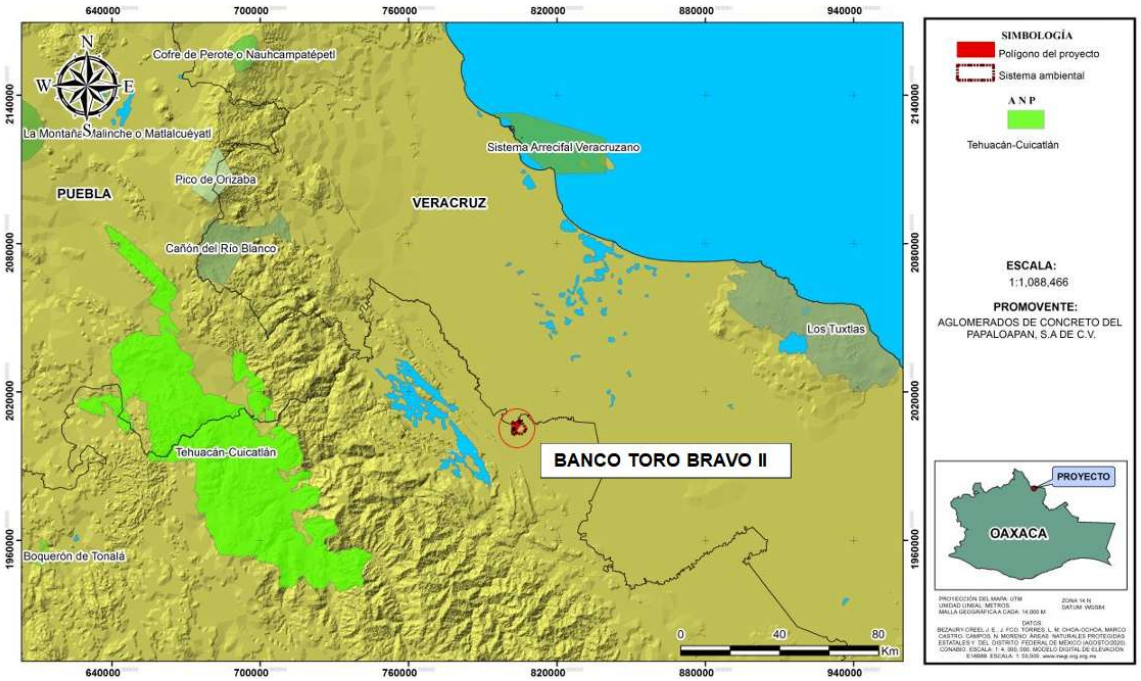



*Ilustración 4.- Áreas Naturales Protegidas cercanas al sitio del proyecto.*

## 16.6. Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC).

El sitio donde se ejecutará el proyecto, como de la **región ecológica delimitada**, se excluye de cualquier **Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación** de carácter federal, estatal o municipal.

**VINCULACIÓN**: Si bien el proyecto no afecta directamente ninguna Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), durante su ejecución se implementarán medidas de prevención y mitigación orientadas a la conservación de la flora y fauna presentes en el sitio. El ADVC más cercana al área del proyecto es "Área de Conservación del Ejido Cerro de Oro", ubicada a 18.2 km al suroeste.

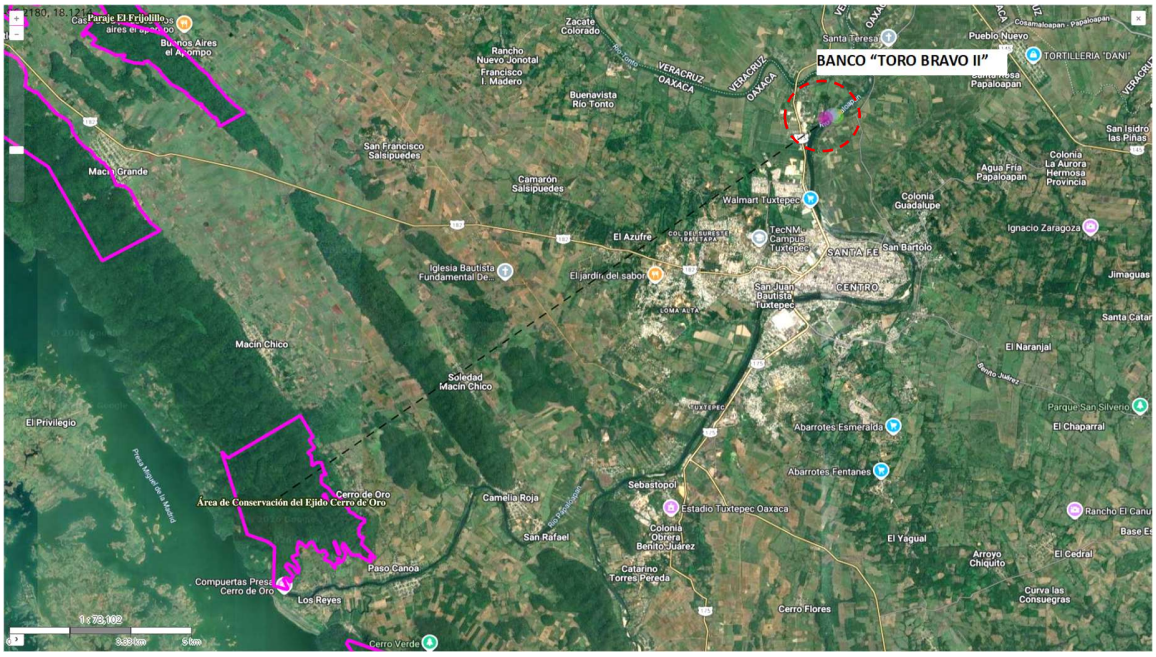



*Ilustración 5.- Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), cercanas al sitio del proyecto.*

## 16.7. LGEEPA y Reglamento de la LGEEPA en materia de Áreas Naturales Protegidas

### Marco normativo aplicable Artículo 46 de la LGEEPA

a) **Artículo 46** de la LGEEPA establece las categorías de áreas naturales protegidas, señalando que se consideran como tales:

i. Reservas de la biosfera;
ii. [Derogada];
iii. Parques nacionales;
iv. Monumentos naturales;
v. Áreas de protección de recursos naturales;
vi. Áreas de protección de flora y fauna;
vii. Santuarios;
viii. Parques urbanos;
ix. Zonas de conservación ecológica;
x. Áreas de preservación ecológica de los centros de población; y
xi. Áreas destinadas voluntariamente a la conservación.

**VINCULACIÓN:** El proyecto de aprovechamiento de materiales pétreos en el banco "Toro Bravo II" no se ubica dentro de ninguna de las categorías de áreas naturales protegidas señaladas en el Artículo 46. El sitio del proyecto se excluye de cualquier Área Natural Protegida de carácter federal, estatal o municipal. Las áreas protegidas más cercanas se encuentran a distancias considerables (ej. la ANP "Tehuacán-Cuicatlán" a 89.5 km al suroeste), por lo que no existe afectación directa ni indirecta a estos ecosistemas.

b) **Artículo 47**.- Establece los lineamientos para el establecimiento, administración y manejo de las áreas naturales protegidas.

**VINCULACIÓN:** El proyecto no se encuentra dentro de ninguna ANP, no está sujeto a los procedimientos de administración y manejo establecidos en este artículo. No obstante, el proyecto se alinea con el espíritu del artículo 47 al implementar medidas de conservación y manejo sustentable en el área de influencia, tales como:

- El respeto a la franja de vegetación riparia de 50 metros (criterio del POERTEO).
- La extracción controlada en seco, que no altera el régimen hidrológico.
- La restauración del lecho del río al finalizar la concesión.

c) **Artículo 48**.- se refiere a las reservas de la biosfera.

**VINCULACIÓN** : El proyecto no se localiza en una reserva de la biosfera ni en su zona de influencia, por lo que este artículo no resulta vinculante en términos de restricciones específicas.

d) **Artículo 49**.- regula las actividades en las zonas núcleo de las áreas naturales protegidas.

**VINCULACIÓN** : El proyecto no se encuentra en una zona núcleo de ninguna ANP, por lo que no está sujeto a las restricciones previstas en este artículo.

e) Los artículos 50 al 66 de la LGEEPA desarrollan disposiciones específicas para cada categoría de ANP, incluyendo la regulación de zonas de amortiguamiento, programas de manejo, autorizaciones para actividades dentro de las ANP y sanciones.

**VINCULACIÓN** : El proyecto no se ubica en ninguna de estas categorías, por lo que **no requiere autorización adicional** bajo estos artículos.

## 16.8. Programa de Manejo de Área Natural Protegida (Federales, estatales y municipales)

### Ausencia de Áreas Naturales Protegidas en el sitio del proyecto y su área de influencia

#### Ámbito federal

El sitio del proyecto se **excluye de cualquier Área Natural Protegida de carácter federal**. El ANP federal más cercana es **"Tehuacán-Cuicatlán"**, ubicada a **89.5 km al suroeste** del sitio del proyecto. Dada esta distancia considerable, no existe afectación directa ni indirecta a esta área protegida, por lo que el proyecto no se encuentra dentro de ninguna de las categorías de ANP federales señaladas en el Artículo 46 de la LGEEPA (Reservas de la biosfera, Parques nacionales, Monumentos naturales, Áreas de protección de recursos naturales, Áreas de protección de flora y fauna, Santuarios, entre otras).

Adicionalmente, el municipio de San Juan Bautista Tuxtepec **no cuenta con zonas naturales protegidas de carácter federal**, según información de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

#### Ámbito estatal

El estado de Oaxaca cuenta con diversas ANP estatales; sin embargo, el sitio del proyecto **no se ubica en ninguna de ellas**. El Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio del Estado de Oaxaca (POERTEO) clasifica el área del proyecto dentro de las **Unidades de Gestión Ambiental (UGAS) 001 y 024**. Estas UGAS **no constituyen áreas naturales protegidas**, sino zonas con lineamientos de ordenamiento ecológico que no equivalen a una zonificación de ANP con Programa de Manejo.

#### Ámbito municipal

El municipio de San Juan Bautista Tuxtepec **no cuenta con ANP municipales decretadas**. El Atlas de Riesgo Municipal reconoce al municipio como un área vulnerable a inundaciones, pero no establece figuras de protección ambiental que restrinjan las actividades del proyecto. No existe, por tanto, una zonificación municipal de áreas naturales protegidas que resulte aplicable.

### Inexistencia de Programa de Manejo de ANP aplicable

Los Programas de Manejo son los instrumentos rectores de planeación y regulación de las Áreas Naturales Protegidas. Cada ANP cuenta con un Programa de Manejo que establece las **reglas administrativas** aplicables a las diferentes zonas (núcleo y de amortiguamiento), así como las actividades permitidas, restringidas y prohibidas dentro de sus polígonos.

Dado que **el proyecto no se encuentra dentro de ninguna ANP**, no existe un Programa de Manejo que le sea directamente aplicable. Por lo tanto, no se requiere autorización adicional de la CONANP ni se está sujeto a las reglas administrativas específicas de ningún Programa de Manejo de ANP.

### 16.9. Sitios RAMSAR

#### Contextualización del Sitio Ramsar

El Sitio Ramsar "Humedales del Papaloapan, San Vicente y San Juan" (clave **79**, número Ramsar **2084**) fue designado el **30 de junio de 2012** y se localiza en el **estado de Veracruz**, abarcando una extensión de **8,186.98 km²**. Sus coordenadas geográficas son **Latitud 18°47'24" - 17°40'12" N** y **Longitud 96°07'48" - 95°05'24" W**.

Este sitio comprende un complejo sistema de humedales que incluye cuerpos de agua lénticos como la **Laguna de Alvarado, Buen País y Camaronera**, y sistemas lóticos como los **ríos Papaloapan, San Juan Evangelista, San Vicente, San Agustín y Blanco**. Se caracteriza por una alta diversidad de hábitats acuáticos (ríos, meandros, humedales, lagunas y pantanos), alta producción primaria y secundaria, y una gran riqueza de flora y fauna, incluyendo manglares de *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*, así como una importante diversidad de aves acuáticas y peces.

#### Criterios de creación del Sitio Ramsar y su vinculación con el proyecto

De conformidad con la **Convención de Ramsar** y la **Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (RIS)**, los sitios son designados con base en **nueve criterios** que se agrupan en tres categorías: **Grupo A** (tipos de humedales representativos, raros o únicos), **Grupo B** (importancia para la biodiversidad y especies amenazadas) y **Grupo C** (importancia para la conservación de la diversidad biológica en general).

A continuación, se demuestra cómo el proyecto se ajusta a cada uno de estos criterios:

A. **Criterios basados en tipos de humedales**

| Criterio | Descripción | Vinculación |
|---|---|---|
| Criterio 1 | El sitio contiene un ejemplo representativo, raro o único de un tipo de humedal natural o casi natural dentro de la región biogeográfica correspondiente. | El proyecto no afecta los tipos de humedales representativos del sitio (manglar, popal, tular, palmar, selva baja perennifolia inundable, entre otros). La extracción se realiza en un tramo alto del río Papaloapan, fuera de la zona de humedales costeros, y se respeta la franja de vegetación riparia de 50 metros, que actúa como filtro natural. |

**B. Criterios basados en especies y comunidades ecológicas**

| Criterio | Descripción | Vinculación |
|---|---|---|
| Criterio 2 | El sitio sustenta especies vulnerables, en peligro de extinción o críticamente amenazadas, o comunidades ecológicas amenazadas. | El proyecto **no afecta** a las especies amenazadas que habitan el Sitio Ramsar. La extracción se realiza en seco, sin generar turbidez ni contaminación que pudiera alcanzar la zona de manglares, donde habitan especies como el manatí (*Trichechus manatus*) y diversas aves acuáticas. Se implementa un programa de rescate y reubicación de fauna en el área de influencia directa, y se prohíbe la caza y captura de especies silvestres. |
| Criterio 3 | El sitio sustenta poblaciones de especies importantes para mantener la diversidad biológica de una región biogeográfica. | El proyecto **no reduce** la diversidad biológica del Sitio Ramsar. Al no afectar la vegetación riparia, se preservan los corredores biológicos que conectan el sistema fluvial con los humedales costeros. Además, el desazolve del cauce contribuye a mantener la funcionalidad hidrológica que sustenta la productividad del humedal. |
| Criterio 4 | El sitio sustenta especies en una etapa crítica de su ciclo biológico, o proporciona | El proyecto **no interfiere** con los ciclos biológicos de las especies del humedal. La operación se realiza en temporada de estiaje, cuando el nivel del agua es |

| | | |
|---|---|---|
| | refugio durante condiciones adversas. | mínimo, y se suspende durante los meses de lluvias (julio a octubre), que coinciden con los periodos de reproducción y migración de muchas especies acuáticas y aves. |

**C. Criterios basados en la importancia para la biodiversidad**

| Criterio | Descripción | Vinculación |
|---|---|---|
| Criterio 5 | El sitio alberga regularmente 20,000 o más aves acuáticas. | El proyecto **no afecta** las poblaciones de aves acuáticas que utilizan el humedal. Las aves registradas en el área de influencia del proyecto son especies comunes y adaptables (*Quiscalus mexicanus*, *Egretta garzetta*), que no dependen exclusivamente de la zona de extracción. Se colocan letreros informativos y se prohíbe la caza. |
| Criterio 6 | El sitio alberga regularmente el 1% o más de los individuos de una población de una especie o subespecie de aves acuáticas. | El proyecto **no afecta** a las poblaciones de aves acuáticas que cumplen con este umbral. La extracción se realiza en un tramo alejado de las zonas de anidación y alimentación de estas aves, que se concentran en la laguna de Alvarado y sus alrededores. |
| Criterio 7 | El sitio sustenta una proporción significativa de las subespecies, especies o familias de peces nativos, o de sus ciclos de vida o interacciones. | El proyecto **no afecta** a las poblaciones de peces nativos del Sitio Ramsar. La extracción en seco evita la mortalidad directa de peces, y se implementa un programa de rescate y reubicación de ictiofauna antes de iniciar los trabajos en cada frente. Se prohíbe el vertido de residuos y se controla la profundidad de extracción para no alterar el hábitat bentónico. |
| Criterio 8 | El sitio es una fuente importante de alimento para peces, sirve como zona de | El proyecto **no afecta** las funciones de alimentación y reproducción de los peces. La extracción se realiza en un tramo del río donde la ictiofauna es |

| | | |
|---|---|---|
| | desove, criadero o ruta migratoria. | menos diversa, y se evita la generación de turbidez que podría afectar la calidad del agua aguas abajo. |
| Criterio 9 | El sitio sustenta el 1% o más de los individuos de una población de una especie o subespecie de una especie de humedal no aviar. | El proyecto **no afecta** a las poblaciones de especies no avianas que cumplen con este umbral. La zona de extracción no alberga poblaciones significativas de estas especies. |

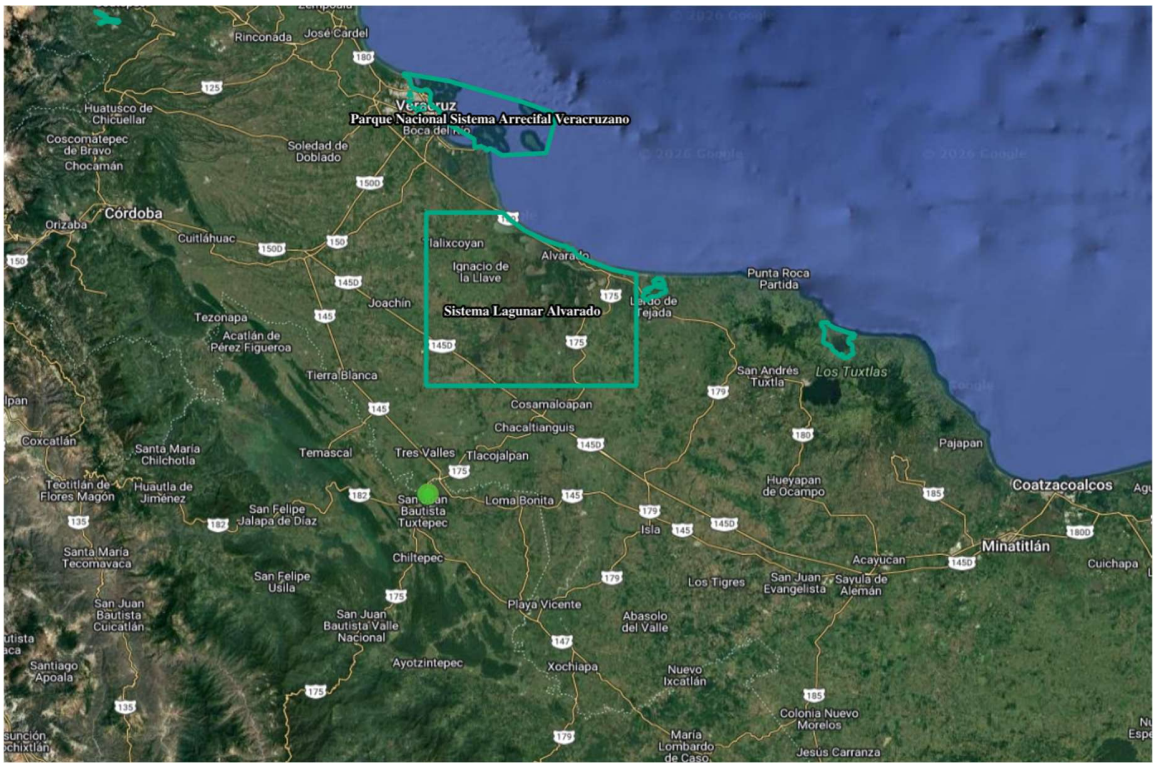



*Ilustración 6.- Sitios RAMSAR cercas del proyecto.*

## 16.10. Programas de Ordenamiento Ecológico Regional, Marino, Estatal, Municipal y Local

### Instrumentos de Ordenamiento.

La finalidad del presente apartado es ofrecer información resultado de un análisis detallado de los ordenamientos legales aplicables al proyecto que se pretende ejecutar, a fin de determinar la compatibilidad o congruencia del proyecto con las disposiciones jurídicas, normativas, de ordenamiento, conservación y administrativas vigentes; dicho análisis permitirá enfocar propuestas específicas con las que el proyecto podrá cumplir con los objetivos del marco jurídico y de

planeación que apliquen directamente a la zona donde se pretende ejecutar el mismo.

### 16.10.1 Planes de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT).

El ordenamiento ecológico constituye una herramienta estratégica orientada a la caracterización y diagnóstico del estado territorial y de los recursos naturales, permitiendo la formulación de escenarios futuros. A partir de este análisis, se diseñan propuestas para el aprovechamiento racional y diversificado de dichos recursos, con la participación consensuada de la sociedad. El ***POEGT*** se establece como un instrumento de política ambiental cuyo objetivo principal es regular e inducir el uso del suelo y las actividades productivas, fundamentándose en el análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de los recursos naturales, a fin de garantizar la protección ambiental, la preservación y el aprovechamiento sustentable de estos recursos.

La **región ecológica** de acuerdo con el ***POEGT*** se encuentra inmerso en la región ecológica **18.17** dentro de la Unidad Ambiental Biofísica **No. 75** denominado "***Llanura Costera Veracruzana Norte***", en la siguiente tabla se describen las características de la unidad ambiental:

| CLAVE DE LA REGIÓN ECOLÓGICA 18.17 | |
|---|---|
| Unidad Ambiental Biofísica | "Llanura Costera Veracruzana Norte" |
| Superficie en km$^2$ | 18,099.28 |
| Población por UAB | 1,871,854 |
| Población indígena | Chinanteca |
| Rectores del Desarrollo | Forestal |
| Coadyuvantes del desarrollo | Agricultura, Ganadería y Turismo |
| Asociados del desarrollo | Minería-Poblacional |
| **CLAVE DE LA REGIÓN ECOLÓGICA 18.17** | |
| Política Ambiental | Restauración y Aprovechamiento Sustentable |
| Nivel de Atención Prioritaria | Muy alta |
| Escenario al 2033 | Inestable a Crítico |
| Escenario actual del Medio Ambiente 2026: No presenta superficie de ANP´s. Media degradación de los suelos. Muy alta degradación de la vegetación. Sin degradación por desertificación. La modificación antropogénica es media. Longitud de carreteras (km): Alta. Porcentaje de Zonas Urbanas: Baja. Porcentaje de cuerpos de agua: Muy Baja. Densidad de población (hab/km$^2$): Media. El uso de suelo es Pecuario y Agricola. Con disponibilidad de agua superficial. Con disponibilidad de agua subterránea. Porcentaje de zona funcional Alta: 0. Media importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera. | |

Cada una de estas estrategias está orientada a alcanzar un objetivo específico; la siguiente tabla muestra las estrategias que se relacionan directamente con el presente proyecto.

| GRUPO | No | ESTRATEGIA/DESCRIPCIÓN | VINCULACIÓN |
|---|---|---|---|
| Grupo I. Dirigido a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio. | | | |
| Aprovechamiento sustentable | 4 | Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales. | El proyecto se desarrollará de acuerdo con las disposiciones y recomendaciones citadas en la autorización en materia de impacto ambiental emitida por la SEMARNAT, como de la concesión otorgada por la CONAGUA, a fin de cumplir con las disposiciones en materia ambiental vigente, asimismo como se mencionó anteriormente se aplicarán las medidas de mitigación y prevención citadas en el presente estudio. Por otra parte, no se afectará a vegetación existente en la margen del río, dado que las actividades de aprovechamiento se efectuarán sobre el cuerpo de agua. |
| Protección de los recursos naturales. | 12 | Protección de los ecosistemas. | El proyecto fomenta la protección de los ecosistemas a través de medidas de prevención mitigación y compensación de los impactos negativos asociados a la ejecución del proyecto. |

## Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio

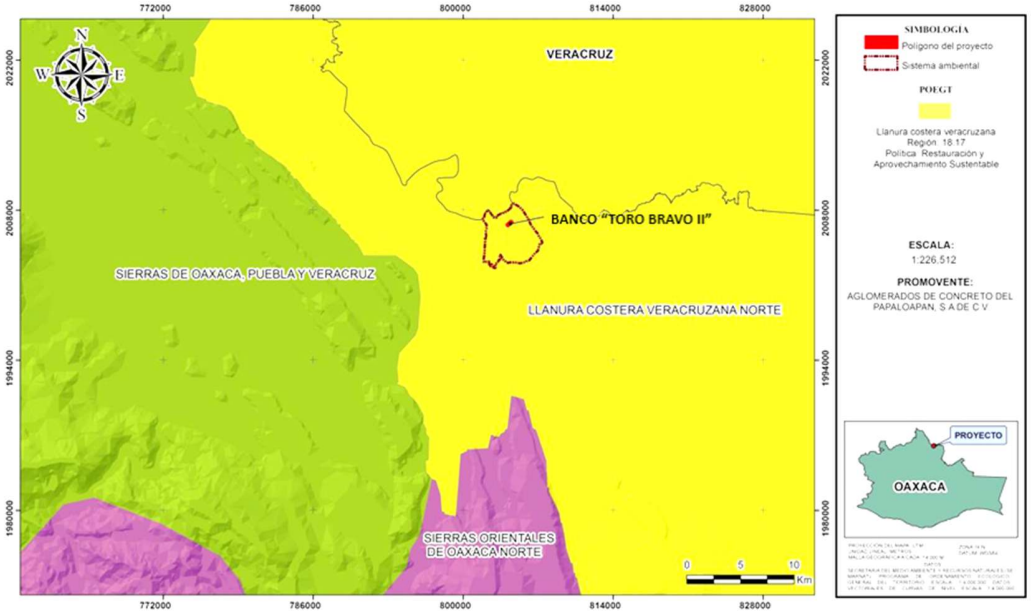



*Ilustración 7.- Ubicación del proyecto dentro de la UAB definidas en el POEGT.*

### 16.10.2 Plan de Desarrollo Municipal.

Actualmente, el municipio de San Juan Bautista Tuxtepec no dispone de un Plan de Desarrollo Municipal actualizado.

### 16.10.3. Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio del Estado de Oaxaca (POERTEO).

El Programa de Ordenamiento Ecológico (**POE**) se compone del Modelo de Ordenamiento Ecológico (**MOE**), que incluye la regionalización del área (**UGAs**) y los lineamientos ecológicos, y de Estrategias Ecológicas, que establecen objetivos y acciones para cada actor sectorial.

Uno de los mayores retos al desarrollar el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio del Estado de Oaxaca (**POERTEO**) fue lograr que las actividades de los distintos sectores fueran compatibles entre sí y respetaran el entorno natural. Para ello, se buscó distribuir equilibradamente los usos del suelo, permitiendo actividades productivas, sociales y la protección de los recursos naturales en el territorio.

Conforme al reglamento de la **LGEEPA** en materia de ordenamiento, un lineamiento ecológico se define como una meta o enunciado general que representa el estado óptimo deseado para una unidad de gestión ambiental (**UGA**). Dado que cada **UGA** cuenta con características particulares, se elaboró un lineamiento específico para cada una, por lo que existen 55 lineamientos en total. La formulación de estos lineamientos consideró: la política ambiental aplicable a la UGA; los sectores recomendados por maximizar la aptitud; aquellos sectores cuya operación genera conflictos y requieren ejecutarse bajo condiciones específicas, siguiendo estrategias y criterios para mitigar impactos; y los sectores cuyo desarrollo no es recomendable o carecen de aptitud en el área, situación que fue contrastada con el tipo de cobertura existente en caso de coincidencia sectorial.

Las variaciones de uso se alinean con los sectores reconocidos en la fase de Caracterización. Es decir, cada UGA incluye los 112 sectores que participan en la utilización del territorio estatal, organizados en las categorías siguientes.

- **Uso recomendado**: áreas con la mejor capacidad dentro de una UGA y que no provocan problemas medioambientales o estos son reducidos.
- **Uso condicionado**: áreas que poseen capacidad en la UGA pero que causan problemas ambientales significativos a otros sectores de mayor valor de aptitud.

- **Uso no recomendado**: áreas que podrían adquirir aptitud en el futuro, aunque en este momento carecen de ella porque la zona no presenta ciertos atributos socioeconómicos, los cuales podrían desarrollarse.
- **Sin capacidad**: áreas que carecen de capacidad en la UGA porque no presentan las características ambientales o físico-biológicas necesarias, por lo tanto, llevar a cabo esta actividad conllevaría altos gastos, escasa producción y, sobre todo, daños serios al entorno.

La siguiente tabla presenta una clasificación de los sectores en las categorías "no recomendado" o "sin capacidad", aplicable cuando el sector no muestra un valor positivo de aptitud en una UGA específica. Esta categorización se realiza tras el análisis de los atributos que definen la aptitud sectorial del territorio.

| Sector | No Recomendado | Sin Capacidad |
|---|---|---|
| Acuícola | | |
| Agricola | | |
| Apícola | | |
| Asentamiento Humanos | | |
| Ecoturismo | | |
| Forestal | | |
| Ganadero | | |
| Industrial | | |
| Industrial eólica | | |
| Minería | | |
| Turismo | | |

Por lo tanto, en la imagen anterior, se puede observar que, conforme a la región ecológica delimitada, el polígono destinado a extracción se encuentra dentro de las UGAS 001 y 024. La primera se clasifica con uso condicionado para el área minera, teniendo un estatus de explotación sostenible, mientras que la segunda menciona esta actividad sin capacidad, con estatus de aprovechamiento sostenible. Las particularidades de cada UGA se detallan a continuación.

| UGA 001 | |
|---|---|
| Superficie | 517,359.78 Has. |
| Población | 185,714 Ha |
| Riesgo | Medio |
| Biodiversidad | Alta |
| Presión | Baja |
| Cobertura | Agricultura 62.74%, Asentamientos humanos 0.00 %, Bosque de coníferas 0.05 %, Bosque de coníferas y Latifoliadas 0.12 %, Bosque de Encino 0.01 %, Bosque Mesófilo de Montaña 0.06%, Cuerpo de Agua 0.67 %, Matorral Xerófilo 0.10 |

| | |
|---|---|
| | %, Pastizal 28.66 %, Selva Caducifolia y Subcaducifolia 3.66%, Selva Perennifolia y Subperennifolia 0.3.00%, sin vegetación aparente 0.16% y Vegetación acuática 0.077%. |
| **Aptitud (Sector).** | |
| Uso Recomendado | Agricola, Acuícola y Ganadero |
| Uso condicionado | Industria, Minería, Industria (Energías Alternativas), Asentamientos Humanos. |
| Uso no recomendado | Apícola, ecoturismo y Turismo |
| Sin capacidad | Forestal |
| Criterios de Regulación Ecológica | |
| No se permiten las actividades que impliquen la modificación de cauces naturales y/o flujos de escurrimientos perennes y temporales y aquellos que modifiquen o destruyan las obras hidráulicas de regulación. | |
| Mantener y conservar la vegetación riparia existente en los márgenes de los ríos y cañadas en una franja no menor de 50 m. | |

| **UGA 024.** | |
|---|---|
| Superficie | 242,897.76 Has. |
| Poblacion | 2,456,594 Ha |
| Riesgo | Medio |
| Biodiversidad | Alta |
| Presión | Alta |
| Cobertura | Agricultura 27.21%, Asentamientos humanos 58.94 %, Bosque de coníferas 0.53 %, Bosque de coníferas y Latifoliadas 2.42 %, Bosque de Encino 0.18 %, Bosque Mesófilo de Montaña 0.98%, Cuerpo de Agua 0.04 %, Matorral Xerófilo 0.07 %, Pastizal 7.11 %, Selva Caducifolia y Subcaducifolia 1.86%, Selva Perennifolia y Subperennifolia 0.53%, sin vegetación aparente 0.13% y Vegetación acuática 0.01%. |
| **Aptitud (Sector).** | |
| Uso recomendado | Asentamientos Humanos |
| Uso condicionado | Agricola, Acuícola, Industrial, ganadero |
| Uso no recomendado | Ecoturismo y Turismo |
| Sin capacidad | Apícola, Forestal, Industrial (Energías Alternativas), Minería |
| Lineamientos: | Dotar de infraestructura acorde a las necesidades de centros de población para el manejo de residuos y mejoras en la distribución y consumo de agua, promoviendo el uso de técnicas orientadas hacia la conservación de suelos y agua, así como la concentración de asentamientos humanos para evitar su expansión desordenada. |

| Criterios de Regulación Ecológica |
|---|
| No se permiten las actividades que impliquen la modificación de cauces naturales y/p flujos de escurrimientos perennes y temporales y aquellos que modifiquen o destruyan las obras hidráulicas de regulación. |
| Mantener y conservar la vegetación riparia existente en los márgenes de los ríos y cañadas en una franja no menor de 50 m. |

**Vinculación**: Con base en el análisis anterior y conforme a la **Ley Minera**, el Artículo 5 fracción IV establece una excepción respecto a la aplicación de dicha Ley para las rocas o los productos derivados de su descomposición que únicamente se emplean o se destinen a la fabricación de materiales de construcción. Por consiguiente, según la naturaleza del proyecto y el tipo de material a extraer, estos no se consideran minerales, de manera que la ejecución del proyecto no contraviene los lineamientos del programa de ordenamiento; ya que el aprovechamiento de material pétreo en el cauce del río no constituye actividad minera. No obstante, se implementarán medidas preventivas, de mitigación, compensación y/o restauración con el fin de reducir los impactos ambientales adversos que pudieran presentarse.

### Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Oaxaca

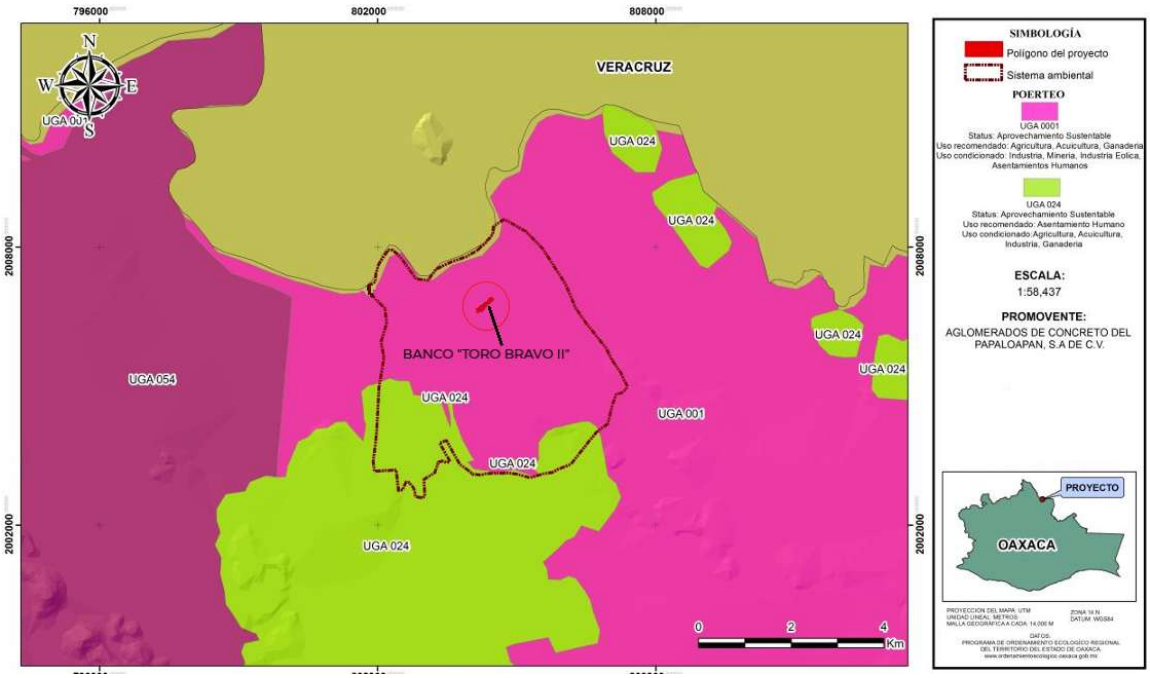



*Ilustración 8.- Ubicación del proyecto con relación a la UGA del POERTEO.*

### 16.10.4. Regiones Terrestres Prioritarias (RTP).

Ni el área del proyecto ni la región ecológica delimitada se encuentran dentro de ninguna zona de conservación. No obstante, en lo sucesivo se detallan las acciones preventivas y de mitigación que se aplicarán para proteger y preservar la **flora** y **fauna** local. La Región Terrestre Prioritaria (RTP) más cercana a la Región Ecológica es la **Sierra del Norte de Oaxaca-Mixe**, ubicada a 18.12 km al suroeste del sitio del proyecto, como se observa en la imagen.

**VINCULACIÓN**: Las medidas de mitigación, prevención y compensación se implementarán de manera precisa durante cada etapa del proyecto. El objetivo es reducir al mínimo los impactos generados por el uso de material pétreo en greña en el Río Papaloapan.

**Regiones Terrestres Prioritarias**

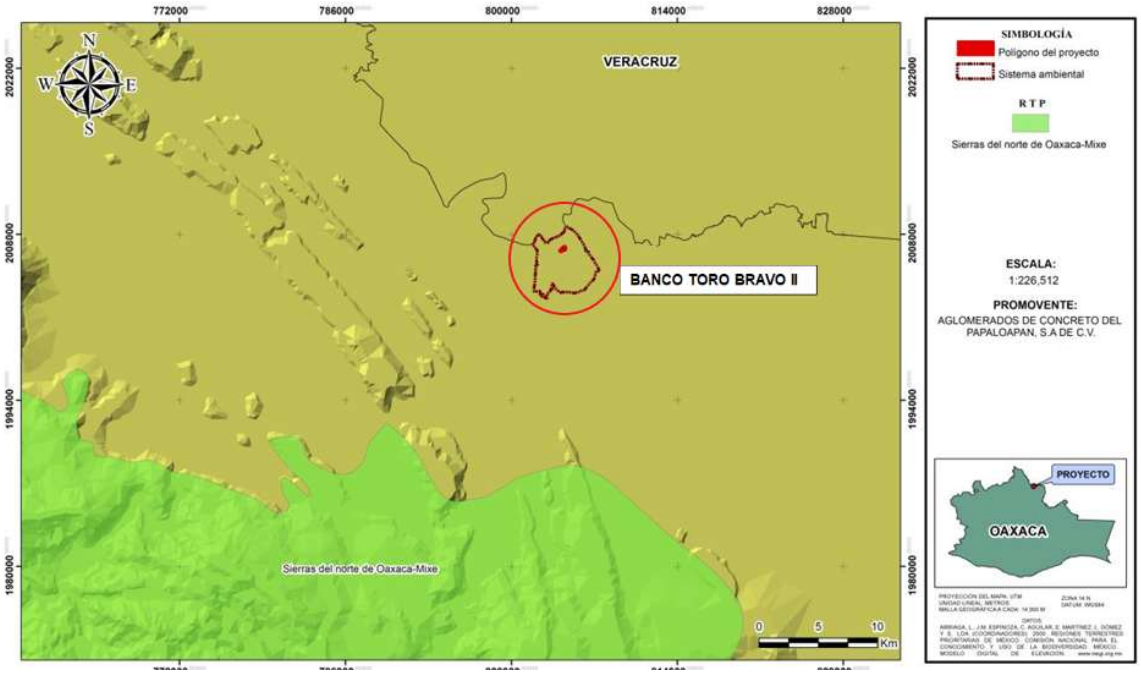



*Ilustración 9.- Regiones Terrestres Prioritarias inmersa en el sitio del proyecto.*

### 16.10.5. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS).

El área del proyecto y su entorno ambiental no afectan a esta zona de conservación de aves. La ubicación más cercana, llamada "**Cierra de Oro**", se encuentra a 4.09 km al oeste del sitio del proyecto, como se muestra en la imagen.

**VINCULACIÓN**: La actividad propuesta no generará impactos sobre vegetación forestal ni alteraciones al hábitat de aves, ya que el proyecto se ejecutará exclusivamente dentro del cauce del río destinado a la extracción de material pétreo en greña. No obstante, se implementarán medidas preventivas como la colocación de señalética informativa y restrictiva en el área de intervención, enfocada particularmente en las especies de aves registradas bajo algún estatus en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, con el objetivo de sensibilizar a la población local respecto a la conservación de la fauna aviar.

### Áreas de Importancia Para la Conservación de Aves

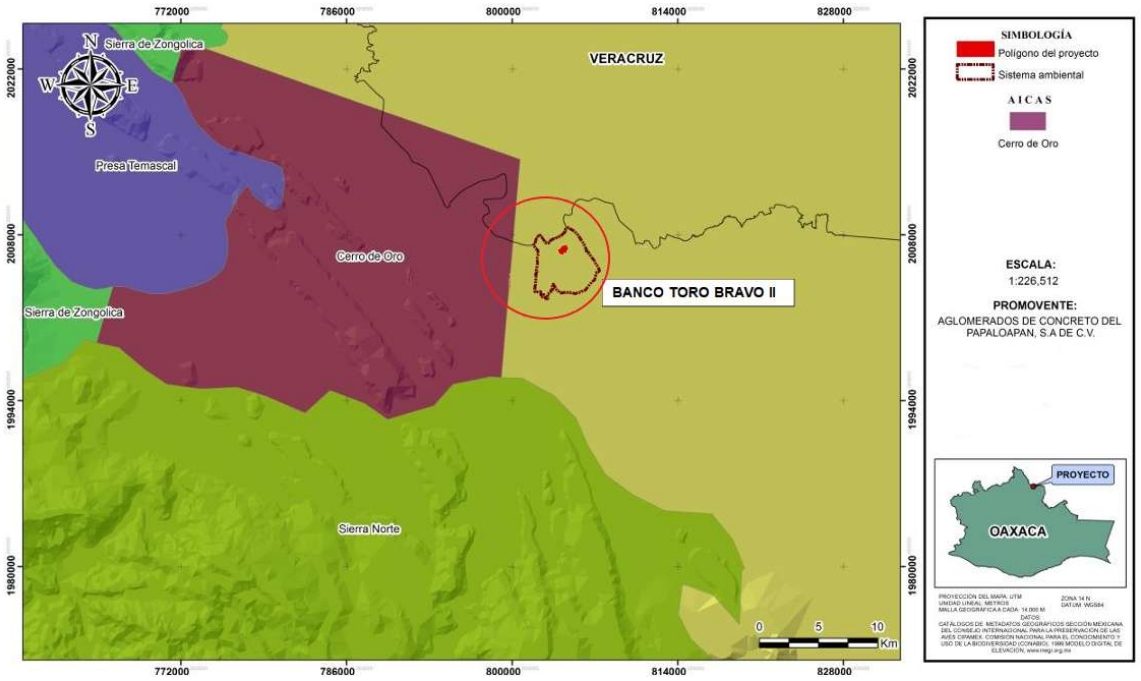



*Ilustración 10.- AICAS cercanas al sitio del proyecto.*

### 16.10.6. Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP).

El sitio del proyecto no afecta ninguna Región Hidrológica Prioritaria (RHP); sin embargo, la región ecológica se localiza dentro de la comarca conocida como "**Humedales del Papaloapan San Vicente y San Juan**". El área no se encuentra dentro de las regiones clasificadas como hidrológicas prioritarias, siendo la RHP más cercana la denominada Humedales del Papaloapan, San Vicente y San Juan.

**VINCULACIÓN**: Las medidas preventivas propuestas en el presente estudio serán implementadas de manera oportuna. Asimismo, las actividades relacionadas con el aprovechamiento de material pétreo se llevarán a cabo conforme a los

lineamientos establecidos por la **CONAGUA**, con el objetivo de prevenir impactos significativos en la corriente hidrológica.

### Región Hidrológica Prioritaria

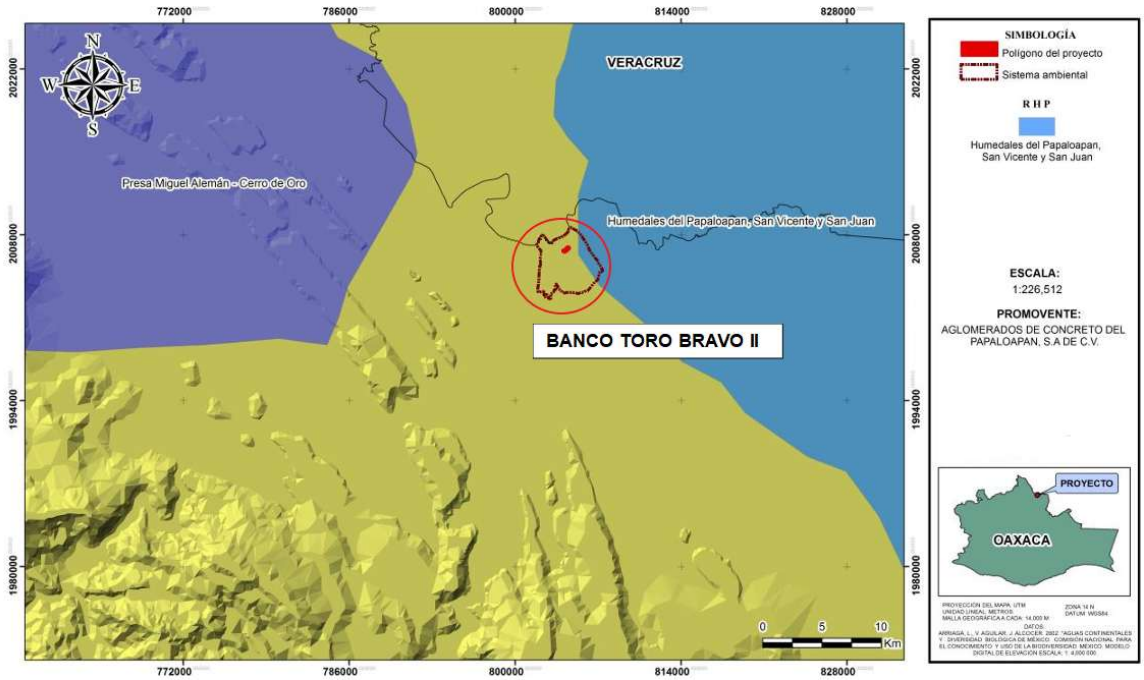



*Ilustración 11.- Región Hidrológica Prioritaria cercana al sitio de proyecto.*

### 16.10.7. Regiones Marítimas Prioritarias (RMP).

Ni el sitio del proyecto ni la región ecológica delimitada se encuentran en regiones marítimas prioritarias; la RMP más próxima, el **Sistema Lagunar de Alvarado**, está a 32.45 km al noreste del lugar.

**VINCULACIÓN**: Las medidas preventivas propuestas en el presente estudio serán implementadas puntualmente. Asimismo, las actividades relacionadas con el aprovechamiento de material pétreo se llevarán a cabo conforme a los lineamientos establecidos por la **CONAGUA**, con el objetivo de evitar impactos significativos sobre la corriente hidrológica.

### Regiones Marítimas Prioritarias

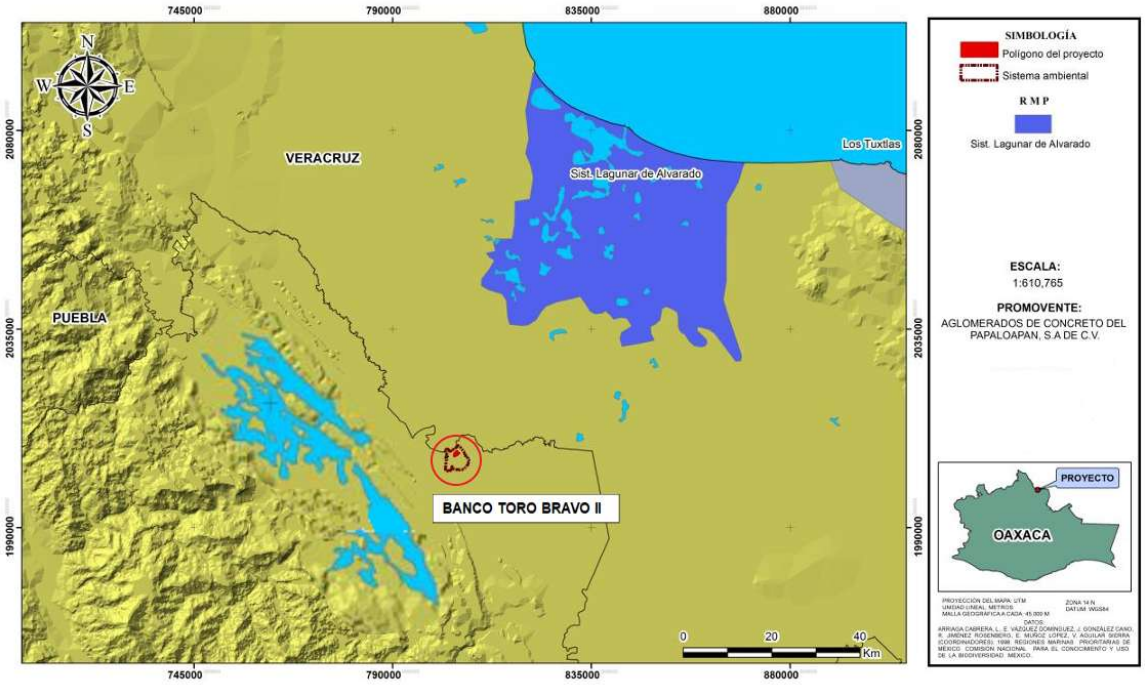



*Ilustración 12.- Región Marítima Prioritaria cercana al sitio de proyecto.*

## 16.11. Programas de Desarrollo Urbanos Locales.

### Identificación de la zonificación en la que inciden las obras del proyecto

### Naturaleza jurídica del sitio del proyecto

El polígono de extracción (16,679.5307 m²) y el camino de acceso (884.4494 m²) se localizan **dentro del cauce del río Papaloapan y en su zona federal**, conforme a lo dispuesto por la Ley de Aguas Nacionales (Artículo 3, fracción XLVII). La zona federal constituye un **bien de la Federación**, no un terreno de propiedad municipal o particular, por lo que **no se encuentra dentro de la zonificación urbana del municipio** de San Juan Bautista Tuxtepec.

El propio **Programa Municipal de Desarrollo Urbano de San Juan Bautista Tuxtepec (PMDU-SJBT)** reconoce expresamente la existencia de *"terrenos de propiedad federal (SCT, FF-CC y zona federal del Río Papaloapan)"*, lo que confirma que estos terrenos no forman parte del suelo urbano ni de las áreas de expansión reguladas por el PMDU.

### Clasificación del suelo conforme al PMDU

De acuerdo con el PMDU-SJBT, el municipio de San Juan Bautista Tuxtepec presenta una mezcla de *"**zonas urbanas en crecimiento, colonias populares con necesidades de regularización y comunidades rurales**"*. El polígono de extracción se encuentra en una **zona rural-ribereña**, fuera del perímetro de la mancha urbana consolidada y fuera de las áreas de expansión urbana previstas en el PMDU.

### Ausencia de zonificación específica para el cauce del río

El cauce del río Papaloapan, por su naturaleza de bien nacional, **no está clasificado en ninguna de las categorías de zonificación del PMDU** (usos habitacionales, comerciales, industriales, de equipamiento o de reserva ecológica urbana). La única regulación aplicable a esta zona es la establecida por la **Ley de Aguas Nacionales** y los instrumentos de ordenamiento ecológico (POEGT y POERTEO), que clasifican el área dentro de las Unidades de Gestión Ambiental (UGAS) 001 y 024.

### Ajuste del proyecto a las disposiciones del PMDU-SJBT

Aunque la tabla de compatibilidad de usos del PMDU no resulta directamente aplicable al proyecto, éste se ajusta a los **objetivos, estrategias y lineamientos** del PMDU-SJBT en los siguientes términos:

| Disposición del PMDU-SJBT | Contenido | Ajuste del proyecto |
|---|---|---|
| **Objetivo general del PMDU** | Establecer las políticas urbanas y ambientales para el municipio, conduciendo el desarrollo del Sistema Urbano-Territorial municipal centrando sus propuestas en las personas. | El proyecto contribuye a la reducción del riesgo de inundaciones en la zona urbana de Tuxtepec, protegiendo a la población y a los asentamientos humanos ribereños. |
| **Estrategias transversales** | El PMDU incluye estrategias transversales orientadas al desarrollo sustentable y a la gestión integral del territorio. | El proyecto implementa medidas de extracción controlada (en seco, respetando la pendiente natural del cauce y la profundidad máxima autorizada), que garantizan la sustentabilidad del aprovechamiento y la protección del entorno natural. |
| **Ordenamiento territorial** | El PMDU se vincula con el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio de Oaxaca (POERTEO). | El proyecto respeta los Criterios de Regulación Ecológica del POERTEO, en particular la conservación de la vegetación riparia en una franja de 50 metros en ambas márgenes del río. |
| **Desarrollo sustentable** | El PMDU impulsa un modelo de desarrollo inclusivo y | El proyecto contempla un Programa de Vigilancia Ambiental, medidas de |

| | | |
|---|---|---|
| | sustentable, basado en una planeación democrática y con enfoque territorial. | prevención de derrames, rescate de fauna, reforestación compensatoria y restauración del cauce al finalizar la concesión, alineándose con los principios de sustentabilidad. |
| **Gestión integral de riesgo de desastres** | El PMDU incluye un apartado de Gestión Integral de Riesgo de Desastres. | El proyecto contribuye al **desazolve del cauce del río Papaloapan**, reduciendo el riesgo de inundaciones en la zona urbana y en los predios agrícolas colindantes, lo que se alinea con los objetivos de gestión de riesgos del PMDU. |

## 16.12. Normas Oficiales Mexicanas.

De acuerdo con la naturaleza que contempla del proyecto; a continuación, se describen las Normas Oficiales Mexicanas aplicables para el presente proyecto:

1. **NOM-041-SEMARNAT-2006**: Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

**VINCULACIÓN:** Es necesario que la maquinaria y los vehículos utilizados cumplan con esta norma, lo cual se verificará a través de la verificación vehicular. Además, antes de iniciar cada jornada laboral, se realizarán inspecciones diarias y se registrarán las condiciones en una bitácora. El promovente tiene la responsabilidad de mantener los vehículos en óptimas condiciones. El funcionamiento correcto de la maquinaria y los vehículos será supervisado regularmente. Si surge algún problema en el funcionamiento, estos serán enviados a talleres autorizados de la zona para su mantenimiento.

2. **NOM-044-SEMARNAT-2006**: Establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diésel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos, así como para unidades nuevos con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipadas con este tipo de motores.

**VINCULACIÓN**: Los camiones tipo volteo utilizados para el transporte de material operan con combustible diésel y presentan un peso bruto vehicular conforme a lo establecido en la presente Norma. Una vez que el banco inicie operaciones, se

supervisará el óptimo funcionamiento de los camiones con el objetivo de reducir al mínimo posible las emisiones contaminantes a la atmósfera.

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

VINCULACIÓN: Los camiones de carga y la maquinaria utilizada en las actividades de aprovechamiento de material pétreo serán sometidos a mantenimiento preventivo y correctivo con el fin de prevenir la emisión de contaminantes atmosféricos y acústicos, conforme a las normas aplicables.

4. NOM-052-SEMARNAT-2006: Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

VINCULACIÓN: El encargado del proyecto supervisará el seguimiento de esta regulación; como precaución, se colocarán contenedores correctamente etiquetados para la gestión de los desechos peligrosos que podrían surgir durante el desarrollo del proyecto, asegurando un tratamiento adecuado hasta su eliminación definitiva; en caso de que se produzcan tales residuos, se contratará a una empresa certificada para su manejo y supervisión apropiada.

5. NOM-059-SEMARNAT-2010: Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestre- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

VINCULACIÓN: Es fundamental señalar que en el área del proyecto no se identificó ninguna especie que aparezca en los registros de esa norma; no obstante, antes de iniciar los trabajos de acondicionamiento del área y de la operación del banco, se llevarán a cabo medidas preventivas. Se considerará la posibilidad de implementar un programa de rescate, reubicación y ahuyentamiento de las especies que se encuentren en la ubicación, con el objetivo de reducir el impacto generado por las actividades del proyecto. Igualmente, como parte de las medidas preventivas, se colocarán letreros informativos y restrictivos sobre la protección y conservación de la flora y fauna local.

6. NOM-081-SEMARNAT-2006: Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

**VINCULACIÓN**: El responsable implementará las acciones requeridas para cumplir con esta normativa. El ruido generado no impactará de forma específica en las viviendas cercanas, ya que las labores se llevarán a cabo en horario diurno de lunes a sábado, conforme a la necesidad del material.

### 16.13. Convenio 169 Organización Internacional del Trabajo (OIT) sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes.

#### Identificación de Pueblos y Comunidades en el Área de Influencia

El proyecto se ubica en el municipio de **San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca**, una región que alberga una importante presencia de pueblos indígenas y afromexicanos:

- **Pueblos indígenas**: En el municipio se han registrado **42 colonias** constituidas por población de origen indígena, principalmente del pueblo **chinanteco** y **mazateco**. Estas comunidades representan un porcentaje significativo de la población local, estimado en un **35%**.

- **Pueblos afromexicanos**: Existen **comunidades afromexicanas** asentadas en el municipio. El municipio cuenta incluso con una regiduría específica para atender a comunidades indígenas y afrodescendientes.

En el área de influencia del proyecto, no hay evidencia de que alguna de estas comunidades se vea afectada directamente por las obras y actividades.

#### Marco Normativo: Convenio 169 de la OIT

El **Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT)** es el instrumento jurídico internacional que establece los derechos de los pueblos indígenas y tribales. Es de observancia obligatoria para México. Los artículos más relevantes para este análisis son:

**Artículo 6**: Establece la obligación de **consultar a los pueblos interesados** mediante procedimientos apropiados y de buena fe, cada vez que se prevean medidas legislativas o administrativas susceptibles de afectarles directamente.

**Artículo 7**: Reconoce el derecho de los pueblos a **decidir sus propias prioridades** en lo que atañe al proceso de desarrollo, y a **participar en la formulación, aplicación y evaluación** de los planes y programas de desarrollo nacional y regional que les conciernan.

**Artículo 15**: Protege los derechos de los pueblos en relación con los **recursos naturales** existentes en sus tierras, incluyendo el derecho a participar en la utilización, administración y conservación de dichos recursos.

### Análisis de Afectación al Proyecto

**El proyecto no afecta directamente a comunidades indígenas o afromexicanas** por las siguientes razones:

1. **Ubicación del proyecto**: El proyecto se desarrolla en el **cauce del río Papaloapan** y en su zona federal, que son bienes de la Federación, no tierras comunales o ejidos de propiedad de comunidades indígenas o afromexicanas.

2. **Naturaleza de la actividad**: Se trata de un **aprovechamiento de materiales pétreos** (arena y grava), no de una actividad que implique desplazamiento de poblaciones, ocupación de tierras o afectación a recursos naturales de uso tradicional de estas comunidades.

3. **Distancia**: El sitio del proyecto, aunque ubicado en el municipio, no se localiza dentro de las colonias o comunidades identificadas como indígenas o afromexicanas.

Sin embargo, en el contexto del municipio de Tuxtepec, existe una **fuerte presencia de comunidades indígenas y afromexicanas**. Aunque el proyecto no las afecta directamente, el promovente debe está consciente de este contexto social y de la necesidad de garantizar que no se generen impactos indirectos.

### Medidas de Prevención y Cumplimiento del Convenio 169

Para garantizar el pleno respeto a los derechos de los pueblos indígenas y afromexicanos y dar cumplimiento a los principios del Convenio 169, el proyecto contempla las siguientes medidas:

**Acceso a la información**: Garantizar que la información sobre el proyecto, sus beneficios, impactos y medidas de mitigación, esté disponible en formatos accesibles y, de ser necesario, en las lenguas indígenas de la región (chinanteco y mazateco) para las comunidades que pudieran tener interés.

**Mecanismo de participación y consulta**: Establecer **mecanismos de diálogo y participación** con las autoridades municipales, el Centro Coordinador de Pueblos Indígenas (**CCPI**) de Tuxtepec y las organizaciones representativas de los pueblos

indígenas y afromexicanos, para informar sobre el proyecto y atender cualquier inquietud. Esto es consistente con el **Artículo 6** del Convenio 169.

**Canales de comunicación**: Habilitar canales directos de comunicación (como una línea telefónica o un buzón de quejas) para que las comunidades puedan reportar cualquier posible afectación o queja relacionada con el proyecto.

**Monitoreo de impactos indirectos**: Incluir en el **Programa de Vigilancia Ambiental** indicadores que permitan identificar potenciales impactos socioeconómicos indirectos, como el incremento en el tránsito de vehículos pesados por caminos que atraviesan comunidades, o cambios en la calidad del agua que pudieran afectar actividades tradicionales (como la pesca o la agricultura). Esto se alinea con el **Artículo 7** del Convenio 169.

**Contratación local**: Priorizar, en la medida de lo posible, la **contratación de mano de obra local**, incluyendo a personas de comunidades indígenas y afromexicanas, fomentando el desarrollo económico de la región sin generar desplazamientos o afectaciones.

### 16.13. Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos

#### Marco normativo aplicable

La **Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos** establece que son **monumentos arqueológicos** los bienes muebles e inmuebles producto de culturas anteriores al establecimiento de la hispánica en el territorio nacional, así como los restos humanos, de la flora y de la fauna, relacionados con esas culturas (Artículo 28). Los **monumentos históricos** son los bienes vinculados con la historia de México desde el establecimiento de la cultura hispánica en el siglo XVI hasta el XIX (Artículo 35). Los **monumentos artísticos** son aquellos que revisten valor estético relevante (Artículo 40).

La **competencia para la protección, conservación, restauración y recuperación** de estos bienes corresponde al **Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH)** para los monumentos arqueológicos e históricos, y al **Instituto Nacional de Bellas Artes (INBA)** para los artísticos (Artículo 2).

**Artículo 52** de la Ley establece que los propietarios de terrenos en donde existan monumentos arqueológicos, históricos o artísticos, o en donde se presuma su existencia, están obligados a **conservarlos y a realizar los trabajos de conservación** que señale el INAH o el INBA. Asimismo, cualquier obra de

excavación que se realice en dichos terrenos requiere **autorización previa** de estas instituciones.

### Análisis de presencia de monumentos o zonas arqueológicas en el área del proyecto

### Sitios arqueológicos en el municipio de San Juan Bautista Tuxtepec

El municipio de San Juan Bautista Tuxtepec cuenta con diversos sitios de interés arqueológico e histórico reconocidos, entre los que se encuentran:

| Sitio | Tipo | Ubicación aproximada |
|---|---|---|
| **Zona arqueológica "El Castillo" o "Castillo de Moctezuma"** | Yacimiento arqueológico (centro ceremonial mexica del siglo XV) | **Colonia El Castillo**, dentro de la mancha urbana de la ciudad de Tuxtepec |
| **Ciudad Prehispánica de Mundo Nuevo** | Asentamiento prehispánico con montículos, plataformas y juego de pelota | **Contigua al barrio sector 32** de la ciudad de Tuxtepec |
| **Ruinas de Pueblo Viejo** | Yacimiento arqueológico | Localizado en la Cuenca del Papaloapan |

Adicionalmente, se encuentran monumentos históricos como la **Catedral de San Juan Bautista**, el **Palacio Municipal** y el **Parque Juárez**.

### Ubicación del proyecto respecto a estos sitios

El proyecto de aprovechamiento de materiales pétreos se localiza en el **cauce del río Papaloapan**, en el polígono denominado "Banco Toro Bravo II", en una zona rural-ribereña fuera del perímetro de la mancha urbana de la ciudad de Tuxtepec. Los sitios arqueológicos e históricos mencionados se encuentran **dentro de la zona urbana consolidada** de la ciudad, a una distancia considerable del polígono de extracción.

El proyecto no reporta la existencia de ningún monumento o zona arqueológica, artística o histórica dentro del polígono de extracción, del camino de acceso o del área de influencia directa del proyecto.

### Naturaleza de las actividades del proyecto

Las actividades del proyecto consisten en la **extracción de material pétreo en greña del lecho del río**, utilizando retroexcavadoras en temporada de estiaje. Estas actividades:

- Se limitan al **cauce del río** y a un camino de terracería preexistente.

- No implican **excavaciones profundas** (máximo 2.00 m) que pudieran alcanzar estratos arqueológicos.
- No requieren la **remoción de vegetación forestal** ni la **apertura de nuevas brechas**.
- No afectan **inmuebles** o **estructuras** de valor histórico o artístico.

### Medidas de prevención y cumplimiento legal

Aunque no se ha identificado la presencia de monumentos o zonas arqueológicas en el área del proyecto, el promovente implementará las siguientes medidas para garantizar el cumplimiento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos:

| Medida | Descripción | Fundamento |
|---|---|---|
| **Notificación al INAH** | En caso de que durante los trabajos de extracción se descubran vestigios arqueológicos, se **suspenderán de inmediato las actividades** en el área del hallazgo y se **notificará al INAH** en un plazo no mayor a 48 horas. | Artículo 52 de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicos, Artísticos e Históricos |
| **Prohibición de extracción de bienes arqueológicos** | Se prohíbe al personal del proyecto **extraer, dañar o sustraer** cualquier objeto, resto o vestigio que pudiera ser considerado monumento arqueológico. | Artículos 28 y 52 de la Ley |
| **Capacitación del personal** | Todo el personal recibirá capacitación sobre la **identificación de posibles vestigios arqueológicos** y el **procedimiento a seguir** en caso de hallazgo, incluyendo la suspensión inmediata de actividades y la notificación al INAH. | Medida preventiva basada en el principio de precaución |
| **Supervisión ambiental** | El supervisor ambiental incluirá en sus recorridos de inspección la **vigilancia de posibles indicios arqueológicos** y reportará cualquier anomalía al responsable del proyecto y al INAH. | Programa de Vigilancia Ambiental (Capítulo VII de la MIA) |

## *CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA*

### 17. Criterios que se consideraron para la delimitación de la Región Ecológica.

| Tabla 22. Delimitación de la Región Ecológica. | | |
|---|---|---|
| Criterios de delimitación | | Observaciones |
| UGA´s (terrestres y/o marinas) | No. de UGA. | **No. de UGA:** 2 (UGAS 001 y 024) **Nombre del Ordenamiento Ecológico:** Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio del Estado de Oaxaca (POERTEO) |
| | Nombre del Ordenamiento Ecológico. | |
| | Cartografía correspondiente. | |

<table>
<tr><td></td><td></td><td>Cartografía correspondiente: Se anexa en el Anexo "D" la cartografía específica que muestra la ubicación del proyecto dentro de las Unidades de Gestión Ambiental (UGAS) 001 y 024, conforme a la ilustración 8 de la MIA.</td></tr>
<tr><td>Hidrología superficial</td><td>Seleccionar el elemento considerado:<br>☐ Subcuenca<br>■ Microcuenca<br>☐ Nanocuenca<br>Nombre del elemento considerado: Microcuenca del río Papaloapan en el tramo del banco "Toro Bravo II"</td><td>Observaciones: La región ecológica se delimitó tomando como base la hidrología superficial, definiendo una microcuenca de 2,180 hectáreas, que constituye la unidad geográfica de referencia para la descripción de los componentes abióticos y bióticos y para la toma de decisiones en materia de evaluación del impacto ambiental.</td></tr>
<tr><td>Celdas litorales</td><td>Número de celdas seleccionadas: 0 (No aplica)</td><td>Observaciones: El proyecto se localiza en el cauce del río Papaloapan, en el interior del estado de Oaxaca, a más de 80 km de la desembocadura en el Golfo de México, por lo que no se ubica en la zona costera ni en celdas litorales.</td></tr>
<tr><td>Geomorfología</td><td>Seleccionar el elemento considerado:<br>☐ Sierra<br>☐ Valle<br>☐ Lomerío<br>☐ Meseta<br>☐ Bajada<br>■ Llanura<br>☐ Campo de dunas<br>☐ Arrecifes<br>☐ Isla rocosa<br>☐ Cañón<br>☐ Depresión<br>☐ Playa o barra<br>Nombre y descripción del elemento considerado para la delimitación.</td><td>Llanura Costera Veracruzana (subprovincia de la provincia fisiográfica Llanura Costera del Golfo Sur). Se caracteriza por una topografía plana a ligeramente ondulada, con lomeríos aislados, originada por depósitos aluviales del río Papaloapan.</td></tr>
<tr><td>Usos de suelo y vegetación</td><td>Tipos de uso de suelo y vegetación valorados:<br>- Agricultura de temporal (riego)<br>- Ganadería extensiva (pastizal inducido)<br>- Áreas forestales (bosque de coníferas y vegetación riparia)<br>- Asentamientos humanos (zona urbana y rural).</td><td>Observaciones: La región ecológica se caracteriza por un mosaico de usos de suelo, predominando el Agrícola-Pecuario-Forestal (IAPF), con presencia de pastizal inducido, bosque de coníferas y vegetación riparia en las márgenes del río, así como zonas urbanas en el entorno inmediato.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Superficie RE= 2,180 ha (21,800,000 m²)</td><td>Mapa de representación<br>Se anexa en el Anexo "D" el mapa de representación de la Región Ecológica, correspondiente a la ilustración 13 de la MIA.</td></tr>
</table>

| | | |
|---|---|---|
| Área de Influencia* | **Superficie del AI**= 2,180 ha (21,800,000 m²) | **Análisis que evidencie la amplitud de los impactos ambientales:**<br><br>El Área de Influencia se define como la superficie donde los efectos del proyecto pueden ser percibidos, tanto directa como indirectamente. Para este proyecto, la AI coincide con la Región Ecológica (2,180 ha), ya que: 1. Los **impactos directos** (extracción, tránsito de maquinaria) se limitan al cauce del río (16,679.53 m²) y al camino de acceso (884.45 m²). 2. Los **impactos indirectos** (emisiones de polvo, ruido, alteración temporal del paisaje y posibles afectaciones a la calidad del agua) pueden extenderse a la microcuenca, pero son de baja magnitud y temporalidad, mitigables mediante las medidas propuestas. 3. Los **impactos sociales** abarcan las localidades cercanas (San Juan Bautista Tuxtepec) que podrían beneficiarse del empleo y la economía local. Por lo tanto, el AI se circunscribe a la microcuenca delimitada, que representa el área de distribución potencial de los efectos del proyecto. |
| | | Mapa de representación<br>Se anexa en el Anexo "D" el mapa de representación del Área de Influencia, mismo que corresponde a la ilustración 13 de la MIA (delimitación de la región ecológica), la cual integra los polígonos de extracción y el camino de acceso en el contexto de la microcuenca. |
| ***NOTA: Área de influencia. Superficie de distribución o amplitud que pueden llegar a tener los efectos o impactos ambientales de las obras y actividades que integran el desarrollo del proyecto.** | | |

## Delimitación del Área de Estudio.

La delimitación del área de estudio se determina principalmente según la ubicación geográfica del proyecto. Por ello, se realizó una visita al sitio para recopilar información sobre su localización y las características ambientales de la zona. Este proceso permitió establecer los criterios antes referidos para definir el área de estudio, el área de influencia del proyecto y, finalmente, la delimitación de la **Región Ecológica**.

A partir de los datos de ubicación geográfica, se realizó una búsqueda de información ambiental relevante para el área de estudio, incluyendo geología, curvas de nivel, edafología, clima, hidrología, fisiografía, uso del suelo, vegetación, elevaciones y aspectos del entorno social como localidades cercanas, límites

municipales y áreas adyacentes. Esta información permitió caracterizar y describir de manera general la condición ambiental de la zona donde se ubica el proyecto. Para ello, se empleó un Sistema de Información Geográfica (**SIG**), que facilitó el manejo y análisis de la información mediante la sobreposición de capas ambientales y topográficas del terreno, así como localidades y vías de comunicación. El análisis conjunto de los datos de campo y gabinete reveló que el área de estudio está localizada dentro de la jurisdicción del Municipio de San Juan Bautista Tuxtepec, Oax.

Para la delimitación del área de influencia se tomaron en cuenta los sitios hasta donde pudieran tener efecto los impactos ambientales tanto positivos como negativos derivados de las actividades del banco, así como los impactos sociales a generarse.

El área de influencia está relacionada con el tamaño del proyecto y a las zonas de afectación directa en las cuales se puede afectar la operación de este, en el desarrollo de las actividades relacionadas a los componentes social y ambiental en el aprovechamiento del banco el cual es un proyecto puntual y fijo por lo que se considera como unidad primaria la superficie del banco la cual es una superficie pequeña y a las localidades directamente involucradas.

**Delimitación de la Región Ecológica.**

La Región Ecológica se define como un conjunto interrelacionado de componentes ambientales —incluyendo factores físicos, químicos, biológicos—, así como elementos sociales y culturales, que actúan conjuntamente para cumplir una o varias funciones específicas. Cualquier alteración en uno de estos elementos puede afectar al resto de los componentes de la región ecológica. Dada la variabilidad de los factores involucrados, es fundamental establecer límites precisos a la región ecológica.

Para ello, se aplican los criterios y metodologías; que a continuación, se presentan:

1. Por **zonificación de instrumentos de política ambiental (UGA`s)** en caso de que existan programas de ordenamientos ecológicos.
2. Por los **límites de usos del suelo existentes** y el avance de fronteras de perturbación antrópica.
3. Por el **comportamiento del patrón hidrológico superficial** en la conformación de cuencas, subcuencas y microcuencas.
4. Por el **alcance del efecto de un impacto ambiental significativo** o relevante,

5. Por el **cumplimiento de disposiciones normativas en materia ambiental** que definen áreas geográficas de estudio.

En base a lo anterior para la delimitación de la **Región Ecológica (RE)** del proyecto "*Aprovechamiento de materiales pétreos en el banco Toro Bravo II margen izquierda del cauce del río Papaloapan, San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca*.", se realizó un análisis y se determinó en base a la hidrología superficial en el cual se delimito una **microcuenca** que presenta una superficie de 2,180 hectáreas. Previo a la delimitación de la RE se realizaron varios recorridos de reconocimiento en la zona del proyecto con la finalidad de tener un panorama más exacto del ambiente en donde se identificó la posible cobertura que puede llegar a abarcar de forma indirecta el proyecto.

Para determinar la forma poligonal del límite de la **Región Ecológica (RE)** del proyecto se necesitó realizar un análisis de la interacción que este tendrá con procesos bióticos, abióticos y socioeconómicos de la zona, fue necesaria la ubicación exacta del proyecto, se tomó como referencia la **hidrología superficial** de la zona, una vez delimitada la **Región Ecológica** se proyectó en coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM Zone 14 N) en un Sistema de Información Geográfica utilizando el software QGIS 3.32.1.

Se creó un mapa base utilizando el Sistema de Información Geográfica para situar el proyecto. Luego se añadieron diversas capas informativas sobre temas como clima, suelo, geología, agua, características del paisaje, uso del suelo y vegetación, proveniente del INEGI E1406 a una escala de 1:250,000, junto con los mapas topográficos E14D89 a escala 1:50,000 y el modelo digital de elevación.

Adicional a lo anterior, se recopilo información del Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio de Oaxaca (POERTEO), Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP), Área de Importancia para la Conservación de Aves (AICAS) y Área Natural Protegida (ANP), Sitios RAMASAR, Regiones Marinas Prioritarias (RMP), que sirvieron para incorporar datos puntuales de la interrelación que existe con la zona del proyecto.

Referente a la evaluación de la Región Ecológica del proyecto se realizó mediante el proceso de fotointerpretación de imágenes satelitales sobre vectores en el SIG, con esto se logrará tener información específica de los posibles impactos que se originen durante la ejecución del proyecto, así como la interconexión que existe con el entorno.

## Cuadro de Construcción de la Región Ecológica.

| EST | PV | DIST | RUMBO | | | | V | COORDENADAS UTM (WGS84) | | COORDENADAS GEOGRÁFICAS | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | X | Y | LATITUD | LONGITUD |
| | | | | | | | 1 | 804,155.5100 | 2,007,937.8800 | 18°8'20.3090"N | 96°7'32.1707"W |
| 1 | 2 | 210.674 | 46 ° | 55 ' | 31 " | NE | 2 | 804,309.4000 | 2,008,081.7600 | 18°8'24.9065"N | 96°7'26.8635"W |
| 2 | 3 | 258.411 | 41 ° | 14 ' | 4 " | NE | 3 | 804,479.7300 | 2,008,276.0900 | 18°8'31.1351"N | 96°7'20.9705"W |
| 3 | 4 | 462.249 | 1 ° | 35 ' | 48 " | NE | 4 | 804,492.6100 | 2,008,738.1600 | 18°8'46.1446"N | 96°7'20.2869"W |
| 4 | 5 | 248.507 | 17 ° | 32 ' | 4 " | SE | 5 | 804,567.4800 | 2,008,501.2000 | 18°8'38.4060"N | 96°7'17.8681"W |
| 5 | 6 | 190.388 | 58 ° | 17 ' | 52 " | NE | 6 | 804,729.4600 | 2,008,601.2500 | 18°8'41.5749"N | 96°7'12.3089"W |
| 6 | 7 | 529.041 | 60 ° | 12 ' | 45 " | SE | 7 | 805,188.6000 | 2,008,338.4300 | 18°8'32.8000"N | 96°6'56.8425"W |
| 7 | 8 | 508.876 | 45 ° | 0 ' | 0 " | SE | 8 | 805,548.4300 | 2,007,978.6000 | 18°8'20.9231"N | 96°6'44.8038"W |
| 8 | 9 | 942.401 | 32 ° | 37 ' | 8 " | SE | 9 | 806,056.4300 | 2,007,184.8400 | 18°7'54.8688"N | 96°6'27.9614"W |
| 9 | 10 | 550.335 | 22 ° | 37 ' | 13 " | SE | 10 | 806,268.1000 | 2,006,676.8400 | 18°7'38.2522"N | 96°6'21.0387"W |
| 10 | 11 | 403.778 | 35 ° | 13 ' | 33 " | SE | 11 | 806,501.0000 | 2,006,347.0000 | 18°7'27.4143"N | 96°6'13.2996"W |
| 11 | 12 | 678.576 | 38 ° | 46 ' | 43 " | SE | 12 | 806,926.0000 | 2,005,818.0000 | 18°7'10.0060"N | 96°5'59.1386"W |
| 12 | 13 | 264.359 | 25 ° | 20 ' | 48 " | SE | 13 | 807,039.1700 | 2,005,579.0900 | 18°7'2.1842"N | 96°5'55.4205"W |
| 13 | 14 | 353.394 | 34 ° | 49 ' | 42 " | SE | 14 | 807,241.0000 | 2,005,289.0000 | 18°6'52.6539"N | 96°5'48.7167"W |
| 14 | 15 | 376.723 | 16 ° | 43 ' | 23 " | SE | 15 | 807,349.4000 | 2,004,928.2100 | 18°6'40.8738"N | 96°5'45.2262"W |
| 15 | 16 | 121.488 | 51 ° | 37 ' | 52 " | SW | 16 | 807,254.1500 | 2,004,852.8000 | 18°6'38.4720"N | 96°5'48.5036"W |
| 16 | 17 | 124.945 | 73 ° | 23 ' | 17 " | SW | 17 | 807,134.4200 | 2,004,817.0800 | 18°6'37.3726"N | 96°5'52.5916"W |
| 17 | 18 | 267.737 | 18 ° | 26 ' | 1 " | SW | 18 | 807,049.7600 | 2,004,563.0800 | 18°6'29.1617"N | 96°5'55.6046"W |
| 18 | 19 | 384.199 | 13 ° | 49 ' | 4 " | SW | 19 | 806,958.0000 | 2,004,190.0000 | 18°6'17.0848"N | 96°5'58.9225"W |
| 19 | 20 | 318.211 | 52 ° | 39 ' | 43 " | SW | 20 | 806,705.0000 | 2,003,997.0000 | 18°6'10.9423"N | 96°6'7.6233"W |
| 20 | 21 | 873.124 | 38 ° | 33 ' | 34 " | SW | 21 | 806,160.7600 | 2,003,314.2500 | 18°5'49.0328"N | 96°6'26.4822"W |
| 21 | 22 | 305.525 | 68 ° | 14 ' | 34 " | SW | 22 | 805,877.0000 | 2,003,201.0000 | 18°5'45.4972"N | 96°6'36.1851"W |
| 22 | 23 | 126.142 | 61 ° | 57 ' | 51 " | SW | 23 | 805,765.6600 | 2,003,141.7100 | 18°5'43.6272"N | 96°6'40.0002"W |
| 23 | 24 | 193.184 | 81 ° | 7 ' | 24 " | SW | 24 | 805,574.7900 | 2,003,111.9000 | 18°5'42.7556"N | 96°6'46.5020"W |
| 24 | 25 | 302.421 | 72 ° | 42 ' | 2 " | SW | 25 | 805,286.0500 | 2,003,021.9700 | 18°5'39.9800"N | 96°6'56.3616"W |
| 25 | 26 | 292.197 | 73 ° | 54 ' | 8 " | NW | 26 | 805,005.3100 | 2,003,102.9900 | 18°5'42.7557"N | 96°7'5.8584"W |
| 26 | 27 | 200.942 | 82 ° | 51 ' | 1 " | NW | 27 | 804,805.9300 | 2,003,128.0000 | 18°5'43.6697"N | 96°7'12.6204"W |
| 27 | 28 | 137.005 | 87 ° | 52 ' | 15 " | SW | 28 | 804,669.0200 | 2,003,122.9100 | 18°5'43.5738"N | 96°7'17.2755"W |
| 28 | 29 | 210.282 | 89 ° | 45 ' | 27 " | SW | 29 | 804,458.7400 | 2,003,122.0200 | 18°5'43.6516"N | 96°7'24.4216"W |
| 29 | 30 | 133.672 | 85 ° | 2 ' | 4 " | SW | 30 | 804,325.5700 | 2,003,110.4500 | 18°5'43.3431"N | 96°7'28.9531"W |
| 30 | 31 | 102.813 | 75 ° | 6 ' | 34 " | SW | 31 | 804,226.2100 | 2,003,084.0300 | 18°5'42.5349"N | 96°7'32.3435"W |
| 31 | 32 | 187.755 | 84 ° | 11 ' | 20 " | NW | 32 | 804,039.4200 | 2,003,103.0400 | 18°5'43.2473"N | 96°7'38.6808"W |
| 32 | 33 | 120.367 | 48 ° | 18 ' | 50 " | NW | 33 | 803,949.5300 | 2,003,183.0900 | 18°5'45.8943"N | 96°7'41.6931"W |
| 33 | 34 | 225.145 | 54 ° | 44 ' | 39 " | NW | 34 | 803,765.6800 | 2,003,313.0500 | 18°5'50.2107"N | 96°7'47.8719"W |
| 34 | 35 | 586.268 | 29 ° | 9 ' | 4 " | NW | 35 | 803,480.1000 | 2,003,825.0600 | 18°6'6.9944"N | 96°7'57.3057"W |
| 35 | 36 | 157.599 | 71 ° | 30 ' | 23 " | SW | 36 | 803,330.6400 | 2,003,775.0700 | 18°6'5.4454"N | 96°8'2.4113"W |
| 36 | 37 | 458.510 | 29 ° | 15 ' | 17 " | SE | 37 | 803,554.7100 | 2,003,375.0400 | 18°5'52.3320"N | 96°7'55.0083"W |
| 37 | 38 | 78.618 | 71 ° | 27 ' | 57 " | SW | 38 | 803,480.1700 | 2,003,350.0500 | 18°5'51.5576"N | 96°7'57.5546"W |
| 38 | 39 | 94.394 | 66 ° | 55 ' | 21 " | NW | 39 | 803,393.3300 | 2,003,387.0500 | 18°5'52.8039"N | 96°8'0.4860"W |
| 39 | 40 | 91.405 | 74 ° | 7 ' | 37 " | SW | 40 | 803,305.4100 | 2,003,362.0500 | 18°5'52.0359"N | 96°8'3.4870"W |
| 40 | 41 | 487.629 | 39 ° | 44 ' | 0 " | SW | 41 | 802,993.7100 | 2,002,987.0500 | 18°5'40.0066"N | 96°8'14.2772"W |
| 41 | 42 | 358.093 | 3 ° | 4 ' | 7 " | SE | 42 | 803,012.8800 | 2,002,629.4700 | 18°5'28.3763"N | 96°8'13.8145"W |
| 42 | 43 | 61.220 | 46 ° | 9 ' | 6 " | SW | 43 | 802,968.7300 | 2,002,587.0600 | 18°5'27.0203"N | 96°8'15.3371"W |
| 43 | 44 | 125.981 | 79 ° | 14 ' | 58 " | NW | 44 | 802,844.9600 | 2,002,610.5600 | 18°5'27.8465"N | 96°8'19.5306"W |
| 44 | 45 | 148.483 | 20 ° | 2 ' | 36 " | NW | 45 | 802,794.0700 | 2,002,750.0500 | 18°5'32.4053"N | 96°8'21.1863"W |
| 45 | 46 | 214.855 | 35 ° | 27 ' | 42 " | NW | 46 | 802,669.4200 | 2,002,925.0500 | 18°5'38.1553"N | 96°8'25.3299"W |
| 46 | 47 | 63.791 | 79 ° | 8 ' | 53 " | NW | 47 | 802,606.7700 | 2,002,937.0600 | 18°5'38.5772"N | 96°8'27.4525"W |
| 47 | 48 | 251.225 | 40 ° | 53 ' | 9 " | SW | 48 | 802,442.3300 | 2,002,747.1300 | 18°5'32.4877"N | 96°8'33.1405"W |
| 48 | 49 | 446.603 | 6 ° | 5 ' | 33 " | NW | 49 | 802,394.9300 | 2,003,191.2100 | 18°5'46.9433"N | 96°8'34.5173"W |
| 49 | 50 | 470.984 | 86 ° | 41 ' | 39 " | SW | 50 | 801,924.7300 | 2,003,164.0500 | 18°5'46.2974"N | 96°8'50.5102"W |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 | 51 | 212.584 | 7 ° | 26 ' | 56 " | NW | 51 | 801,897.1700 | 2,003,374.8400 | 18°5'53.1615"N | 96°8'51.3359"W |
| 51 | 52 | 457.875 | 7 ° | 32 ' | 46 " | NE | 52 | 801,957.3000 | 2,003,828.7500 | 18°6'7.8826"N | 96°8'49.0536"W |
| 52 | 53 | 319.613 | 4 ° | 24 ' | 13 " | NE | 53 | 801,981.8400 | 2,004,147.4200 | 18°6'18.2264"N | 96°8'48.0520"W |
| 53 | 54 | 816.019 | 2 ° | 58 ' | 25 " | NE | 54 | 802,024.1700 | 2,004,962.3400 | 18°6'44.6885"N | 96°8'46.1843"W |
| 54 | 55 | 675.098 | 9 ° | 1 ' | 12 " | NE | 55 | 802,130.0100 | 2,005,629.0900 | 18°7'6.3033"N | 96°8'42.2359"W |
| 55 | 56 | 323.788 | 11 ° | 18 ' | 36 " | NW | 56 | 802,066.5100 | 2,005,946.5900 | 18°7'16.6534"N | 96°8'44.2267"W |
| 56 | 57 | 428.030 | 16 ° | 44 ' | 42 " | NE | 57 | 802,189.8300 | 2,006,356.4700 | 18°7'29.9116"N | 96°8'39.8193"W |
| 57 | 58 | 326.885 | 6 ° | 35 ' | 53 " | NW | 58 | 802,152.2700 | 2,006,681.1900 | 18°7'40.4833"N | 96°8'40.9246"W |
| 58 | 59 | 316.694 | 45 ° | 11 ' | 17 " | NW | 59 | 801,927.6000 | 2,006,904.3900 | 18°7'47.8501"N | 96°8'48.4431"W |
| 59 | 60 | 290.059 | 26 ° | 38 ' | 50 " | NW | 60 | 801,797.5100 | 2,007,163.6400 | 18°7'56.3408"N | 96°8'52.7282"W |
| 60 | 61 | 171.439 | 59 ° | 34 ' | 28 " | NE | 61 | 801,945.3400 | 2,007,250.4600 | 18°7'59.0878"N | 96°8'47.6577"W |
| 61 | 62 | 175.425 | 3 ° | 53 ' | 46 " | NE | 62 | 801,957.2600 | 2,007,425.4800 | 18°8'4.7696"N | 96°8'47.1603"W |
| 62 | 63 | 221.154 | 16 ° | 32 ' | 34 " | NE | 63 | 802,020.2300 | 2,007,637.4800 | 18°8'11.6275"N | 96°8'44.9081"W |
| 63 | 64 | 360.622 | 33 ° | 40 ' | 59 " | NE | 64 | 802,220.2300 | 2,007,937.5600 | 18°8'21.2786"N | 96°8'37.9517"W |
| 64 | 65 | 99.960 | 89 ° | 59 ' | 19 " | SE | 65 | 802,320.1900 | 2,007,937.5400 | 18°8'21.2274"N | 96°8'34.5540"W |
| 65 | 66 | 220.838 | 47 ° | 12 ' | 34 " | SE | 66 | 802,482.2500 | 2,007,787.5200 | 18°8'16.2702"N | 96°8'29.1247"W |
| 66 | 67 | 583.069 | 35 ° | 25 ' | 5 " | SE | 67 | 802,820.1600 | 2,007,312.3500 | 18°8'0.6574"N | 96°8'17.8904"W |
| 67 | 68 | 263.430 | 84 ° | 33 ' | 8 " | SE | 68 | 803,082.4000 | 2,007,287.3400 | 18°7'59.7120"N | 96°8'8.9903"W |
| 68 | 69 | 295.374 | 36 ° | 16 ' | 38 " | NE | 69 | 803,257.1700 | 2,007,525.4600 | 18°8'7.3619"N | 96°8'2.9239"W |
| 69 | 1 | 988.486 | 65 ° | 20 ' | 26 " | NE | 1 | 804,155.5100 | 2,007,937.8800 | 18°8'20.3090"N | 96°7'32.1707"W |

**Superficie (m2)** **21,800,000**

## Región Ecológica

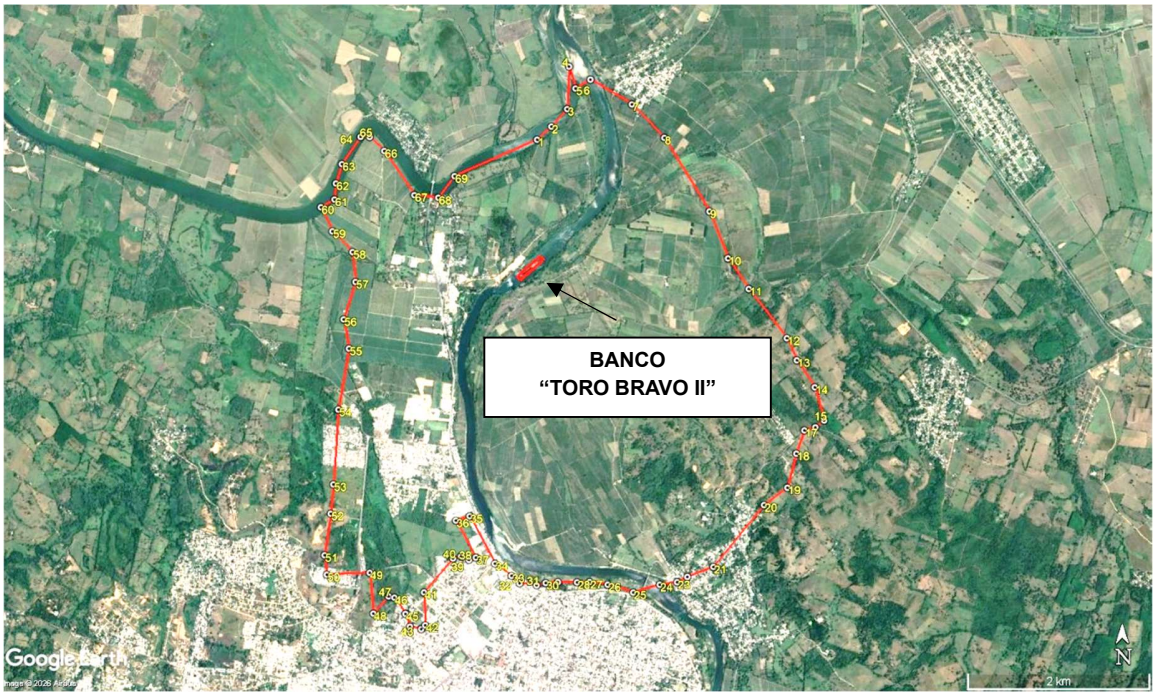



*Ilustración 13.- Mapa de delimitación del región ecológica.*

## 17.1. Componentes ambientales.

### 17.1.1. Aspectos Abióticos.

#### 17.1.1.1 Clima y Fenómenos Meteorológicos.

En Oaxaca predominan los climas cálidos, que van desde húmedos con lluvias todo el año hasta subhúmedos con lluvias en verano y menos humedad, cubriendo cerca del 47% de la entidad. Los climas semicálidos abarcan un 22% y comparten regímenes similares de lluvia y humedad. Por otro lado, los climas templados, también con características parecidas, se presentan en aproximadamente el 20% del territorio. Los semisecos constituyen alrededor del 9%, los secos casi el 2% y los semifríos poco más del 0.5%.

Oaxaca se encuentra en la zona intertropical, cerca de la franja ecuatorial, lo que favorece temperaturas generalmente altas por la incidencia directa del sol. Sin embargo, la altitud modifica estas condiciones: desde el nivel del mar hasta los 1,000 m (casi la mitad del territorio), las temperaturas medias anuales van de 30 a 22°C; entre 1,000 y 2,000 m (algo más de una cuarta parte), de 22 a 18°C; entre 2,000 y 3,000 m (alrededor de una quinta parte), de 18 a 12°C; y por encima de los 3,000 m (apenas el 0.5%), de 12 a 8°C. El relieve montañoso también contribuye a la pérdida de calor y a la disminución de la temperatura.

En la siguiente tabla se presenta el tipo de clima predominante en el sitio del proyecto y dentro de la región ecológica delimitada, asimismo se describe las características:

| Tipo de Clima | Descripción |
|---|---|
| Am(w) | Cálido húmedo con abundante lluvia en verano, % de precipitación invernal menor de 5. |

**Climas Cálidos.**

Los climas cálidos en Oaxaca se encuentran en la costa del Pacífico, zonas colindantes con Chiapas y Veracruz, y algunos valles del oeste, desde el nivel del mar hasta los 1 000 m de altitud. Ocupan el 46.75% del territorio, con temperaturas anuales entre 22° y 30°C, y lluvias de 700 a 5 000 mm al año. Predominan los climas cálidos subhúmedos (29.80%), seguidos por cálidos húmedos con lluvias de verano (12.71%) y cálidos húmedos con lluvias todo el año (4.24%).

**Cálido Húmedo con Abundantes Lluvias en verano.**

Los terrenos con este clima se localizan en: el área estatal de la subprovincia Llanura Costera Veracruzana, las estribaciones este de la subprovincia Sierras Orientales y las laderas norte de las Sierras del Sur de Chiapas, que en conjunto comprenden 12.71% de la superficie estatal.

La estación meteorológica de mayor periodo de registro es la de **Papaloapan**, de la cual se muestra la gráfica 1, ahí, la temperatura media anual es de 24.9°C, el mes más fresco es enero con 21.1°C de temperatura media, el más caluroso, mayo con 28.2°C, de esta forma la oscilación media de la temperatura es de 7.1°C; la precipitación total anual es de 2039.8 mm, el mes más seco es abril, como se mencionó con anterioridad, el mes más húmedo es julio con 439.3 mm de lluvia promedio, el porcentaje de precipitación invernal es de 4.3.

| ESTACION CLIMATOLOGICA PAPALOAPAN | | |
|---|---|---|
| MES | PRECIP. MEDIA (mm) | TEMP. MEDIA ° C |
| ENE | 36.6 | 21.1 |
| FEB | 31.7 | 21.9 |
| MAR | 30.3 | 24.4 |
| ABR | 28.9 | 26.8 |
| MAY | 94.1 | 28.2 |
| JUN | 340.0 | 27.6 |
| JUL | 439.3 | 26.4 |
| AGOS | 345.9 | 26.7 |
| SEP | 375.2 | 26.3 |
| OCT | 203.5 | 25.1 |
| NOV | 72.8 | 23.1 |
| DIC | 41.6 | 21.7 |
| **Prom.** | **170.0** | **24.9** |
| **Suma** | **2,039.8** | |

**Clima**

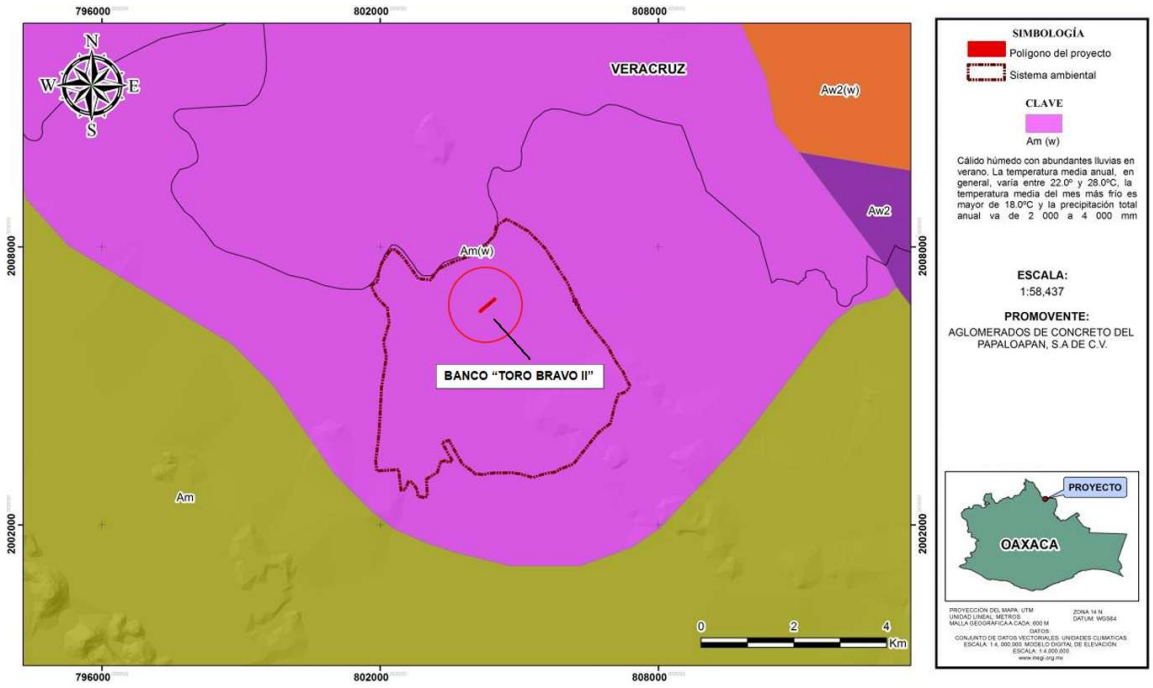



*Ilustración 14.- Tipo de clima presente en el sitio del proyecto.*

**Fenómenos Meteorológicos Directos (Escala de Tiempo Corto)**

Estos son los fenómenos climáticos cotidianos que determinan el clima y las temporadas del año en la región, afectando directamente la viabilidad y el cronograma de las actividades de extracción .

- **Temporada de Lluvias (Verano):** La zona presenta una temporada de lluvias muy marcada que generalmente abarca los meses de verano y principios de otoño (julio a octubre). Durante esta época, las lluvias torrenciales, a menudo asociadas a tormentas tropicales o remanentes de huracanes, provocan el aumento considerable del caudal del río Papaloapan y la inundación de las playas donde se lleva a cabo la extracción .

- **Temporada de Estiaje (Invierno-Primavera):** Este es el período seco del año. Es durante esta ventana, cuando el caudal del río disminuye y el lecho queda expuesto, que se planea realizar la mayor parte de las actividades de extracción en seco .

**Oscilaciones Climáticas de Gran Escala (Escala de Tiempo Largo)**

Estudios científicos han demostrado que la ocurrencia de inundaciones en el río Papaloapan está correlacionada con patrones climáticos oceánicos de gran escala que afectan la cantidad de precipitación en la región a lo largo de décadas .

- **Oscilación Multidecadal del Atlántico (OMA):** Se ha identificado una relación directa entre las fases cálidas de este fenómeno y un aumento en la frecuencia de inundaciones en la cuenca del Papaloapan. Cuando la OMA está en su fase **cálida**, puede favorecer condiciones climáticas que intensifican las **lluvias** en el Golfo de México .

- **Oscilación Decadal del Pacífico (ODP):** Similar a la OMA, la ODP también muestra una relación en fase con los eventos de inundación en el río. Cambios en la temperatura del Océano Pacífico asociados a la ODP pueden modificar los patrones de circulación atmosférica y, en consecuencia, las precipitaciones en el centro y sur de México .

Influencia de Cambios a Largo Plazo

- **Pérdida de Cobertura Forestal:** Investigaciones indican que la pérdida de la cubierta forestal original en las subcuencas de la margen derecha del río Papaloapan ha incrementado los gastos máximos durante las inundaciones. Esto agrava los efectos de los fenómenos meteorológicos, aumentando el riesgo de avenidas extraordinarias, incluso si la tendencia de precipitación no ha cambiado significativamente en las últimas décadas .

- **Periodicidad de Inundaciones:** Análisis históricos muestran que la cuenca del Papaloapan ha experimentado períodos con décadas particularmente ricas en inundaciones (p. ej., 1860-1870, 1880-1890). Se ha detectado una periodicidad significativa de aproximadamente 58 años en la ocurrencia de estos eventos, lo que sugiere una fuerte influencia de ciclos climáticos naturales que se superponen a la variabilidad anual .

### 17.1.1.2. Fisiografía.

El área ambiental definida para el proyecto se ubica dentro de la subprovincia conocida como Llanuras Costera Veracruzana, que pertenece a la provincia Llanura Costera del Golfo Sur. A continuación se describen las características de esta región fisiográfica.

Provincia Llanura Costera del Golfo Sur

Esta región se extiende aproximadamente en dirección sureste desde Jalcomulco, Veracruz, hasta Montenegro, Oaxaca; a partir de allí cambia hacia el este hasta llegar cerca de Champotón y Escárcega, Campeche, siguiendo el contorno suroeste y sur del Golfo de México. Limita al norte con el Golfo de México, al este con la provincia Península de Yucatán, al sur con las provincias Sierras de Chiapas y Guatemala, Cordillera Centroamericana y Sierra Madre del Sur, y al oeste con el Eje Neovolcánico. Comprende partes de los estados de Veracruz-Llave, Tabasco, Campeche, Oaxaca y Chiapas. A diferencia de la Llanura Costera del Golfo Norte, esta llanura costera recibe abundantes sedimentos de los ríos más caudalosos del país, que la cruzan para desembocar en el sur del Golfo de México. Entre sus principales ríos destacan el Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva y Usumacinta; estos dos últimos se unen cerca de Frontera, Tabasco, donde comparten una desembocadura común.

### Subprovincia Llanura Costera Veracruzana

Esta subprovincia abarca la parte occidental de la provincia, destacando la cuenca baja del río Papaloapan, uno de los mayores de México, que desemboca en el Golfo a través de la Laguna de Alvarado. El Papaloapan recibe aguas de varios afluentes originados en las Sierras Orientales, con materiales aluviales predominantes. Al norte, ríos menores descienden hacia el mar desde el Eje Neovolcánico. En el sureste, la cuenca del Coatzacoalcos se une al Uxpanapa; ambos presentan crecidas en verano. Tras una gran inundación en 1944, se creó la Comisión de la Cuenca y la presa Miguel Alemán. Las cuencas del Papaloapan y Coatzacoalcos representan el 12.10% y 6.86% de los recursos hídricos nacionales.

La subprovincia en Oaxaca cubre el 7.21% del estado e incluye partes de los distritos de Tuxtepec, Choápam, Mixe, Juchitán y una pequeña sección de Tehuantepec. Se extiende en una franja noroeste-sureste cerca del límite noreste y conecta con las Sierras Orientales al oeste y las Sierras del Sur de Chiapas al sur y sureste, adentrándose también en Veracruz. Sus principales topoformas son llanuras aluviales con lomeríos (ubicadas entre Chivela y Santa María Petapa, y otras zonas), llanuras aluviales costeras inundables (en pequeñas áreas cerca de Loma Bonita) y lomeríos (al este de Cosolapa y otras localidades).

## Fisiografía

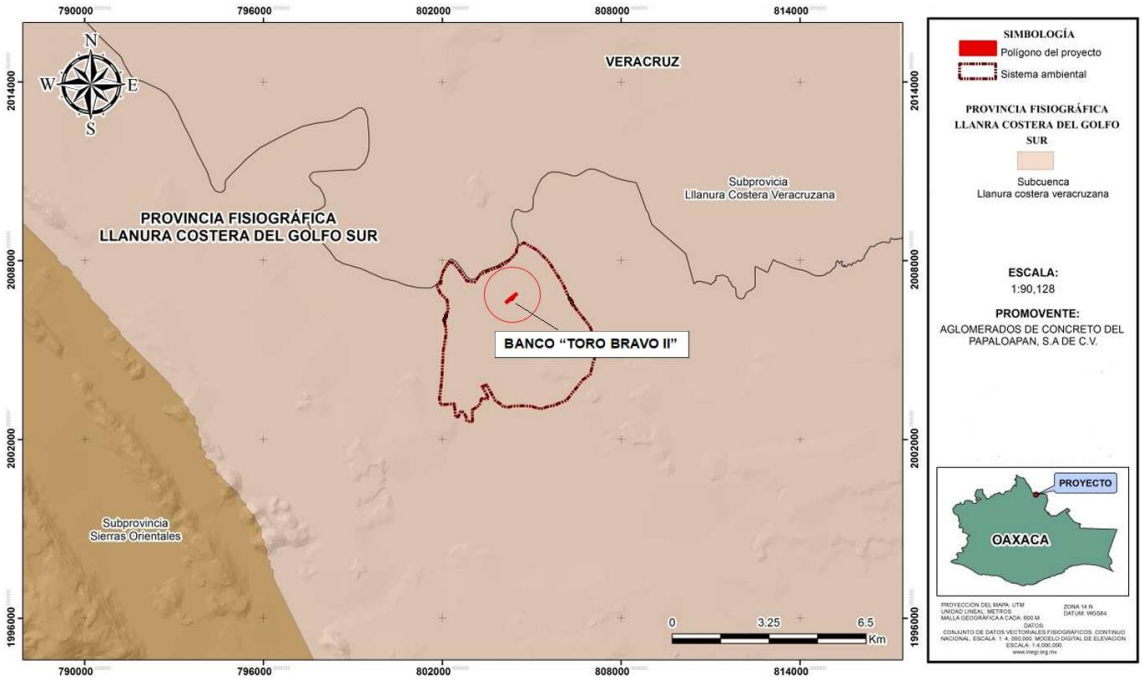



*Ilustración 15.- Provincias Fisiográfica presente dentro de la región ecológica.*

### 17.1.1.3. Edafología.

En Oaxaca predominan las sierras y lomeríos, que cubren alrededor del 80% del territorio. Estas condiciones, junto con el clima, favorecen el intemperismo de distintos tipos de roca, lo que origina suelos jóvenes (litosoles, rendzinas, regosoles), de desarrollo moderado (feozems, cambisoles, castañozems) y, en menor medida, suelos maduros (acrisoles, luvisoles, nitosoles). La vegetación aporta materia orgánica para la formación de feozems, rendzinas, castañozems y ciertas subunidades húmicas de acrisoles y cambisoles.

En la carta edáfica publicada por el INEGI (1998) esc. 1: 250 000, con clave E14D34, se establece que los suelos presentes dentro de la superficie de la Región Ecológica identificado con la clave Be+Hh+Re/2/G que corresponden a los siguientes tipos de suelos:

| Componentes | Suelo Dominantes | Suelos Secundarios | Clase Textural del Suelo Dominante | Fase Física |
|---|---|---|---|---|
| Be+Hh+Re/2/G | Cambisol eutrico | Feozem háplico y Regosol eutrico | Media | Gravosa |

Las características de la edafología presente en el sitio del proyecto se presentan a continuación:

### Suelo dominante.

### Cambisoles.

Suelos que se caracterizan por presentar un horizonte B cámbico; el horizonte cámbico es un horizonte alterado que se encuentra por lo menos a 25 cm de la superficie, su color es semejante al del material parental que le da origen, pero con más estructura de suelo que de roca, pues tiene consistencia friable y sin acumulación significativa de arcilla. El horizonte superficial es un horizonte A ócrico o un horizonte A úmbrico de color oscuro, contenido de materia orgánica mayor de 1%, bajo contenido de nutrientes para las plantas y pH ácido.

Este tipo de suelos ocupa 16.18% de la superficie estatal y son de origen residual formados a partir de rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias, como también de origen aluvial, y se encuentran en topoformas de sierras, lomeríos, valles y llanuras, en las que se presentan muy diversos climas. Tienen algunas limitantes, 34.72% con fase lítica, 32.17% con fases gravosa y pedregosa, y 33.11% no tienen ninguna limitante.

**Cambisoles éutricos**: Representan el 72.11% de los cambisoles en el estado y sólo presentan el horizonte B cámbico como rasgo distintivo. Su horizonte A es ócrico, tienen saturación de bases superior al 50% entre 20 y 50 cm de profundidad y no son calcáreos. El 35.62% tiene fases gravosas/pedregosa, el 32.42% lítica, y el 31.97% no tiene limitantes. La textura varía de arena a migajón arcilloso; su color predominante es pardo, ocasionalmente amarillento o grisáceo. El pH va de 5.3 a 7.2 y la materia orgánica se encuentra en niveles moderados a altos. Nutricionalmente, retienen bases en porcentajes elevados con muy poco sodio y potasio, y cantidades moderadas a altas de calcio y magnesio. Se distribuyen en distintas zonas del estado, como San Juan Cacahuatepec, Santa María Zacatepec, Colotepec, Gustavo Díaz Ordaz, La Reforma, Unión Hidalgo y San Pedro Tapanatepec.

### Suelos Secundarios

### Feozems

Estos tipos de suelos se distinguen por tener un horizonte A mólico, que, en su estado seco, no presenta una textura densa ni dura, mostrando un tono oscuro, con una saturación de bases superior al 50% y un contenido de materia orgánica que excede el 1% a lo largo de su espesor, que es mayor a 10 cm. Representan el 4. 56% del área estatal, y casi el 75% de ellos están afectados por diferentes fases: 51. 14%

por fase lítica, 14. 48% por fase pedregosa, 8. 85% por fase gravosa y 25. 52% son suelos profundos sin limitaciones. Su formación es residual a partir de rocas tanto sedimentarias como ígneas, que dan lugar a sierras, llanuras, colinas y algunos valles, o por procesos aluviales en sedimentos que crean llanuras y valles.

Los feozems háplicos cuentan únicamente con las características de la primera unidad y constituyen el 53. 49% del total de los feozems. Aproximadamente tres cuartas partes presentan limitaciones: un 34. 14% tiene una fase lítica, un 24. 61% presenta una fase pedregosa y un 16. 54% tiene una fase gravosa, mientras que los suelos profundos sin limitaciones representan un 24. 71%. Las diferencias en texturas son muy variadas, desde arenas hasta arcillas, siendo los migajones arenosos los más comunes. Los colores del horizonte superficial varían entre un tono pardo grisáceo, gris o incluso a veces negro, y en mayores profundidades los tonos son pardos con matices amarillos o rojizos. El pH varía desde fuertemente ácido hasta levemente alcalino, tanto en el horizonte A como en el B. Las proporciones de materia orgánica oscilan entre moderadamente pobres y sumamente ricas (1. 3-4. 7). Dada la amplia variación en las texturas, esto se traduce en una capacidad de intercambio catiónico que va de baja a muy alta (1. 5-37. 5 meq/100 g), y una saturación de bases que varía de moderada a muy alta (53. 5-100%). Las concentraciones de sodio intercambiable se encuentran entre muy bajas y bajas (0. 02-0. 1 meq/100 g), el potasio entre muy bajo y moderado (0. 06-0. 7 meq/100 g), y el calcio y magnesio exhiben valores desde bajos hasta muy altos. Estas tierras se encuentran cerca de San Juan Bautista Valle Nacional, en el sureste de Unión Hidalgo, así como en los alrededores de Candelaria Loxicha, Heroica Ciudad de Ejutla de Crespo y Tlacolula de Matamoros, entre otros lugares.

Edafología

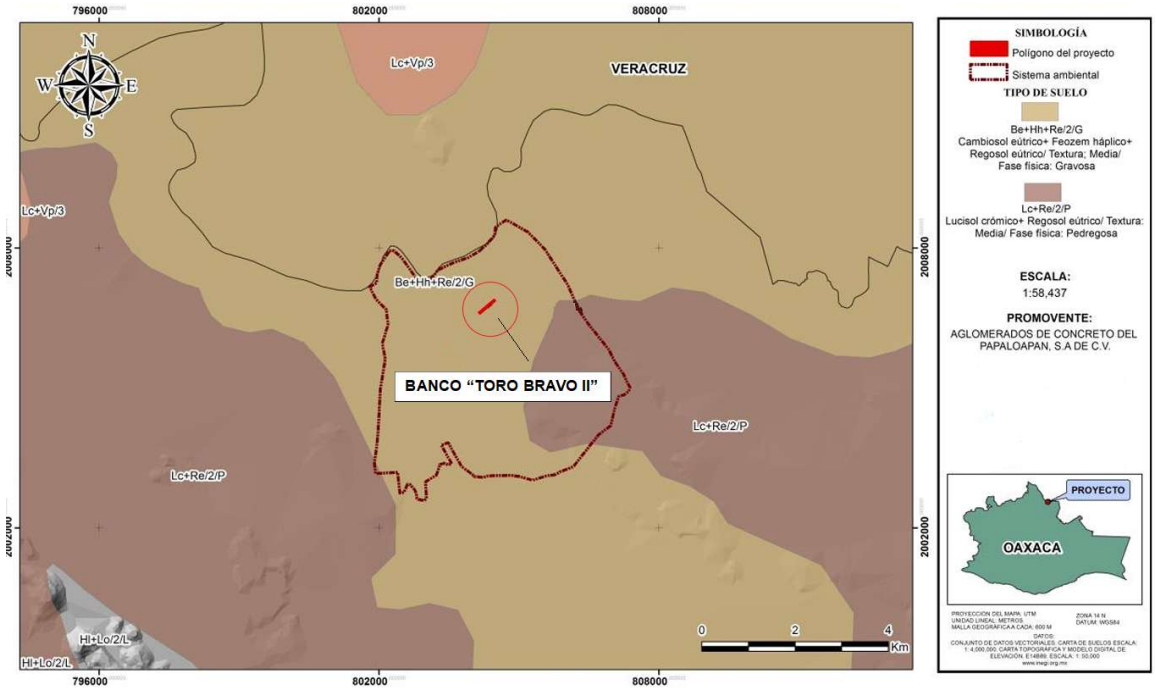



*Ilustración 16.- Tipo de edafología dentro del región ecológica.*

### 17.1.1.4. Geología.

El estado de Oaxaca presenta las características geológicas más complejas del país, debido a la serie de eventos tectónicos superpuestos que han ocurrido en su territorio a lo largo del tiempo geológico y que generaron, por consecuencia, una gran diversidad de unidades litológicas aflorantes. La historia geológica en el estado de Oaxaca registra grandes y complejos disturbios tectónicos, iniciando durante el Precámbrico con la Revolución Herciniana, considerada como la más antigua en actuar sobre este territorio, formando un cratón, parte consolidada de la corteza terrestre, esto bajo condiciones de metamorfismo de alto grado, que generó así el basamento cristalino constituido por rocas tipo gneis. Posteriormente, en el Precámbrico Tardío, las orogenias Oaxaqueña y Grenvilliana provocan fuertes disturbios tectónicos debidos al proceso de subducción y magnetización de una placa oceánica.

En la entidad se tienen afloramientos metamórficos extensos, ampliamente distribuidos, son del Precámbrico al Cenozoico (Terciario); en diversas zonas del estado, se presentan rocas ígneas intrusivas y extrusivas, las cuales son del Paleozoico al Cenozoico (Terciario); mientras que los afloramientos de unidades sedimentarias se distribuyen en forma de promontorios aislados en todo el territorio estatal, su edad varía desde el Paleozoico hasta el Cuaternario. Por último,

los depósitos recientes (suelos) se disponen sobre todo como planicies costeras, valles Inter montanos, planiciesaluviales y valles fluviales.

La región ecológica que fue delimitado se localiza de acuerdo con la carta de geología **E14D34** del INEGI escala 1:250,000; las unidades que ejercen su presencia en la zona del proyecto y dentro de la Región Ecológica delimitado se presentan a continuación:

| Clave | Roca | Tipo | Era | Sistema |
|---|---|---|---|---|
| Q (al) | N/A | Aluvial | Cenozoico | Cuaternario |

Las características que a continuación se describe se refiere específicamente al tipo de geología presente en el sitio del proyecto, el resto se menciona a manera de referencia.

La unidad geología Q (al) perteneciente al sistema cuaternario, son suelos arenosos que se localizan principalmente en zonas tropicales o templadas muy lluviosas del sureste de México. La vegetación que presentan es variable. Se caracterizan por ser de textura gruesa, con más del 65% de arena al menos en el primer metro de profundidad. En México son muy escasos, y su presencia se limita principalmente a las llanuras y pantanos tabasqueños y del norte de Chiapas. Estos suelos tienen una alta permeabilidad, pero muy baja capacidad para retener agua y almacenar nutrientes. La susceptibilidad a la erosión en los Arenosoles va de moderada a alta. Su símbolo cartográfico es (Q).

El suelo tipo Aluvial (al), son suelos de materiales transportados o depositados en las planicies costeras y valles interiores, son estratificados de textura variable. Considerados suelos recientes o de reciente deposición y carecen de modificaciones de los agentes externos (agua, clima, etc.). Se ubican en áreas ligeramente inclinadas o casi a nivel en las planicies costeras y valles interiores en donde el manto freático está cerca de la superficie y el drenaje por lo general es pobre. Poseen alta productividad permitiendo agricultura intensiva y mecanizada, aptos para toda clase de cultivos.

Geología

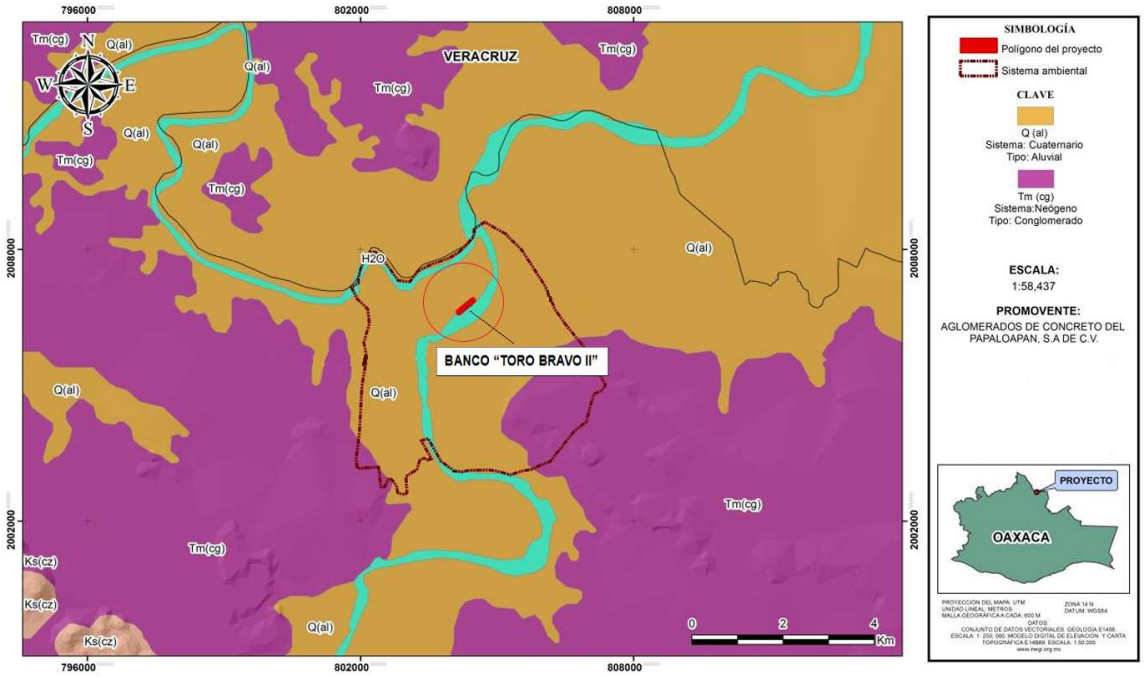



*Ilustración 17.- Geología presente dentro del región ecológica.*

### 17.1.1.5. Uso del suelo y vegetación.

De acuerdo con los datos temáticos vectoriales del uso de suelo y vegetación del INEGI serie IV, carta E1408 y E1409 escala 1:250,000 en el área de estudio del proyecto el uso del suelo es destinado a las prácticas agrícolas, pecuarias y forestales, los datos fueron corroborados mediante las visitas en campo; asimismo dentro de la Región Ecológica definida se ubica pastizal inducido, bosque de coníferas y presencia asentamientos y zona urbana, dicha información se visualiza en la ilustración 18. Agrícola- Pecuario-Forestal (IAPF). Corresponde a aquellos terrenos en donde se realiza la agricultura temporal en el ciclo vegetativo de los terrenos que se siembran dependen del agua de lluvia sea independiente del ciclo que dura el cultivo. En estas áreas se reporta el uso del pastizal para la ganadería extensiva y para la apertura de nuevos campos de cultivo, así mismo puede presentar algunos árboles que forma parte de la vegetación arbórea de la zona.

**Uso de Suelo y Vegetación**

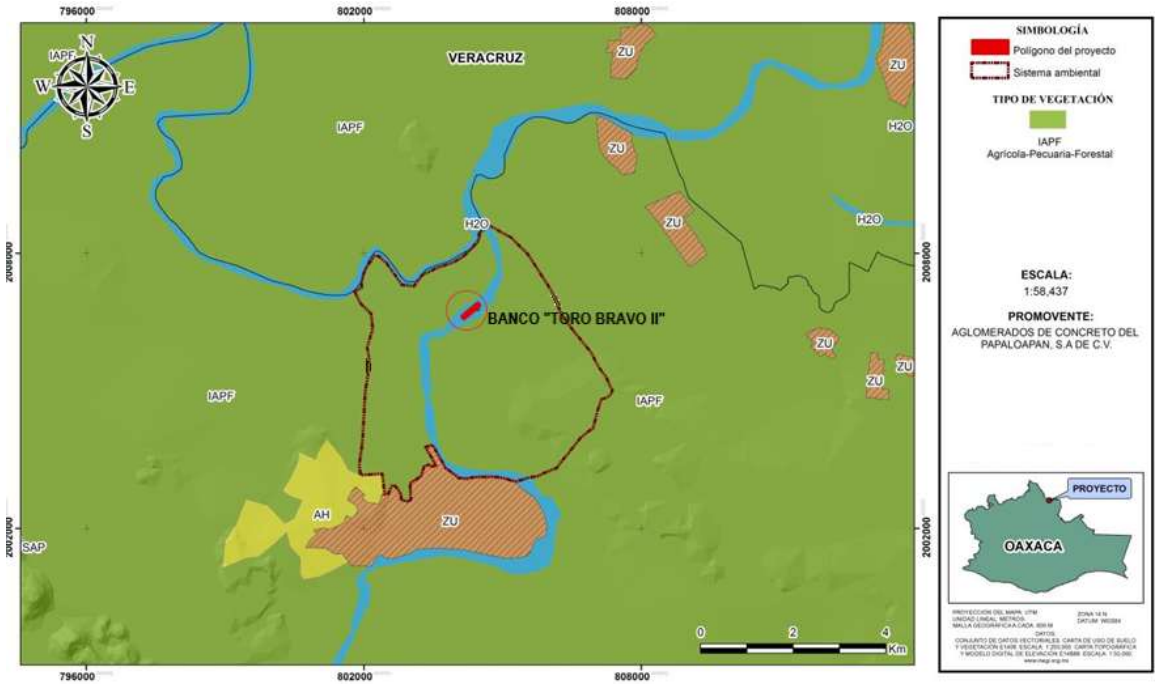



*Ilustración 18.- Uso del suelo y vegetación dentro de la región ecológica.*

### 17.1.1.6. Hidrología superficial.

En la entidad existe una extensa red de drenaje que funciona únicamente durante el periodo de lluvias, en la vertiente del sur drena, hacia el Océano Pacífico y está integrada por una extensa y complicada red hidrográfica, generalmente de tipo dendrítico que en ocasiones cambia a enrejado; los ríos más importantes de esta vertiente son de menor envergadura en relación con los que desembocan hacia el Golfo de México, la red tributaria en su mayoría es de régimen intermitente, de poco caudal y de tipo torrencial; esta vertiente incluye completas dos regiones hidrológicas: 21 y 22 (Costa de Oaxaca y Tehuantepec), tres incompletas: 18, 20 y 23 (Balsas, Costa Chica-Río Verde y Costa de Chiapas).

La región ecológica se localiza en la parte noreste de la Región Hidrológica Número 28 “Papaloapan”, al norte del estado de Oaxaca, Cuenca (A) Rio Papaloapan.

### Región hidrológica -28 Papaloapan.

Esta región hidrológica pertenece a la vertiente del Golfo de México, se localiza en la porción norte del estado, conteniendo 24.37% de la superficie de este; colinda al norte con la RH 27 Tuxpan-Nautla y con el Golfo de México; al este con la RH-29 Coatzacoalcos; al sur con la RH-22 Tehuantepec y con la RH-20 Costa Chica-Río Verde; por último, al oeste con la RH-18 Balsas. En territorio oaxaqueño

corresponde a la parte alta de la cuenca del río del mismo nombre, esta área drena la vertiente oriental de las sierras Mazateca y Juárez, zonas donde se registran algunas de las láminas de lluvia más altas del país, es precisamente donde tienen origen los escurrimientos más caudalosos del estado, razón por la cual se encuentran dos obras de captación que destacan a nivel nacional: las presas de almacenamiento Presidente Miguel Alemán y Miguel de la Madrid Hurtado, siendo la primera donde se ubica la hidroeléctrica de Temascal. En el estado sólo incluye a la cuenca Río Papaloapan (A).

### Cuenca del río Papaloapan (A).

Es la cuenca de mayor superficie dentro del estado de Oaxaca (24.37%), limita al sur con la cuenca Río Atoyac (A) de la RH-20 y con la cuenca Río Tehuantepec (B) de la RH-22; al este con la cuenca Río Coatzacoalcos (B) de la RH-29; al oeste con la cuenca Río Atoyac (A) de la RH-18; mientras que al norte penetra a los estados de Puebla y Veracruz-Llave. Dentro de la entidad la cuenca incluye parte de las regiones Cañada, Sierra Norte, Papaloapan, Mixteca y Valles Centrales. En aproximadamente 90% del área predominan sierras con geoformas de más de 1 000 m de altitud, las máximas elevaciones son del orden de 3 250 msnm, corresponden a las sierras Mazateca y Juárez, el resto de la cuenca corresponde a la subprovincia fisiográfica Llanura Costera Veracruzana, extensa planicie aluvial interrumpida sólo por lomeríos y pequeñas sierras calcáreas. En promedio la precipitación total anual alcanza 2 062 mm, que representan un volumen de 48 968 mm3, de los cuales escurren 12 242 mm3, es decir 25%. De acuerdo a la permeabilidad del terreno, densidad de la vegetación y precipitación, el porcentaje de agua de lluvia que escurre se presenta en los rangos siguientes (clasificación del INEGI presente en la cartografía 1:250 000 Aguas Superficiales): el porcentaje mayor que es de 30, se presenta en grandes extensiones de las sierras donde generalmente la permeabilidad del terreno es baja, la vegetación es densa y las lluvias además de ser frecuentes son las más intensas; el rango que integra los coeficientes de escurrimiento de 20 a 30% se localiza en áreas diseminadas por toda la cuenca, los índices de permeabilidad y densidad de la vegetación son altos así como los registros de lluvia que varían entre 1 200 y 2 500 mm. Las áreas con coeficientes de escurrimiento de 10 a 20% se encuentran distribuidas ampliamente en toda la cuenca, presentan varios rangos de permeabilidad y densidad de vegetación, la precipitación total anual varía entre 600 y 4 500 mm. En la zona serrana existe una compleja red hidrográfica generalmente de tipo dendrítico o cárstico, en la llanura cambia radicalmente a tipo meándrico, las corrientes que sobresalen por su caudal son los ríos Tonto, Santo Domingo, Cajonos, Lalana y Puxmetacán.

El Río Tonto entra al estado de Oaxaca en dirección sureste proveniente del estado de Veracruz-Llave, antes de llegar a la presa Presidente Miguel Alemán drena un área muy pequeña; sin embargo, su caudal es el principal aporte para esta magna obra civil, su gasto es de aproximadamente 20% del volumen medio anual que descarga el río Papaloapan al Golfo de México; se describe como un río maduro y limpio de sedimentos, ya que sus aguas arrastran uno de los porcentajes más bajos de azolve, una de las razones es la abundante vegetación que se desarrolla dentro de la cuenca; al salir de la presa recorre un tramo de aproximadamente 30 km, posteriormente es utilizado como línea divisoria entre los estados de Oaxaca y Veracruz-Llave; finalmente por margen izquierda, se incorpora al caudal del río Papaloapan.

El río Santo Domingo es el principal afluente del Papaloapan, en su parte alta se forma por la unión de dos grandes colectores, los ríos Salado y Grande; el primero de ellos drena el Valle de la Cañada y parte de la Mixteca Alta, tiene una de las cuencas más áridas y desforestadas de la región, por lo que produce más del 60% de los azolves que llegan al río Papaloapan, entra al estado de Oaxaca por el noroeste con dirección sureste, el volumen medio anual se estima en 214.24 mm3 que corresponde a un gasto medio de 6.78 m3/seg. El Río Grande capta los escurrimientos de la vertiente occidental de la sierra Juárez; nace a una altura de 3 060 msnm a partir de donde toma dirección noroeste, antes de la confluencia con el Río Salado su longitud es de 185 km y la pendiente promedio es de 0.0138; durante el periodo 1948–1986 la Estación Hidrométrica Quiotepec reportó un volumen medio anual de 957.78 mm3 que equivalen a un gasto medio de 30.66 m3/seg; a partir de la confluencia de los ríos Salado y Grande se forma el río Santo Domingo y desde este punto hasta la unión con el río Papaloapan tiene una longitud de 147.2 km y pendiente promedio de 0.0033, en su recorrido drena el cañón que lleva su nombre, antes de la fusión con el río Papaloapan desemboca en la presa Miguel de la Madrid Hurtado, para después recibir por margen derecha al río Valle Nacional y posteriormente convertirse en el cauce principal del río Papaloapan, reconocido como el segundo sistema fluvial más importante del país. Los ríos Santo Domingo y Papaloapan, después de su unión con el Río Tonto, salen del estado con un volumen medio anual de 21 647.29 mm3 y gasto medio de 685.67 m3/seg, de acuerdo con los datos aportados por la Estación Hidrométrica Papaloapan durante el periodo 1948 1977.

El río Cajonos nace en la sierra Juárez a 3 100 msnm, drena un área de 2 995 $km^2$; antes de salir del estado recorre 194.9 km de terrenos con pendiente promedio de 0.0157, el volumen medio anual durante el periodo 1955–1985, de acuerdo con los datos de la Estación Hidrométrica Monte Rosa es de 3 431.98 mm3, que significan

un gasto de 108.73 $m^3$/seg; este río es el cauce principal del Tesechoacan, importante afluente que recibe por margen izquierda al río Papaloapan antes de desembocar a la Laguna de Alvarado en el estado de Veracruz-Llave.

La infraestructura hidráulica de esta cuenca consiste en dos presas de almacenamiento, la Hidroeléctrica Presidente Miguel Alemán, construida sobre el cauce del Río Tonto en la cabecera municipal Temascal; cuenta con 830 m de cortina de enrocamiento y corazón impermeable, vertedor de cresta controlada en la margen derecha; su vaso de almacenamiento tiene una capacidad de 9 000 mm3; los usos de esta presa son múltiples, entre los que se tienen los siguientes: control de avenidas, generación de energía eléctrica, mejoramiento de la navegación en el Papaloapan, riego y control de azolves; la capacidad de producción de energía es de 154 000 kilowatts (kW) en cuatro unidades de 38 500 kW cada una, el volumen turbinado es de 14 979 mm3; el riego beneficia una superficie de 700 ha aunque tiene capacidad para irrigar 100 000 ha. Otra de las grandes obras civiles construida recientemente es la presa Miguel de la Madrid Hurtado, edificada sobre el cauce del río Santo Domingo, su cortina tiene una altura de 70 m y longitud de corona de 1 680 m, es de material graduado con corazón impermeable y enrocamiento, cuenta con vertedor de cresta controlada (puertas radiales) en la margen izquierda, la capacidad máxima del vertedor es de 6 m3/seg, cuenta con 3 túneles de desvío, cada uno con 12 metros de diámetro y longitud de 450 m; tiene capacidad de almacenamiento de 5 380 mm3; el propósito principal de esta obra es el control de avenidas, que protege 200 000 ha de riego, actualmente forma un solo embalse con la presa Presidente Miguel Alemán, con ello se incrementó la capacidad de generación de electricidad y ha fomentado la producción pesquera; el espejo de agua que forman las dos presas de almacenamiento constituye un sistema de vasos intercomunicados de 75 000 ha, configurando así el segundo cuerpo de agua más extenso del país, situación que amplía el potencial para el desarrollo de actividades piscícolas y recreativas. La hidroeléctrica de Temascal se abastece de la cuenca del río Santo Domingo con 5 869 mm3 y de la cuenca del Río Tonto con 9 110 $mm^3$; además, se encuentra en proceso de ampliación con dos unidades de 100 kW cada una, lo que, sumado a la capacidad actual, se incrementará a 354 000 kW. El resto de la infraestructura hidráulica se refiere a las presas derivadoras construidas en la región Cañada, siendo 13 las de mayor beneficio para áreas regables; sobre todo derivan agua del Río Grande y algunas de sus afluencias para beneficiar un área aproximada de 5 000 ha. La Cuenca Río Papaloapan (A) exhibe fuertes problemas de contaminación por descargas de aguas residuales industriales.

## Hidrología Superficial

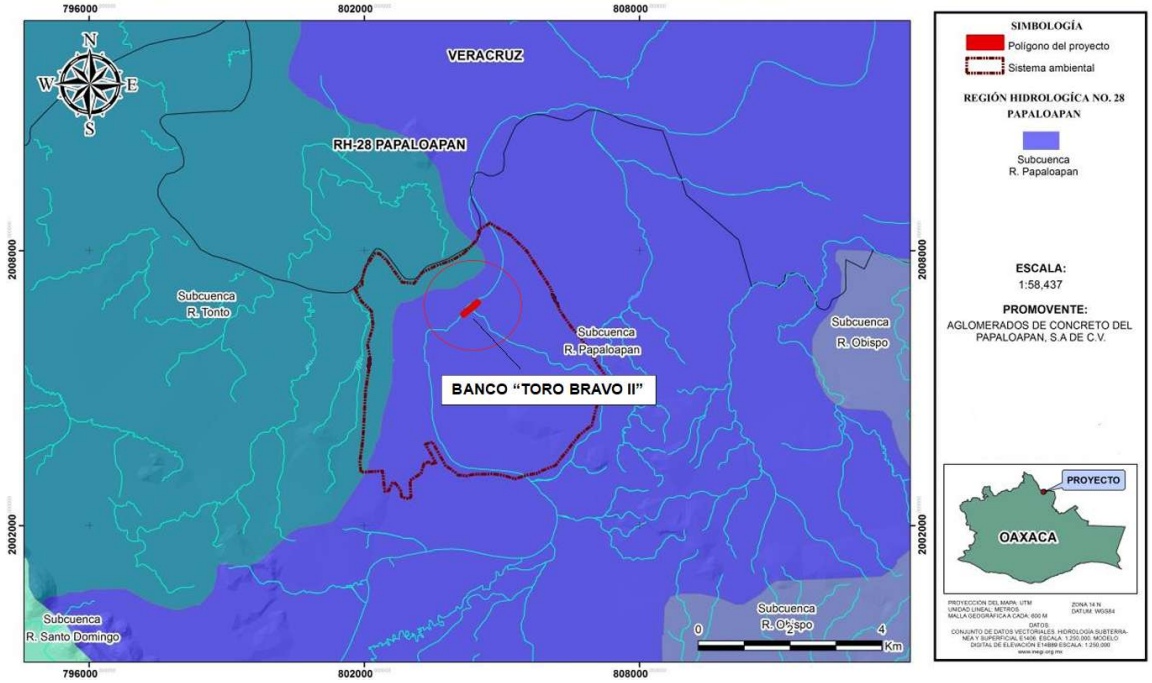



*Ilustración 19.- Hidrología presente en el sitio del proyecto y región ecológica.*

### 17.1.1.7. Microcuenca o cuencas hidrológicas de incidencia.

El proyecto se ubica en la **Región Hidrológica Número 28 (RH-28) "Papaloapan"**, dentro de la **cuenca del río Papaloapan**, que a su vez se subdivide en diversas subcuencas y microcuencas que inciden directamente en el sitio del proyecto.

A continuación, se describen las unidades hidrológicas de incidencia, detallando sus características y su influencia en la dinámica del "***Aprovechamiento de materiales pétreos en el Banco Toro Bravo II margen izquierda del cauce del río Papaloapan, San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca***."

### Cuenca del río Papaloapan

La cuenca del río Papaloapan es una de las más importantes del país, superada únicamente por el sistema Grijalva-Usumacinta en términos de caudal . Esta cuenca drena una extensa área que abarca parte de los estados de Oaxaca, Puebla y Veracruz, y se caracteriza por altos volúmenes de escurrimiento y una alta disponibilidad de agua superficial . La corriente principal, el río Papaloapan, tiene su origen en las serranías oaxaqueñas, donde los ríos Tonto y Santo Domingo actúan como sus principales formadores . Esta cuenca hidrológica es el sistema que recibe y conduce el agua que fluye a través del sitio del proyecto.

La Región Hidrológica Número 28 "Papaloapan" se divide oficialmente en dos grandes subregiones que agrupan un conjunto de cuencas hidrológicas prioritarias: la Subregión Papaloapan A (que abarca el propio sistema del río Papaloapan) y la Subregión Papaloapan B (que integra ríos independientes como el Jamapa, Actopan y La Antigua).

## Subregión Hidrológica Papaloapan A

| Clave | Nombre Subcuenca |
|---|---|
| RH28Aa | R. Papaloapan |
| RH28Ab | R. Tonto |
| RH28Ac | P. Presidente Alemán |
| RH28Ad | R. Petlapa |
| RH28Ae | R. Salado |
| RH28Af | R. Quiotepec |
| RH28Ag | R. Santo Domingo |
| RH28Ah | R. Usila o Santa Rosa |
| RH28Ai | R. Valle Nacional |
| RH28Aj | R. Obispo |
| RH28Ak | R. Playa |
| RH28Al | R. Manso |
| RH28Am | R. Tesechoacán |
| RH28An | R. de la Lana |
| RH28Ao | R. Trinidad |
| RH28Ap | R. San Juan |
| RH28Aq | R. San Andrés |
| RH28Ar | L. Catemaco |
| RH28As | R. Tecolapilla |
| RH28At | R. Camarón |
| RH28Au | L. de Alvarado |
| RH28Av | R. Blanco |
| RH28Aw | R. de las Pozas |
| RH28Ax | R. Amapa |

## Subregión Hidrológica Papaloapan B

| Clave | Nombre Subcuenca |
|---|---|
| RH28Ba | R. Atoyac |
| RH28Bb | R. Jamapa |
| RH28Bc | R. San Francisco - Puerto de Veracruz |
| RH28Bd | R. Paso de Ovejas |
| RH28Be | R. La Antigua |
| RH28Bf | R. Decozalapa |
| RH28Bg | R. Ídolos |
| RH28Bh | R. Actopan - Barra de Chachalacas |
| RH28Bi | R. Pajaritos |
| RH28Bj | R. Sedeño |

### 17.1.1.8. Caudal ecológico.

### Caracterización del Río Papaloapan

De acuerdo con el **Apéndice Normativo A (Tabla A.1)** de la norma, los parámetros oficiale para la cuenca principal del Río Papaloapan (Región Hidrológica) son las siguientes:

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Región Hidrológica | RH-28 Papaloapan |
| Importancia Ecológica | Muy Alta |
| Presión del Uso del Agua | Baja |
| Estado de Conservación Deseado | Muy Bueno |

### Matriz de Objetivo Ambientales

Conforme a la **Tabla 3** de la norma ( Matriz de Objetivos Ambientales), al cruzar la **Importancia Ecológica Muy Alta** con una **Presión de Uso Baja**, se confirma la asignación del **Objetivo Ambiental "A"**.

### Procedimiento de Cálculo del Caudal Ecológico Apéndice C, Tabla C.1)

La norma sugiere aplicar la **metodología de Tennant modificada por García et al. (1999)**. De acuerdo con la **Tabla C.1** para un *Objetivo Ambiental A*, los porcentajes a aplicar son:

| Objetivo Ambiental | Período de Estiaje | Período de Avenidas |
|---|---|---|
| **A** | **30%** del EMA y **100%** del Qmi | **50%** del EMA y **60%** del Qmi |

*(Nota: EMA = Escurrimiento Medio Anual; Qmi = Caudal medio mensual del mes correspondiente)*

La norma (Figura C.6) establece que **el caudal ecológico nunca debe ser mayor al caudal medio mensual (Qmi) ni menor al caudal base (Base)**.

| Características de la Estación Hidrométrica | |
|---|---|
| Clave: | 28014 |
| Región Hidrológica: | 28 "Papaloapan" |
| Estado: | Veracruz |
| Estacion Hidrométrica: | Papaloapan |
| Corriente : | Río Papaloapan |
| Cuenca: | Río Papaloapan |
| Coordenadas: | 96°5'0" Latitud Norte y 18°8'60" Longitud Oeste |
| Periodo: | 1947-1978,1982-2014 |

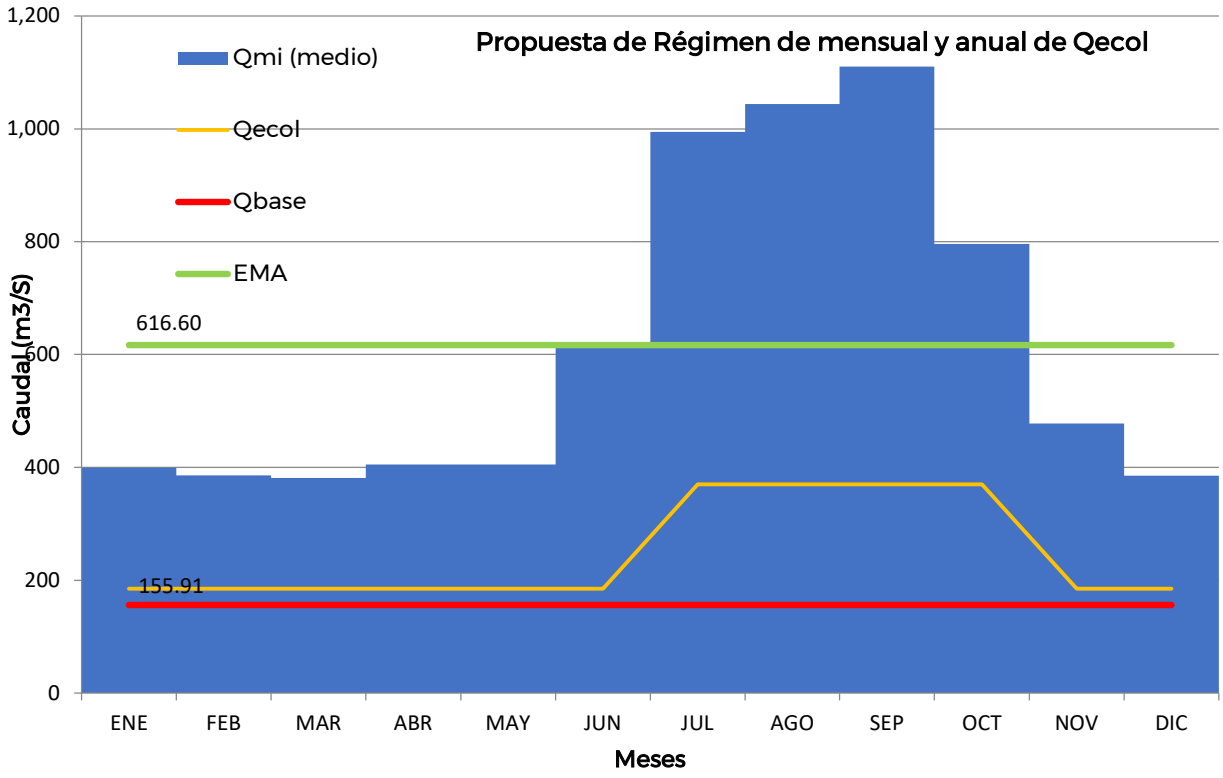
## Tabla de Gastos Medios Diarios ($m^3/S$)

| Día\Mes | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Día\Mes | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1965 | 580.0 | 335.4 | 322.2 | 296.8 | 352.3 | 695.5 |
| 1966 | 387.0 | 414.8 | 359.4 | 357.5 | 369.1 | 762.4 |
| 1967 | 313.3 | 237.8 | 248.1 | 282.8 | 289.6 | 680.4 |
| 1968 | 377.3 | 363.2 | 340.4 | 314.9 | 326.8 | 597.1 |
| 1969 | 574.8 | 431.8 | 407.9 | 414.0 | 395.7 | 447.5 |
| 1970 | 319.5 | 394.4 | 406.0 | 401.7 | 398.6 | 628.0 |
| 1971 | 363.0 | 433.6 | 420.8 | 510.4 | 413.6 | 468.6 |
| 1972 | 530.9 | 466.5 | 454.0 | 378.4 | 369.9 | 586.5 |
| 1973 | 456.0 | 477.3 | 451.6 | 406.7 | 442.7 | 927.1 |
| 1974 | 550.7 | 477.5 | 407.4 | 326.4 | 345.7 | 795.5 |
| 1975 | 390.9 | 367.0 | 364.2 | 384.3 | 287.9 | 571.0 |
| 1976 | 597.5 | 450.0 | 365.5 | 383.5 | 323.0 | 678.9 |
| 1977 | 382.0 | 330.8 | 321.5 | 330.4 | 325.6 | 568.4 |
| 1978 | 272.6 | 354.6 | 357.4 | 351.7 | 357.8 | 895.8 |
| 1986 | 426.5 | 325.7 | 323.8 | 308.7 | 340.8 | 798.0 |
| 1987 | 343.5 | 260.5 | 269.5 | 287.5 | 279.8 | 441.4 |
| 1988 | 214.9 | 216.4 | 207.1 | 261.0 | 334.9 | 859.4 |
| 1989 | 431.5 | 433.9 | 394.6 | 382.6 | 352.3 | 299.6 |
| 1990 | 380.9 | 399.5 | 373.5 | 403.0 | 396.1 | 503.5 |
| 1991 | 445.1 | 442.3 | 437.1 | 394.6 | 368.5 | 375.6 |
| 1992 | 397.4 | 401.1 | 387.2 | 364.5 | 444.2 | 545.5 |
| 1993 | 394.2 | 417.4 | 429.9 | 408.6 | 335.7 | 857.4 |
| 1994 | 470.9 | 490.3 | 442.1 | 368.8 | 441.3 | 236.1 |
| 1995 | 257.8 | 313.7 | 181.8 | 155.9 | 186.3 | 270.4 |
| 1996 | 237.6 | 246.1 | 244.0 | 210.0 | 167.3 | 325.1 |
| 1997 | 225.0 | 239.7 | 260.9 | 427.0 | 419.4 | 211.1 |
| 1998 | 229.4 | 222.7 | 324.7 | 466.9 | 232.7 | 185.8 |
| 1999 | 372.9 | 421.2 | 447.5 | 347.6 | 293.8 | 359.8 |
| 2000 | 554.9 | 452.9 | 485.1 | 465.0 | 332.0 | 1,098.3 |
| 2001 | 631.0 | 462.1 | 352.3 | 388.4 | 417.2 | 482.8 |
| 2002 | 368.8 | 366.7 | 416.1 | 766.8 | 624.8 | 520.4 |
| 2003 | 425.5 | 318.8 | 324.6 | 370.0 | 344.0 | 358.2 |
| 2004 | 393.6 | 363.0 | 533.9 | 621.6 | 942.4 | 1,239.4 |
| 2005 | 189.4 | 179.4 | 239.1 | 570.7 | 541.1 | 598.9 |
| 2006 | 439.0 | 570.7 | 569.6 | 447.9 | 557.1 | 377.8 |
| 2007 | | | | | | |
| 2008 | 432.9 | 531.6 | 337.5 | 275.8 | 386.7 | 597.7 |
| 2009 | 336.5 | 548.0 | 470.4 | 499.7 | 701.7 | 466.2 |
| 2010 | 782.9 | 667.8 | 455.5 | 489.9 | 638.0 | 380.5 |
| 2011 | 386.3 | 429.9 | 459.4 | 496.2 | 552.3 | 283.2 |
| 2012 | 347.3 | 293.2 | 336.8 | 476.9 | 689.8 | 1,318.8 |
| 2013 | 304.3 | 257.0 | 384.5 | 527.5 | 405.9 | 1,072.2 |
| 2014 | 267.3 | 398.2 | 699.6 | 687.5 | 293.8 | 1,460.6 |
| 2015 | | | | | | |
| 2016 | | | | | | |
| 2017 | | | | | | |
| **Q MIN** | **189.40** | **179.36** | **181.81** | **155.91** | **167.30** | **185.77** |
| **Q MED** | **399.59** | **385.81** | **381.29** | **405.00** | **405.20** | **614.91** |
| **Q MAX** | **782.93** | **667.78** | **699.64** | **766.77** | **942.45** | **1,460.55** |

| Día\Mes | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Q med |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Día\Mes | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Q med |
| 1965 | 1,501.0 | 1,459.1 | 1,049.2 | 1,082.9 | 661.8 | 470.5 | 733.89 |
| 1966 | 1,271.3 | 926.9 | 1,016.2 | 917.0 | 494.9 | 378.6 | 637.91 |
| 1967 | 923.6 | 683.0 | 1,008.4 | 834.0 | 498.4 | 462.3 | 538.47 |
| 1968 | 1,167.2 | 1,090.4 | 1,165.1 | 815.3 | 584.5 | 662.8 | 650.41 |
| 1969 | 1,282.1 | 2,450.8 | 3,649.1 | 832.3 | 483.5 | 401.4 | 980.90 |
| 1970 | 1,025.9 | 1,004.7 | 1,503.8 | 764.4 | 459.6 | 363.4 | 639.17 |
| 1971 | 866.8 | 836.5 | 793.7 | 836.6 | 604.1 | 415.7 | 580.28 |
| 1972 | 1,126.7 | 1,332.9 | 1,039.4 | 919.5 | 857.6 | 604.0 | 722.19 |
| 1973 | 1,169.3 | 1,117.3 | 1,134.2 | 753.7 | 329.5 | 473.3 | 678.22 |
| 1974 | 1,140.5 | 543.4 | 1,181.4 | 1,145.3 | 587.9 | 443.8 | 662.13 |
| 1975 | 687.4 | 971.9 | 1,752.5 | 1,150.4 | 507.6 | 518.2 | 662.77 |
| 1976 | 1,135.2 | 947.0 | 1,530.3 | 955.8 | 626.8 | 365.0 | 696.53 |
| 1977 | 725.2 | 738.5 | 624.0 | 571.2 | 483.8 | 340.1 | 478.45 |
| 1978 | 1,268.3 | 958.6 | 1,224.5 | 999.2 | 452.0 | 493.7 | 665.52 |
| 1986 | 1,249.1 | 672.1 | 715.5 | 813.4 | 693.7 | 459.1 | 593.86 |
| 1987 | 1,314.7 | 1,078.2 | 769.2 | 412.4 | 254.2 | 193.4 | 492.02 |
| 1988 | 1,016.0 | 1,759.5 | 1,177.7 | 622.4 | 332.2 | 559.9 | 630.11 |
| 1989 | 558.1 | 587.2 | 1,055.2 | 378.1 | 289.7 | 430.6 | 466.11 |
| 1990 | 1,075.3 | 986.4 | 1,064.9 | 728.9 | 540.8 | 506.7 | 613.31 |
| 1991 | 744.8 | 702.2 | 850.2 | 960.3 | 698.7 | 468.6 | 574.01 |
| 1992 | 866.1 | 1,320.2 | 1,484.2 | 999.3 | 632.3 | 408.5 | 687.54 |
| 1993 | 1,432.7 | 1,643.2 | 1,131.3 | 901.5 | 548.1 | 433.9 | 744.48 |
| 1994 | 332.0 | 746.0 | 901.9 | 423.4 | 413.6 | 335.8 | 466.85 |
| 1995 | 747.0 | 1,221.8 | 864.1 | 477.4 | 328.1 | 241.0 | 437.12 |
| 1996 | 749.0 | 1,668.3 | 972.1 | 451.5 | 499.5 | 233.2 | 500.30 |
| 1997 | 734.9 | 593.6 | 501.6 | 1,019.8 | 341.5 | 195.9 | 430.85 |
| 1998 | 402.7 | 574.7 | 1,002.6 | 1,502.8 | 765.8 | 271.4 | 515.19 |
| 1999 | 1,085.8 | 454.5 | 992.8 | 1,028.7 | 245.6 | 290.9 | 528.43 |
| 2000 | 568.4 | 834.0 | 801.4 | 596.0 | 484.5 | 485.4 | 596.49 |
| 2001 | 1,030.1 | 799.2 | 810.9 | 655.8 | 378.0 | 290.1 | 558.15 |
| 2002 | 806.4 | 726.4 | 866.3 | 635.8 | 548.9 | 322.3 | 580.82 |
| 2003 | 892.0 | 490.7 | 828.7 | 673.0 | 667.2 | 269.0 | 496.80 |
| 2004 | 908.4 | 452.8 | 343.1 | 545.7 | 266.0 | 233.6 | 570.29 |
| 2005 | 1,203.3 | 1,168.6 | 1,244.9 | 759.5 | 441.1 | 401.2 | 628.09 |
| 2006 | 1,183.2 | 989.3 | 731.9 | 377.6 | 423.6 | 524.1 | 599.32 |
| 2007 | | | | | | | |
| 2008 | 1,034.9 | 1,063.3 | 925.0 | 535.3 | 314.1 | 265.4 | 558.36 |
| 2009 | 620.7 | 606.8 | 717.6 | 532.9 | 395.1 | 443.4 | 528.25 |
| 2010 | 1,150.1 | 2,378.4 | 2,582.6 | 1,588.3 | 437.3 | 373.1 | 993.69 |
| 2011 | 1,329.9 | 1,732.0 | 1,089.8 | 383.1 | 301.0 | 280.3 | 643.64 |
| 2012 | 1,435.8 | 1,579.8 | 1,155.9 | 1,003.1 | 286.3 | 355.1 | 773.23 |
| 2013 | 771.2 | 1,595.2 | 1,614.4 | 679.6 | 582.3 | 297.9 | 707.67 |
| 2014 | 1,232.2 | 359.4 | 758.5 | 1,165.5 | 322.7 | 218.9 | 655.35 |
| 2015 | | | | | | | |
| 2016 | | | | | | | |
| 2017 | | | | | | | |
| Q MIN | 332.02 | 359.41 | 343.14 | 377.56 | 245.62 | 193.41 | 155.91 |
| Q MED | 994.41 | 1,043.92 | 1,110.15 | 795.92 | 477.71 | 385.28 | 616.60 |
| Q MAX | 1,500.97 | 2,450.84 | 3,649.13 | 1,588.27 | 857.57 | 662.81 | 3,649.13 |

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Qmi (medio) | 399.59 | 385.81 | 381.29 | 405.00 | 405.20 | 614.91 | 994.41 | 1,043.92 | 1,110.15 | 795.92 | 477.71 | 385.28 |
| Vol. mi. (Hm3) | 1,070.25 | 1,033.36 | 1,021.24 | 1,084.75 | 1,085.29 | 1,646.98 | 2,663.44 | 2,796.05 | 2,973.42 | 2,131.79 | 1,238.23 | 998.63 |
| Qbase | 155.91 | 155.91 | 155.91 | 155.91 | 155.91 | 155.91 | 155.91 | 155.91 | 155.91 | 155.91 | 155.91 | 155.91 |
| Vol. Qbase (Hm3) | 417.58 | 417.58 | 417.58 | 417.58 | 417.58 | 417.58 | 417.58 | 417.58 | 417.58 | 417.58 | 404.11 | 404.11 |
| Qecol | 184.98 | 184.98 | 184.98 | 184.98 | 184.98 | 184.98 | 369.96 | 369.96 | 369.96 | 369.96 | 184.98 | 184.98 |
| EMA | 616.60 | 616.60 | 616.60 | 616.60 | 616.60 | 616.60 | 616.60 | 616.60 | 616.60 | 616.60 | 616.60 | 616.60 |
| Periodo | Estiaje | Estiaje | Estiaje | Estiaje | Estiaje | Estiaje | Avenida | Avenida | Avenida | Avenida | Estiaje | Estiaje |

**Nota:** gastos en m3/s y volúmenes en Hm³




Si bien el Río Papaloapan cuenta con un régimen de caudal ecológico susceptible de determinarse mediante la NMX-AA-159-SCFI-2012, el proyecto denominado "Aprovechamiento de Material Pétreo en el Banco Toro Bravo II" no considera obras de captación, derivación, bombeo, almacenamiento o aprovechamiento de aguas nacionales superficiales. En consecuencia, la actividad proyectada no implica extracción ni consumo del recurso hídrico y, por tanto, no modifica el caudal circulante del Río Papaloapan. Por ello, no resulta técnicamente procedente establecer un caudal ecológico operativo o un volumen de reserva asociado al

proyecto, toda vez que no existe un gasto de agua a descontar del régimen natural de la corriente. La evaluación ambiental debe centrarse en los posibles cambios geométricos e hidráulicos del cauce derivados de la extracción de material pétreo, manteniéndose inalterada la continuidad del escurrimiento y el régimen hidrológico del río Papaloapan.

### 17.1.1.9. Principales ríos que tendrán interacción con el proyecto.

El proyecto "*Aprovechamiento de materiales pétreos en el Banco Toro Bravo II margen izquierda del cauce del río Papaloapan, San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca*." se localiza directamente sobre el cauce del **río Papaloapan**, el cual representa el principal cuerpo de agua con el que interactúa el proyecto.

Adicionalmente, existen otros ríos que, por su condición de afluentes, forman parte de la misma cuenca hidrológica y contribuyen al régimen hidrológico del Papaloapan.

A continuación, se presenta un listado con los ríos más relevantes que inciden en el sitio del proyecto, describiendo su función dentro del sistema hidrológico.

**Ríos con Interacción Directa con el Proyecto**

**Río Papaloapan (Interacción Directa)**

El proyecto se ubica dentro del cauce del río Papaloapan . Este es el río más grande del estado de Oaxaca y su nombre significa "río de las mariposas" .

- **Ubicación Geográfica:** El río Papaloapan nace en el estado de Oaxaca, en la confluencia de los ríos Valle Nacional y Santo Domingo .
- **Características Generales:** Es el segundo río más importante de México por su caudal y desembocadura en el Golfo de México, en la laguna de Alvarado, Veracruz . Su cuenca es la segunda más extensa del país .
- **Interacción con el Proyecto:** El banco de extracción "Toro Bravo II" se localiza sobre el lecho del río Papaloapan en el tramo correspondiente al municipio de San Juan Bautista Tuxtepec. La operación del proyecto se realiza directamente sobre su cauce y se basa en la dinámica natural de este río, que recarga el material pétreo a través del arrastre de sedimentos durante las crecidas.

**Ríos con Interacción Indirecta (Afluentes del Papaloapan)**

Estos ríos, al ser afluentes, forman parte del sistema hidrológico que drena hacia el Papaloapan y que puede influir en la cantidad de agua y sedimentos que llegan al sitio del proyecto. Son los responsables de la formación del propio río Papaloapan, que nace en Oaxaca a partir de la unión de sus principales formadores .

### Río Valle Nacional (Afluente del Papaloapan)

- **Función:** Es uno de los ríos que se unen para dar origen al río Papaloapan .
- **Descripción:** Nace en la región y, al confluir con el río Santo Domingo, forma el cauce principal del Papaloapan. Su régimen hidrológico, con crecidas en temporada de lluvias, aporta directamente agua y sedimentos al río principal.

### Río Santo Domingo (Afluente del Papaloapan)

- **Función:** Es el otro principal formador del río Papaloapan .
- **Descripción:** Se forma a su vez por la unión de los ríos Grande y Salado. Al unirse con el río Valle Nacional, da origen al Papaloapan. Su caudal es determinante para el régimen del río principal y, por ende, para la dinámica del sitio del proyecto.

### Río Cajonos (Afluente del Papaloapan)

- **Función:** El río Cajonos es un afluente importante del sistema Papaloapan .
- **Descripción:** Nace en la Sierra Norte de Oaxaca y fluye hacia el Golfo de México sin ser interrumpido por presas en su cauce . Este río se une con el río Manso para formar el río Tesechoacán, el cual desemboca en el Papaloapan . El régimen de este río contribuye al volumen de agua del sistema Papaloapan.

### Río Tonto (Afluente del Papaloapan)

- **Función:** El río Tonto es un afluente que se une al Papaloapan en los límites de Oaxaca y Veracruz .
- **Descripción:** Su caudal se incorpora al Papaloapan, contribuyendo a su ya importante volumen antes de su lento descenso hacia el mar. Su interacción es indirecta pero influye en el comportamiento hidrológico del río principal aguas abajo del proyecto.

### Río Mojarras (Afluente del Río Cajonos)

- **Función:** Este río es un afluente del río Cajonos, y por lo tanto, forma parte de la cuenca del Papaloapan .
- **Descripción:** Fluye por el municipio de Ayotzintepec, en la región del Papaloapan . Si bien su influencia directa sobre el sitio del proyecto es menor, evidencia la complejidad de la red hidrográfica que converge en el Papaloapan.

### 17.1.1.10. Características físicas del cuerpo de agua.

El río Papaloapan, cuyo nombre proviene del náhuatl *Papalotl* y significa "río de las mariposas", es un sistema fluvial de gran importancia en México . Sus principales rasgos físicos, son los siguientes:

| Característica Física | Descripción |
|---|---|
| **Ubicación en el Proyecto** | El banco de extracción se sitúa en el cauce del río en el municipio de San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca. |
| **Carácter del Río** | El río Papaloapan es una corriente de agua **perenne** (fluye todo el año). |
| **Régimen de Caudal** | Presenta un régimen con dos temporadas bien definidas: una de **estiaje** (noviembre-junio), cuando la extracción se realiza "en seco" con una profundidad de agua de 40 a 60 cm, y una de **lluvias** (julio-octubre), cuando el caudal aumenta considerablemente. |
| **Navegabilidad** | Históricamente fue una importante vía de comunicación, pero actualmente ha dejado de ser navegable debido a la deforestación, que provocó el ensanchamiento del río y la elevación de su fondo . |
| **Problemática Actual** | El río es una de las cuencas más contaminadas de México, principalmente por descargas industriales (como ingenios y fábricas de papel), desechos urbanos (aguas negras de asentamientos ribereños) y el uso extensivo de agroquímicos . Esto es un factor ambiental clave que el proyecto no debe agravar. |

### Flora y Fauna Acuática

La MIA-P proporciona información detallada sobre las especies de fauna acuática registradas en el área de influencia del proyecto. La flora acuática, en particular la invasora, constituye un problema en el río.

### Flora Acuática

La MIA-P menciona especies acuáticas como *Tristicha trifaria* y *Podostemum ricciforme*, que son plantas que crecen adheridas a sustratos rocosos en corrientes de agua rápida.

- **Plagas y Especies Invasoras:** Existen registros de plagas de **lirio acuático** en el río Papaloapan, que han llegado a secar partes del cauce y a afectar la fauna acuática . Este es un problema recurrente que altera el equilibrio del ecosistema.

### Ictiofauna (Peces)

A continuación se enlistan varias especies de peces que habitan en el sistema, representando la comunidad de la ictiofauna del río.

| Familia | Especie | Nombre Común | Categoría NOM-059 |
|---|---|---|---|
| **Cyprinidae** | *Notropis murales* | Carpita tepelneme | **P** (Sujeta a Protección Especial) |
| **Cyprinidae** | *Notropis sp.* | Desconocido | **NR** (No Registrada) |
| **Characidae** | *Astyanax aeneus* | Ciliroja | **NR** |
| **Ictaluridae** | *Ictalurus balsanus* | Bagre de balsas | **NR** |
| **Profundulidae** | *Profundulus oaxacae* | Escamudo oaxaqueño | **NR** |
| **Poeciliidae** | *Poecilia butleri* | Topote del pacífico | **P** (Sujeta a Protección Especial) |

La presencia de especies como la Carpita tepelneme (*Notropis murales*) y el Topote del pacífico (*Poecilia butleri*) en la categoría de **Protección Especial (P)** según la NOM-059-SEMARNAT-2010, resalta la importancia de aplicar medidas para prevenir daños a la comunidad de peces, la cuales ya se tienen contempladas.

### Herpetofauna (Reptiles y Anfibios)

Especies acuáticas o semiacuáticas en el área de estudio:

| Familia | Especie | Nombre Común | Categoría NOM-059 |
|---|---|---|---|
| **Hylidae** | *Plectrohyla pentheter* | Rana de árbol | **NR** |
| **Colubridae** | *Ficimia publia* | Culebra bejuquillo | **NR** |
| **Viperidae** | *Bothrops atrox* | Víbora sorda | **NR** |
| **Viperidae** | *Atropoides numifer* | Víbora mano metate | **NR** |
| **Viperidae** | *Crotalus durissus* | Rabo de hueso | **NR** |

Estas especies se encuentran en las categorías de **NR** (No registradas en la norma).

### Aves Acuáticas

Aves asociadas a cuerpos de agua. La Garza blanca (*Ardea alba*) se registra en la región ecológica y está catalogada en la NOM-059.

| Familia | Especie | Nombre Común | Categoría NOM-059 |
|---|---|---|---|
| **Ardeidae** | *Ardea alba* | Garza blanca | **NR** |
| **Anatidae** | *Dendrocygna autumnalis* | Yegüita (Pato) | **NR** |

La presencia de estas especies evidencia que el río y sus riberas son utilizados como hábitat por aves acuáticas.

### 17.1.1.11. Calidad del agua del cuerpo de agua.

La calidad del agua del río Papaloapan es un tema de gran preocupación, ya que diversos estudios e investigaciones oficiales confirman que se encuentra en un estado crítico de contaminación, con impactos severos y documentados en la salud de los ecosistemas y las comunidades que dependen de él.

La evidencia existente, sustenta los muestreos y análisis técnicos, que soportan la principal problemática es la **descarga masiva de contaminantes de origen doméstico e industrial**, que ha provocado una drástica disminución de la calidad del agua y la mortandad recurrente de especies acuáticas.

#### Evidencia de la Contaminación: Estudios y Monitoreos

La gravedad de la situación ha llevado a diversas instituciones a intervenir y generar información oficial:

- **Recomendación de la CNDH:** La Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CNDH), tras una investigación, emitió la **Recomendación 125/2024**, dirigida a la CONAGUA, la Comisión de Agua del Estado de Veracruz (CAEV) y al Ayuntamiento de Tlacotalpan . El organismo acreditó la responsabilidad de las autoridades por **no atender adecuadamente la contaminación** del río Papaloapan y por las violaciones a los derechos humanos a un medio ambiente sano y al saneamiento del agua de la población ribereña.
- Monitoreo de CONAGUA: La propia CONAGUA reconoce la existencia de estaciones de monitoreo que evidencian la contaminación. En 2022, los resultados arrojaron que algunos sitios estaban "contaminados y fuertemente contaminados" en parámetros como **coliformes fecales** y ***Escherichia Coli***, indicadores de d**escargas de aguas residuales sin tratamiento**. La recomendación de la CNDH también ordenó a la CONAGUA realizar estudios exhaustivos e implementar un programa de monitoreo permanente con nuevas estaciones en el cauce.

#### Estadística de Calidad del Agua

| Clave | Sitio | DBO_mg/L | DQO_mg/L | SST_mg/L |
|---|---|---|---|---|
| OCGCE3180 | TUXTEPEC (FAPATUX) | <2 | 14.42 | <10 |
| OCGCE3187 | TUXTEPEC (CERVECERA) | <2 | 14.59 | <10 |
| OCGCE3213 | TUXTEPEC (COL. V.B.A.) | <2 | 14.27 | <10 |
| OCGCE3297 | PUENTE PAPALOAPAN | <2 | 13.44 | 11 |
| OCGCE3180 | TUXTEPEC (FAPATUX) | <2 | 14.38 | <10 |
| OCGCE3187 | TUXTEPEC (CERVECERA) | <2 | 14.14 | <10 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| OCGCE3213 | TUXTEPEC (COL. V.B.A.) | <2 | 13.31 | <10 |
| OCGCE3297 | PUENTE PAPALOAPAN | <2 | 13.44 | 11 |
| OCGCE3180 | TUXTEPEC (FAPATUX) | 1 | 14.42 | 5 |
| OCGCE3187 | TUXTEPEC (CERVECERA) | 1 | 13.37 | 5 |
| OCGCE3213 | TUXTEPEC (COL. V.B.A.) | 1 | 14.27 | 5 |
| OCGCE3297 | PUENTE PAPALOAPAN | 1 | 11.08 | 11 |
| OCGCE3180 | TUXTEPEC (FAPATUX) | 1 | 14.38 | 5 |
| OCGCE3187 | TUXTEPEC (CERVECERA) | 1 | 14.14 | 5 |
| OCGCE3213 | TUXTEPEC (COL. V.B.A.) | 1 | 13.31 | 5 |
| OCGCE3297 | PUENTE PAPALOAPAN | 1 | 12.26 | 11 |
| OCGCE3180 | TUXTEPEC (FAPATUX) | 1 | 13.36 | 10 |
| OCGCE3187 | TUXTEPEC (CERVECERA) | 1 | 32.29 | 5 |
| OCGCE3213 | TUXTEPEC (COL. V.B.A.) | 1 | 9.07 | 5 |
| OCGCE3297 | PUENTE PAPALOAPAN | 11.37 | 43.68 | 16 |
| OCGCE3180 | TUXTEPEC (FAPATUX) | <3 | 14.42 | <25 |
| OCGCE3187 | TUXTEPEC (CERVECERA) | <3 | 14.59 | <25 |
| OCGCE3213 | TUXTEPEC (COL. V.B.A.) | <3 | 14.27 | <25 |
| OCGCE3297 | PUENTE PAPALOAPAN | <3 | 13.44 | <25 |
| OCGCE3297 | PUENTE PAPALOAPAN | 2 | 12.26 | 11.1 |
| OCGCE3180 | TUXTEPEC (FAPATUX) | 2 | 14.42 | 10 |
| OCGCE3187 | TUXTEPEC (CERVECERA) | 2 | 14.595 | 10 |
| OCGCE3213 | TUXTEPEC (COL. V.B.A.) | 2 | 13.31 | 10 |
| | **Promedio** | **1.90** | **15.32** | **8.39** |

La contaminación argumentada tiene efectos devastadores sobre la biota del río:

- **Mortandad de Peces:** Es el impacto más visible y recurrente. Las descargas industriales, particularmente de vinazas, reducen drásticamente el oxígeno disuelto en el agua, causando la **asfixia y muerte masiva de peces** de diversas especies .

- **Pérdida de Biodiversidad y Actividad Pesquera:** La mortandad no solo afecta a los peces, sino que compromete la reproducción de las poblaciones al eliminar ejemplares adultos y juveniles, y **destruye el hábitat acuático** en su conjunto. Esta situación ha llevado a la **paralización total de la pesca**, afectando a cientos de cooperativas y a miles de personas que dependen de este recurso para su subsistencia.

### 17.1.1.12. Hidrología subterránea.

De acuerdo con la información disponible del Sistema de Información Geográfica de Acuíferos y Cuencas (SIGACUA) de la CONAGUA la hidrología subterránea que interactúa con el proyecto se enmarca en el **Acuífero Tuxtepec**, clave **2010**.

**Acuífero Tuxtepec (Clave 2010)**

El proyecto se localiza en el área de influencia del **Acuífero Tuxtepec**. De acuerdo con estudios de la CONAGUA, este acuífero se encuentra en la Cuenca del Río Papaloapan, abarcando parcialmente municipios del estado de Veracruz y colindantes con Oaxaca, como Tierra Blanca, Río Blanco, Zongolica y otros, así como municipios oaxaqueños vecinos.

### Disponibilidad del Agua y Balance Hídrico

Un aspecto clave para entender la sustentabilidad del acuífero es su balance hídrico, que compara la recarga natural con las extracciones. Los datos de la CONAGUA para el Acuífero Tuxtepec indican lo siguiente :

| Concepto | Volumen (millones de $m^3$/año) |
|---|---|
| Recarga total media anual | 220.1 |
| Extracción total | 58.2 |
| Descarga natural comprometida | 71.7 |
| Disponibilidad Media Anual Agua Subterránea | 30.778398 |

El balance muestra que actualmente existe una **disponibilidad de agua**, ya que la recarga (220.1 millones de $m^3$/año) es superior a la suma de la extracción y la descarga natural comprometida. No obstante, se advierte que el acuífero es vulnerable a un posible desequilibrio si se desarrollan nuevos proyectos agrícolas, industriales o de otra índole que incrementen la demanda de agua subterránea, lo que podría llevar a su sobreexplotación.

### Interacción del Proyecto con el Agua Subterránea

Dado que la extracción de material pétreo se realizará en el cauce del río y durante la temporada de estiaje, se han establecido medidas para que la interacción con el agua subterránea sea mínima y controlada. Las acciones clave descritas en la MIA son:

- **Profundidad de extracción controlada**: Se establece una profundidad máxima de 2.00 m, con una media de 1.10 m. Esta medida está diseñada para evitar exponer o afectar el manto freático y las aguas subálveas, protegiendo así la integridad del acuífero.
- **Operación en seco**: La extracción se realiza durante el estiaje, cuando el lecho del río está expuesto. Esto impide que las actividades generen turbidez o contaminación que pudiera infiltrarse y afectar la calidad del agua subterránea.

Por lo que en definitiva el proyecto se ubica en el área del **Acuífero Tuxtepec**, el cual, según datos de la CONAGUA, presenta una recarga natural considerable que supera las extracciones actuales, lo que evidencia una disponibilidad de agua en el balance general. No obstante, esta condición de equilibrio es sensible al aumento de la demanda. En concordancia con este contexto, las especificaciones técnicas del proyecto (como la limitación de la profundidad de extracción y la operación en seco) están diseñadas para prevenir cualquier impacto negativo, asegurando que las actividades no afecten la calidad ni la dinámica del agua subterránea.

### 17.1.2. Aspectos bióticos.

#### 17.1.2.1. Flora.

Antes de efectuar los recorridos de campo, se realizó una revisión bibliográfica de la flora registrada en la zona del proyecto, En la siguiente tabla se enlistan las especies de flora registradas.

| Especie | Género | Nombre Común | NOM-059 SEMARNAT-2010 |
|---|---|---|---|
| Arecaceae | Acrocomia aculeata | Palma de corozo | NR |
| Arecaceae | Chamaedorea elegans | Palma camedor | NR |
| Asteraceae | Delilia biflora | Mozote amarillo | NR |
| Bromeliaceae | Tillandsia schiedeana | Maguellito | NR |
| Ebenaceae | Diospyros conzattii | Zapote negro de monte | NR |
| Sapotaceae | Pouteria zapota | Mamey | NR |
| Euphorbiaceae | Euphorbia calyculata | Papelillo | NR |

| RAZA | GÉNERO | NOMBRE COMÚN | NOM-059 SEMARNAT-2010 |
|---|---|---|---|
| Leguminosae | Senna multijuga | Cachimba | NR |
| Leguminosae | Bauhinia miriamae | Uña de vaca | NR |
| Leguminosae | Inga ismaelis | Palo amargo | NR |
| Leguminosae | Leucaena diversifolia | Guaje blanco | NR |
| Rubiaceae | Coffea arabiga | Café | NR |
| Asclepiadaceae | Funastrum clausum | Bejuco revienta chivos | NR |
| Hymenophyllaceae | Trichomanes pyxidiferum | Helecho | NR |
| Agavaceae | Yucca elephantipes | Yuca | NR |
| Malvaceae | Heliocarpus appendiculatus | Jonote | NR |
| Orchidaceae | Cranichis sylvatica | Fago | NR |
| Orquideaceae | Vainilla mexicana | Vainilla | NR |
| Papaveraceae | Argemone mexicana | Chicalote amarilla | NR |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Poaceae | Guadua amplexifolia | Caña de otate | NR |
| Poaceae | Zea maíz | Maíz | NR |
| Podostemaceae | Tristicha trifaria | Planta acuática | NR |
| Podostemaceae | Podostemum ricciiforme | Pasto de agua dulce | NR |
| Pteridaceae | Adiantum latifolium | Helecho | NR |
| Burseraceae | Bursera simaruba | Palo mulato | NR |
| Meliaceae | Cedrela odorata | Cedro | No endémica, Categoría PR |
| Scrophulariaceae | Escobedia laevis | Azafrancillo | NR |
| Acanthaceae | Aphelandra scabra | Cola de gallo | NR |
| Convolvulaceae | Ipomoea alba | Flor de luna | NR |

| RAZA | GÉNERO | NOMBRE COMÚN | NOM-059 SEMARNAT-2010 |
|---|---|---|---|
| Convolvulaceae | Ipomoea dumosa | Soyoquelite | NR |
| Solanaceae | Solanum campechiense | Tomate cimarrón | NR |

| Especie | Nombre Común |
|---|---|
| Tabebuia rosea | Primavera |
| Cordia alliodora | Cueramo |
| Celtis iguanaea | Palo Iguanero |
| Licania arborea | Cacahuananche |
| Bauhinia divaricata | Pata de Cabra |
| Cojoba arborea | Coralillo |
| Gliricidia sepium | Matarratón |
| Ficus cotinifolia | Amate |
| Muntingia calabura | Capulin |
| Ricinus communis | Higuerilla |
| Morinda citrifolia | Noni |
| Rauvofia tetraphylla | Pablillo |
| Saccharum officinarum | Caña de azúcar |

*Tabla. Especies de flora registradas en el sitio del proyecto.*

### Composición Florística y Especies de Interés.

La flora que interactúa con el proyecto se caracteriza principalmente por **vegetación riparia y especies de selva baja caducifolia o subcaducifolia**. Este tipo de ecosistema es típico de las márgenes de los ríos y zonas bajas de la cuenca del Papaloapan. Un análisis detallado de la composición florística muestra un mosaico de especies, muchas de ellas con usos tradicionales (medicinal, forraje, ornamental).

Como se puede observar, la mayoría de las especies registradas no se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010 . Sin embargo, en áreas con vegetación más conservada, es posible encontrar especies como el **Cedro** (*Cedrela odorata*), que sí está catalogada como Sujeta a Protección Especial (Pr) . Otras especies como el Guayacán (*Handroanthus chrysanthus*), también en categoría de Amenazada, han sido reportadas en regiones ecológicas. La ausencia de estas especies dentro del polígono de extracción es un dato crítico para evaluar la mitigación, aunque el proyecto debe prevenir afectaciones a su hábitat en las zonas aledañas.

**Índices de Riqueza, Diversidad y Abundancia.**

Los muestreos y análisis del proyecto permiten definir el marco de referencia para los índices ecológicos que se esperarían encontrar.

- **Riqueza de especies**: En una región ecológica comparable (Selva Mediana Subcaducifolia), se han registrado **más de 100 especies** de plantas, contrastando con el área de intervención directa de un proyecto (aproximadamente 0.2 hectáreas) donde este número se reduce a **cerca de 50 especies** . Esto demuestra una importante diversidad en la región.

- **Diversidad (Índice de Shannon-Wiener)**: Para una comunidad de vegetación riparia, se han reportado valores del índice de Shannon-Wiener de **2.94**, considerados altos y característicos de ecosistemas diversos y en buen estado de conservación. En las selvas de la región, los valores de diversidad son consistentemente más altos en la región ecológica que en las áreas de proyecto, donde la perturbación suele ser mayor.

- **Abundancia y Densidad**: Las especies que presentan una mayor abundancia (número de individuos) en estos ecosistemas riparios y de selva baja suelen ser pioneras y adaptadas a la perturbación. Ejemplos de estas especies dominantes son:
    - **En el estrato arbóreo**: *Bursera simaruba* (Palo mulato) y *Piscidia piscipula* (Jabín).
    - **En el estrato arbustivo**: *Lonchocarpus xuul* y *Neomillspaughia emarginata*.
    - **En el estrato herbáceo**: *Justicia breviflora*.
    - **Otras especies abundantes** incluyen la Bromelia (*Bromelia laciniosa*) y el Croton (*Croton urticifolius*), típicas de zonas perturbadas,

Por lo que la flora que interactúa con el proyecto es una mezcla de especies de selva baja y vegetación riparia, característica de la cuenca del Papaloapan. Aunque

la mayoría de las especies son comunes y no se encuentran en riesgo, el área potencialmente alberga especies listadas en la NOM-059, como el cedro (*Cedrela odorata*) o el guayacán (*Handroanthus chrysanthus*) . La clave es que su presencia se concentra fuera del área de extracción directa lo que es un factor positivo.

### 17.1.2.2. Fauna.

A pesar de los diversos cambios climáticos aún se puede observar en los alrededores algunas especies de fauna; sin embargo, la mayoría se encuentra en las zonas donde hay una mayor cantidad de vegetación más compacta.

Actualmente en la zona donde se encuentra el proyecto está rodeada de predios de uso agrícola, forestal y ganadero, por lo cual la presencia del hombre ha hecho que por las actividades que se desarrollan, la fauna silvestre ha ido desplazándose a sitios más lejanos donde encuentren características similares a la vegetación original donde puedan subsistir.

A través de los recorridos realizados en la zona donde se llevará a cabo el proyecto se pudo corroborar mediante la observación algunas especies de aves y reptiles, siendo este último grupo con el menor registro. Cabe destacar que probablemente no se hayan observado mamíferos debido a que muchos de ellos son nocturnos y salen a conseguir alimento cuando no hay presencia del ser humano, y es por ello por lo que son los que más se adaptan a las condiciones de alteración del ambiente, pero también son los que se desplazan fácilmente a otros lugares.

Para llevar a cabo la identificación y el registro de las especies de fauna silvestre localizadas en el área del proyecto, durante el levantamiento de datos de campo a lo largo del recorrido se empleó el método de registros directos e indirectos, el cual consiste en identificar, excretas, pelaje, huellas, nichos ecológicos, y osamentas de mamíferos, aves y reptiles a lo largo de la longitud del camino a ambos lados así como en puntos fijos de observación principalmente las aves, el cual se complementó con entrevistas indirectas a pobladores locales y con revisiones bibliográficas.

#### Metodologías para la caracterización de la fauna.

Entre los métodos desarrollados para la evaluación de fauna silvestre se usan monitoreo de vertebrados terrestres en base a registro de huellas, observaciones directas (encuentros) y registro de indicios (huellas, excrementos, refugios, etc.) en transectos lineales.

La identificación visual y auditiva de las especies de aves dentro del área fue durante los recorridos de campo efectuados en el muestreo de la vegetación. Los recorridos se circunscribieron a la fracción del predio incluida.

Se utilizan guías sobre aves como ayuda a la identificación, así como para el reconocimiento de huellas y excretas de mamíferos. Sin embargo, para este proyecto durante el recorrido y muestreo el avistamiento de fauna terrestre fue nulo y lo referente a las aves es escaso. Además de información confiable de los Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad de México (SNIBM) CONABIO y Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN) SEMARNAT.

De acuerdo con las particularidades del área, mencionadas anteriormente se realizó la identificación de las especies de fauna silvestre localizadas en el área de estudio, empleándose tres métodos: el primero consistió en un estudio de campo a través del rastreo e identificación de huellas, excretas, pelaje, piel, nidos y observación directa o avistamiento. El segundo consintió en la entrevista a los habitantes de la zona o guías y el tercero se hizo a través de la revisión de literatura y sistemas anteriormente citados en la distribución de mamíferos, aves, réptiles y anfibios para el área; reportando lo siguiente:

| Familia | Especie | Nombre Común | NOM-059 SEMARNAT-2010 |
|---|---|---|---|
| **Mamíferos** | | | |
| Tayassuidae | Pecari tajacu | Puerco de monte | NR |
| Procyonidae | Nasua narica | Tejón | NR |
| Procyonidae | Procyon lotor | Mapache | NR |
| Procyonidae | Potos flavus | Martucha | NR |
| Canidae | Canis latrans | Coyote | NR |
| Felidae | Leopardus pardalis | Ocelote | P |
| Felidae | yagouaroundi | Yaguarundi | A |
| Dasypodidae | Dasypus novecinctus | Armadillo | NR |
| Didelphidae | Didelphis marsupialis | Tlacuache común | NR |
| Leporidae | Sylvilagus cunicularius | Conejo | E |
| Atelidae | Alohuata palliata | Saraguato | NR |
| Cricetidae | Megadontom Sscryophilus | Ratón de Ixtlán | EO |
| Cricetidae | Peromyscus megalops | Ratón ciervo caraancha | E |
| Sciuridae | Sciurus aureogaster | Ardilla gris | NR |
| Phyllostomidae | Enchisthenes hartii | Murciélago concola | PR |
| Phyllostomidae | Rhynchonycteris naso | Murciélago narigón | PR |

| Familia | Especie | Nombre Común | NOM-059 SEMARNAT-2010 |
|---|---|---|---|
| **Aves** | | | |
| Accipitridae | Buteo | Águila | NR |
| Accipitridae | Buteo magnirostris | Gavilan | NR |
| Anatidae | Dentdrosigna autumalis | Yegüita | NR |
| Trochilidae | Amazilia candida | Chuparosa | NR |
| Trochilidae | Amazilia violiceps | Colibrí corona violeta | NR |
| Trochilidae | Selasphorus rufus | Colibrí rufo | NR |
| Trochilidae | Archilochus colubris | colibrí gorgirrubí | NR |
| Cathartidae | Coragys atractus | Zopilote | NR |
| Caprimulgidae | Nyctridomus albicollis | Tapacaminos | NR |
| Cadinalidae | Passerina cris | Azulillo pintado | |
| Cracidae | Ortalis vetula | Chachalaca | NR |
| Odontophoridae | Philortyx fasciatus | Colín bandeado | NR |
| Tyrannidae | Pitangus sulfurtus | Luis o chinito | NR |
| Aegithalidae | Psaltriparus minimus | Mito de arbustos | NR |
| Paseridae | Passer domesticus | Gorrión común | NR |
| Icteridae | Quiscalus mexicanus | Zanate negro | NR |
| Icteridae | Icteria virens | Reinita grande | NR |
| Icteridae | Icterus wagleri | Calandria | NR |
| Fringidae | Carpodacus mexicanus | Carpodaco doméstico | NR |
| Parulidae | Myioborus miniatus | Candelita plomiza | NR |
| Tyrannidae | Myiarchus tuberculife | Copetón capirotado | NR |
| Ardeidae | Ardea Alba | Garza Blanca | NR |
| Picidae | Melanerpes Hypopolius | Pájaro Carpintero | NR |
| Stringidae | Megascops Kennicottii | Tecolote Occidental | NR |

| Familia | Especie | Nombre Común | NOM-059 SEMARNAT-2010 |
|---|---|---|---|
| **Reptiles y Anfibios** | | | |
| Hylidae | Plectrohyla pentheter | Rana de árbol | NR |
| Boidae | Boa Constrictor imperator | Boa | NR |
| Colubridae | Dryadophis melanolumus verascrusis | Serpiente ratonera | NR |
| Colubridae | Ficimia publia | Culebra bejuquillo | NR |
| Corytophanidae | Vasiliscus vittatus | Lagartija | NR |
| Elapidae | Microrus nigrocintus | Colalillo | NR |
| Iguanidae | Ctenosaura similis | Iguana rayada | NR |
| Viperidae | Bothrops atrox | Víbora sorda | NR |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Viperidae | Atropoides numifer | Víbora mano metate | NR |
| Viperidae | Crotalus durissus | Rabo de hueso | NR |
| **Ictiofauna** | | | |
| Cyprinidae | Notropis murales | Carpita tepelneme | PR |
| | Notropis sp | Desconocido | NR |
| Characidae | Astyanax aeneus | Ciliroja | NR |
| Ictaluridae | Ictalurus balsanus | Bagre de balsas | NR |
| Profundulidae | Profundulus oaxacae | Escamudo oaxaqueño | NR |
| Poeciliidae | Poecilia butleri | Topote del pacifico | PR |

- CR = Peligro crítico.
- PR = No endémica.
- NR = No se encuentra registrada en la norma.
- LC = Preocupación menor.

*Tabla. Especies de fauna en la región ecológica.*

| Género | Nombre Común | NOM-059-SEMARNAT-2010 |
|---|---|---|
| Ortalos poliocephala | Chachalaca pálida | NR |
| Columbina inca | Tortolita cola larga | NR |
| Zenaida asiática | Paloma ala blanca | NR |
| Coragys atractus | Zopilote | NR |
| Melanerpes aurifrons | Carpintero | NR |
| Quiscalus mexicanus | Zanate | NR |
| Sceloporus aureolus | Lagartija | NR |
| Sceloporus formosus | Lagartija | NR |

*Tabla. Fauna registrada en el sitio del proyecto.*

Específicamente en el sitio del proyecto, no se registraron especies catalogadas en la NOM 059-SEMARNAT-2010, toda vez que el proyecto se sitúa en una zona que era utilizada para fines agrícolas, por lo tanto, la fauna mayor se ha refugiado en áreas más conservadas, se determinó que el grupo de aves es el dominante debido a su movilidad, las cuales perchan en los árboles y arbustos presentes en el RE.

### 17.1.2.3. Medio socioeconómico.

El caracterizar el medio socioeconómico en el área de influencia del proyecto, nos lleva a conocer la situación que guardan los habitantes y también el de poder proyectar los beneficios sociales que pudiera acarrear el desarrollo de este. Por lo que se presentan las características sociodemográficas del municipio de San Juan Bautista Tuxtepec.

| Indicador | Población |
|---|---|
| Población total | Municipio de San Juan Bautista Tuxtepec |

| Periodo | Personas |
|---|---|
| 2020 | 159,452 |
| 2010 | 155,766 |
| 2005 | 144,555 |
| 2000 | 133,913 |
| 1995 | 127,707 |

| Indicador<br>Población masculina | Población<br>Municipio de San Juan Bautista Tuxtepec |
|---|---|
| Periodo | Personas |
| 2020 | 75,967 |
| 2010 | 74,788 |
| 2005 | 69,223 |
| 2000 | 64,631 |
| 1995 | 62,884 |

| Indicador<br>Población femenina | Población<br>Municipio de San Juan Bautista Tuxtepec |
|---|---|
| Periodo | Personas |
| 2020 | 83,485 |
| 2010 | 80,978 |
| 2005 | 75,332 |
| 2000 | 69,282 |
| 1995 | 64,823 |

| Indicador Natalidad y fecundidad | |
|---|---|
| Periodo | Nacimientos registrados |
| 2024 | 1,788 |
| 2023 | 1,983 |
| 2022 | 1,642 |
| 2021 | 1,733 |
| 2020 | 1,253 |
| 2019 | 2,419 |
| 2018 | 2,732 |
| 2017 | 2,589 |
| 2016 | 2,879 |
| 2015 | 3,105 |
| 2014 | 3,329 |
| 2013 | 3,355 |
| 2012 | 3,486 |
| 2011 | 3,418 |
| 2010 | 3,418 |
| 2009 | 3,560 |
| 2008 | 3,776 |
| 2007 | 3,818 |
| 2006 | 3,256 |
| 2005 | 3,556 |
| 2004 | 3,462 |

| | |
|---|---|
| 2003 | 3,365 |
| 2002 | 3,373 |
| 2001 | 3,185 |
| 2000 | 3,888 |
| 1999 | 3,710 |
| 1998 | 3,531 |
| 1997 | 4,198 |
| 1996 | 3,410 |
| 1995 | 3,167 |
| 1994 | 2,886 |

| Indicador Mortalidad | |
|---|---|
| **Periodo** | **Defunciones registradas** |
| 2025 P | 1,177 |
| 2024 | 1,199 |
| 2023 | 1,086 |
| 2022 | 1,133 |
| 2021 | 1,484 |
| 2020 | 1,675 |
| 2019 | 1,076 |
| 2018 | 1,046 |
| 2017 | 961 |
| 2016 | 1,015 |
| 2015 | 862 |
| 2014 | 774 |
| 2013 | 760 |
| 2012 | 754 |
| 2011 | 722 |
| 2010 | 749 |
| 2009 | 663 |
| 2008 | 710 |
| 2007 | 642 |
| 2006 | 642 |
| 2005 | 632 |
| 2004 | 619 |
| 2003 | 657 |
| 2002 | 621 |
| 2001 | 567 |
| 2000 | 561 |
| 1999 | 525 |
| 1998 | 607 |
| 1997 | 544 |
| 1996 | 530 |
| 1995 | 579 |
| 1994 | 547 |

| Indicador Nupcialidad | | | |
|---|---|---|---|
| **Periodo** | **Matrimonios** | Periodo | Divorcios |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2024 | 555 | 2024 | 335 |
| 2023 | 638 | 2023 | 268 |
| 2022 | 474 | 2022 | 266 |
| 2021 | 631 | 2021 | 215 |
| 2020 | 451 | 2020 | 119 |
| 2019 | 691 | 2019 | 325 |
| 2018 | 726 | 2018 | 274 |
| 2017 | 708 | 2017 | 139 |
| 2016 | 809 | 2016 | 173 |
| 2015 | 767 | 2015 | 103 |
| 2014 | 717 | 2014 | 50 |
| 2013 | 889 | 2013 | 31 |
| 2012 | 865 | 2012 | 49 |
| 2011 | 924 | 2011 | 48 |
| 2010 | 934 | 2010 | 54 |
| 2009 | 1,002 | 2009 | 56 |
| 2008 | 997 | 2008 | 48 |
| 2007 | 856 | 2007 | 56 |
| 2006 | 709 | 2006 | 46 |
| 2005 | 832 | 2005 | 46 |
| 2004 | 813 | 2004 | 46 |
| 2003 | 749 | 2003 | 51 |
| 2002 | 962 | 2002 | 43 |
| 2001 | ND | 2001 | ND |
| 2000 | ND | 2000 | ND |
| 1999 | ND | 1999 | ND |
| 1998 | ND | 1998 | ND |
| 1997 | ND | 1997 | ND |
| 1996 | ND | 1996 | ND |
| 1995 | ND | 1995 | ND |
| 1994 | ND | 1994 | ND |

| Indicador Migración | |
|---|---|
| **Periodo** | **Porcentaje** |
| 2020 | 3.2 |

| Indicador Lengua indígena<br>Población de 5 años y más hablante de lengua indígena | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 21,684 |
| 2010 | 21,431 |
| 2005 | 20,944 |
| 2000 | 22,678 |
| 1995 | 20,466 |

| Indicador Lengua indígena |
|---|

| Población de 5 años y más hablante de Tzeltal (Tseltal) | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 11 |

| Indicador Lengua indígena<br>Población de 5 años y más hablante de Lenguas chinantecas | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 15,872 |

| Indicador Lengua indígena<br>Población de 5 años y más hablante de Lenguas zapotecas | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 936 |

| Indicador Lengua indígena<br>Población de 5 años y más hablante de Maya | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 28 |

| Indicador Lengua indígena<br>Población de 5 años y más hablante de Otomí | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 4 |

| Indicador Lengua indígena<br>Población de 5 años y más hablante de Mixe | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 140 |

| Indicador Lengua indígena<br>Población de 5 años y más hablante de Mazahua | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 10 |

| Indicador Lengua indígena<br>Población de 5 años y más hablante de Lenguas mixtecas | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 131 |

| Indicador Lengua indígena<br>Población de 5 años y más hablante de Chatino | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 3 |

| Indicador Lengua indígena<br>Población de 5 años y más hablante de Tarahumara | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 1 |

| Indicador Lengua indígena<br>Población de 5 años y más hablante de Chol (Chol) | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 4 |

| Indicador Lengua indígena<br>Población de 5 años y más hablante de Totonaca (Totonaco) | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 20 |

| Indicador Lengua indígena<br>Población de 5 años y más hablante de Tlapaneco | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 4 |

| Indicador Lengua indígena<br>Población de 5 años y más hablante de Huasteco | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 1 |

| Indicador Lengua indígena<br>Población de 5 años y más hablante de Tzotzil (Tsotsil) | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 5 |

| Indicador Lengua indígena<br>Población de 5 años y más hablante de Náhuatl | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 220 |

| Indicador Lengua indígena<br>Población de 5 años y más hablante de Zoque | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 4 |

| Indicador Lengua indígena<br>Población de 5 años y más hablante de Mazateco | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 3,787 |

| Indicador Lengua indígena<br>Población de 5 años y más hablante del Resto de lenguas | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 503 |

| Indicador Educación<br>Población de 5 años y más que asiste a la escuela | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 40,772 |
| 2010 | 42,580 |
| 2005 | 40,857 |
| 2000 | 38,050 |
| 1995 | ND |

| Indicador Educación<br>Población de 8 a 14 años que sabe leer y escribir | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 19,003 |

| Indicador Economía y Sectores Productivos<br>Servicios privados no financieros (Unidades económicas) | |
|---|---|
| **Periodo** | **Unidades económicas** |
| 2008 | 2,215 |
| 2003 | 1,661 |
| 1998 | 1,614 |

| Indicador Economía y Sectores Productivos<br>Construcción (Unidades económicas) | |
|---|---|
| **Periodo** | **Unidades económicas** |
| 2008 | 32 |
| 2003 | 16 |
| 1998 | 19 |

| Indicador Economía y Sectores Productivos<br>Pesca y acuicultura (Millones de Pesos) | |
|---|---|
| **Periodo** | **Millones de Pesos** |
| 2008 | 1.034 |
| 2003 | 0.614 |
| 1998 | 0.010 |

| Indicador Economía y Sectores Productivos<br>Pesca y acuicultura (Millones de Pesos) | |
|---|---|
| **Periodo** | **Millones de Pesos** |
| 2008 | 0.514 |
| 2003 | 0.050 |
| 1998 | 0.003 |

| Indicador Economía y Sectores Productivos<br>Construcción (Millones de Pesos) | |
|---|---|
| Periodo | Millones de Pesos |
| 2008 | 202.723 |
| 2003 | 80.767 |
| 1998 | 40.228 |

| Indicador Salud y Seguridad Social<br>Población derechohabiente a servicios de salud (Personas) | |
|---|---|
| Periodo | Personas |
| 2020 | 105,962 |
| 2010 | 100,087 |
| 2005 | 59,658 |
| 2000 | 53,393 |

| Indicador Salud y Seguridad Social<br>Población total sin limitación en la actividad | |
|---|---|
| Periodo | Personas |
| 2020 | 121,385 |

| Indicador Salud y Seguridad Social<br>Población total que no especificó limitación en la actividad | |
|---|---|
| Periodo | Personas |
| 2020 | 75 |

| Indicador Salud y Seguridad Social<br>Población con limitación en la actividad para escuchar | |
|---|---|
| Periodo | Personas |
| 2020 | 4,994 |

| Indicador Salud y Seguridad Social<br>Población con limitación en la actividad para hablar o comunicarse | |
|---|---|
| Periodo | Personas |
| 2020 | 1,677 |

| Indicador Salud y Seguridad Social<br>Población con limitación en la actividad para caminar o moverse | |
|---|---|
| Periodo | Personas |
| 2020 | 7,941 |

| Indicador Salud y Seguridad Social<br>Población con limitación en la actividad para atender el cuidado personal | |
|---|---|
| Periodo | Personas |
| 2020 | 1,073 |

| Indicador Salud y Seguridad Social<br>Población con limitación en la actividad para poner atención o aprender | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 6,269 |

| Indicador Salud y Seguridad Social<br>Población con limitación en la actividad | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 25,542 |

| Indicador Salud y Seguridad Social<br>Población con limitación en la actividad para ver (Personas), 2020 | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 17,184 |

| Indicador Salud y Seguridad Social<br>Población con limitación en la actividad mental | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 2,562 |

| Indicador Hogares y Viviendas<br>Población en hogares censales | |
|---|---|
| **Periodo** | **Personas** |
| 2020 | 158,767 |
| 2010 | 154,344 |
| 2005 | 142,287 |
| 2000 | 132,411 |
| 1995 | ND |

### 17.1.2.4. Paisaje.

El paisaje es un elemento fundamental para analizar los diferentes niveles de afectación que puedan ocasionar los cambios que se realicen por consecuencia de alguna alteración en el medio ambiente, es por ello que es de gran importancia analizar y realizar una evaluación que nos permita conocer cuál es la percepción de la belleza paisajística de la zona del proyecto y de ahí derivar la interpretación por parte del observador a través de sus mecanismos fisiológico y psicológicos, cabe destacar que debe tomarse en cuenta que el paisaje engloba una gran cantidad de combinaciones geomorfológicas, climáticas, bióticas y antrópicas y que el paisaje actual no es el final del proceso pues este siempre va a estar determinado por modificaciones en el tiempo constituyéndose como un conjunto dinámico.

Para diagnosticar el paisaje se debe analizar los impactos ambientales en el paisaje causados por el establecimiento de un proyecto debe tratarse como cualquier otro recurso a ser afectado por una acción humana determinada. El paisaje puede ser estudiado desde dos aspectos distintos:

- Donde el valor del paisaje corresponde al conjunto de interrelaciones del resto de los elementos (agua, aire, plantas, rocas, etc.) y su estudio precisa de la previa investigación de éstos.
- Donde el paisaje engloba una fracción importante de los valores plásticos y emocionales del medio natural, por lo cual es recomendable su estudio a base de cualidades o valores visuales.

La descripción del paisaje encierra la dificultad de encontrar un sistema efectivo para medirlo, puesto que en todos los métodos propuestos en la bibliografía hay, en cierto modo, un componente subjetivo. Es por lo que, existen metodologías variadas, pero casi todas coinciden en tres aspectos importantes: la visibilidad, la calidad paisajística y la fragilidad visual.

**La visibilidad** es el espacio del territorio que puede apreciarse desde un punto o zona determinada. Esta visibilidad suele estudiarse mediante datos topográficos tales como altitud, orientación, pendiente, etc. Posteriormente puede corregirse en función de otros factores como la altura de la vegetación y su densidad, las condiciones de transparencia atmosférica, distancia, etc. La visibilidad puede calcularse con métodos automáticos o manuales.

La calidad paisajística incluye tres elementos de percepción: las características intrínsecas del sitio, que se definen habitualmente en función de su morfología, vegetación, puntos de agua, etc.; la calidad visual del entorno inmediato, situado a una distancia de 500 y 700 m; en él se aprecian otros valores tales como las formaciones vegetales, litología, grandes masas de agua y la calidad del fondo escénico, es decir, el fondo visual del área donde se establecerá el proyecto. Incluye parámetros como Inter visibilidad, altitud, formaciones vegetales, su diversidad y geomorfológicos.

**La fragilidad del paisaje** es la capacidad de este para absorber los cambios que se produzcan en él. La fragilidad está conceptualmente unida a los atributos anteriormente descritos. Los factores que la integran se pueden clasificar en biofísicos (suelos, estructura y diversidad de la vegetación, contraste cromático) y morfológicos (tamaño y forma de la cuenca visual, altura relativa, puntos y zonas singulares).

Otra variable importante a considerar es la frecuencia de la presencia humana. No es lo mismo un paisaje prácticamente sin observadores que uno muy frecuentado, ya que la población afectada es superior en el segundo caso. Las carreteras, núcleos urbanos, puntos escénicos y demás zonas con población temporal o estable deben ser tomados en cuenta.

### 17.1.2.4.1. Evaluación del paisaje dentro de la zona.

La evaluación del paisaje de la zona de estudio del proyecto, se utilizó el método que utiliza la subjetividad del tema, así como la aplicación de diversas técnicas (tipificación o clasificación del paisaje en unidades homogéneas y la valoración de su calidad y fragilidad visual), con el fin de estimar las condiciones actuales del paisaje en la zona de estudio. A continuación, se presentan los resultados de la aplicación de la metodología seleccionada. De acuerdo con el área de estudio no hay presencia de vegetación arbórea en donde se desarrollará el proyecto; dado que las actividades de extracción se realizarán en el cauce del río Papaloapan, sin afectar la vegetación de tipo ribereña y especies aledañas al sitio del proyecto.

#### A. Visibilidad.

Los especialistas en la materia coinciden en establecer tres aspectos importantes para la evaluación del paisaje: la visibilidad, la calidad paisajística y la fragilidad del paisaje.

| Descripción | Evaluación del sitio |
|---|---|
| La visibilidad es el espacio del territorio que puede apreciarse desde un punto o zona determinada, puede estar determinado por el relieve, altitud, orientación, pendiente, densidad y altura de vegetación, posición del observador y tipo de terreno. | Debido a que la zona donde se realizará se encuentra en un solo nivel altitudinal no presenta ningún problema en cuanto a la visibilidad paisajística ya que no se realizara en ningún momento el derribo de la vegetación existen, es por lo que la visibilidad no se verá afecta al conservar la mayor cantidad de elementos que brindan un paisaje en su totalidad. |

#### B. Calidad paisajística.

La calidad del paisaje está determinada por las características intrínsecas del sitio, la calidad visual del entorno inmediato y la calidad del fondo escénico, todo ello en función de la morfología, vegetación, cuerpos de agua, distancia y fondo visual, en este caso, están referidos y evaluados con relación al paisaje natural y al banco de aprovechamiento.

Para evaluar la calidad paisajística del banco de aprovechamiento se tomó como referencia la escala de valores de la calidad del paisaje establecida por **Pascual et al, 2003**.

| Calidad del Paisaje | Descripción |
|---|---|
| **Alta** | Cuando existen elementos naturales ubicados en zonas abruptas, con cuerpos de agua y vegetación natural, alejados de los centros urbanos y zonas industriales |
| **Moderada** | Cuando se presentan elementos de transición con cultivos tradicionales, pastizales, poblaciones rurales y topografía semiplana. |
| **Baja** | Cuando existe una gran cantidad de infraestructura, actividades económicas, centros urbanos, zonas industriales, relieve plano y usos de suelo agrícolas intensivos. |

El presente proyecto, se encuentra ubicado en un sitio donde el suelo ha sido empleado por los habitantes para diferentes prácticas agrícolas y pecuarias: por lo que, la calidad de paisaje es **moderada**, existen elementos de transición con cultivos tradicionales, pastizales, presencia de poblaciones rurales y topografía semiplana.

### C. Fragilidad.

La fragilidad del paisaje consiste en la capacidad de este para absorber los cambios que se producen en el mismo. Los factores que integran la fragilidad paisajística son biofísicos (suelo, vegetación), morfológicos (cuenca visual) y la frecuentación humana. La evaluación de la fragilidad visual se ha determinado de la siguiente manera:

| Fragilidad del Paisaje | Descripción |
|---|---|
| **Mayor fragilidad visual** | Cuando es muy accesible a través de carreteras y caminos, su relieve es plano, la superficie de la cuenca visual es grande y por ende presenta un alto número de observadores potenciales, ya que existen grandes núcleos de población compacta, actividades productivas e infraestructura asociada. |
| **Menor fragilidad visual** | Cuando carece o tiene limitadas vías de acceso, relieves pronunciados o abruptos, la superficie de la cuenca visual es pequeña y el número de observadores potenciales es limitado o nulo. |

De acuerdo con lo anterior el proyecto que se pretende ejecutar se considera de mayor fragilidad visual, puesto que el sitio es muy accesible a través de carreteras y caminos, su relieve es plano, la superficie de la cuenca visual es grande y por ende presenta un alto número de observadores potenciales, ya que existen grandes núcleos de población compacta, actividades productivas e infraestructura asociada.

Asimismo, en áreas colindantes a la zona del proyecto existentes áreas destinadas a las actividades agrícolas, pecuarias, así como presencia de asentamientos y zona urbanos, sin embargo, en las partes altas aún se aprecia vegetación conservada característico de selva alta perennifolia.



*Ilustración 20.- Presencia de terrenos destinados a las prácticas agrícolas, pecuarias, colindante en la parte del río Papaloapan.*



*Ilustración 21.- Observarse que en el río Papaloapan, colinda en la parte Oeste con terrenos de uso agrícola.*



*Ilustración 22.- Condiciones actuales del cauce del río Papaloapan, se aprecia el abundamiento del material, lo que provoca inundaciones en sitios aledaños en temporadas de lluvias.*

## 17.2. Diagnóstico ambiental.

Para llevar cabo el análisis de los componentes ambientales en el área de estudio se empleó un **Sistema de Información Geográfico** en el cual se manejó la información de los recorridos de campo y la información temática y vectorial digitales elaboradas por el INEGI y por CONABIO, así como información de levantamiento topográfico del proyecto, complementándose con revisiones bibliográficas y datos de campo obtenidos en el sitio del proyecto y la región ecológica, con esto se pudo realizar un diagnóstico de las condiciones actuales así como identificar las tendencias de deterioro o conservación que se presentan en la zona de estudio que se relacionen con el desarrollo del proyecto, aunque si bien es preciso recalcar que el proyecto se encuentra inmerso en una zona y con uso de suelo agrícola.

El proyecto de aprovechamiento de materiales pétreos se ubica en la parte baja de una cuenca, sobre terrenos con muy poca pendiente por lo que la morfología que

rodea al sitio del proyecto es completamente plana tal como se muestra en el mapa de elevaciones, sobre el cauce del Rio Papaloapan en la Subcuenca del Río Papaloapan.

Al estar ubicado en una zona urbanizada y con uso del suelo agrícola, los componentes del medio ambiente han sido transformados completamente, mismos que han ido disminuyendo drásticamente para dar paso a infraestructura urbana.

Para las actividades del proyecto no se necesita realizar actividades de afectación al arbolado presente en el cauce del río, ni tampoco se tiene considerado el aprovechamiento de la fauna acuática, que, aunque si bien hay presencia de esta en el río Papaloapan se llevaran a cabo acciones que permitan su exclusión del área a aprovechar.

El uso del suelo según datos del INEGI, como resultado de la edición de su cartografía escala 1:250,000 y la verificación de dicha información en el Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental de la SEMARNAT, dentro de la región ecológica es completamente agrícola, pecuaria y forestal, información que fue verificada y sustentada mediante el recorrido de campo en la zona del estudio.

El sitio del proyecto y la región ecológica no se ubica en alguna ANP, AICA, RTP, RHP, RMP, y/o sitio RAMSAR y esto es entendible dado que las condiciones ambientales originales ha sido modificadas para uso urbano y agrícola por lo que no hay presencia de una vegetación de tipo forestal, ahora si bien se contempla el aprovechamiento del material pétreo del río Papaloapan, esto se justifica mediante los estudios hidrológicos e hidráulicos lo que permite que la dinámica del río con el arrastre de sedimentos pueda ser aprovechada sin poner en riesgo la propia dinámica, y esto es dado que es una corriente de tipo permanente que continuamente está acumulando material pétreo que pueda ser aprovechado cumpliendo la normatividad y mediante las medidas de mitigación del impacto ambiental propuestas en el siguiente capítulo.

El desarrollo de este proyecto, por su naturaleza es una actividad noble hacia el medio ambiente, debido a sus características poco agresivas hacia los factores bióticos y abióticos, pues no contempla la realización de construcciones que atenten contra la biodiversidad vegetal o animal, que impacte de manera adversa la calidad de las aguas superficiales o subterráneas; que produzcan emisiones agresivas al medio ambiente o mucho menos la generación de volúmenes de residuos peligrosos. Por el contrario, servirá como desazolve del cauce del río

Papaloapan, previniendo así inundaciones y la eutrofización de cuerpos lagunares cercanos. Se considera que los efectos sobre el medio socioeconómico derivados del proyecto serán de tipo benéfico, pues generará en su entorno empleos permanentes durante su fase operativa, además del efecto multiplicador de la economía local que representa, pues se incrementará la demanda de bienes y servicios durante su vida útil.

### 17.2.1. Integración e interpretación del inventario ambiental.

La elaboración del inventario es un primer e importante paso ya que con la información obtenida se dispone, por una parte, la caracterización preoperacional del área donde se establecerá el proyecto y, por otra parte, de una base para identificar los impactos al ambiente, definir las medidas de mitigación de estos y establecer el programa de vigilancia ambiental. Es recomendable que, al momento de evaluar los componentes del inventario y, particularmente, al comparar las alternativas, puede resultar conveniente valorar diferenciadamente cada componente del medio físico y socioeconómicos.

La realización de esta valoración puede efectuarse a través de diversas metodologías y criterios, la literatura especializada propone varios modelos, todos ellos están orientados a darle objetividad, sin embargo, en todos los modelos persisten niveles variables de subjetividad difíciles de evitar, especialmente en lo que respecta a los criterios de valoración.

Por ello, es importante evaluar las condiciones actuales del sitio, debido a que la implementación del proyecto implica la afectación de los componentes medioambientales de la región ecológica. Para llevar a cabo los trabajos de evaluación del impacto ambiental de las obras propuestas, se tomó en cuenta la calidad y conservación del suelo, flora y fauna existente, presencia de cuerpos de agua; entre otros factores ambientales que pudieran tener incidencia por la implementación del citado proyecto.

Los criterios que se aplicaron en los procesos de análisis de la conservación y calidad de los elementos ambientales son los siguientes:

- **Óptimo**
- **Medio**
- **Bajo**

A continuación, se procedió a aplicar una metodología basada en las observaciones de campo y con base en los factores bióticos y abióticos.

Una vez que se identificaron los factores medioambientales, considerados potencialmente importantes, se aplicó un procedimiento descriptivo para expresar su estado de conservación actual (antes del proyecto), habiéndose tomado en cuenta los siguientes factores: agua, suelo, aíre, paisaje, vegetación, fauna y medio socioeconómico.

Si bien existen diversas metodologías para la realización de los diagnósticos ambientales, existen dos grandes vertientes: una basada en la valoración "cuantitativa" y otra "cualitativa", el perfil de la presente toma como referencia la segunda vertiente, por lo que se continuó con los siguientes pasos:

I. Se eligieron los factores identificables en campo los cuales funcionan como indicadores del estado ambiental en el que se encuentra el sitio donde se inserta el proyecto.
II. Se elaboró una escala cualitativa para cada factor la cual se determinó como el "nivel de calidad ambiental"
III. Se les asignó un valor entre 1 y 5, dependiendo de la apreciación subjetiva realizada in situ.

Finalmente, se obtuvo un promedio de los valores asignados a cada factor, así se obtuvo el resultado que se presenta como el diagnóstico ambiental del área en estudio, el cual se evalúa con la misma escala en donde 5 es igual a un estado óptimo positivo y 1 un estado totalmente alterado. El diagnóstico ambiental para el presente proyecto se realizó de acuerdo con la presencia y calidad del agua, la vegetación y uso de suelo del área.

| Factor Ambiental/Social y Antrópico | Nivel de Calidad | Calificación en Unidades | Diagnóstico Ambiental para el Proyecto |
|---|---|---|---|
| **Geoformas** | Original | 5 | **3** |
| | Escasamente modificado | 4 | |
| | **Moderadamente modificado** | **3** | |
| | Totalmente modificado | 2 | |
| **Suelo** | Sin erosión | 5 | **2** |
| | Escasa erosión | 4 | |
| | **Moderadamente erosionado** | **2** | |
| | Degradado | 1 | |
| **Calidad del Agua** | Sin contaminación | 5 | **3** |
| | **Moderada contaminación** | **3** | |
| | Alta contaminación | 1 | |
| **Estado sucesional** | Vegetación original | 5 | **1** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Vegetación secundaria reciente | 4 | |
| | Vegetación secundaria avanzada | 2 | |
| | **Pérdida de cubierta vegetal** | **1** | |
| **Presencia de ganado** | Nula | 5 | **1** |
| | Escasa | 4 | |
| | Moderada | 2 | |
| | **Alta** | **1** | |
| **Presencia de cultivos** | Nula | 5 | **1** |
| | Escasa | 4 | |
| | Moderada | 2 | |
| | **Alta** | **1** | |
| **Hábitat** | Potencial Alto | 5 | **3** |
| | **Potencial Medio** | **3** | |
| | Potencial Bajo | 1 | |
| **Evidencia de penetración antrópica caminos, brechas y basura)** | Nula | 5 | **2** |
| | Escasa | 4 | |
| | **Moderada** | **2** | |
| | Alta | 1 | |
| Resultados | | | **16** |

| Escala de Calificación | |
|---|---|
| 29.7-40 | Calidad ambiental óptima |
| 19.4-29.6 | Calidad ambiental media |
| **9-19.3** | **Calidad ambiental Baja** |

De acuerdo con el estudio, se concluyó que la **Región Ecológica**, donde se ubicará el proyecto presenta una **Calidad Ambiental Baja**, teniendo una geoforma que ha sido moderadamente modificada, el suelo se encuentra moderadamente erosionado debido a las diferentes actividades antropogénicas principalmente la agricultura, ganadería y asentamientos humanos. Concluyendo que la práctica de actividades antropogénicas ha provocado cambios al ecosistema natural. A continuación, se describe el estado actual del sitio del proyecto, de acuerdo con cada rubro ambiental analizado:

**a) Suelo**.

**Cambisoles éutricos**: En el estado comprenden 72.11% de los cambisoles, y presentan únicamente la característica distintiva de la unidad, el horizonte B cámbico. Tienen un horizonte A ócrico y saturación de bases de 50% al menos entre 20 y 50 cm de profundidad a partir de la superficie y no son calcáreos a esta profundidad. Aproximadamente 35.62% están limitados por fases gravosa y pedregosa, 32.42% por fase lítica y 31.97% no presentan ningún tipo de limitante. La variación textural va desde arena, pasando por migajón arenoso y franca, hasta migajón arcilloso.

**Los feozems háplicos** presentan únicamente las características de la unidad y constituyen el 53.49% de los feozems. Casi las tres cuartas partes presentan limitaciones: 34.14% tienen fase lítica, 24.61% con fase pedregosa y 16.54% con fase gravosa, mientras que los suelos profundos sin limitantes comprenden 24.71%. Las variaciones texturales son muy amplias, desde arena hasta arcilla, pero con predominio de los migajones arenosos. Los colores en el horizonte superficial son pardo grisáceo, gris o a veces negro, y a mayor profundidad pardos con tonos amarillentos o rojizos.



*Ilustración 23.- Panorámica del tipo de suelo en el la región ecologica y sitio del proyecto, predominando los suelos cambisol eutrico y feozem hplico.*

**b) Agua.**

El aprovechamiento del material pétreo se efectuará en una corriente hidrológica de tipo perenne, de acuerdo con las actividades a desarrollar, este no afectará el cauce o desvió del mismo, actualmente la calidad del agua es favorable y presenta una contaminación moderada, este recurso es utilizado para consumo del ganado.

En la siguiente fotografía se presenta las condiciones de la corriente hidrológica.



*Ilustración 24.- Condiciones actuales del río Papaloapan, nótese la acumulación del material pétreo en el sitio propuesto.*

**c) Vegetación.**

En base a los recorridos de campo y el análisis de la información se determinó que la Región Ecológica en que se encuentra inmerso el proyecto, dominando áreas dedicadas a la agricultura, ganadería y forestal; en las márgenes del río existe vegetación ribereña con presencia de especies tales como Higuerilla, Pata de cabra, Cueramo, etc.



*Ilustración 25.- Vegetación existente en las márgenes del rio Papaloapan.*



*Ilustración 26.- En las colindancias del sitio del proyecto predominan las áreas destinadas a las prácticas agrícolas y pecuarias.*

**d) Fauna**.

Dado que el sitio se encuentra alejado del centro de la población y debido a la presencia de los pobladores en la zona que realizan sus actividades agrícolas, los grupos de fauna (aves, mamíferos menores y reptiles) se han acostumbrado a la presencia humana; sin embargo, los mamíferos mayores se desplazan hacia lugares más conservados, buscando sitios de refugio y anidamiento.

Durante los recorridos en campo en el sitio del proyecto, se avistaron algunas aves como el zanate (Quiscalus mexicanus), garceta (Egretta garzetta), estas especies no serán afectadas por la implementación del proyecto; sin embargo, se implementarán las medidas correspondientes para su conservación y preservación en la zona. La ejecución del proyecto representa un impacto significativo; sin embargo y de acuerdo con las dimensiones, se puede decir que se trata de un proyecto puntual en donde con una adecuada supervisión ambiental y una restricción para evitar la extracción de la fauna silvestre para que no se verá afectada puesto que no existirá afectación de cobertura vegetal que es utilizada como refugio para este grupo taxonómico. Cabe mencionar que antes, durante y después de la implementación del proyecto, se aplicarán las medidas de prevención necesarias.



Fotografía.. Avistamiento de la especie (Quiscalus mexicanus).



Fotografía. Avistamiento de la especie (Egretta garzetta).

**e) Hábitat**.

Entendiendo el Hábitat como un lugar de condiciones apropiadas para que viva un organismo, especie o comunidad animal o vegetal, más concretamente, es la colección de recursos y condiciones necesarias para su ocupación en un espacio y tiempo dado. (Garshelis, 2000).

En áreas colindantes a la región ecológica existen localidades rurales que se desarrollan aprovechando los recursos naturales podemos decir que debido a la práctica de actividades antropogénicas principalmente las agropecuarias el ecosistema no es totalmente antiguo; por lo tanto, tenemos un potencial medio en hábitat para las especies que ahí habitan, desde el punto de vista humano el potencial es similar debido a la falta de oportunidades y de cobertura de las necesidades básicas.

### 17.2.2. Síntesis del inventario.

En el sitio la actividad que se pretende desarrollar no afectara en si los componentes ambientales más significativos como son:

### La vegetación.

Con el desarrollo del citado proyecto no se afectará la vegetación, ya que la extracción de material pétreo se extraerá el material acumulado en el playón, y solo por periodos cortos se extraerá en el cauce del río Papaloapan y en esa área no existe vegetación, además de que no se pretende realizar o abrir caminos de acceso. Por otro lado, dicha extracción se pretende hacer en la zona autorizada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y de la concesión otorgada por la Comisión Nacional del Agua; es de resaltar que la zona está rodeada por terrenos ganaderos y agrícolas.

**La fauna.**

Es otro componente que a través del tiempo se han visto afectadas las especies y sus poblaciones, esto por las actividades desarrolladas en la zona que han disminuido la superficie de su hábitat de una forma considerable, lo que ha dado como consecuencia el desplazamiento de las especies nativas hacia zonas menos alteradas y frecuentadas por los humanos y por la deforestación de la zona para cultivos y forrajes ganaderos.

**El suelo.**

Como componente de la región ecológica modificada, pero sin afectación; esto por la extracción del material pétreo, pero cada temporada de lluvia este será dotado por los arrastres, llevado a través de la misma escorrentía del cauce, formando depósitos aluviales de estos materiales del área del proyecto.

**El agua.**

Es un componente ambiental que será afectado de manera nula, dado que se aprovechará el material abundado, y solo por periodo cortos se extraerá el material en el cauce del río Papaloapan con las medidas preventivas necesarias para evitar contaminación de la corriente hidrológica; y esto depende de las variables naturales como son la precipitación anual y de los fenómenos meteorológicos (tormentas, huracanes, etc.). Lo que si se logra observar y analiza es que la erosión aumenta la velocidad de desplazamiento del líquido en el momento del desfogue de las aguas pluviales y que el azolve del cauce original provoca una ampliación en las áreas de inundación y en la necesidad del desplazamiento del agua hacia la zona baja pone en riesgo a diversas localidades ubicadas en su cercanía. Considerando lo anterior la valoración que se obtiene de todos los componentes ambientales que confluyen en torno al proyecto se puede considerar como **baja**.

Por lo que se considera como una actividad de bajo impacto temporal, hacia el medioambiente, ya que el arrastre de material pétreo que se genera en la época de lluvia hace que los ríos se vuelvan menos profundos, con lo que se incrementa el riesgo de desbordamientos provocando con ello inundaciones.

Con la implementación del citado proyecto y en relación a los resultados obtenidos en los estudios previos correspondientes del levantamiento topográfico, estudio hidráulico e hidrológico se determinó que el sitio propuesto es el más idóneo para efectuar dicha actividad, dado que presenta gran cantidad de material pétreo acumulado; lo que permite que la dinámica del río con el arrastre de sedimentos

puede ser recargado constantemente durante las temporadas de lluvia; por lo tanto el material pétreo disponible puede ser aprovechado sin poner en riesgo la corriente de tipo perenne, cumpliendo con la normatividad ambiental vigente en la materia, así como la aplicación de las medidas de mitigación, prevención y compensación del impacto ambiental propuestas en capítulos posteriores.

Para llevar cabo el análisis de los componentes ambientales en el área de estudio se empleó un Sistema de Información Geográfico en el cual se manejó la información de los recorridos de campo y la información temática y vectorial digitales elaboradas por el INEGI y por CONABIO, así como información de levantamiento topográfico del proyecto, complementándose con revisiones bibliográficas y datos de campo obtenidos en el sitio del proyecto y la región ecológica, con esto se pudo realizar un diagnóstico de las condiciones actuales así como identificar las tendencias de deterioro o conservación que se presentan en la zona de estudio que se relacionen con el desarrollo del proyecto, aunque si bien es preciso recalcar que el proyecto se encuentra inmerso en un área que ha sido modificada por las actividades antropogénicas que se desarrollan en la zona.

El sitio del proyecto y la región ecológica no se ubican en Áreas Naturales Protegidas de carácter estatal y/o federal; áreas de Importancia para la conservación de las aves, región terrestre prioritaria, región hidrológica prioritaria y región marítima prioritaria, por lo tanto, se aplicarán de manera puntual las medidas de mitigación y prevención propuestas en el capítulo antecesor del presente estudio.

## 17.3. Estudios específicos.

### 17.3.1. Determinación del caudal ecológico, con base en la NMX-AA-159-SCFI-2012.

### Caracterización del Río Papaloapan

De acuerdo con el **Apéndice Normativo A (Tabla A.1)** de la norma, los parámetros oficiale para la cuenca principal del Río Papaloapan (Región Hidrológica) son las siguientes:

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Región Hidrológica | RH-28 Papaloapan |
| Importancia Ecológica | Muy Alta |
| Presión del Uso del Agua | Baja |
| Estado de Conservación Deseado | Muy Bueno |

### Matriz de Objetivo Ambientales

Conforme a la **Tabla 3** de la norma ( Matriz de Objetivos Ambientales), al cruzar la **Importancia Ecológica Muy Alta** con una **Presión de Uso Baja**, se confirma la asignación del **Objetivo Ambiental "A"**.

### Procedimiento de Cálculo del Caudal Ecológico Apéndice C, Tabla C.1)

La norma sugiere aplicar la **metodología de Tennant modificada por García et al. (1999)**. De acuerdo con la **Tabla C.1** para un *Objetivo Ambiental A*, los porcentajes a aplicar son:

| Objetivo Ambiental | Período de Estiaje | Período de Avenidas |
|---|---|---|
| A | **30%** del EMA y **100%** del Qmi | **50%** del EMA y **60%** del Qmi |

*(Nota: EMA = Escurrimiento Medio Anual; Qmi = Caudal medio mensual del mes correspondiente)*

La norma (Figura C.6) establece que **el caudal ecológico nunca debe ser mayor al caudal medio mensual (Qmi) ni menor al caudal base (Base)**.

| Características de la Estación Hidrométrica | |
|---|---|
| Clave: | 28014 |
| Región Hidrológica: | 28 "Papaloapan" |
| Estado: | Veracruz |
| Estacion Hidrométrica: | Papaloapan |
| Corriente : | Río Papaloapan |
| Cuenca: | Río Papaloapan |
| Coordenadas: | 96°5'0" Latitud Norte y 18°8'60" Longitud Oeste |
| Periodo: | 1947-1978,1982-2014 |

### Tabla de Gastos Medios Diarios ($m^3/S$)

| Día\Mes | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Día\Mes | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| **1965** | 580.0 | 335.4 | 322.2 | 296.8 | 352.3 | 695.5 |
| **1966** | 387.0 | 414.8 | 359.4 | 357.5 | 369.1 | 762.4 |
| **1967** | 313.3 | 237.8 | 248.1 | 282.8 | 289.6 | 680.4 |
| **1968** | 377.3 | 363.2 | 340.4 | 314.9 | 326.8 | 597.1 |
| **1969** | 574.8 | 431.8 | 407.9 | 414.0 | 395.7 | 447.5 |
| **1970** | 319.5 | 394.4 | 406.0 | 401.7 | 398.6 | 628.0 |
| **1971** | 363.0 | 433.6 | 420.8 | 510.4 | 413.6 | 468.6 |
| **1972** | 530.9 | 466.5 | 454.0 | 378.4 | 369.9 | 586.5 |
| **1973** | 456.0 | 477.3 | 451.6 | 406.7 | 442.7 | 927.1 |
| **1974** | 550.7 | 477.5 | 407.4 | 326.4 | 345.7 | 795.5 |
| **1975** | 390.9 | 367.0 | 364.2 | 384.3 | 287.9 | 571.0 |
| **1976** | 597.5 | 450.0 | 365.5 | 383.5 | 323.0 | 678.9 |
| **1977** | 382.0 | 330.8 | 321.5 | 330.4 | 325.6 | 568.4 |
| **1978** | 272.6 | 354.6 | 357.4 | 351.7 | 357.8 | 895.8 |
| **1986** | 426.5 | 325.7 | 323.8 | 308.7 | 340.8 | 798.0 |
| **1987** | 343.5 | 260.5 | 269.5 | 287.5 | 279.8 | 441.4 |

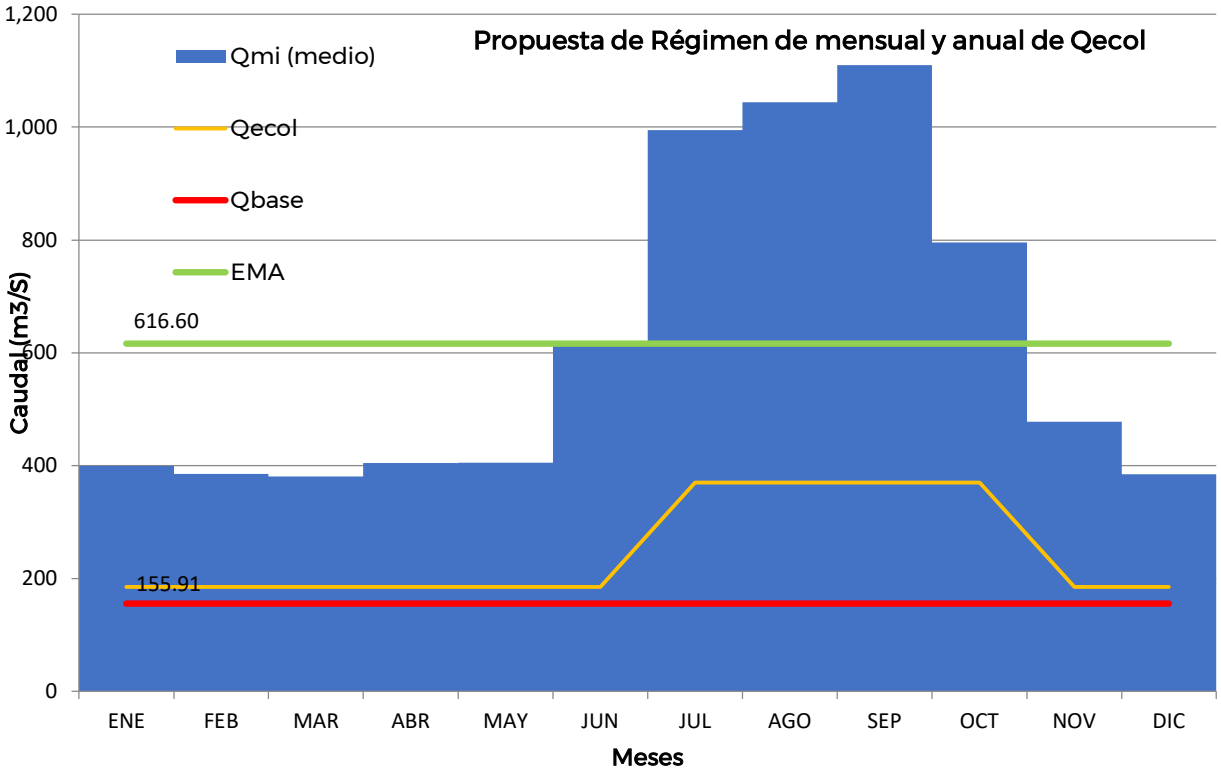
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1988** | 214.9 | 216.4 | 207.1 | 261.0 | 334.9 | 859.4 |
| **1989** | 431.5 | 433.9 | 394.6 | 382.6 | 352.3 | 299.6 |
| **1990** | 380.9 | 399.5 | 373.5 | 403.0 | 396.1 | 503.5 |
| **1991** | 445.1 | 442.3 | 437.1 | 394.6 | 368.5 | 375.6 |
| **1992** | 397.4 | 401.1 | 387.2 | 364.5 | 444.2 | 545.5 |
| **1993** | 394.2 | 417.4 | 429.9 | 408.6 | 335.7 | 857.4 |
| **1994** | 470.9 | 490.3 | 442.1 | 368.8 | 441.3 | 236.1 |
| **1995** | 257.8 | 313.7 | 181.8 | 155.9 | 186.3 | 270.4 |
| **1996** | 237.6 | 246.1 | 244.0 | 210.0 | 167.3 | 325.1 |
| **1997** | 225.0 | 239.7 | 260.9 | 427.0 | 419.4 | 211.1 |
| **1998** | 229.4 | 222.7 | 324.7 | 466.9 | 232.7 | 185.8 |
| **1999** | 372.9 | 421.2 | 447.5 | 347.6 | 293.8 | 359.8 |
| **2000** | 554.9 | 452.9 | 485.1 | 465.0 | 332.0 | 1,098.3 |
| **2001** | 631.0 | 462.1 | 352.3 | 388.4 | 417.2 | 482.8 |
| **2002** | 368.8 | 366.7 | 416.1 | 766.8 | 624.8 | 520.4 |
| **2003** | 425.5 | 318.8 | 324.6 | 370.0 | 344.0 | 358.2 |
| **2004** | 393.6 | 363.0 | 533.9 | 621.6 | 942.4 | 1,239.4 |
| **2005** | 189.4 | 179.4 | 239.1 | 570.7 | 541.1 | 598.9 |
| **2006** | 439.0 | 570.7 | 569.6 | 447.9 | 557.1 | 377.8 |
| **2007** | | | | | | |
| **2008** | 432.9 | 531.6 | 337.5 | 275.8 | 386.7 | 597.7 |
| **2009** | 336.5 | 548.0 | 470.4 | 499.7 | 701.7 | 466.2 |
| **2010** | 782.9 | 667.8 | 455.5 | 489.9 | 638.0 | 380.5 |
| **2011** | 386.3 | 429.9 | 459.4 | 496.2 | 552.3 | 283.2 |
| **2012** | 347.3 | 293.2 | 336.8 | 476.9 | 689.8 | 1,318.8 |
| **2013** | 304.3 | 257.0 | 384.5 | 527.5 | 405.9 | 1,072.2 |
| **2014** | 267.3 | 398.2 | 699.6 | 687.5 | 293.8 | 1,460.6 |
| **2015** | | | | | | |
| **2016** | | | | | | |
| **2017** | | | | | | |
| **Q MIN** | **189.40** | **179.36** | **181.81** | **155.91** | **167.30** | **185.77** |
| **Q MED** | **399.59** | **385.81** | **381.29** | **405.00** | **405.20** | **614.91** |
| **Q MAX** | **782.93** | **667.78** | **699.64** | **766.77** | **942.45** | **1,460.55** |

| Día\Mes | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Q med |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Día\Mes | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Q med |
| **1965** | 1,501.0 | 1,459.1 | 1,049.2 | 1,082.9 | 661.8 | 470.5 | 733.89 |
| **1966** | 1,271.3 | 926.9 | 1,016.2 | 917.0 | 494.9 | 378.6 | 637.91 |
| **1967** | 923.6 | 683.0 | 1,008.4 | 834.0 | 498.4 | 462.3 | 538.47 |
| **1968** | 1,167.2 | 1,090.4 | 1,165.1 | 815.3 | 584.5 | 662.8 | 650.41 |
| **1969** | 1,282.1 | 2,450.8 | 3,649.1 | 832.3 | 483.5 | 401.4 | 980.90 |
| **1970** | 1,025.9 | 1,004.7 | 1,503.8 | 764.4 | 459.6 | 363.4 | 639.17 |
| **1971** | 866.8 | 836.5 | 793.7 | 836.6 | 604.1 | 415.7 | 580.28 |
| **1972** | 1,126.7 | 1,332.9 | 1,039.4 | 919.5 | 857.6 | 604.0 | 722.19 |
| **1973** | 1,169.3 | 1,117.3 | 1,134.2 | 753.7 | 329.5 | 473.3 | 678.22 |
| **1974** | 1,140.5 | 543.4 | 1,181.4 | 1,145.3 | 587.9 | 443.8 | 662.13 |
| **1975** | 687.4 | 971.9 | 1,752.5 | 1,150.4 | 507.6 | 518.2 | 662.77 |
| **1976** | 1,135.2 | 947.0 | 1,530.3 | 955.8 | 626.8 | 365.0 | 696.53 |
| **1977** | 725.2 | 738.5 | 624.0 | 571.2 | 483.8 | 340.1 | 478.45 |
| **1978** | 1,268.3 | 958.6 | 1,224.5 | 999.2 | 452.0 | 493.7 | 665.52 |
| **1986** | 1,249.1 | 672.1 | 715.5 | 813.4 | 693.7 | 459.1 | 593.86 |
| **1987** | 1,314.7 | 1,078.2 | 769.2 | 412.4 | 254.2 | 193.4 | 492.02 |
| **1988** | 1,016.0 | 1,759.5 | 1,177.7 | 622.4 | 332.2 | 559.9 | 630.11 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1989** | 558.1 | 587.2 | 1,055.2 | 378.1 | 289.7 | 430.6 | 466.11 |
| **1990** | 1,075.3 | 986.4 | 1,064.9 | 728.9 | 540.8 | 506.7 | 613.31 |
| **1991** | 744.8 | 702.2 | 850.2 | 960.3 | 698.7 | 468.6 | 574.01 |
| **1992** | 866.1 | 1,320.2 | 1,484.2 | 999.3 | 632.3 | 408.5 | 687.54 |
| **1993** | 1,432.7 | 1,643.2 | 1,131.3 | 901.5 | 548.1 | 433.9 | 744.48 |
| **1994** | 332.0 | 746.0 | 901.9 | 423.4 | 413.6 | 335.8 | 466.85 |
| **1995** | 747.0 | 1,221.8 | 864.1 | 477.4 | 328.1 | 241.0 | 437.12 |
| **1996** | 749.0 | 1,668.3 | 972.1 | 451.5 | 499.5 | 233.2 | 500.30 |
| **1997** | 734.9 | 593.6 | 501.6 | 1,019.8 | 341.5 | 195.9 | 430.85 |
| **1998** | 402.7 | 574.7 | 1,002.6 | 1,502.8 | 765.8 | 271.4 | 515.19 |
| **1999** | 1,085.8 | 454.5 | 992.8 | 1,028.7 | 245.6 | 290.9 | 528.43 |
| **2000** | 568.4 | 834.0 | 801.4 | 596.0 | 484.5 | 485.4 | 596.49 |
| **2001** | 1,030.1 | 799.2 | 810.9 | 655.8 | 378.0 | 290.1 | 558.15 |
| **2002** | 806.4 | 726.4 | 866.3 | 635.8 | 548.9 | 322.3 | 580.82 |
| **2003** | 892.0 | 490.7 | 828.7 | 673.0 | 667.2 | 269.0 | 496.80 |
| **2004** | 908.4 | 452.8 | 343.1 | 545.7 | 266.0 | 233.6 | 570.29 |
| **2005** | 1,203.3 | 1,168.6 | 1,244.9 | 759.5 | 441.1 | 401.2 | 628.09 |
| **2006** | 1,183.2 | 989.3 | 731.9 | 377.6 | 423.6 | 524.1 | 599.32 |
| **2007** | | | | | | | |
| **2008** | 1,034.9 | 1,063.3 | 925.0 | 535.3 | 314.1 | 265.4 | 558.36 |
| **2009** | 620.7 | 606.8 | 717.6 | 532.9 | 395.1 | 443.4 | 528.25 |
| **2010** | 1,150.1 | 2,378.4 | 2,582.6 | 1,588.3 | 437.3 | 373.1 | 993.69 |
| **2011** | 1,329.9 | 1,732.0 | 1,089.8 | 383.1 | 301.0 | 280.3 | 643.64 |
| **2012** | 1,435.8 | 1,579.8 | 1,155.9 | 1,003.1 | 286.3 | 355.1 | 773.23 |
| **2013** | 771.2 | 1,595.2 | 1,614.4 | 679.6 | 582.3 | 297.9 | 707.67 |
| **2014** | 1,232.2 | 359.4 | 758.5 | 1,165.5 | 322.7 | 218.9 | 655.35 |
| **2015** | | | | | | | |
| **2016** | | | | | | | |
| **2017** | | | | | | | |
| **Q MIN** | **332.02** | **359.41** | **343.14** | **377.56** | **245.62** | **193.41** | **155.91** |
| **Q MED** | **994.41** | **1,043.92** | **1,110.15** | **795.92** | **477.71** | **385.28** | **616.60** |
| **Q MAX** | **1,500.97** | **2,450.84** | **3,649.13** | **1,588.27** | **857.57** | **662.81** | **3,649.13** |

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Qmi (medio)** | 399.59 | 385.81 | 381.29 | 405.00 | 405.20 | 614.91 | 994.41 | 1,043.92 | 1,110.15 | 795.92 | 477.71 | 385.28 |
| **Vol. mi. (Hm3)** | 1,070.25 | 1,033.36 | 1,021.24 | 1,084.75 | 1,085.29 | 1,646.98 | 2,663.44 | 2,796.05 | 2,973.42 | 2,131.79 | 1,238.23 | 998.63 |
| **Qbase** | 155.91 | 155.91 | 155.91 | 155.91 | 155.91 | 155.91 | 155.91 | 155.91 | 155.91 | 155.91 | 155.91 | 155.91 |
| **Vol. Qbase (Hm3)** | 417.58 | 417.58 | 417.58 | 417.58 | 417.58 | 417.58 | 417.58 | 417.58 | 417.58 | 417.58 | 404.11 | 404.11 |
| **Qecol** | 184.98 | 184.98 | 184.98 | 184.98 | 184.98 | 184.98 | 369.96 | 369.96 | 369.96 | 369.96 | 184.98 | 184.98 |
| **EMA** | 616.60 | 616.60 | 616.60 | 616.60 | 616.60 | 616.60 | 616.60 | 616.60 | 616.60 | 616.60 | 616.60 | 616.60 |
| **Periodo** | Estiaje | Estiaje | Estiaje | Estiaje | Estiaje | Estiaje | Avenida | Avenida | Avenida | Avenida | Estiaje | Estiaje |

**Nota:** gastos en m3/s y volúmenes en $Hm^3$




Si bien el Río Papaloapan cuenta con un régimen de caudal ecológico susceptible de determinarse mediante la NMX-AA-159-SCFI-2012, el proyecto denominado "Aprovechamiento de Material Pétreo en el Banco Toro Bravo II" no considera obras de captación, derivación, bombeo, almacenamiento o aprovechamiento de aguas nacionales superficiales. En consecuencia, la actividad proyectada no implica extracción ni consumo del recurso hídrico y, por tanto, no modifica el caudal circulante del Río Papaloapan. Por ello, no resulta técnicamente procedente establecer un caudal ecológico operativo o un volumen de reserva asociado al proyecto, toda vez que no existe un gasto de agua a descontar del régimen natural de la corriente. La evaluación ambiental debe centrarse en los posibles cambios geométricos e hidráulicos del cauce derivados de la extracción de material pétreo, manteniéndose inalterada la continuidad del escurrimiento y el régimen hidrológico del río Papaloapan.

### 17.3.2. Estudio hidrológico.

El presente Estudio Hidrológico se desarrolló para el proyecto denominado **"APROVECHAMIENTO DE MATERIAL PÉTREO EN EL BANCO DENOMINADO "TORO BRAVO II" MARGEN IZQUIERDA DEL CAUCE DEL RÍO PAPALOAPAN, SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC, OAXACA."** Su objetivo principal es caracterizar la cuenca de

aportación y determinar los parámetros hidrológicos que intervienen en la generación del escurrimiento, tales como el área de drenaje (15,442.56 km²), el número de escurrimiento (N=72.45), el tiempo de concentración (15.51 hrs por el método de Rowe) y el tiempo de retraso (8.99 hrs).

A través del análisis de información cartográfica, edafológica y climatológica, así como del uso de modelos digitales de elevación y sistemas de información geográfica (SIG), se delimitaron las subcuencas y se determinó una pendiente media del cauce principal de 0.0894%. Se realizó un análisis de frecuencia de precipitaciones máximas en 24 horas mediante el software AFA del IMTA, seleccionando el mejor ajuste estadístico para estimar las lluvias de diseño y construir las curvas Intensidad-Duración-Período de Retorno (IDT) mediante la fórmula de Chen.

Finalmente, la transformación de la precipitación efectiva en escurrimiento se llevó a cabo mediante hidrogramas unitarios (Triangular y SCS). Para el análisis hidráulico del sitio de extracción, se seleccionó un periodo de retorno de 5 años, obteniendo un gasto máximo de **10,784.36 m³/s**. Este caudal de referencia permitirá evaluar el comportamiento hidráulico del cauce bajo las condiciones actuales y con el proyecto, garantizando que la extracción de material pétreo no modifique desfavorablemente la capacidad del río, no induzca procesos de erosión y no incremente el riesgo de inundación en las zonas aledañas, cumpliendo así con los criterios técnicos requeridos ante la SEMARNAT y la CONAGUA.

### 17.3.2.1. Caracterización de la cuenca hidrológica.

Con base en el Estudio Hidrológico elaborado para el proyecto, la cuenca de aportación al sitio de extracción se caracteriza de la siguiente manera.

#### I. Ubicación y delimitación

La cuenca corresponde a la Región Hidrológica RH-28 “Papaloapan”, específicamente a la cuenca del Río Papaloapan. El sitio del proyecto se localiza en el municipio de San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, en las coordenadas geográficas 18°07’34.25” de latitud norte y 96°07’35.35” de longitud oeste. La delimitación se realizó mediante sistemas de información geográfica (SIG), a partir del Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) de INEGI con resolución de 15 m, cartas topográficas escala 1:50,000 e información hidrográfica digital.

#### II. Área y configuración de la cuenca

El área de aportación total es de **15,442.56 km²** (equivalente a 15,442.5425 km² según el detalle de cálculo), que representa el **100%** de la subcuenca del Río Papaloapan considerada en el estudio. No se identificaron subcuencas adicionales

que aporten de manera independiente al punto de análisis. El cauce principal es el propio Río Papaloapan, cuyo sentido general de escurrimiento se dirige hacia el Golfo de México a través del sistema lagunar de Alvarado.

### III. Fisiografía y pendiente

La pendiente media del cauce principal, calculada mediante el método de Taylor-Schwarz, es de **0.0894%**. Este valor refleja un relieve suave en el tramo analizado y resulta determinante para la estimación de los tiempos de concentración y la transformación de la precipitación en escurrimiento. La elevación media de la cuenca fue obtenida con QGIS a partir del modelo digital de elevaciones, empleando estadísticas zonales sobre el polígono delimitado.

### IV. Hidrografía y red de drenaje

La red de drenaje se definió con apoyo del Simulador de Flujos de Agua en Cuencas Hidrográficas (SIATL) y la Red Hidrográfica escala 1:50,000 de INEGI. El cauce principal presenta un patrón sinuoso característico de ríos de llanura, con aportaciones laterales menores dentro de la cuenca delimitada. El parteaguas y la red de drenaje se documentan en los planos del estudio.

### V. Uso de suelo y edafología

El uso de suelo se caracterizó con el Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación Serie VI, escala 1:250,000 (INEGI). Se identificaron 13 categorías de cobertura, destacando por su extensión: **bosque muy ralo (32.51%)**, **bosque (26.20%)** y **mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes de temporal (16.17%)**. En conjunto, estas tres categorías representan aproximadamente el **74.88%** de la superficie analizada.

La edafología se obtuvo del Continuo Nacional de Datos Edafológicos Serie II, escala 1:250,000 (INEGI). A partir de la intersección con la cuenca se asignaron los grupos hidrológicos de suelo (A, B, C y D) según la clasificación del Servicio de Conservación de Suelos (SCS). El número de curva ponderado por superficie resultó **NC = 72.45** (72.4466), valor adoptado para la estimación de la precipitación efectiva y los hidrogramas de escurrimiento.

### VI. Tiempos de concentración y retraso

Se calcularon los tiempos de concentración mediante tres métodos empíricos:

- **Rowe:** 15.51 hr (930.7 min)
- **Kirpich:** 15.56 hr (933.7 min)
- **SCS:** 16.67 hr (1000.1 min)

Se adoptó el valor de **Rowe (15.51 hr)** por representar una condición más crítica para el diseño. El tiempo de retraso se estimó en **8.99 hr** (539.5 min) mediante la fórmula de Chow, y en 9.34 hr (560.2 min) como el 60% del tiempo de concentración, empleándose el primero en los cálculos subsecuentes.

## VII. Análisis de precipitaciones

Se identificaron **81 estaciones meteorológicas** cercanas a la cuenca, con longitudes de registro de 20 a 72 años. Mediante polígonos de Thiessen se determinaron las áreas de influencia, cubriendo la totalidad de los 15,442.5559 km² de la cuenca. El análisis de frecuencia de precipitaciones máximas en 24 horas se realizó con el software AFA del IMTA, ajustando distribuciones Normal, Log-Normal, Gumbel, Log-Pearson III, Weibull y Gamma. El mejor ajuste se seleccionó por el menor error estándar, obteniéndose los siguientes valores ponderados de precipitación para diferentes periodos de retorno:

| Tr (años) | Precipitación (mm) |
|---|---|
| 5 | 103.672 |
| 10 | 126.290 |
| 50 | 168.327 |
| 100 | 184.104 |
| 500 | 219.846 |

A partir de estos resultados se construyeron las curvas Intensidad-Duración-Periodo de Retorno (IDT) mediante la fórmula de Chen, con un factor de convectividad **R = 0.37** y parámetro lluvia-frecuencia **X = 1.4578**. Los coeficientes de tormenta estándar obtenidos fueron **a = 19.9221**, **b = 6.4933** y **c = 0.7090**.

## VIII. Precipitación efectiva y gastos de diseño

La precipitación efectiva se estimó con el método del Número de Curva del NRCS, considerando una abstracción inicial **Ia = 19.32 mm** y una duración del hietograma igual al tiempo de concentración (115 minutos en intervalos de 5 min). Los hidrogramas de avenida se generaron mediante el Hidrograma Unitario Triangular (HUT) y el Hidrograma Unitario Curvilíneo del SCS.

Para el periodo de retorno de **5 años**, asociado a avenidas ordinarias, se obtuvo un gasto máximo de **10,784.36 m³/s** con el método HUT y de **11,453.51 m³/s** con el método HUS SCS. Con base en criterios técnicos y de seguridad, se adoptó **$Q_5$ = 10,784.36 m³/s** como caudal de referencia para la modelación hidráulica del tramo de estudio.

Esta caracterización constituye la base técnica para el análisis hidráulico del cauce, la evaluación de las condiciones actuales y con proyecto, y la sustentación de la valoración ambiental ante la SEMARNAT y las gestiones ante la CONAGUA.

### 17.3.2.2. Métodos a utilizar para el cálculo del gasto de diseño para un periodo de retorno determinado, de acuerdo con la obra hidráulica.

Para la determinación del gasto de diseño asociado al periodo de retorno seleccionado, el Estudio Hidrológico desarrolló una secuencia metodológica que integra el análisis estadístico de precipitaciones, la estimación de la precipitación efectiva y la transformación de la lluvia en escurrimiento mediante hidrogramas unitarios. A continuación se describen los métodos aplicados y los criterios adoptados para la obra hidráulica en cuestión.

#### I. Selección del periodo de retorno

Considerando que el proyecto consiste en la extracción de materiales pétreos dentro del cauce del Río Papaloapan, el análisis hidráulico requiere evaluar las condiciones de avenida ordinaria que permitan verificar que la extracción no modifique desfavorablemente la capacidad hidráulica del cauce, no induzca procesos de erosión o socavación, no afecte la estabilidad de las márgenes y no incremente el riesgo de inundación en zonas adyacentes. Con base en los criterios técnicos aplicables de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y en las características del proyecto, se adoptó un **periodo de retorno de 5 años (Tr = 5 años)** como referencia para la modelación hidráulica del tramo de estudio.

#### II. Análisis de frecuencia de precipitaciones máximas

Se recopiló información de precipitación máxima anual en 24 horas de **81 estaciones meteorológicas** cercanas a la cuenca, con longitudes de registro de 20 a 72 años. Mediante polígonos de Thiessen se determinaron las áreas de influencia de cada estación, cubriendo la totalidad de los **15,442.5559 km²** de la cuenca de aportación.

El análisis de frecuencia se realizó con el software **AFA (Análisis de Frecuencia de Avenidas)** del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), ajustando las distribuciones de probabilidad: Normal, Exponencial (1P y 2P), Log-Normal (2P y 3P), Gamma (2P y 3P), Log-Pearson III, GVE y Gumbel. La bondad de ajuste se evaluó mediante el **Error Estándar de Ajuste (EEA)**, seleccionando la distribución que presentó el menor error estándar. Los valores ponderados de precipitación para diferentes periodos de retorno se presentan en la Tabla 10 del estudio; para Tr = 5 años se obtuvo una precipitación de **103.672 mm**.

#### III. Curvas Intensidad-Duración-Periodo de Retorno (IDT)

A partir de los resultados del análisis de frecuencia se construyeron las curvas IDT mediante la fórmula generalizada de **Chen (1983)**, que permite estimar la intensidad de precipitación para cualquier duración y periodo de retorno. Se utilizó

un factor de convectividad **R = 0.37** y un parámetro lluvia-frecuencia **X = 1.4578**, obtenido de la relación entre las precipitaciones de 24 horas para 100 y 10 años de periodo de retorno. Los coeficientes de tormenta estándar resultantes fueron **a = 19.9221**, **b = 6.4933** y **c = 0.7090**.

### IV. Precipitación efectiva

La precipitación efectiva se estimó mediante el **método del Número de Curva del NRCS (SCS)**. El número de curva ponderado de la cuenca se calculó a partir de la intersección de los datos edafológicos y de cobertura vegetal, resultando **NC = 72.45**. La abstracción inicial se consideró como el **20% de la abstracción máxima**, obteniéndose **Ia = 19.32 mm**. Se adoptó la hipótesis de que el gasto pico alcanza el equilibrio cuando la duración de la precipitación efectiva es igual al tiempo de concentración, por lo que el hietograma de precipitación efectiva tuvo una duración de **115 minutos** en intervalos de 5 minutos.

### V. Tiempos de concentración y retraso

El tiempo de concentración se calculó mediante tres fórmulas empíricas: **Rowe (15.51 hr)**, **Kirpich (15.56 hr)** y **SCS (16.67 hr)**. Se seleccionó el valor de **Rowe (15.51 hr)** por representar una condición más crítica. El tiempo de retraso se estimó con la fórmula de **Chow**, resultando **8.99 hr**, y como el 60% del tiempo de concentración, obteniéndose 9.34 hr; se adoptó el primero para los cálculos subsecuentes.

### VI. Transformación lluvia-escurrimiento: hidrogramas unitarios

La conversión de la precipitación efectiva en escurrimiento se realizó mediante dos metodologías ampliamente aceptadas:

- **Hidrograma Unitario Triangular (HUT):** Método simplificado del SCS que representa el hidrograma unitario mediante un triángulo, definido por el tiempo pico, el tiempo base y el gasto pico. Es ampliamente utilizado en cuencas medianas y grandes por su simplicidad y robustez.

- **Hidrograma Unitario Curvilíneo del SCS:** Método que considera una forma más realista del hidrograma, con una curva de ascenso y descenso, y que requiere los mismos parámetros básicos que el HUT.

Ambos métodos se aplicaron para los periodos de retorno de 5, 10, 50, 100 y 500 años, obteniéndose los gastos máximos correspondientes. Para el **Tr = 5 años**, los resultados fueron:

| Método | Gasto máximo (m³/s) |
|---|---|
| HUT | 10,784.36 |
| HUS SCS | 11,453.51 |

### VII. Selección del gasto de diseño

Con base en los resultados obtenidos y considerando las características de la obra hidráulica (extracción de material pétreo en el cauce), se adoptó como caudal de referencia para la modelación hidráulica del tramo de estudio el valor obtenido mediante el **Hidrograma Unitario Triangular (HUT)** para el periodo de retorno de 5 años:

**$Q_5 = 10{,}784.36\ m^3/s$**

Esta selección se sustenta en la congruencia del método con las condiciones fisiográficas de la cuenca, así como en la necesidad de evaluar el comportamiento hidráulico bajo condiciones de avenida ordinaria. A partir de la simulación de este gasto se determinarán los niveles de la superficie libre del agua, tirantes, velocidades y distribución del flujo, parámetros necesarios para caracterizar el comportamiento hidráulico actual del cauce y verificar que la extracción proyectada se realice de manera controlada, sin afectar la capacidad hidráulica del río ni generar riesgos adicionales en las márgenes y zonas aledañas.

### VIII. Consideraciones finales

Los métodos empleados permiten obtener un gasto de diseño representativo y conservador para el propósito del estudio. La combinación del análisis de frecuencia de precipitaciones, las curvas IDT de Chen, el método del Número de Curva y los hidrogramas unitarios del SCS constituye una metodología robusta y ampliamente validada en la práctica hidrológica mexicana. Los resultados obtenidos servirán de base para el análisis hidráulico del cauce y para la valoración ambiental ante la SEMARNAT, así como para las gestiones correspondientes ante la CONAGUA.

### 17.3.2.3. Tiempo de concentración.

El tiempo de concentración (Tc) es el tiempo que tarda una gota de agua en recorrer desde el punto hidráulicamente más alejado de la cuenca hasta el punto de salida o sitio de análisis. Este parámetro es fundamental en el cálculo del gasto de diseño, ya que define la duración crítica de la tormenta, influye en la intensidad media de la precipitación y condiciona la forma del hidrograma unitario empleado para transformar la lluvia efectiva en escurrimiento.

Para la cuenca del Río Papaloapan, cuyo punto de análisis corresponde al banco de extracción “Toro Bravo II”, se calcularon los tiempos de concentración mediante tres fórmulas empíricas ampliamente utilizadas en la práctica hidrológica:

| Método | Tiempo de concentración |
|---|---|
| **Rowe** | **15.51 hr (930.7 min)** |
| Kirpich | 15.56 hr (933.7 min) |

| | |
|---|---|
| SCS | 16.67 hr (1000.1 min) |
| Promedio | 15.91 hr (954.8 min) |

Como se observa, los métodos de Rowe y Kirpich arrojaron valores muy similares, mientras que el método del SCS presentó un valor ligeramente mayor. Para los cálculos posteriores se seleccionó el tiempo de concentración obtenido por la fórmula de "Rowe (15.51 hr)", por representar un valor más crítico en comparación con los otros métodos, lo que garantiza un margen de seguridad mayor en el diseño hidráulico.

A partir del tiempo de concentración seleccionado se estimó también el tiempo de retraso (tr), parámetro que describe el desfase entre el centro de masa de la precipitación efectiva y el pico del hidrograma. Los resultados fueron:

| Método | Tiempo de retraso |
|---|---|
| Chow | 8.99 hr (539.5 min) |
| 60% del $T_c$ | 9.34 hr (560.2 min) |

El tiempo de retraso se empleó en la construcción de los hidrogramas unitarios, ya que permite ubicar temporalmente el gasto pico y definir la forma del hidrograma de avenida.

### Uso del tiempo de concentración en el gasto de diseño

Para la obra hidráulica consistente en la extracción de material pétreo dentro del cauce del Río Papaloapan, se adoptó un "periodo de retorno de 5 años (Tr = 5 años)" como referencia para la avenida ordinaria. El tiempo de concentración de 15.51 hr se utilizó para:

1. "**Definir la duración de la tormenta de diseño**", bajo la hipótesis de que el gasto pico alcanza el equilibrio cuando la duración de la precipitación efectiva se aproxima al tiempo de concentración.

II. "**Estimar la precipitación efectiva**" mediante el método del Número de Curva del NRCS, considerando una abstracción inicial de 19.32 mm y un número de curva ponderado de 72.45.

III. "**Construir los hidrogramas unitarios**" Triangular (HUT) y Curvilíneo del SCS, los cuales requieren el tiempo de concentración para calcular el tiempo al pico y el tiempo base.

IV. "**Transformar la lluvia en escurrimiento**" para los diferentes periodos de retorno, obteniéndose para Tr = 5 años los siguientes gastos máximos:

| Método | Gasto máximo ($m^3/s$) |
|---|---|

| | |
|---|---|
| HUT | 10,784.36 |
| HUS SCS | 11,453.51 |

Con base en estos resultados, se adoptó como caudal de diseño para la modelación hidráulica del tramo de estudio el valor obtenido mediante el "**Hidrograma Unitario Triangular (HUT)**":

$$Q_5 = 10{,}784.36\ m^3/s$$

Este gasto permitirá evaluar los niveles de la superficie libre del agua, tirantes, velocidades y distribución del flujo en el cauce, verificando que la extracción proyectada no modifique desfavorablemente la capacidad hidráulica del río, no induzca procesos de erosión o socavación, no afecte la estabilidad de las márgenes y no incremente el riesgo de inundación en las zonas adyacentes.

En conclusión, el tiempo de concentración calculado y seleccionado (15.51 hr por el método de Rowe) constituye un parámetro clave en la cadena de cálculo del gasto de diseño, ya que permite representar de manera conservadora la respuesta de la cuenca ante eventos de precipitación y sirve de base para el análisis hidráulico requerido en la valoración ambiental del proyecto ante la SEMARNAT y la CONAGUA.

### 17.3.3. Estudio hidráulico.

El presente Estudio Hidráulico se desarrolló para el proyecto **"APROVECHAMIENTO DE MATERIAL PÉTREO EN EL BANCO DENOMINADO "TORO BRAVO II" MARGEN IZQUIERDA DEL CAUCE DEL RÍO PAPALOAPAN, SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC, OAXACA."** Su objetivo es evaluar el comportamiento hidráulico del río Papaloapan en el tramo de extracción, comparando las condiciones naturales (CN) con las condiciones de proyecto (CP) mediante el software HEC-RAS. Se utilizó información topobatimétrica para definir la geometría del cauce y se modelaron caudales asociados a periodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años, adoptando como referencia el gasto de 5 años ($Q_5$ = 10,784.36 m³/s). Se empleó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.028 en el centro del cauce y 0.030 en las márgenes, con régimen de flujo subcrítico y condición de frontera de tirante normal.

Los resultados muestran que la configuración de proyecto incrementa el área hidráulica disponible (hasta 19.8% para el gasto formativo y 11.0% para Tr=5 años), reduce las velocidades medias (hasta 0.56 m/s para Tr=5 años) y mantiene el número de Froude por debajo de la unidad, conservando un régimen subcrítico estable. Los incrementos locales del tirante se acompañan de una mayor área y no de una ampliación significativa del ancho superficial, lo que indica una redistribución eficiente del flujo en una sección central más profunda. Se concluye que la extracción controlada, respetando cotas, pendientes y transiciones

definidas, mejora la capacidad de conducción del cauce, reduce el riesgo de azolvamiento y no genera afectaciones negativas a las márgenes ni incrementa el riesgo de inundación en zonas adyacentes.

### 17.3.3.1. Modelación hidráulica considerando el gasto de diseño obtenido en el estudio hidrológico, para los escenarios actual y con proyecto.

#### I. Gasto de diseño adoptado

Con base en el Estudio Hidrológico, se seleccionó un **periodo de retorno de 5 años (Tr = 5 años)**, asociado a las condiciones de avenida ordinaria que sirven de referencia para el análisis hidráulico del cauce. De acuerdo con los resultados obtenidos mediante el **Hidrograma Unitario Triangular (HUT)**, para este periodo de retorno se obtuvo un gasto máximo de **10,784.36 m³/s**, valor que fue adoptado como caudal de referencia para la modelación hidráulica del tramo de estudio:

**$Q_5$ = 10,784.36 m³/s**

Este gasto permitió determinar los niveles de la superficie libre del agua, tirantes, velocidades y distribución del flujo, parámetros necesarios para caracterizar el comportamiento hidráulico actual del cauce y evaluar los efectos de la extracción proyectada.

#### II. Herramienta de modelación y configuración

Para la determinación de los perfiles hidráulicos se empleó el software **HEC-RAS 6.0.0** (River Analysis System), desarrollado por el Hydrologic Engineering Center (HEC) del U.S. Army Corps of Engineers (USACE). Se implementaron dos configuraciones geométricas independientes:

- **Condiciones Naturales (CN):** configuración actual del cauce, obtenida directamente del levantamiento topobatimétrico, sin considerar modificaciones derivadas del aprovechamiento de materiales.

- **Condiciones de Proyecto (CP):** configuración propuesta del cauce después de incorporar la geometría resultante de la extracción de materiales pétreos, respetando las cotas, profundidades y límites establecidos en el proyecto.

#### III. Parámetros hidráulicos adoptados

| Parámetro | Valor |
|---|---|
| Coeficiente de Manning (centro del cauce) | 0.028 |
| Coeficiente de Manning (márgenes) | 0.030 |
| Régimen de flujo (CN) | Subcrítico |

| | |
|---|---|
| Régimen de flujo (CP) | Mixto |
| Condición de frontera aguas abajo | Tirante normal (pendiente 0.005 m/m) |
| Coeficiente de contracción | 0.10 |
| Coeficiente de expansión | 0.30 |

## IV. Escenarios modelados

Se modelaron cuatro escenarios hidráulicos:

| Escenario | Gasto ($m^3/s$) |
|---|---|
| Gasto formativo | 1,850.00 |
| Tr = 5 años (diseño) | 10,784.36 |
| Tr = 100 años | 28,684.77 |
| Tr = 500 años | 37,382.99 |

## V. Resultados comparativos CN vs CP

La comparación entre ambos escenarios permitió evaluar las variaciones en los principales parámetros hidráulicos del cauce. La siguiente tabla sintetiza los resultados favorables de la condición de proyecto:

| Escenario | Reducción media de velocidad (m/s) | Aumento medio del área | Fr CN → CP | Δ nivel medio (m) | Δ ancho medio (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| Gasto formativo | 0.51 | 19.8 % | 0.88 → 0.73 | +0.04 | +2.77 |
| Tr = 5 años | 0.56 | 11.0 % | 0.86 → 0.82 | +0.44 | +3.22 |
| Tr = 100 años | 0.64 | 8.6 % | 0.84 → 0.77 | +0.75 | +0.03 |
| Tr = 500 años | 0.63 | 7.6 % | 0.82 → 0.76 | +0.81 | +0.03 |

## VI. Análisis para el gasto de diseño (Tr = 5 años)

Para la avenida de 5 años, el proyecto incrementa el área hidráulica en aproximadamente **11.0 %** en promedio y reduce la velocidad media alrededor de **0.56 m/s**. La reducción se presenta de manera sistemática a lo largo del tramo intervenido y alcanza valores cercanos a **1.0 m/s** en las secciones aguas abajo. Algunos valores representativos:

| Sección | Velocidad CN (m/s) | Velocidad CP (m/s) |
|---|---|---|
| 280 | 6.55 | 5.82 |
| 100 | 5.50 | 4.78 |
| 60 | 5.70 | 4.80 |
| 20 | 5.98 | 4.96 |

En la sección 20, el área hidráulica aumenta de **1,804.62 $m^2$** a **2,181.12 $m^2$**. El incremento medio de la elevación de la superficie del agua es de

aproximadamente **0.44 m**; sin embargo, el ancho superficial solo aumenta en promedio **3.22 m**, lo que indica que el incremento de tirante no se acompaña de una expansión lateral proporcional del flujo, sino de una ocupación hidráulica más eficiente de una sección central profundizada.

## VII. Beneficios hidráulicos de la condición de proyecto

- Incremento del área hidráulica efectiva del cauce en el tramo de extracción.
- Reducción general de las velocidades medias en el canal principal para los gastos analizados.
- Disminución del número de Froude y conservación de un régimen subcrítico en todas las simulaciones.
- Mayor utilización del corredor central del cauce mediante una sección más profunda y regular.
- Ausencia de una ampliación lateral significativa del ancho superficial para las avenidas de 100 y 500 años dentro del modelo.
- Menor concentración de energía cinética en varias de las secciones intervenidas.
- Mayor volumen disponible para la conducción del flujo respecto de una sección azolvada o con irregularidades del fondo.
- Mejora de la continuidad longitudinal del cauce cuando la extracción se ejecuta conforme a las cotas y transiciones previstas en el proyecto.

## VIII. Conclusiones de la modelación

La condición de proyecto modifica favorablemente la geometría hidráulica del tramo al incrementar la profundidad y el área disponible para la conducción de los caudales. Para un mismo gasto, la modelación muestra una reducción generalizada de la velocidad en el tramo intervenido, confirmando que el flujo se distribuye sobre una sección hidráulica mayor. El régimen permanece subcrítico en CN y CP, y el número de Froude tiende a disminuir en la condición de proyecto, evidenciando que la extracción no induce una condición hidráulica más crítica o acelerada. Los incrementos locales del nivel de la superficie del agua se presentan acompañados de mayor área hidráulica y menores velocidades, por lo que pueden

interpretarse como una redistribución del flujo dentro de una sección central más profunda y no como un deterioro de la capacidad de conducción del cauce.

La recuperación de sección mediante una extracción controlada reduce los efectos asociados con el azolvamiento y las irregularidades del fondo, los cuales pueden limitar la capacidad útil del cauce, concentrar velocidades y favorecer respuestas más rápidas del nivel durante avenidas. Con base en los parámetros hidráulicos obtenidos, la geometría de proyecto presenta una capacidad de conducción geométrica superior a la condición natural en el tramo intervenido, con menores velocidades y una respuesta subcrítica estable, siempre que la ejecución respete las cotas, pendientes, volúmenes y transiciones definidas en el proyecto.

### 17.3.3.2. Datos considerados para la simulación en software (IBER, HEC-RAS, MIKE11, entre otros).

Para la modelación hidráulica del tramo de estudio del río Papaloapan se utilizó el software **HEC-RAS 6.0.0** (River Analysis System), desarrollado por el Hydrologic Engineering Center (HEC) del U.S. Army Corps of Engineers (USACE). A continuación se describen los datos de entrada considerados para la simulación en los escenarios de condiciones naturales (CN) y condiciones de proyecto (CP).

I. Datos geométricos

La geometría del cauce se definió a partir del **levantamiento topográfico y topobatimétrico** efectuado en el tramo de estudio. Esta información permitió:

- Representar las elevaciones del fondo, márgenes, taludes y zonas adyacentes al cauce.
- Generar las **secciones transversales** requeridas para la modelación, distribuidas a lo largo del tramo analizado.
- Definir la configuración del **corredor hidráulico** y las transiciones entre las zonas intervenidas y las condiciones naturales del fondo.

Se implementaron dos configuraciones geométricas independientes:

- **Condiciones Naturales (CN):** configuración actual del cauce, obtenida directamente del levantamiento topobatimétrico, sin modificaciones derivadas del aprovechamiento de materiales.
- **Condiciones de Proyecto (CP):** configuración propuesta del cauce después de incorporar la geometría resultante de la extracción de materiales pétreos, respetando las cotas, profundidades y límites establecidos en el proyecto.

El tramo modelado se caracteriza por un alineamiento relativamente recto, secciones transversales amplias con tendencia a formas en "U" y pendiente longitudinal baja, condiciones propias de un cauce en **estabilidad dinámica**.

## II. Datos hidráulicos

### Gastos de diseño

Los caudales empleados en la modelación se obtuvieron del Estudio Hidrológico, considerando los siguientes escenarios:

| Escenario | Gasto ($m^3/s$) |
|---|---|
| Gasto formativo | 1,850.00 |
| Tr = 5 años (diseño) | 10,784.36 |
| Tr = 100 años | 28,684.77 |
| Tr = 500 años | 37,382.99 |

El **gasto de diseño adoptado** para el análisis hidráulico del tramo de estudio fue **$Q_5$ = 10,784.36 $m^3/s$**, correspondiente al periodo de retorno de 5 años obtenido mediante el Hidrograma Unitario Triangular (HUT).

### Coeficientes de rugosidad de Manning

Se seleccionaron los siguientes valores del coeficiente de rugosidad "n" de Manning, con base en las tablas de Chow (1959) y las características del cauce:

| Zona | Coeficiente de Manning (n) |
|---|---|
| Centro del cauce | 0.028 |
| Márgenes | 0.030 |

Estos valores corresponden a un río con árboles y arbustos a lo largo de las márgenes y fondo con algunos boleos, arenas y rocas de menor tamaño.

### Régimen de flujo

De acuerdo con el perfil topográfico del cauce, se observan cambios de pendiente muy leves, por lo que no se prevé la presencia de rápidas o saltos hidráulicos importantes. Se seleccionó:

- **Régimen subcrítico** para las condiciones sin proyecto (CN).
- **Régimen mixto** para las condiciones con proyecto (CP).

### Condiciones de frontera

Se seleccionó como condición de frontera aguas abajo el **tirante normal**, con una pendiente de **0.005 m/m**, dada la condición de la pendiente y por ser un tramo recto tanto en la entrada como en la salida del tramo de interés.

### Coeficientes de contracción y expansión

Se utilizaron los valores de **0.10** y **0.30** para los coeficientes de contracción y expansión, respectivamente, por considerarse que existen transiciones graduales a lo largo del cauce.

### III. Configuración del modelo en HEC-RAS

Para desarrollar el modelo hidráulico se siguieron los siguientes pasos en HEC-RAS:

1. Crear un proyecto nuevo.
2. Introducir los datos geométricos (secciones transversales, cotas, distancias).
3. Introducir los datos hidráulicos: gastos y condiciones de contorno.
4. Crear un plan seleccionando una geometría y unos datos hidráulicos, y ejecutar la simulación.
5. Visualizar los resultados (perfiles hidráulicos, velocidades, número de Froude, etc.).

### IV. Escenarios modelados

Se modelaron dos configuraciones geométricas (CN y CP) para los cuatro gastos de análisis, lo que permitió comparar directamente los parámetros hidráulicos:

| Escenario | Gasto ($m^3/s$) |
|---|---|
| Gasto formativo | 1,850.00 |
| Tr = 5 años | 10,784.36 |
| Tr = 100 años | 28,684.77 |
| Tr = 500 años | 37,382.99 |

### V. Parámetros de salida evaluados

La modelación permitió obtener y comparar los siguientes parámetros hidráulicos entre CN y CP:

- Nivel de la superficie libre del agua.
- Tirante hidráulico.
- Velocidad media.
- Área hidráulica.
- Ancho superficial.
- Pendiente de la línea de energía.

- Número de Froude.
- Régimen de flujo.

### VI. Consideraciones adicionales

La configuración propuesta para la extracción fue definida considerando las características morfológicas del tramo, procurando conservar la dirección principal del flujo y mantener las intervenciones dentro de la zona central del cauce. La profundización propuesta permite aumentar el área hidráulica disponible sin generar una modificación importante en el alineamiento general del río.

Los resultados de la modelación en HEC-RAS constituyen la base técnica para verificar que la extracción proyectada se realice de manera controlada, sin modificar desfavorablemente la capacidad hidráulica del cauce, sin inducir procesos de erosión o socavación, sin afectar la estabilidad de las márgenes y sin generar condiciones que incrementen el riesgo de inundación en las zonas adyacentes.

## 17.3.3.3. Datos considerados para la simulación en software (IBER, HEC-RAS, MIKE11, entre otros).

### I. Presentación de resultados gráficos

La modelación hidráulica en HEC-RAS 6.0.0 se documenta mediante una serie de ilustraciones que permiten comparar visualmente los escenarios de **Condiciones Naturales (CN)** y **Condiciones de Proyecto (CP)**. Entre las principales se incluyen:

- **Vistas en 3D del modelo hidráulico:** se presentan para el gasto formativo y para el periodo de retorno de 5 años, tanto en CN (Ilustración 6, Estudio Hidráulico) como en CP (Ilustración 7, Estudio Hidráulico). Estas vistas muestran la superficie libre del agua, la geometría del cauce y la distribución del flujo en el tramo analizado.
- **Geometría del cauce:** la Ilustración 8, del Estudio Hidráulico compara la configuración geométrica del río Papaloapan en CN y CP, evidenciando la profundización del corredor central en la condición de proyecto.
- **Perfiles hidráulicos:** las Ilustraciones 9 y 10 del Estudio Hidráulico presentan los perfiles de la superficie del agua a lo largo del tramo para CN y CP, respectivamente, permitiendo observar las variaciones del nivel para los distintos gastos.

- **Gráficas de velocidades:** las Ilustraciones 11 y 12 del Estudio Hidráulico, muestran la distribución de velocidades medias en el canal principal para CN y CP, respectivamente, para los escenarios modelados (gasto formativo, Tr = 5, 100 y 500 años).

## II. Presentación de resultados numéricos

Los resultados numéricos se resumen en tablas que permiten cuantificar las diferencias entre escenarios. La Tabla 3 del estudio presenta los escenarios modelados:

| Escenario | Gasto (m³/s) |
|---|---|
| Gasto formativo | 1,850.00 |
| Tr = 5 años (diseño) | 10,784.36 |
| Tr = 100 años | 28,684.77 |
| Tr = 500 años | 37,382.99 |

La síntesis de resultados favorables de la condición de proyecto se presenta en la siguiente tabla:

| Escenario | Reducción media de velocidad (m/s) | Aumento medio del área | Fr CN → CP | Δ nivel medio (m) | Δ ancho medio (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| Gasto formativo | 0.51 | 19.8 % | 0.88 → 0.73 | +0.04 | +2.77 |
| Tr = 5 años | 0.56 | 11.0 % | 0.86 → 0.82 | +0.44 | +3.22 |
| Tr = 100 años | 0.64 | 8.6 % | 0.84 → 0.77 | +0.75 | +0.03 |
| Tr = 500 años | 0.63 | 7.6 % | 0.82 → 0.76 | +0.81 | +0.03 |

Para el **gasto de diseño (Tr = 5 años, Q = 10,784.36 m³/s)**, se destacan los siguientes valores en secciones representativas:

| Sección | Velocidad CN (m/s) | Velocidad CP (m/s) |
|---|---|---|
| 280 | 6.55 | 5.82 |
| 100 | 5.50 | 4.78 |
| 60 | 5.70 | 4.80 |
| 20 | 5.98 | 4.96 |

En la sección 20, el área hidráulica aumenta de **1,804.62 m²** a **2,181.12 m²**. El incremento medio de la elevación de la superficie del agua es de aproximadamente **0.44 m**, mientras que el ancho superficial solo aumenta en promedio **3.22 m**.

## III. Análisis y discusión de resultados

El análisis comparativo entre CN y CP se realizó utilizando los mismos caudales en ambos escenarios, por lo que las diferencias observadas obedecen exclusivamente a la modificación geométrica del cauce incorporada en la condición de proyecto.

Los resultados muestran que la configuración de proyecto **incrementa el área hidráulica efectiva** en el tramo intervenido, lo que permite conducir un mismo gasto con **menores velocidades medias**. Este comportamiento es consistente con una mejora en la eficiencia hidráulica de la sección central, que pasa de una condición potencialmente azolvada o irregular a una sección más profunda y regular.

Para el **gasto formativo (Q = 1,850 m³/s)**, el área hidráulica aumenta en promedio **19.8 %** y la velocidad se reduce en **0.51 m/s**. Este escenario es relevante porque representa las condiciones de funcionamiento ordinario y la actividad morfológica del cauce.

Para el **gasto de diseño (Tr = 5 años)**, el área hidráulica se incrementa en **11.0 %** en promedio y la velocidad media se reduce en **0.56 m/s**. La reducción de velocidad es sistemática a lo largo del tramo intervenido y alcanza valores cercanos a **1.0 m/s** en las secciones aguas abajo. El número de Froude disminuye de **0.86 a 0.82**, manteniéndose muy por debajo de la unidad, lo que confirma la permanencia de un régimen subcrítico.

Para las avenidas de **Tr = 100 y 500 años**, el área hidráulica aumenta en **8.6 %** y **7.6 %**, respectivamente, con reducciones de velocidad de **0.64 m/s** y **0.63 m/s**. En estos casos, el incremento del nivel de la superficie del agua (+0.75 m y +0.81 m) no se acompaña de una ampliación lateral significativa del ancho superficial (Δ ancho ≈ +0.03 m), lo que indica que el aumento de tirante corresponde a una mayor ocupación vertical de la sección central profundizada, y no a un desbordamiento hacia las márgenes.

En todos los escenarios, el número de Froude permanece inferior a la unidad y tiende a disminuir en la condición de proyecto, lo que evidencia que la extracción no induce condiciones hidráulicas más críticas ni aceleradas. Los incrementos locales del nivel del agua se interpretan como una redistribución del flujo dentro de una sección con mayor capacidad geométrica, y no como un deterioro de la capacidad de conducción del cauce.

## IV. Conclusiones

Con base en los resultados gráficos y numéricos, el análisis y la discusión presentados, se concluye lo siguiente:

- La condición de proyecto modifica favorablemente la geometría hidráulica del tramo al incrementar la profundidad y el área disponible para la conducción de los caudales.

- Para un mismo gasto, la modelación muestra una reducción generalizada de la velocidad en el tramo intervenido, confirmando que el flujo se distribuye sobre una sección hidráulica mayor.

- El régimen permanece subcrítico en CN y CP; además, el número de Froude tiende a disminuir en la condición de proyecto, lo que evidencia que la extracción no induce una condición hidráulica más crítica o acelerada.

- Los incrementos locales del nivel de la superficie del agua se presentan acompañados de mayor área hidráulica y menores velocidades. En consecuencia, los aumentos locales de tirante pueden interpretarse como una redistribución del flujo dentro de una sección central más profunda, y no como un deterioro de la capacidad de conducción del cauce.

- La recuperación de sección mediante una extracción controlada reduce los efectos asociados con el azolvamiento y las irregularidades del fondo, los cuales pueden limitar la capacidad útil del cauce, concentrar velocidades y favorecer respuestas más rápidas del nivel durante avenidas.

- Con base en los parámetros hidráulicos obtenidos, la geometría de proyecto presenta una capacidad de conducción geométrica superior a la condición natural en el tramo intervenido, con menores velocidades y una respuesta subcrítica estable.

- La ejecución deberá respetar las cotas, pendientes, volúmenes y transiciones definidas en el proyecto, ya que los beneficios descritos corresponden específicamente a la geometría utilizada en la modelación HEC-RAS.

### 17.3.3.4. Conclusiones y recomendaciones sobre la viabilidad del desarrollo del proyecto.

#### I. Conclusiones sobre la viabilidad hidráulica

Con base en la modelación hidráulica en HEC-RAS 6.0.0, considerando el gasto de diseño obtenido en el Estudio Hidrológico para un periodo de retorno de 5 años (**$Q_5$ = 10,784.36 m³/s**), y comparando los escenarios de **Condiciones Naturales (CN)** y **Condiciones de Proyecto (CP)**, se concluye que el proyecto es **hidráulicamente**

**viable**, siempre que la extracción se ejecute conforme a la geometría, cotas, profundidades, volúmenes y transiciones establecidas en el proyecto.

Los resultados muestran que la condición de proyecto:

- **Incrementa el área hidráulica efectiva** del cauce en el tramo intervenido, permitiendo conducir el mismo gasto con una sección más amplia y regular.
- **Reduce las velocidades medias** en el canal principal. Para el gasto de diseño, la reducción media es de aproximadamente **0.56 m/s**, con disminuciones cercanas a **1.0 m/s** en algunas secciones aguas abajo.
- **Mantiene el régimen subcrítico** en todos los escenarios analizados. El número de Froude disminuye de **0.86 a 0.82** para Tr = 5 años, y permanece inferior a la unidad, lo que indica que no se generan condiciones hidráulicas más críticas o aceleradas.
- **Favorece una redistribución eficiente del flujo** dentro de una sección central más profunda. Los incrementos locales del nivel de la superficie del agua (+0.44 m en promedio para Tr = 5 años) no se acompañan de una ampliación lateral significativa del ancho superficial (+3.22 m), lo que indica que el agua ocupa verticalmente la sección profundizada y no se desborda hacia las márgenes.
- **Reduce los efectos del azolvamiento** y de las irregularidades del fondo, los cuales pueden limitar la capacidad útil del cauce, concentrar velocidades y favorecer respuestas más rápidas del nivel durante avenidas.

Para el **gasto formativo (Q = 1,850 m³/s)** y para las avenidas de **Tr = 100 y 500 años**, la tendencia se mantiene: aumento del área hidráulica, reducción de velocidades y conservación de un régimen subcrítico estable. Esto refuerza la conclusión de que la extracción controlada no deteriora la capacidad de conducción del río ni incrementa el riesgo de inundación en las zonas adyacentes.

### II. Recomendaciones

Para garantizar que la viabilidad hidráulica se mantenga durante la ejecución y operación del proyecto, se recomienda:

1. **Ejecutar la extracción respetando estrictamente** las cotas, profundidades, límites, volúmenes y transiciones definidas en el proyecto y utilizadas en la modelación HEC-RAS.

2. **Evitar excavaciones abruptas o discontinuidades** en el fondo del cauce que puedan favorecer procesos de erosión localizada, socavación regresiva o depósitos posteriores.

3. **Mantener las intervenciones dentro del corredor central del cauce**, sin afectar las márgenes, la estabilidad de los taludes ni la infraestructura hidráulica, vial o de cruce existente.

4. **No modificar el alineamiento general del río** ni ampliar la sección más allá de lo modelado, ya que los beneficios hidráulicos descritos corresponden específicamente a la geometría considerada en la simulación.

5. **Realizar monitoreo topobatimétrico y de niveles/velocidades** de forma periódica, especialmente después de eventos extraordinarios, para verificar que la geometría del cauce se mantiene dentro de los límites previstos.

6. **Verificar en campo** las cotas de margen, obras de cruce, infraestructura y condiciones posteriores a avenidas, ya que la modelación se limita al dominio analizado y no sustituye la inspección directa.

7. **Atender las condicionantes** que establezcan la CONAGUA y la SEMARNAT en materia de extracción de materiales pétreos, ocupación de zona federal y protección ambiental.

8. **Documentar y conservar** los resultados de la modelación, planos, memorias y registros de monitoreo como respaldo técnico de la viabilidad hidráulica del proyecto.

### 17.3.4. Mecánica de suelos.

El Estudio Geológico y de Mecánica de Suelos tiene como objetivo caracterizar las condiciones geológicas, geomorfológicas y geotécnicas del tramo del río Papaloapan donde se proyecta la extracción controlada de material en greña (arenoso y grava). El estudio fue realizado por la empresa **MECÁNICA DE SUELOS POZA RICA S.A. DE C.V.** y se enfoca en identificar la naturaleza de los materiales del cauce y sus márgenes, reconocer la presencia o ausencia de estructuras geológicas que pudieran condicionar la estabilidad del sitio, y establecer la compatibilidad del terreno con las actividades de extracción.

#### I. Metodología de análisis

La caracterización se desarrolló mediante la integración de:

- Revisión de la carta geológica y de la unidad superficial del sitio.

- Análisis de la capa de fallas y fracturas geológicas.
- Interpretación geomorfológica del cauce y de la posición del banco de extracción.
- Análisis de perfiles estratigráficos y pruebas de penetración estándar (SPT).
- Ensayos de laboratorio: humedad natural, granulometría, límites de Atterberg y clasificación SUCS.
- Integración de un modelo estratigráfico conceptual.

## II. Marco geológico regional y local

El área se ubica en la cuenca del Papaloapan, sobre depósitos aluviales recientes del **Cuaternario** (clave Q(al)). Estos materiales están constituidos por una mezcla heterogénea de gravas, arenas, limos y arcillas, producto del transporte y sedimentación fluvial. La geología local está dominada por una secuencia aluvial heterogénea con alternancia de estratos granulares (arenas limosas, arenas poco limosas, arenas mal graduadas y arenas arcillosas) y horizontes finos de baja y alta plasticidad.

## III. Fallas, fracturas y estabilidad geológica

La revisión de la capa de fallas y fracturas no identifica estructuras que crucen directamente el polígono de extracción. La zona de fallas geológicas más cercana se encuentra a aproximadamente **23 km** de distancia. Por tanto, no se reconoce una condición de inestabilidad tectónica local. El comportamiento del sitio está gobernado por la dinámica de los depósitos aluviales y las condiciones hidráulicas del río, no por deformación tectónica.

## IV. Caracterización geomorfológica del cauce

El banco se localiza en el corredor fluvial del río Papaloapan, en un cauce de baja pendiente relativa, sección amplia y depósitos centrales. La extracción se concentra en la porción central del cauce, lo que reduce la interacción directa con las márgenes, ya que el retiro de material se realiza dentro del lecho y no mediante excavaciones en los taludes laterales. Las márgenes constituyen masas de suelo consolidadas que no serán objeto de corte ni desmantelamiento.

## V. Sondeo de penetración estándar (SPT)

Se realizó un sondeo de penetración estándar (SPT) en la margen izquierda del río, identificado como **SC-1** (o SM-01 en la tabla), que permitió reconocer la

estratigrafía, la resistencia y las características geotécnicas del subsuelo. Se identificaron los siguientes estratos:

| Profundidad (m) | Clasificación SUCS | Descripción | Composición |
|---|---|---|---|
| 0.60 – 1.20 | SM | Arena limosa | 20% grava, 67% arena, 13% finos |
| 2.40 – 3.00 | SP | Arena mal graduada | 5% grava, 91% arena, 4% finos |
| 7.80 – 8.40 | SP-SM | Arena mal graduada con limo | 2% grava, 89% arena, 9% finos |
| 11.40 – 11.83 | CH | Arcilla de alta plasticidad | LL=66.30%, LP=25.64%, IP=40.66% |
| 15.00 – 15.36 | CH | Arcilla de alta plasticidad | 79% finos, 21% arena |
| 16.20 – 16.45 | CH | Arcilla de alta plasticidad | LL=64.10%, LP=29.79%, IP=34.31% |

## VI. Ensayos de laboratorio y clasificación SUCS

Los materiales se clasificaron según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), identificándose los grupos **SM, SP, SP-SM, SC, CL y CH**. La humedad natural varió entre **3.7% y 32.9%**. La granulometría confirmó el carácter aluvial: capas con más del 80% de arena, presencia de grava y estratos finos con porcentajes de material que pasa la malla 200 de 60% a más de 90%. Los límites de Atterberg reportaron límites líquidos superiores a 60% e índices de plasticidad mayores a 30 para las arcillas CH, y límites líquidos de 31 a 39% con índices de plasticidad de 12–14 para las arcillas CL.

## VII. Resistencia a la penetración estándar

Los ensayos SPT muestran que los estratos superiores pueden presentar condiciones sueltas a medianamente compactas, mientras que la resistencia aumenta con la profundidad. En los horizontes cohesivos profundos se registran **50 golpes para penetraciones menores a 30 cm**, lo que indica materiales muy firmes a duros. Esta tendencia es favorable para la estabilidad general, ya que bajo los depósitos aluviales más susceptibles a remoción existe una secuencia de mayor resistencia.

## VIII. Nivel freático y condiciones de saturación

Los perfiles reportan niveles freáticos variables, desde **0.40–0.60 m** en algunos sondeos hasta **5.70–6.00 m** en otros. En un ambiente fluvial como el río Papaloapan, los materiales del cauce se encuentran parcial o totalmente saturados durante distintos periodos del año. La estabilidad de las márgenes depende de la granulometría, compactación, humedad y geometría del talud, pero la ubicación

del área de extracción sobre el centro del cauce limita la intervención directa sobre estas masas laterales.

## IX. Modelo estratigráfico conceptual

| Unidad | Material predominante | Comportamiento geológico-geotécnico |
|---|---|---|
| A – Aluvial superficial | Arenas limosas, arenas poco limosas, arenas con grava | Material de origen fluvial, directamente relacionado con el aprovechamiento |
| B – Intercalaciones finas | Arcillas arenosas CL y materiales con finos | Estratos cohesivos de consistencia firme a media |
| C – Arenas medianamente compactas a compactas | SP, SP-SM, SM y SC | Material granular con mayor resistencia relativa y mejor confinamiento |
| D – Horizonte cohesivo profundo | Arcillas CH muy firmes a muy duras | Estrato de elevada consistencia y alta resistencia a la penetración |

## X. Relación entre la geología y el proyecto de extracción

La factibilidad geológica se sustenta en tres condiciones principales:

1. **Ausencia de fallas o fracturas** cartografiadas que atraviesen el polígono.
2. **Carácter aluvial** de los materiales del cauce, compatible con la presencia de arena, grava y sedimentos transportados.
3. **Ubicación de la extracción en la zona central del cauce**, separada de los taludes principales de las márgenes.

El material objetivo corresponde a los depósitos granulares acumulados dentro del cauce. Su extracción controlada no modifica la naturaleza geológica regional ni altera la composición de los estratos que permanecen fuera del volumen autorizado.

## XI. Estabilidad de las márgenes

Las márgenes no constituyen el objetivo del aprovechamiento. Al mantenerse la excavación dentro del corredor central, no se generan cortes directos sobre las masas de suelo laterales y se conserva el confinamiento natural. Los perfiles muestran arcillas firmes a muy duras y arenas medianamente compactas a compactas, que proporcionan una base de mayor resistencia que los depósitos más sueltos del lecho superficial.

## XII. Compatibilidad del material aluvial con la extracción

La identificación de arenas, gravas y mezclas arenosas con finos es consistente con el tipo de material que se pretende aprovechar. La presencia de niveles cohesivos no invalida la factibilidad; por el contrario, evidencia una estratigrafía aluvial completa. La extracción se limita al volumen y cotas definidas, sin remover indiscriminadamente los estratos profundos.

### XIII. Evaluación de factibilidad geológica

El sitio se considera **geológicamente compatible** con el proyecto de extracción. No se reconocen perturbaciones tectónicas cartografiadas que crucen el polígono. La respuesta del terreno está controlada por la estratigrafía aluvial, la saturación y la dinámica del flujo. La intervención en el centro del cauce mantiene fuera del volumen de extracción las márgenes principales.

### XIV. Conclusiones

- El sitio se encuentra sobre depósitos aluviales del Cuaternario, compatibles con la dinámica sedimentaria actual del río Papaloapan.
- No se identifican fallas o fracturas que crucen el polígono de extracción.
- La secuencia estratigráfica es heterogénea, típica de ambientes aluviales, con arenas limosas, arenas mal graduadas, arenas con grava, arenas y horizontes arcillosos CL y CH.
- Los ensayos SPT muestran resistencia creciente con la profundidad y estratos cohesivos firmes a muy duros.
- La granulometría confirma la presencia de material arenoso y grava compatible con el aprovechamiento.
- La extracción se concentra en el centro del cauce, sin afectar las márgenes ni los estratos profundos.
- La zona se considera **geológicamente factible** para el proyecto de extracción de materiales pétreos.

## 17.3.5. Topografía.

La descripción topográfica que se presenta a continuación se elabora a partir de la información contenida en los planos del levantamiento topográfico **EXT-01, LEV-01, SECC-01 al 05**. El objetivo es caracterizar la configuración del terreno en el tramo

del río Papaloapan donde se ubica el banco de extracción “Toro Bravo II”, sobre la margen izquierda del cauce.

### I. Configuración general del relieve

El sitio se localiza dentro del corredor fluvial del río Papaloapan, en una zona dominada por depósitos aluviales recientes. La topografía del terreno se caracteriza por un relieve suave y de baja energía, propio de un cauce de llanura con pendiente longitudinal reducida. Las márgenes presentan pendientes moderadas, mientras que el cauce central constituye la zona de menor elevación relativa y mayor dinamismo morfológico.

La configuración general corresponde a un cauce amplio, con secciones transversales que tienden a formas en “U”, característica de ríos bien desarrollados en los que los procesos de erosión, transporte y sedimentación han dado lugar a una geometría relativamente estable. No se observan cambios abruptos de pendiente ni accidentes topográficos significativos dentro del polígono de extracción.

### II. Perfil longitudinal

El perfil longitudinal del tramo analizado muestra un descenso gradual y regular en el sentido del flujo. Las elevaciones en la margen izquierda descienden de manera progresiva desde la parte norte hacia la parte sur del sitio, con valores que oscilan aproximadamente entre los 16 m y los 8 m. Esta variación corresponde a una pendiente longitudinal baja, del orden de 0.0894 %, calculada mediante el método de Taylor-Schwarz para el cauce principal.

La suavidad de la pendiente favorece una conducción relativamente uniforme del flujo y permite clasificar el tramo como un cauce de baja energía hidráulica, en el que no se prevén rápidas, saltos hidráulicos importantes ni transiciones bruscas hacia condiciones supercríticas.

### III. Curvas de nivel y batimetría

En las márgenes del río se identifican curvas de nivel que reflejan un relieve suave, con pendientes moderadas y una transición gradual hacia el cauce. En la zona central del río se presentan curvas batimétricas, es decir, curvas de nivel negativas que representan las profundidades del fondo respecto de un nivel de referencia. Estas curvas permiten apreciar la configuración irregular del lecho, con zonas de mayor profundidad y depósitos asociados a la dinámica sedimentaria del río.

La batimetría del cauce constituye un elemento fundamental para definir la geometría de las secciones transversales empleadas en la modelación hidráulica, así como para establecer las cotas de extracción y los volúmenes de material aprovechable.

## IV. Secciones transversales

El levantamiento topográfico incluye secciones transversales distribuidas a lo largo del tramo de estudio. Estas secciones representan la forma del cauce, las elevaciones del fondo, los taludes laterales y las zonas adyacentes. En términos generales, las secciones son amplias, con fondo relativamente plano aunque con variaciones locales propias de un lecho aluvial, y con márgenes que ascienden de forma gradual.

Las secciones transversales constituyen la base geométrica para la modelación hidráulica en HEC-RAS y permiten comparar las condiciones naturales del cauce con las condiciones de proyecto, evaluando parámetros como tirante, velocidad, área hidráulica, ancho superficial y número de Froude.

## V. Elementos topográficos identificados

En el plano de planta general y en el levantamiento topográfico se identifican los siguientes elementos:

- **Cauce del río Papaloapan:** zona central de menor elevación, con curvas batimétricas y profundidades variables.
- **Margen izquierda:** límite del polígono de extracción, con relieve suave y pendientes moderadas.
- **Zona federal:** área sujeta a regulación por la CONAGUA.
- **Propiedades colindantes:** predios ubicados en ambas márgenes del río.
- **Polígono de extracción:** banco “Toro Bravo II”, delimitado dentro del cauce.
- **Secciones transversales:** líneas de levantamiento empleadas para la caracterización geométrica e hidráulica.

## VI. Relación de la topografía con el proyecto

La topografía del sitio es compatible con la extracción controlada de materiales pétreos, ya que el banco se ubica en la porción central del cauce y no sobre los taludes de las márgenes. Esta condición permite que la intervención se concentre en el lecho activo, sin cortes directos sobre las masas de suelo laterales.

La pendiente suave y regular del tramo, junto con la configuración amplia y relativamente uniforme de las secciones, favorece una conducción ordenada del flujo y permite representar adecuadamente el comportamiento hidráulico del río mediante modelos computacionales. Asimismo, la topografía permite definir con precisión las cotas de extracción, las profundidades máximas y los volúmenes de material a retirar, respetando los límites establecidos en el proyecto.

### VII. Conclusión

La topografía del banco "Toro Bravo II" se caracteriza por un relieve suave, una pendiente longitudinal baja y regular, y un cauce amplio con secciones transversales relativamente uniformes. Las márgenes presentan pendientes moderadas y el lecho muestra profundidades variables asociadas a la dinámica aluvial del río Papaloapan. Esta configuración topográfica es congruente con un cauce en estabilidad dinámica y respalda la viabilidad del proyecto de extracción controlada, siempre que se respeten las cotas, límites y transiciones definidas en el levantamiento topográfico y en el plano de planta general.

## 17.3.6. Estudio geológico.

El Estudio Geológico tiene como propósito caracterizar las condiciones geológicas, geomorfológicas y estructurales del tramo del río Papaloapan donde se proyecta la extracción controlada de material en greña (arenoso y grava). Su objetivo específico es identificar la naturaleza de los materiales que conforman el cauce y sus márgenes, reconocer la presencia o ausencia de estructuras geológicas que pudieran condicionar la estabilidad del sitio y establecer la compatibilidad de las condiciones del terreno con las actividades de extracción previstas. A continuación se presenta una descripción detallada de los aspectos geológicos analizados.

### I. Metodología de análisis geológico

La caracterización geológica se desarrolló mediante la integración de información cartográfica y geotécnica. Los componentes principales del análisis fueron:

- Revisión de la carta geológica aplicable y de la unidad superficial identificada en el sitio.
- Revisión de la capa de fallas y fracturas geológicas, con énfasis en estructuras que crucen o incidan directamente sobre el polígono del proyecto.
- Análisis geomorfológico del cauce y de la posición del banco de extracción respecto de las márgenes.

- Interpretación de perfiles estratigráficos y pruebas de penetración estándar (SPT).
- Análisis de humedad natural, granulometría, límites de Atterberg y clasificación SUCS.
- Integración de un modelo estratigráfico conceptual para valorar el comportamiento del material granular del cauce y de los estratos cohesivos presentes a profundidad.

## II. Marco geológico regional

El área de estudio se ubica dentro de la provincia fisiográfica y sedimentaria asociada a la cuenca del Papaloapan, en una zona donde los procesos fluviales recientes han tenido un papel determinante en la configuración del relieve. La documentación geológica regional reconoce secuencias sedimentarias cenozoicas y materiales de edad Cuaternaria que cubren unidades más antiguas.

En el contexto del proyecto, la unidad superficial de mayor importancia es la correspondiente a los **depósitos aluviales recientes del cauce**, los cuales se originan por el transporte y sedimentación de materiales asociados con la dinámica del río. Estos depósitos presentan una granulometría variable y pueden contener combinaciones de grava, arena, limo y arcilla. La distribución vertical y lateral de estas fracciones responde a episodios sucesivos de depósito, migración del canal, avenidas y periodos de menor energía hidráulica.

De acuerdo con la información del proyecto y la carta geológica consultada, el sitio se encuentra sobre **suelo aluvial de edad Cenozoica, Sistema Cuaternario**, condición congruente con su ubicación dentro del cauce del río Papaloapan y con la presencia de materiales arenosos, gravas y niveles finos reconocidos en los resultados estratigráficos y de laboratorio.

## III. Geología local del sitio

La geología local está dominada por materiales de origen fluvial depositados durante el periodo cuaternario. En términos geológicos, estos materiales constituyen una secuencia heterogénea en la que se alternan estratos granulares —principalmente arenas limosas, arenas poco limosas, arenas mal graduadas y arenas arcillosas— con horizontes finos de baja y alta plasticidad.

En la cartografía geológica, la zona de proyecto aparece con la clave **Q(al)**, que corresponde a depósitos aluviales del Cuaternario, es decir, materiales geológicamente recientes transportados y depositados principalmente por la acción de corrientes superficiales. Estos depósitos suelen estar constituidos por

una mezcla heterogénea de gravas, arenas, limos y arcillas, cuya proporción varía de acuerdo con la energía y dinámica del flujo que les dio origen.

De las muestras alteradas obtenidas en la zona central del cauce donde se realizarán los trabajos de extracción, se identificaron gravas y arenas del tipo sedimentario conformadas por lutita-arenisca con clave de clasificación **Tm (Lu-Ar)**, así como materiales del Cuaternario con rocas sedimentarias. La unidad aluvial superficial es la que controla directamente el comportamiento de la zona de extracción. Al tratarse de un depósito fluvial, su respuesta está más asociada a la granulometría, al grado de compactación, a la saturación y a los procesos hidráulicos del cauce que a discontinuidades tectónicas.

### IV. Fallas, fracturas y estabilidad geológica

La revisión de la capa de fallas y fracturas geológicas correspondiente al área de proyecto no muestra estructuras que intercepten directamente el polígono de extracción. La zona de fallas geológicas más cercana se encuentra a aproximadamente **23 km** de distancia del sitio. En consecuencia, no se reconoce una condición de inestabilidad tectónica local asociada con desplazamientos de falla, fracturamiento regional o zonas de cizalla que pudieran controlar el comportamiento inmediato del banco.

Esta condición es relevante porque la extracción se proyecta sobre el centro del cauce, dentro de materiales aluviales recientes, y no sobre un macizo rocoso fracturado ni sobre una ladera estructuralmente controlada. La estabilidad de las márgenes se relaciona principalmente con su geometría, la cohesión y compactación de los suelos, la condición de saturación y la acción hidráulica; no se identifica un condicionante tectónico directo en el sitio.

Desde el punto de vista geológico, el área puede considerarse homogénea a escala del proyecto en cuanto a la ausencia de perturbaciones estructurales cartografiadas. Las variaciones que se esperan dentro del cauce son propias de la estratigrafía aluvial y no corresponden a una deformación del terreno por falla activa identificada en la zona.

### V. Caracterización geomorfológica del cauce

El banco se localiza dentro del corredor fluvial del río Papaloapan. La morfología del tramo corresponde a un cauce de baja pendiente relativa, con una sección amplia y depósitos centrales formados por la sedimentación de materiales transportados durante eventos ordinarios y extraordinarios.

La extracción se concentra en la porción central del cauce. Esta ubicación reduce la interacción directa con las márgenes, debido a que el retiro de material se realiza dentro del lecho y no mediante excavaciones en los taludes laterales. Por lo tanto,

la modificación geométrica principal se produce en profundidad y dentro de la sección hidráulica central.

Las márgenes constituyen masas de suelo que han permanecido sujetas a procesos de consolidación natural y a la acción histórica del río. Conforme a la información del proyecto, no se plantea su corte ni desmantelamiento, por lo que la actividad de extracción no implica una pérdida directa de soporte lateral de dichas masas.

## VI. Modelo estratigráfico conceptual

Con base en la información geológica y geotécnica integrada, el subsuelo puede conceptualizarse como una secuencia aluvial heterogénea compuesta por un paquete superficial granular, intercalaciones de materiales finos y estratos cohesivos de mayor resistencia a profundidad.

| Unidad conceptual | Material predominante | Comportamiento geológico-geotécnico |
|---|---|---|
| **Unidad A – Aluvial superficial** | Arenas limosas, arenas poco limosas, arenas con grava | Material de origen fluvial, variable, directamente relacionado con el material susceptible de aprovechamiento. |
| **Unidad B – Intercalaciones finas** | Arcillas arenosas CL y materiales con finos | Estratos cohesivos de consistencia firme a media que interrumpen localmente la secuencia granular. |
| **Unidad C – Arenas medianamente compactas a compactas** | SP, SP-SM, SM y SC | Material granular con mayor resistencia relativa y mejor confinamiento a profundidad. |
| **Unidad D – Horizonte cohesivo profundo** | Arcillas CH muy firmes a muy duras | Estrato de elevada consistencia y alta resistencia a la penetración, que constituye una unidad competente en profundidad. |

Este modelo conceptual explica la coexistencia de material pétreo aprovechable en la parte activa del cauce con niveles más cohesivos y resistentes en profundidad. La extracción se concentra en los depósitos del corredor central y no implica el retiro integral de la secuencia estratigráfica ni la afectación de los estratos profundos.

## VII. Relación entre la geología y el proyecto de extracción

La factibilidad geológica del proyecto se relaciona con tres condiciones principales:

1. **Ausencia de fallas o fracturas cartografiadas** que atraviesen el polígono.
2. **Carácter aluvial de los materiales del cauce**, compatible con la presencia de arena, grava y sedimentos transportados.
3. **Ubicación de la extracción en la zona central del cauce**, separada de los taludes principales de las márgenes.

El material objetivo corresponde precisamente a los depósitos granulares acumulados dentro del cauce. Su extracción controlada no modifica la naturaleza geológica regional ni altera la composición de los estratos que permanecen fuera del volumen autorizado. La intervención consiste en retirar un volumen limitado de material previamente definido por la geometría del proyecto.

### VIII. Estabilidad de las márgenes

Las márgenes no constituyen el objetivo del aprovechamiento. Al mantenerse la excavación dentro del corredor central, no se generan cortes directos sobre las masas de suelo laterales y se conserva el confinamiento natural de los estratos que forman los bordes del cauce.

Desde el punto de vista geológico-geotécnico, las márgenes del tramo presentan una condición distinta a la del material móvil o semimóvil del centro del cauce. Las masas laterales han estado sujetas a procesos naturales de consolidación, compactación y ajuste geomorfológico, y contienen estratos cohesivos y granulares con diferentes grados de resistencia. Los perfiles estratigráficos suministrados muestran la presencia de arcillas firmes a muy duras y de arenas medianamente compactas a compactas a diferentes profundidades, lo que proporciona una base de mayor resistencia que los depósitos más sueltos del lecho superficial.

### IX. Compatibilidad del material aluvial con la extracción

La identificación de arenas, gravas y mezclas arenosas con finos es consistente con el tipo de material que se pretende aprovechar. La granulometría demuestra que una fracción importante de las muestras granulares está constituida por arena, con contenidos variables de grava y finos, lo cual corresponde a los depósitos típicos del lecho de un río de esta magnitud.

La presencia de niveles cohesivos no invalida la factibilidad geológica del banco; por el contrario, evidencia una estratigrafía aluvial completa en la que los estratos finos forman parte de la evolución natural del valle. La extracción proyectada se limita al volumen y cotas definidas, por lo que no implica remover indiscriminadamente los estratos profundos.

### X. Evaluación de factibilidad geológica

La evaluación integrada permite considerar al sitio **geológicamente compatible** con el proyecto de extracción de materiales pétreos. El área se encuentra sobre depósitos aluviales del Cuaternario, cuya génesis está directamente relacionada con el transporte y acumulación de sedimentos del río Papaloapan.

No se reconocen perturbaciones tectónicas cartografiadas que crucen el polígono de extracción. Por ello, el riesgo geológico estructural local no constituye el

mecanismo dominante de comportamiento del sitio. La respuesta del terreno está controlada por la estratigrafía aluvial, la saturación y la dinámica del flujo.

La intervención en el centro del cauce mantiene fuera del volumen de extracción las márgenes principales. Esto permite conservar la continuidad de las masas de suelo laterales y evita cortes directos sobre los taludes que pudieran modificar su condición geológica natural.

## XI. 11. Conclusiones del Estudio Geológico

- El sitio del proyecto se encuentra en una zona dominada por **depósitos aluviales de edad Cenozoica, Sistema Cuaternario**, compatibles con la dinámica sedimentaria actual y reciente del río Papaloapan.

- La revisión de la capa de fallas y fracturas no identifica estructuras geológicas que crucen directamente el polígono de extracción; por tanto, no se reconoce una perturbación tectónica local que condicione la ejecución de la actividad.

- La caracterización estratigráfica y de laboratorio muestra una secuencia heterogénea típica de ambientes aluviales, integrada por arenas limosas, arenas mal graduadas, arenas con grava, arenas y horizontes arcillosos de baja y alta plasticidad.

- Los resultados de penetración estándar muestran que, aunque existen niveles granulares sueltos a medianamente compactos en la parte superficial, la resistencia aumenta con la profundidad y se reconocen estratos cohesivos firmes a muy duros.

- La granulometría confirma la presencia de material arenoso y grava compatible con el objeto del aprovechamiento, mientras que los límites de Atterberg permiten identificar y diferenciar los horizontes cohesivos CL y CH.

- La composición del subsuelo no presenta, con la información analizada, una condición geológica que impida la extracción controlada del material previsto en el proyecto.

- La zona de extracción se localiza en el centro del cauce, por lo que el retiro de material se concentra sobre el lecho y no sobre las masas de suelo que conforman las márgenes.

- Las márgenes presentan materiales de mayor consolidación relativa y estratos cohesivos y granulares con resistencia creciente a profundidad; al

no ser objeto de corte directo, su composición y continuidad geológica se mantienen fuera del volumen de extracción.

- Las actividades proyectadas no modifican la naturaleza geológica regional ni alteran la composición de los suelos fuera de la geometría de extracción, ya que la intervención se limita al volumen de material aluvial definido para el banco.

- Con base en el análisis geológico, la información de muestreo, los perfiles estratigráficos y los resultados de laboratorio integrados, **la zona se considera geológicamente factible** para el proyecto de extracción de materiales pétreos.

En síntesis, la configuración geológica del sitio es compatible con una extracción controlada dentro del cauce. La ausencia de fallas o fracturas que afecten directamente el polígono, el carácter aluvial del material objetivo y la ubicación del banco sobre la parte central del río permiten concluir que la intervención no requiere afectar las márgenes ni alterar la conformación general de las masas de suelo laterales.

### 17.3.7. Muestreos estadísticamente confiables de flora y fauna. Deberán cubrir una anualidad (lluvias, secas).

El **muestreo aleatorio estratificado**, donde la población (el área de estudio) se subdivide en estratos homogéneos (tipos de vegetación, márgenes del río, cauce) para asegurar que todas las unidades ambientales estén representadas. Se establecen **dos campañas de muestreo por año**: una durante la temporada de secas (aproximadamente de enero a mayo) y otra durante la temporada de lluvias (de julio a octubre), evitando los períodos de transición para no sesgar los resultados. Cada campaña tiene una duración mínima de 15 a 20 días efectivos de campo.

#### Muestreo de Flora

El objetivo es caracterizar la estructura y composición de la vegetación riparia y acuática.

- **Método**: Se utilizan **parcelas de muestreo** (cuadrantes) para el estrato arbóreo y arbustivo, y **transectos lineales** para el estrato herbáceo y la vegetación acuática.

- **Esfuerzo de muestreo**: Se establece un mínimo de **10 a 15 parcelas** distribuidas en los diferentes estratos identificados, con un esfuerzo de al

menos **4 horas diarias** de prospección e identificación. Para la vegetación acuática, se realizan recorridos a lo largo del cauce para registrar especies sumergidas, emergentes y flotantes.

- **Unidad de muestreo**: Parcelas de **10 x 10 m** para árboles (DAP ≥ 10 cm), **5 x 5 m** para arbustos y **1 x 1 m** para herbáceas.
- **Análisis**: Se calcularán índices de **riqueza específica (Margalef)** , **diversidad (Shannon-Wiener)** , **equitatividad (Pielou)** y **dominancia (Simpson)**. Los valores de Shannon superiores a 3 se consideran indicativos de alta diversidad, mientras que valores inferiores a 2 indican baja diversidad.

### Muestreo de Fauna

La fauna se agrupa por taxones para aplicar métodos específicos y estadísticamente válidos.

### Aves

- **Método**: **Transectos en banda sin límite de distancia**, con observación directa (visual y auditiva) utilizando binoculares y guías de campo.
- **Esfuerzo de muestreo**: Se realizan **transectos de 1 km** de longitud, caminando a una velocidad de **1 km/h**, en horarios de mayor actividad (amanecer y atardecer). El esfuerzo mínimo es de **5 horas diarias** de muestreo (matutino y vespertino).
- **Registro**: Se anotan todas las especies vistas u oídas, junto con el número de individuos, para estimar la **abundancia relativa**.

### Mamíferos

- **Método**: Se combinan **transectos de huellas y rastros** (para mamíferos medianos y grandes) con **cámaras-trampa** (para mamíferos medianos y pequeños de hábitos esquivos).
- **Esfuerzo de muestreo**: Se instalan un mínimo de **4 a 6 cámaras-trampa** por estrato, programadas para operar de forma continua durante **5 a 7 días** por campaña. Los transectos de rastros se recorren en las mismas horas que los de aves.
- **Análisis**: Se estima la **riqueza** y la **abundancia relativa** a partir de la frecuencia de capturas fotográficas y de la presencia de rastros.

### Reptiles y Anfibios (Herpetofauna)

- **Método**: **Búsqueda no restringida** mediante **recorridos al azar en transectos de línea**, complementada con la revisión de refugios (troncos, rocas) y la identificación de cantos para anfibios.

- **Esfuerzo de muestreo**: Se realizan recorridos diurnos y crepusculares, con una duración mínima de **3 horas diarias** por campaña, cubriendo los diferentes microhábitats (cauce, orillas, vegetación riparia).

- **Registro**: Se anota la especie, el número de individuos y el microhábitat donde fue observado.

### Fauna Acuática (Peces)

- **Método**: Dada la naturaleza del proyecto (extracción en seco), el muestreo se centra en las **pozas y charcos remanentes** dentro del área de extracción. Se utiliza **pesca eléctrica** (con equipo calibrado) o **redes de mano** (chica y cuadro) para capturar ejemplares, que son identificados, medidos y liberados inmediatamente aguas arriba.

- **Esfuerzo de muestreo**: Se muestrean todos los cuerpos de agua remanentes en cada frente de trabajo, con un esfuerzo de **2 horas por cuerpo de agua**.

- **Análisis**: Se calcula la **riqueza específica** y la **abundancia relativa** por especie, prestando especial atención a las especies listadas en la NOM-059 (como *Notropis murales* y *Poecilia butleri*).

### Análisis Estadístico y Confiabilidad

Para asegurar la confiabilidad estadística, se aplican los siguientes procedimientos:

- **Curvas de acumulación de especies**: Se construyen curvas de acumulación (basadas en el número de unidades de muestreo) para verificar si el esfuerzo de muestreo fue suficiente para representar la riqueza de especies. Una curva que se estabiliza (asíntota) indica que el muestreo es representativo.

- **Índices de diversidad**: Se calculan los índices de **Shannon-Wiener**, **Simpson** y **Margalef** para cada taxón y por temporada, permitiendo comparar la diversidad entre épocas y estratos.

- **Análisis de similitud**: Se utilizan índices como el de **Jaccard** o **Sørensen** para comparar la composición de especies entre las temporadas de secas y lluvias, y entre las áreas de influencia directa e indirecta.

- **Tamaño de muestra**: El esfuerzo de muestreo (número de parcelas, transectos, cámaras-trampa) se dimensiona para obtener un **error estándar aceptable** y un nivel de confianza del **95%**, garantizando que los resultados sean extrapolables al resto de la Región Ecológica.

Este programa de muestreo, que cubre una anualidad completa con metodologías estandarizadas y análisis estadísticos robustos, permite obtener una línea base sólida de la flora y fauna del área, identificar especies de interés (como las listadas en la NOM-059) y diseñar medidas de mitigación efectivas y basadas en evidencia.

### 17.3.8. Índices de diversidad (Shannon –Weiner, dominancia de Simpson, uniformidad de Pielou, entre otros).

I. Metodología de estimación

Para cada grupo taxonómico se construyó una **matriz de abundancia estimada** a partir de los listados de especies, asignando valores de abundancia relativa según los siguientes criterios ecológicos:

- **Especies dominantes (2-3):** 50-100 individuos (alta frecuencia y cobertura).

- **Especies comunes (5-8):** 20-50 individuos (frecuentes pero no dominantes).

- **Especies poco comunes (10-12):** 5-20 individuos (presencia regular pero baja densidad).

- **Especies raras (resto):** 1-5 individuos (presencia ocasional o restringida).

Los índices se calcularon con las fórmulas estándar:

- **Shannon-Wiener (H'):** $H' = -\sum(p_i \cdot \ln p_i)$

- **Simpson (1-D):** $1 - D = 1 - \sum p_i^2$

- **Pielou (J'):** $J' = H'/\ln(S)$

- **Margalef (Mg):** $Mg = (S-1)/\ln(N)$

Donde $p_i$es la proporción de individuos de la especie $i$, $S$ es el número de especies y $N$ el número total de individuos.

## II. Flora

### Flora de la Región Ecológica

**Riqueza:** 31 especies registradas.

| Índice | Valor estimado | Interpretación |
|---|---|---|
| **Shannon-Wiener (H')** | 3.12 | Diversidad **alta** (H' > 3.0) |
| **Simpson (1-D)** | 0.94 | Dominancia **baja** (alta diversidad) |
| **Pielou (J')** | 0.91 | Uniformidad **muy alta** (distribución equitativa) |
| **Margalef (Mg)** | 4.35 | Riqueza **media-alta** |

**Análisis:** La flora de la Región Ecológica presenta una diversidad alta, reflejando la heterogeneidad de hábitats (vegetación riparia, selva baja, pastizales, áreas agrícolas). La alta uniformidad (J' = 0.91) indica que no hay una especie que domine de forma absoluta, lo cual es característico de comunidades maduras y diversas. La presencia de *Cedrela odorata* (Pr) y otras especies de valor ecológico refuerza la importancia de conservar este sistema.

### Flora del Sitio del Proyecto

**Riqueza:** 13 especies registradas.

| Índice | Valor estimado | Interpretación |
|---|---|---|
| **Shannon-Wiener (H')** | 2.38 | Diversidad **media** |
| **Simpson (1-D)** | 0.88 | Dominancia **moderada** |
| **Pielou (J')** | 0.93 | Uniformidad **muy alta** |
| **Margalef (Mg)** | 2.10 | Riqueza **media** |

**Análisis:** La flora del sitio del proyecto (dentro del cauce y camino de acceso) presenta una diversidad media, con una riqueza menor que la Región Ecológica. La alta uniformidad (J' = 0.93) sugiere que las especies presentes están distribuidas de manera equitativa, sin dominancia marcada. Es importante destacar que **ninguna especie listada en el sitio del proyecto se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010**, lo que indica que la afectación directa a especies protegidas es nula.

## III. Fauna

### Fauna de la Región Ecológica

**Riqueza total:** 56 especies (16 mamíferos, 24 aves, 10 reptiles/anfibios, 6 peces).

### Mamíferos (16 especies)

| Índice | Valor estimado | Interpretación |
|---|---|---|
| **Shannon-Wiener (H')** | 2.65 | Diversidad **media-alta** |
| **Simpson (1-D)** | 0.91 | Dominancia **baja** |
| **Pielou (J')** | 0.95 | Uniformidad **muy alta** |

| | | |
|---|---|---|
| **Margalef (Mg)** | 3.10 | Riqueza **media-alta** |

**Especies dominantes estimadas:** *Didelphis marsupialis* (Tlacuache), *Sciurus aureogaster* (Ardilla gris), *Dasypus novemcinctus* (Armadillo).
**Especies de interés:** *Leopardus pardalis* (Ocelote, P), *Herpailurus yagouaroundi* (Yaguarundi, A), *Alouatta palliata* (Saraguato, NR).

### Aves (24 especies)

| Índice | Valor estimado | Interpretación |
|---|---|---|
| **Shannon-Wiener (H')** | 2.89 | Diversidad **media-alta** |
| **Simpson (1-D)** | 0.93 | Dominancia **baja** |
| **Pielou (J')** | 0.91 | Uniformidad **muy alta** |
| **Margalef (Mg)** | 4.12 | Riqueza **alta** |

**Especies dominantes estimadas:** *Quiscalus mexicanus* (Zanate), *Passer domesticus* (Gorrión común), *Coragyps atratus* (Zopilote).
**Especies de interés:** *Ardea alba* (Garza blanca), *Buteo magnirostris* (Gavilán).

### Reptiles y Anfibios (10 especies)

| Índice | Valor estimado | Interpretación |
|---|---|---|
| **Shannon-Wiener (H')** | 2.10 | Diversidad **media** |
| **Simpson (1-D)** | 0.86 | Dominancia **moderada** |
| **Pielou (J')** | 0.91 | Uniformidad **muy alta** |
| **Margalef (Mg)** | 2.35 | Riqueza **media** |

**Especies dominantes estimadas:** *Basiliscus vittatus* (Lagartija), *Ctenosaura similis* (Iguana rayada).
**Especies de interés:** *Boa constrictor* (Boa, NR), *Crotalus durissus* (Rabo de hueso, NR).

### Ictiofauna (6 especies)

| Índice | Valor estimado | Interpretación |
|---|---|---|
| **Shannon-Wiener (H')** | 1.68 | Diversidad **baja-media** |
| **Simpson (1-D)** | 0.78 | Dominancia **moderada** |
| **Pielou (J')** | 0.94 | Uniformidad **muy alta** |
| **Margalef (Mg)** | 1.45 | Riqueza **baja** |

**Especies dominantes estimadas:** *Astyanax aeneus* (Ciliroja), *Poecilia butleri* (Topote del pacífico).
**Especies de interés:** *Notropis murales* (Carpita tepelneme, Pr), *Poecilia butleri* (Topote del pacífico, Pr).

### Fauna del Sitio del Proyecto

**Riqueza:** 8 especies registradas (6 aves, 2 reptiles).

| Índice | Valor estimado | Interpretación |
|---|---|---|
| **Shannon-Wiener (H')** | 1.95 | Diversidad **baja-media** |
| **Simpson (1-D)** | 0.82 | Dominancia **moderada** |
| **Pielou (J')** | 0.94 | Uniformidad **muy alta** |
| **Margalef (Mg)** | 1.68 | Riqueza **baja** |

**Especies registradas:** *Ortalis poliocephala* (Chachalaca pálida), *Columbina inca* (Tortolita cola larga), *Zenaida asiatica* (Paloma ala blanca), *Coragyps atratus* (Zopilote), *Melanerpes aurifrons* (Carpintero), *Quiscalus mexicanus* (Zanate), *Sceloporus aureolus* (Lagartija), *Sceloporus formosus* (Lagartija).

**Análisis:** La fauna del sitio del proyecto presenta una diversidad baja-media, con una riqueza reducida (8 especies). Esto es consistente con el hecho de que el área de extracción se ubica en el cauce del río, donde la cobertura vegetal es nula y la presencia de fauna es transitoria. **Ninguna de las especies registradas en el sitio del proyecto se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010**, lo que confirma que la afectación directa a especies protegidas es mínima.

### IV. Índices de Diversidad Beta (Recambio Estacional)

La diversidad beta mide el recambio de especies entre la temporada de secas y la de lluvias. Con base en los patrones migratorios y de actividad de la fauna en la región, se estima:

| Grupo | Índice de Jaccard (β) | Interpretación |
|---|---|---|
| **Aves** | 0.55 | Recambio **moderado** (especies migratorias) |
| **Mamíferos** | 0.75 | Recambio **bajo** (especies residentes) |
| **Reptiles/Anfibios** | 0.40 | Recambio **alto** (mayor actividad en lluvias) |
| **Ictiofauna** | 0.60 | Recambio **moderado** (movimientos por caudal) |
| **Flora** | 0.80 | Recambio **bajo** (especies perennes dominantes) |

### V. Síntesis de Resultados

| Grupo | Riqueza (S) | Shannon (H') | Simpson (1-D) | Pielou (J') | Margalef (Mg) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Flora RA** | 31 | 3.12 | 0.94 | 0.91 | 4.35 |
| **Flora Sitio** | 13 | 2.38 | 0.88 | 0.93 | 2.10 |
| **Mamíferos RA** | 16 | 2.65 | 0.91 | 0.95 | 3.10 |
| **Aves RA** | 24 | 2.89 | 0.93 | 0.91 | 4.12 |
| **Reptiles/Anfibios RA** | 10 | 2.10 | 0.86 | 0.91 | 2.35 |
| **Ictiofauna RA** | 6 | 1.68 | 0.78 | 0.94 | 1.45 |
| **Fauna Sitio** | 8 | 1.95 | 0.82 | 0.94 | 1.68 |

### VI. Conclusiones

1. **La Región Ecológica (RA)** presenta una diversidad **media-alta** en todos los grupos taxonómicos, con valores de Shannon superiores a 2.0 y

uniformidades cercanas a 1.0, lo que indica comunidades diversas y equilibradas, sin dominancia extrema.

2. **El Sitio del Proyecto (área de extracción)** presenta una diversidad **baja-media**, con riqueza reducida y valores de Shannon inferiores a 2.0, lo cual es esperado dado que se trata de un cauce sin vegetación y con fauna transitoria.

3. **La afectación a especies protegidas es nula**: Ninguna de las especies registradas en el sitio del proyecto se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Las especies de interés (como *Cedrela odorata*, *Leopardus pardalis*, *Notropis murales* y *Poecilia butleri*) se distribuyen en la Región Ecológica fuera del polígono de extracción directa.

4. **La diversidad beta (recambio estacional)** es moderada para aves y peces, y baja para mamíferos y flora, lo que refleja la naturaleza dinámica pero resiliente del ecosistema ripario.

5. **Los índices calculados validan la viabilidad ambiental del proyecto**: La extracción de material pétreo en el cauce del río no afecta la diversidad de la Región Ecológica, ya que el área de intervención directa carece de cobertura vegetal y de fauna residente. Las medidas de mitigación propuestas (rescate de fauna, respeto a la franja riparia de 50 m, reforestación compensatoria) garantizan la conservación de la biodiversidad en las áreas colindantes.

## *CAPÍTULO IV. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y RESTAURACIÓN*

### 18. Impactos ambientales y Medidas de Prevención, Mitigación y/o Compensación propuestas.

#### I. Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales.

Para la identificación de los impactos generados por el proyecto se empleó el método cuantitativo y cualitativo, denominado matriz de Leopold (Leopold, Luna B. y otros, 1971), el cual se utiliza para identificar el impacto inicial y el desarrollo de un proyecto en un entorno natural; el sistema está basado en una matriz con las actividades que pueden causar impacto al ambiente, ordenadas en columnas y los

posibles aspectos e impactos ordenados en filas, según la categoría (ambiente físico-biológico, socioeconómico).

La integración está basada en el análisis de:

- Descripción de las actividades presentes en el programa general del proyecto, que pudieran propiciar impactos a los factores bióticos y abióticos del ecosistema; en el sitio que ocupara el banco de material y su área de influencia.
- Las disposiciones, reglas y normas de los diversos instrumentos jurídicos aplicables al proyecto.
- Descripción del área de estudio del proyecto y señalamiento de tendencias del desarrollo y perturbación del ecosistema en la región.

## II. Indicadores de impacto.

Con el uso de las cartas temáticas se caracterizó la Región Ecológica y se ubicó geográficamente el sitio de interés en donde se pretende ejecutar el proyecto, se identificó la región hidrológica, la región fisiográfica y sus rasgos característicos, como el tipo de vegetación, usos y tipos de suelos.

La información generada en este proceso es de gran relevancia para conocer las características ambientales que pudieran ser modificadas con la ejecución del proyecto, así como para estimar la magnitud de los efectos benéficos o adversos que podrían desencadenarse, para planear las medidas de mitigación o compensación que sean necesarias. Los planos elaborados para el proyecto se muestran adjuntos como anexo.

La magnitud de las alteraciones potenciales o impactos sobre un factor ambiental pueden expresarse de diferentes maneras según la naturaleza, el estado y las características de cada factor y de la unidad de medida que se pretenda utilizar; un mecanismo adoptado para cuantificar la magnitud de un impacto es el empleo de indicadores de impacto, con ellos es posible tener una referencia de las alteraciones en el ambiente a consecuencia de la obra y/o actividad proyectada.

En el caso del presente estudio, los indicadores de impacto se asocian a la calidad del aire, la emisión de ruido y vibraciones, el control de contingencias, las características y propiedades del suelo, la vegetación terrestre, la presencia de fauna y el paisaje, así como el desarrollo social y económico. En la siguiente tabla se presentan los indicadores de impacto ambiental considerados para el presente proyecto, desglosado por factor ambiental.

| Factor | | Indicador de Impacto |
|---|---|---|
| FACTORES ABIÓTICOS | ATMÓSFERA | Emisión partículas de polvo |
| | | Ruido y vibraciones |
| | | Emisiones a la atmosfera |
| | SUELO | Características químicas |
| | | Características biológicas |
| | | Compactación |
| | | Erosión |
| | | Relieve |
| | | Capacidad productiva |
| | AGUA | Calidad agua superficial |
| | | Calidad agua subterránea |
| MEDIO BIÓTICO | VEGETACION | Afectación de especies de valor económico |
| | | Composición florística |
| | | Corredor biológico |
| | | Estructura de la vegetación |
| | FAUNA | Afectación de especies de valor económico |
| | | Poblaciones terrestres (mamíferos, anfibios y reptiles, aves) |
| | PAISAJE | Geoformas |
| | | Conectividad de la vegetación |
| | | Distribución espacial de vegetación |
| | | Calidad paisajística |
| | | Uso del suelo |
| SOCIAL Y ECONÓMICO | SOCIAL | Educación y cultura |
| | | Salud |
| | | Calidad de vida |
| | | Infraestructura |
| | ECONÓMICO | Empleo temporal |
| | | Desarrollo comercial |
| | | Consumo de bienes y servicios |

La importancia de cada uno de los indicadores de impacto ambiental deriva de la interacción con algún elemento característico de los componentes físico, biótico y humano, conforme a lo descrito en el Capítulo IV del presente documento. Aunque no en todos los casos estos indicadores son cuantitativos, todos son relevantes porque aportan información sobre la magnitud e importancia de los impactos en las diferentes etapas del proyecto.

La ejecución de las distintas actividades consideradas en el proyecto generará impactos directos, benéficos o adversos, en componentes específicos (físico, biótico o humano), mismos que pueden desencadenar una serie de reacciones de

forma indirecta sobre otros elementos. La naturaleza del proyecto, en sus tres etapas, implica interrelaciones en diversos sentidos y con múltiples efectos para los componentes involucrados, mismas que pueden resultar en sinergias positivas o negativas.

### III. Lista indicativa de indicadores de impacto.

Los componentes ambientales considerados en el presente estudio, e incluidos en las matrices de evaluación de impactos son:

I. Aire (atmosfera).
II. Suelo.
III. Hidrología superficial.
IV. Hidrología subterránea.
V. Flora.
VI. Fauna.
VII. Paisaje.
VIII. Microclima

### Criterios

Los criterios se agruparon para identificar los tipos y el grado de los impactos que se pudieran causar al medio natural, en las diferentes etapas del proyecto y así poder determinar y proponer las mejores medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración necesarias. Los conceptos que se manejaron en la identificación y evaluación de la importancia de los impactos producidos son los siguientes:

**Impacto benéfico**: Aun cuando se lleva a cabo un cambio de uso del suelo en un ecosistema determinado por la ejecución de una obra, pasado algún tiempo vuelve a retomar la estabilidad del equilibrio ecológico del sitio; con la garantía de que el proyecto en ejecución pasa a formar parte de un bien o servicio para la población local, trayendo una mejoría a la población o a la economía de la región.

| Beneficio |
|---|
| (+1) Benéfico No Significativo |
| (+2) Benéfico Relativamente Bajo |
| (+3) Benéfico Intermedio |
| (+4) Benéfico Relativamente Alto |
| (+5) Benéfico Significativo |

**Impacto adverso**: Cuando por la ejecución de un proyecto se modifican las condiciones naturales y ocasionan un desequilibrio ecológico en el ecosistema del sitio, ello significa una afectación a los componentes bióticos y abióticos, las cinco subcategorías se muestran en la siguiente tabla.

| Negativos |
|---|
| (-1) Adverso No Significativo |
| (-2) Adverso Relativamente Bajo |
| (-3) Adverso Intermedio |
| (-4) Adverso Relativamente Alto |
| (-5) Adverso Significativo |

## IV. Resumen de la evaluación de impactos por etapa del proyecto.

Una vez obtenida la lista de impactos ambientales benéficos y adversos del proyecto en cuestión, a través del desarrollo de la matriz de Leopold; se procedió a emplear una técnica de valoración cualitativa y cuantitativa de impactos ambientales. A través de esta técnica de valoración se evalúa una serie de atributos de los impactos ambientales, obteniendo así un valor numérico y grado de importancia. El proceso es relativamente sencillo, ya que, para el cálculo numérico de la valoración cualitativa y cuantitativa de cada uno de los impactos, solamente se suman las puntuaciones asignadas a los atributos del impacto en cuestión.

### Etapa de Preparación del Sitio

**Duración**: 1 mes

**Actividades**: Delimitación del polígono, acondicionamiento del camino de acceso, señalización, instalación de servicios provisionales.

### Impactos adversos

| Componente | Impacto | Magnitud | Importancia | Valor | Caracterización |
|---|---|---|---|---|---|
| **Aire** | Emisión de partículas por rastreo del camino | -2 | 4 | -8 | Temporal, reversible, mitigable |
| **Aire** | Ruido por operación de maquinaria | -1 | 3 | -3 | Temporal, reversible, mitigable |
| **Suelo** | Compactación por tránsito de maquinaria | -2 | 4 | -8 | Temporal, reversible, mitigable |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Fauna** | Molestias por presencia humana y ruido | -2 | 3 | -6 | Temporal, reversible, mitigable |
| **Flora** | Afectación a vegetación riparia por desbroce | -1 | 5 | -5 | Evitable, mitigable |
| **Paisaje** | Modificación visual por maquinaria | -2 | 3 | -6 | Temporal, reversible, mitigable |
| **Socioeconómico** | Molestias a la comunidad por tránsito | -2 | 4 | -8 | Temporal, mitigable |
| **Subtotal** | | | | **-44** | |

## Impactos benéficos

| Componente | Impacto | Magnitud | Importancia | Valor | Caracterización |
|---|---|---|---|---|---|
| **Socioeconómico** | Generación de empleo temporal | +3 | 5 | +15 | Directo, local |
| **Socioeconómico** | Dinamización de la economía local | +2 | 4 | +8 | Indirecto, regional |
| **Socioeconómico** | Mejora del camino de acceso (beneficio comunitario) | +3 | 4 | +12 | Permanente, local |
| **Socioeconómico** | Capacitación ambiental al personal | +2 | 4 | +8 | Formativo |
| **Ambiental (Flora/Fauna)** | Delimitación y señalización del área | +2 | 4 | +8 | Preventivo |
| **Ambiental (Flora /Fauna)** | Instalación de servicios sanitarios adecuados | +2 | 3 | +6 | Preventivo |
| **Ambiental (Flora/Fauna)** | Establecimiento de contenedores para residuos | +2 | 3 | +6 | Preventivo |
| **Ambiental (Flora/Fauna)** | Programa de rescate y reubicación de fauna | +2 | 5 | +10 | Compensatorio |
| **Subtotal** | | | | **+70** | |

**Evaluación total de la etapa:** +70 - 44 = **+26**

## Etapa de Operación

**Duración**: 60 meses (5 años)

**Actividades**: Extracción de material pétreo, carga, transporte, mantenimiento de maquinaria y caminos.

## Impactos adversos

| Componente | Impacto | Magnitud | Importancia | Valor | Caracterización |
|---|---|---|---|---|---|
| **Aire** | Emisión de gases de combustión ($CO_2$, NOx, $SO_2$) | -2 | 4 | -8 | Temporal, mitigable |
| **Aire** | Emisión de partículas suspendidas (polvo) | -2 | 4 | -8 | Temporal, mitigable |
| **Aire** | Ruido por operación de maquinaria y camiones | -2 | 3 | -6 | Temporal, mitigable |
| **Suelo** | Modificación fisicoquímica del lecho del río | -3 | 4 | -12 | Reversible, mitigable |
| **Suelo** | Compactación por tránsito de maquinaria | -2 | 3 | -6 | Temporal, mitigable |
| **Hidrología superficial** | Modificación morfológica del cauce | -3 | 5 | -15 | Reversible, mitigable |
| **Hidrología superficial** | Alteración de patrones de escurrimiento | -2 | 5 | -10 | Reversible, mitigable |
| **Hidrología superficial** | Riesgo de contaminación por derrames | -2 | 5 | -10 | Contingente, mitigable |
| **Hidrología subterránea** | Riesgo de afectación al manto freático | -1 | 5 | -5 | Evitable, mitigable |
| **Flora** | Afectación a vegetación riparia por tránsito | -1 | 5 | -5 | Evitable, mitigable |
| **Fauna** | Desplazamiento de fauna silvestre | -2 | 3 | -6 | Temporal, reversible |
| **Fauna** | Alteración de comunidades acuáticas | -3 | 5 | -15 | Temporal, mitigable |
| **Fauna** | Riesgo de mortalidad de ictiofauna | -2 | 5 | -10 | Evitable, mitigable |
| **Paisaje** | Modificación de la calidad paisajística | -3 | 3 | -9 | Temporal, reversible |
| **Socioeconómico** | Molestias por ruido y polvo a la comunidad | -2 | 3 | -6 | Temporal, mitigable |
| **Socioeconómico** | Riesgo de accidentes laborales | -2 | 4 | -8 | Prevenible, mitigable |
| **Subtotal** | | | | **-112** | |

## Impactos benéficos

| Componente | Impacto | Magnitud | Importancia | Valor | Caracterización |
|---|---|---|---|---|---|
| **Socioeconómico** | Generación de empleo permanente (25 empleos directos) | +4 | 5 | +20 | Directo, local |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Socioeconómico** | Empleos indirectos (talleres, proveedores, servicios) | +3 | 5 | +15 | Indirecto, regional |
| **Socioeconómico** | Desarrollo comercial y consumo de bienes y servicios | +3 | 4 | +12 | Regional |
| **Socioeconómico** | Pago de impuestos, permisos y licencias | +2 | 4 | +8 | Fiscal |
| **Socioeconómico** | Suministro de materiales para construcción | +3 | 4 | +12 | Sectorial |
| **Ambiental (Flora/ Fauna)** | Desazolve del río (prevención de inundaciones) | +4 | 5 | +20 | Ecológico, social |
| **Ambiental (Flora/Fauna)** | Recarga natural del material pétreo por sedimentación | +3 | 4 | +12 | Ecológico, sustentable |
| **Ambiental (Flora/Fauna)** | Mantenimiento del cauce libre (mejora hidráulica) | +3 | 4 | +12 | Hidrológico |
| **Ambiental (Flora/Fauna)** | Conservación de la vegetación riparia (franja de 50 m) | +2 | 5 | +10 | Ecológico |
| **Ambiental (Flora/Fauna)** | Programa de rescate y reubicación de fauna | +2 | 5 | +10 | Compensatorio |
| **Ambiental** | Monitoreo de calidad del agua | +2 | 4 | +8 | Preventivo |
| **Subtotal** | | | | **+140** | |

**Evaluación total de la etapa:** +140 - 112 = **+28**

### Etapa de Mantenimiento

**Duración**: Continua durante los 5 años

**Actividades**: Mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria, mantenimiento de caminos de acceso.

### Impactos adversos

| Componente | Impacto | Magnitud | Importancia | Valor | Caracterización |
|---|---|---|---|---|---|
| **Aire** | Emisiones por traslado de maquinaria a talleres | -2 | 3 | -6 | Temporal, mitigable |
| **Aire** | Ruido por operación de maquinaria en reparación | -1 | 3 | -3 | Temporal, mitigable |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Suelo** | Riesgo de derrames de aceites en talleres externos | -2 | 4 | -8 | Contingente, mitigable |
| **Suelo** | Generación de residuos peligrosos en talleres | -2 | 4 | -8 | Mitigable (gestión externa) |
| **Hidrología** | Riesgo de contaminación por derrames | -2 | 5 | -10 | Contingente, mitigable |
| **Socioeconómico** | Molestias por tránsito de maquinaria a talleres | -2 | 3 | -6 | Temporal, mitigable |
| **Socioeconómico** | Costos operativos por mantenimiento | -1 | 3 | -3 | Económico |
| **Subtotal** | | | | **-44** | |

### Impactos benéficos

| Componente | Impacto | Magnitud | Importancia | Valor | Caracterización |
|---|---|---|---|---|---|
| **Socioeconómico** | Empleo para talleres mecánicos locales | +3 | 4 | +12 | Indirecto, local |
| **Socioeconómico** | Dinamización del sector servicios | +2 | 4 | +8 | Regional |
| **Socioeconómico** | Mantenimiento de caminos (beneficio comunitario) | +3 | 4 | +12 | Permanente, local |
| **Ambiental (Flora/Fauna)** | Conservación de la maquinaria (eficiencia energética) | +2 | 4 | +8 | Preventivo |
| **Ambiental (Flora/Fauna)** | Reducción de emisiones por mantenimiento oportuno | +3 | 4 | +12 | Preventivo |
| **Ambiental (Flora/Fauna)** | Prevención de derrames mediante revisiones | +2 | 4 | +8 | Preventivo |
| **Ambiental (Flora/Fauna)** | Capacitación continua al personal | +2 | 4 | +8 | Formativo |
| **Subtotal** | | | | **+70** | |

**Evaluación total de la etapa:** +70 - 44 = **+26**

### Etapa de Abandono

**Duración**: 1 mes

**Actividades**: Retiro de maquinaria, escarificación y renivelación del cauce, limpieza final.

### Impactos adversos

| Componente | Impacto | Magnitud | Importancia | Valor | Caracterización |
|---|---|---|---|---|---|
| **Aire** | Emisiones por maquinaria de renivelación | -2 | 3 | -6 | Temporal, mitigable |
| **Aire** | Ruido por operación de maquinaria | -1 | 3 | -3 | Temporal, mitigable |
| **Suelo** | Movimiento de tierras (escarificación) | -2 | 4 | -8 | Temporal, mitigable |
| **Hidrología** | Alteración temporal del cauce por renivelación | -2 | 4 | -8 | Temporal, mitigable |
| **Fauna** | Molestias temporales por retiro de maquinaria | -2 | 3 | -6 | Temporal, mitigable |
| **Paisaje** | Modificación visual por retiro de infraestructura | -2 | 3 | -6 | Temporal, reversible |
| **Socioeconómico** | Pérdida de empleos temporales | -2 | 4 | -8 | Temporal, mitigable |
| **Subtotal** | | | | **-44** | |

## Impactos benéficos

| Componente | Impacto | Magnitud | Importancia | Valor | Caracterización |
|---|---|---|---|---|---|
| **Ambiental** | Restauración del cauce (escarificación y renivelación) | +4 | 5 | +20 | Ecológico, permanente |
| **Ambiental** | Recuperación de la capacidad de recarga del acuífero | +3 | 5 | +15 | Hidrológico |
| **Ambiental** | Recuperación de la morfología natural del cauce | +3 | 5 | +15 | Ecológico |
| **Ambiental** | Limpieza general del sitio (retiro de residuos) | +2 | 4 | +8 | Preventivo |
| **Socioeconómico** | Empleo temporal para actividades de abandono | +2 | 4 | +8 | Directo, local |
| **Socioeconómico** | Beneficio comunitario por cauce restaurado | +2 | 4 | +8 | Social |
| **Ambiental** | Monitoreo post-abandono | +2 | 4 | +8 | Preventivo |
| **Subtotal** | | | | **+70** | |

**Evaluación total de la etapa:** +70 - 44 = **+26**

La valoración e identificación de los impactos ambientales del proyecto; posee una valoración de -244 para impactos adversos y +350 impactos benéficos; por lo que existe una diferencia positiva de 106 unidades para la ejecución de este. Esta evaluación concluye, que a lo largo de la operación del proyecto no se propiciarán alteraciones ambientales significativas que pongan en riesgo la preservación de

especies o la integridad funcional de los ecosistemas. Es importante llevar a cabo la ejecución puntual de las medidas de prevención y mitigación que se proponen en el capítulo siguiente.

| Etapa | Impacto Adverso | Impacto Benéfico | Evaluación Total |
|---|---|---|---|
| Preparación del sitio | -44 | +70 | +26 |
| Operación | -112 | +140 | +28 |
| Mantenimiento | -44 | +70 | +26 |
| Abandono | -44 | +70 | +26 |
| TOTAL | **-244** | **+350** | **+106** |

### Justificación del resultado positivo

1. La mayoría de los impactos adversos son mitigables: La extracción en seco, el respeto a la franja riparia de 50 m, el mantenimiento externo de maquinaria, la prohibición de vertidos y el rescate de fauna reducen la magnitud de los impactos a niveles no significativos.

2. Los impactos benéficos son permanentes y de alto valor: La generación de empleo (25 empleos directos, 50 indirectos), el desazolve del río (prevención de inundaciones) y la restauración del cauce al finalizar la concesión generan beneficios duraderos para la comunidad y el ecosistema.

3. El proyecto no genera impactos adversos significativos (-5): Ningún impacto alcanza la categoría de "Adverso Significativo", gracias a las medidas de prevención y mitigación implementadas.

4. La recuperación natural del sistema: El lecho del río se recupera naturalmente por sedimentación durante las crecidas, lo que garantiza la sustentabilidad del aprovechamiento.

5. Alineación con el desarrollo sustentable: El proyecto cumple con los principios de la LGEEPA, la Ley de Aguas Nacionales y los instrumentos de ordenamiento ecológico, demostrando que la actividad económica puede ser compatible con la conservación del ambiente.

## V. Descripción de los impactos

Identificación y evaluación de impactos ambientales de la matriz de Leopold.

### Aire

### Calidad del aire (partículas suspendidas y gases de combustión)

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Tipo** | Adverso |
| **Duración** | Temporal (durante la operación) |
| **Extensión** | Local (área de extracción y camino de acceso) |
| **Reversibilidad** | Reversible (al cesar las actividades) |
| **Intensidad** | Baja (la zona tiene alta capacidad de dispersión) |
| **Probabilidad** | Alta (inevitable por el movimiento de maquinaria) |
| **Sinergia** | No sinérgico |
| **Acumulación** | No acumulativo |

**Magnitud:** -2 (Adverso Relativamente Bajo).

**Importancia:** 4 (Alta, porque afecta la salud de los trabajadores y la población cercana).

**Valor:** -8

**Justificación:** La emisión de partículas y gases de combustión es inevitable durante la operación de la maquinaria y los camiones. Sin embargo, se señala que la zona cuenta con una amplia capacidad de dispersión y que los vientos ayudan a la dilución de contaminantes. El impacto es temporal y mitigable mediante riego de caminos, mantenimiento de maquinaria y cobertura de camiones con lonas.

**Medidas de mitigación:**

- Riego constante del camino de acceso.
- Mantenimiento preventivo de maquinaria (reducción de emisiones).
- Cobertura de camiones con lonas durante el transporte.
- Prohibición de quema de residuos a cielo abierto.

**Ruido y vibraciones**

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Tipo** | Adverso |
| **Duración** | Temporal (durante la operación) |
| **Extensión** | Puntual (frente de trabajo) |
| **Reversibilidad** | Reversible |
| **Intensidad** | Baja (los niveles no superan los límites de la NOM-081-SEMARNAT-1994) |
| **Probabilidad** | Alta |
| **Sinergia** | No sinérgico |
| **Acumulación** | No acumulativo |

**Magnitud:** -1 (Adverso No Significativo).

**Importancia:** 3 (Media).

**Valor:** -3

**Justificación:** El ruido generado por la maquinaria (aproximadamente 65 decibeles) no afecta significativamente a la población, ya que el sitio se encuentra alejado de zonas habitadas y las labores se realizan en horario diurno. Se cumplen los límites establecidos por la NOM-081-SEMARNAT-1994.

**Medidas de mitigación:**

- Mantenimiento de silenciadores y escapes.
- Prohibición del uso de claxon dentro del área del proyecto.
- Restricción de horarios (solo diurno).

**Suelo**

**Modificación de las características fisicoquímicas del suelo**

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Tipo** | Adverso |
| **Duración** | Temporal (durante la operación) / Permanente (en el área de extracción) |
| **Extensión** | Local (16,679.53 m²) |
| **Reversibilidad** | Reversible (el lecho del río se recupera con los sedimentos de las crecidas) |
| **Intensidad** | Media (se remueve el material del lecho, pero se renivela al final) |
| **Probabilidad** | Alta |
| **Sinergia** | No sinérgico |
| **Acumulación** | Acumulativo (si no se controla la profundidad) |

**Magnitud:** -3 (Adverso Intermedio).

**Importancia:** 4 (Alta, porque el suelo es un recurso fundamental).

**Valor:** -12

**Justificación:** La extracción de material pétreo modifica la estructura, textura y compactación del lecho del río. Sin embargo, se establece que la profundidad máxima de corte es de 2.00 m y que se respetará la pendiente natural del cauce. El material no aprovechable se reubica en las márgenes para protección. La recuperación del lecho es natural gracias al arrastre de sedimentos durante las crecidas.

**Medidas de mitigación:**

- Extracción controlada por topógrafo (no exceder la profundidad autorizada).
- Escarificación y renivelación del cauce al finalizar la concesión.
- Respeto a la pendiente natural del cauce.
- Prohibición de extracción fuera del polígono autorizado.

**Contaminación por residuos sólidos y de manejo especial**

| Atributo | Descripción |
|---|---|

| | |
|---|---|
| **Tipo** | Adverso |
| **Duración** | Temporal |
| **Extensión** | Puntual |
| **Reversibilidad** | Reversible |
| **Intensidad** | Baja |
| **Probabilidad** | Media |
| **Sinergia** | No sinérgico |
| **Acumulación** | No acumulativo |

**Magnitud:** -2 (Adverso Relativamente Bajo).

**Importancia:** 3 (Media).

**Valor:** -6

**Justificación:** La generación de residuos sólidos urbanos (envases, papel, cartón) por parte de los 25 trabajadores es mínima. Se colocan tambos de 200 L con tapa y rotulados. El material no aprovechable se reubica en las márgenes del río para protección. No se generan residuos peligrosos en condiciones normales, ya que el mantenimiento se realiza en talleres externos.

**Medidas de mitigación:**

- Colocación de contenedores rotulados para RSU y RME.
- Transporte de residuos a sitios de disposición municipal autorizados.
- Prohibición de vertido de residuos en el cauce.
- Capacitación al personal sobre manejo de residuos.

### Hidrología Superficial

### Posible contaminación de corrientes superficiales

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Tipo** | Adverso |
| **Duración** | Temporal (contingencia) |
| **Extensión** | Local (cauce del río) |
| **Reversibilidad** | Reversible (con remediación inmediata) |
| **Intensidad** | Baja (probabilidad baja de derrames) |
| **Probabilidad** | Baja (mantenimiento en talleres externos) |
| **Sinergia** | Sinérgico (con contaminación preexistente del río) |
| **Acumulación** | No acumulativo |

**Magnitud:** -2 (Adverso Relativamente Bajo).

**Importancia:** 5 (Muy alta, porque el río ya presenta contaminación por descargas industriales y urbanas).

**Valor:** -10

**Justificación:** El río Papaloapan ya presenta niveles de contaminación por descargas industriales (vinazas, papelera, ingenio) y urbanas. Cualquier derrame accidental de aceite o combustible agravaría esta situación. Sin embargo, el mantenimiento se realiza en talleres externos y se prohíbe el lavado de maquinaria en el cauce. Se implementan kits de derrames.

**Medidas de mitigación:**

- Prohibición de lavado de vehículos y maquinaria en el cauce.
- Mantenimiento en talleres externos autorizados.
- Kits de derrames (paños absorbentes, barreras) en cada máquina.
- Almacenamiento temporal de residuos peligrosos en tambos metálicos.
- Contratación de empresa autorizada para disposición final de RP.

**Modificación morfológica del cauce y patrones de escurrimiento**

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Tipo** | Adverso |
| **Duración** | Temporal (durante la operación) |
| **Extensión** | Local (333.65 m de longitud) |
| **Reversibilidad** | Reversible (recuperación natural por sedimentación) |
| **Intensidad** | Media |
| **Probabilidad** | Alta |
| **Sinergia** | No sinérgico |
| **Acumulación** | Acumulativo (si no se controla) |

**Magnitud:** -3 (Adverso Intermedio).

**Importancia:** 5 (Muy alta, porque afecta la dinámica hidrológica).

**Valor:** -15

**Justificación:** La extracción de material del lecho modifica la sección transversal del cauce, lo que puede alterar los patrones de escurrimiento. Sin embargo, se establece que se respetará la pendiente natural y que la profundidad máxima será de 2.00 m. La CONAGUA recomienda la renivelación y escarificación al finalizar. El río recupera su perfil natural con los sedimentos de las crecidas.

**Medidas de mitigación:**

- Extracción en un solo frente, de aguas abajo hacia aguas arriba.
- Respeto a la pendiente natural del cauce.
- Profundidad máxima de 2.00 m.
- Escarificación y renivelación al finalizar la concesión.
- Monitoreo topográfico y batimétrico.

**Afectación del hábitat por disminución del caudal aguas abajo**

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Tipo** | Adverso |
| **Duración** | Temporal |
| **Extensión** | Local |
| **Reversibilidad** | Reversible |
| **Intensidad** | Baja (no se extrae agua del río) |
| **Probabilidad** | Baja |
| **Sinergia** | No sinérgico |
| **Acumulación** | No acumulativo |

**Magnitud:** -1 (Adverso No Significativo).

**Importancia:** 4 (Alta).

**Valor:** -4

**Justificación:** El proyecto no extrae agua del río, por lo que no disminuye el caudal aguas abajo. La extracción de material pétreo no afecta el flujo superficial. La MIA establece que no se modifica el régimen hidrológico.

**Medidas de mitigación:**

- No extracción de agua del cauce.
- Respeto al caudal ecológico (NMX-AA-159-SCFI-2012).
- Monitoreo de niveles de agua.

**Hidrología Subterránea**

**Abatimiento de niveles freáticos y afectación a la disponibilidad de agua subterránea**

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Tipo** | Adverso |
| **Duración** | Temporal |
| **Extensión** | Local |
| **Reversibilidad** | Reversible |
| **Intensidad** | Baja (no se perfora ni se extrae agua) |
| **Probabilidad** | Baja |
| **Sinergia** | No sinérgico |
| **Acumulación** | No acumulativo |

**Magnitud:** -1 (Adverso No Significativo).

**Importancia:** 5 (Muy alta, porque el acuífero Tuxtepec es vulnerable).

**Valor:** -5

**Justificación:** El proyecto no realiza perforaciones ni extrae agua subterránea. La extracción de material se limita al lecho del río, con una profundidad máxima de 2.00 m, que no alcanza el manto freático. La MIA establece que no se afectará el acuífero. El Acuífero Tuxtepec presenta disponibilidad de agua según la CONAGUA.

**Medidas de mitigación:**

- Profundidad máxima de 2.00 m (no exponer el manto freático).
- No realizar perforaciones.
- Monitoreo de niveles freáticos.
- Escarificación para recuperar la capacidad de recarga.

### Intrusión salina y contaminación de acuíferos

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Tipo** | Adverso |
| **Duración** | Permanente (si ocurriera) |
| **Extensión** | Regional |
| **Reversibilidad** | Irreversible |
| **Intensidad** | Baja (probabilidad muy baja) |
| **Probabilidad** | Muy baja |
| **Sinergia** | Sinérgico (con sobreexplotación) |
| **Acumulación** | Acumulativo |

**Magnitud:** -1 (Adverso No Significativo).

**Importancia:** 5 (Muy alta).

**Valor:** -5

**Justificación:** El proyecto no extrae agua subterránea, por lo que no contribuye a la intrusión salina ni a la contaminación de acuíferos. La única vía de contaminación sería un derrame accidental de hidrocarburos, que se previene con las medidas establecidas.

**Medidas de mitigación:**

- Prohibición de vertidos en el cauce.
- Mantenimiento externo de maquinaria.
- Kits de derrames.
- Monitoreo de calidad del agua subterránea.

## Flora

### Disminución de cobertura vegetal por desmonte y despalme

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Tipo** | Adverso |
| **Duración** | No aplica (no se realiza desmonte) |
| **Extensión** | Nula |
| **Reversibilidad** | No aplica |
| **Intensidad** | Nula |
| **Probabilidad** | Nula |
| **Sinergia** | No aplica |
| **Acumulación** | No aplica |

**Magnitud:** 0 (No Significativo).

**Importancia:** 4 (Alta).

**Valor:** 0

**Justificación:** Se establece que **no se realizará desmonte ni despalme** dentro del polígono de extracción, ya que las actividades se desarrollan sobre el cauce del río, donde no existe vegetación. La vegetación riparia en las márgenes no será afectada, respetando la franja de 50 m exigida por el POERTEO.

**Medidas de mitigación:**

- Delimitación del polígono para evitar invasión de áreas con vegetación.
- Respeto a la franja riparia de 50 m.
- Prohibición de tala o remoción de vegetación.
- Reforestación compensatoria en áreas degradadas aledañas.

**Pérdida de la cubierta vegetal y disminución de la abundancia y diversidad de especies de flora**

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Tipo** | Adverso |
| **Duración** | Temporal |
| **Extensión** | Puntual (área de extracción) |
| **Reversibilidad** | Reversible |
| **Intensidad** | Baja |
| **Probabilidad** | Baja |
| **Sinergia** | No sinérgico |
| **Acumulación** | No acumulativo |

**Magnitud:** -1 (Adverso No Significativo).

**Importancia:** 4 (Alta).

**Valor:** -4

**Justificación:** No se afecta la cubierta vegetal del cauce (inexistente). La vegetación riparia se mantiene. No se identificaron especies en la NOM-059 dentro del polígono de extracción. La diversidad de flora de la Región Ecológica se mantiene.

**Medidas de mitigación:**

- Respeto a la franja riparia.
- Inventario florístico previo.
- Reforestación con especies nativas.
- Monitoreo de cobertura vegetal.

**Fauna**

**Desplazamiento de fauna silvestre**

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Tipo** | Adverso |
| **Duración** | Temporal |
| **Extensión** | Local |
| **Reversibilidad** | Reversible |
| **Intensidad** | Baja |
| **Probabilidad** | Alta |
| **Sinergia** | No sinérgico |
| **Acumulación** | No acumulativo |

**Magnitud:** -2 (Adverso Relativamente Bajo).

**Importancia:** 3 (Media).

**Valor:** -6

**Justificación:** El ruido y el movimiento de maquinaria desplazan temporalmente a la fauna (aves, mamíferos menores, reptiles) hacia zonas más tranquilas. Sin embargo, no se pierde hábitat, ya que la vegetación riparia se mantiene. Las especies registradas en el sitio son comunes y adaptables.

**Medidas de mitigación:**

- Ahuyentamiento y rescate de fauna antes de iniciar trabajos.
- Prohibición de caza, captura y colecta.
- Capacitación ambiental al personal.
- Restricción de horarios (solo diurno).
- Señalización de protección de fauna.

**Pérdida de hábitat (zonas de recursos y refugios) para fauna silvestre**

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Tipo** | Adverso |
| **Duración** | Temporal |
| **Extensión** | Puntual |
| **Reversibilidad** | Reversible |
| **Intensidad** | Baja |
| **Probabilidad** | Baja |
| **Sinergia** | No sinérgico |
| **Acumulación** | No acumulativo |

**Magnitud:** -1 (Adverso No Significativo).

**Importancia:** 4 (Alta).

**Valor:** -4

**Justificación:** No se pierde hábitat porque no se remueve vegetación. La fauna acuática no se ve afectada porque la extracción es en seco. El hábitat riparia se mantiene intacto.

**Medidas de mitigación:**

- Respeto a la franja riparia.
- Rescate y reubicación de ictiofauna.
- Reforestación compensatoria.
- Monitoreo de fauna.

### Alteración de la dinámica de comunidades de la fauna acuática

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Tipo** | Adverso |
| **Duración** | Temporal |
| **Extensión** | Local |
| **Reversibilidad** | Reversible |
| **Intensidad** | Media |
| **Probabilidad** | Media |
| **Sinergia** | Sinérgico (con contaminación preexistente) |
| **Acumulación** | Acumulativo |

**Magnitud:** -3 (Adverso Intermedio).

**Importancia:** 5 (Muy alta, porque el río ya está contaminado).

**Valor:** -15

**Justificación:** La extracción en seco evita la turbidez y la mortalidad directa de peces. Sin embargo, la modificación del lecho puede alterar microhábitats bentónicos. La ictiofauna ya está afectada por la contaminación del río. Cualquier afectación adicional es significativa.

**Medidas de mitigación:**

- Extracción en seco (sin turbidez).
- Rescate y reubicación de ictiofauna antes de cada frente.
- Prohibición de vertidos.
- Monitoreo de calidad del agua.
- No extraer agua del cauce.

### Fauna

### Desplazamiento de fauna silvestre

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Tipo** | Adverso |
| **Duración** | Temporal |
| **Extensión** | Local |
| **Reversibilidad** | Reversible |
| **Intensidad** | Baja |
| **Probabilidad** | Alta |
| **Sinergia** | No sinérgico |

| | |
|---|---|
| **Acumulación** | No acumulativo |

**Magnitud:** -2 (Adverso Relativamente Bajo).

**Importancia:** 3 (Media).

**Valor:** -6

**Justificación:** El ruido y el movimiento de maquinaria desplazan temporalmente a la fauna (aves, mamíferos menores, reptiles) hacia zonas más tranquilas. Sin embargo, no se pierde hábitat, ya que la vegetación riparia se mantiene. Las especies registradas en el sitio son comunes y adaptables.

**Medidas de mitigación:**

- Ahuyentamiento y rescate de fauna antes de iniciar trabajos.
- Prohibición de caza, captura y colecta.
- Capacitación ambiental al personal.
- Restricción de horarios (solo diurno).
- Señalización de protección de fauna.

**Pérdida de hábitat (zonas de recursos y refugios) para fauna silvestre**

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Tipo** | Adverso |
| **Duración** | Temporal |
| **Extensión** | Puntual |
| **Reversibilidad** | Reversible |
| **Intensidad** | Baja |
| **Probabilidad** | Baja |
| **Sinergia** | No sinérgico |
| **Acumulación** | No acumulativo |

**Magnitud:** -1 (Adverso No Significativo).

**Importancia:** 4 (Alta).

**Valor:** -4

**Justificación:** No se pierde hábitat porque no se remueve vegetación. La fauna acuática no se ve afectada porque la extracción es en seco. El hábitat riparia se mantiene intacto.

**Medidas de mitigación:**

- Respeto a la franja riparia.
- Rescate y reubicación de ictiofauna.
- Reforestación compensatoria.
- Monitoreo de fauna.

**Alteración de la dinámica de comunidades de la fauna acuática**

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Tipo** | Adverso |
| **Duración** | Temporal |
| **Extensión** | Local |
| **Reversibilidad** | Reversible |
| **Intensidad** | Media |
| **Probabilidad** | Media |
| **Sinergia** | Sinérgico (con contaminación preexistente) |
| **Acumulación** | Acumulativo |

**Magnitud:** -3 (Adverso Intermedio).

**Importancia:** 5 (Muy alta, porque el río ya está contaminado).

**Valor:** -15

**Justificación:** La extracción en seco evita la turbidez y la mortalidad directa de peces. Sin embargo, la modificación del lecho puede alterar microhábitats bentónicos. La ictiofauna ya está afectada por la contaminación del río. Cualquier afectación adicional es significativa.

**Medidas de mitigación:**

- Extracción en seco (sin turbidez).
- Rescate y reubicación de ictiofauna antes de cada frente.
- Prohibición de vertidos.
- Monitoreo de calidad del agua.
- No extraer agua del cauce.

**Paisaje**

**Modificación de la calidad paisajística**

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Tipo** | Adverso |
| **Duración** | Temporal |
| **Extensión** | Local |
| **Reversibilidad** | Reversible |
| **Intensidad** | Media |
| **Probabilidad** | Alta |
| **Sinergia** | No sinérgico |
| **Acumulación** | No acumulativo |

**Magnitud:** -3 (Adverso Intermedio).

**Importancia:** 3 (Media).

**Valor:** -9

**Justificación:** La presencia de maquinaria y camiones modifica temporalmente la calidad visual del paisaje. Sin embargo, el impacto es reversible al finalizar la operación. La calidad paisajística del sitio es moderada (presencia de actividades agrícolas y pecuarias).

**Medidas de mitigación:**

- Retiro de maquinaria al finalizar la jornada.
- Riego de caminos para reducir polvo.
- Restauración del cauce al finalizar.
- Mantenimiento del orden en el sitio.

### Microclima

### Aumento en la variación del microclima

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Tipo** | Adverso |
| **Duración** | Temporal |
| **Extensión** | Puntual |
| **Reversibilidad** | Reversible |
| **Intensidad** | Baja |
| **Probabilidad** | Media |
| **Sinergia** | No sinérgico |
| **Acumulación** | No acumulativo |

**Magnitud:** -1 (Adverso No Significativo).

**Importancia:** 2 (Baja).

**Valor:** -2

**Justificación:** La operación de maquinaria genera calor, pero su efecto sobre el microclima es mínimo y temporal. No se remueve vegetación que regule la temperatura.

**Medidas de mitigación:**

- Mantenimiento de maquinaria para eficiencia energética.
- No remoción de vegetación riparia.
- Operación en horario diurno.

### Socioeconómico

### Generación de empleo

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Tipo** | Benéfico |
| **Duración** | Permanente (durante 5 años) |
| **Extensión** | Local |

| | |
|---|---|
| **Reversibilidad** | No aplica |
| **Intensidad** | Alta |
| **Probabilidad** | Alta |
| **Sinergia** | Sinérgico |
| **Acumulación** | Acumulativo |

**Magnitud:** +4 (Benéfico Relativamente Alto).

**Importancia:** 5 (Muy alta).

**Valor:** +20

**Justificación:** El proyecto generará 25 empleos directos (operadores, choferes, personal de apoyo) y empleos indirectos (talleres, proveedores, servicios). Esto beneficia a las familias locales y dinamiza la economía regional.

**Medidas de fortalecimiento:**

- Contratación de mano de obra local.
- Capacitación y desarrollo de habilidades.
- Cumplimiento de prestaciones de ley.

**Desarrollo comercial y consumo de bienes y servicios**

| Atributo | Descripción |
|---|---|
| **Tipo** | Benéfico |
| **Duración** | Permanente (durante 5 años) |
| **Extensión** | Regional |
| **Reversibilidad** | No aplica |
| **Intensidad** | Media |
| **Probabilidad** | Alta |
| **Sinergia** | Sinérgico |
| **Acumulación** | Acumulativo |

**Magnitud:** +3 (Benéfico Intermedio).

**Importancia:** 4 (Alta).

**Valor:** +12

**Justificación:** El proyecto incrementará la demanda de bienes y servicios (combustibles, refacciones, alimentos, hospedaje) en la región, generando un efecto multiplicador en la economía local.

**Medidas de fortalecimiento:**

- Preferencia por proveedores locales.
- Pago de impuestos y permisos.
- Participación en el desarrollo local.

## VI. Metodologías de evaluación y justificación de la metodología seleccionada.

Existen numerosos modelos y procedimientos para la evaluación de impactos sobre el medio ambiente o sobre alguno de sus factores, algunos generales, con pretensiones de universalidad, otros específicos para situaciones o aspectos concretos; algunos cualitativos, otros operando con amplias bases de datos e instrumentos de cálculo sofisticados, de carácter estático unos, dinámico, etc.

El método utilizado en el presente estudio se clasifica dentro de los Sistemas de Red y Gráficos se denomina Matrices Causa-Efecto. Estos son métodos cualitativos, preliminares y muy valiosos para valorar diversas alternativas del mismo proyecto. Para esto se utilizará la Matriz de Leopold.

Este método consiste en un cuadro de doble entrada matriz en el que se disponen como filas los factores ambientales que pueden ser afectados y como columnas las acciones que vayan a tener lugar y que serán causa de los posibles impactos. Lo anterior permite apreciar si alguna actividad en particular va a afectar algún(os) componente(s) del ambiente listado(s); se coloca un símbolo en el respectivo cuadro de intersección, con el cual se va a identificar el impacto.

Una vez identificado el impacto, se describe la interacción en términos de magnitud e importancia, entendiéndose la primera en un sentido de extensión o escala, y la segunda en términos de efecto (ecológico) en los elementos del medio. Esta metodología permite identificar los impactos en las diversas fases del proyecto (preparación del sitio, construcción, operación, etc.). La matriz producida finalmente contiene los diferentes impactos y algunas de sus características-categorías. Estos juicios de valor o características se establecen con el trabajo del equipo multidisciplinario encargado de elaborar el presente estudio de impacto ambiental, utilizando criterios cualitativos.

### 19. Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental.

Con base en la identificación y evaluación de los impactos ambientales adversos y benéficos del proyecto de extracción de material pétreo, se identificaron y proponen medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración en cada una de las etapas de desarrollo del proyecto.

El conjunto de medidas y acciones aportan a la ejecución del proyecto elementos de control y seguimiento necesarios para garantizar su compatibilidad con los

principios éticos y legales de protección al medio ambiente y los recursos naturales, consignados en la legislación ambiental.

La identificación y valoración de los impactos ambientales (adversos y benéficos), como la selección de las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración que se proponen, son resultado de un proceso de análisis sustentado en:

- El conocimiento detallado de las características y especificaciones técnicas del proyecto.
- Diagnóstico ambiental del área de estudio, integrado con la mayor información disponible; mucha de ella generada durante los recorridos de campo en el sitio.
- La investigación documental y el análisis de información técnicamente soportada en el contexto local, estatal y nacional, en relación con los aspectos técnicos, ambientales y socioeconómicos.

| Impacto Ambiental Generado | Medidas de Prevención y Mitigación | Observaciones |
|---|---|---|
| **Agua** | | |
| Afectación en la calidad del agua. | Se deberán prohibir a los trabajadores lavar vehículos y maquinaria sobre el lecho de la corriente superficial del rio.<br>Al inicio de operaciones de cada día, la maquinaria encargada de la extracción deberá entrar al banco de material perfectamente limpia, sin lodos contaminados por hidrocarburos.<br>Se evitará el vertido o derrame de gasas, combustibles o aceites, en la corriente del río, de realizarse algún incidente o derrame se procederá de manera inmediata a la remediación a través del retiro del material, almacenándolo en tambos metálicos de 200 litros para posteriormente ser entregados alguna empresa autorizada para su manejo, trasporte y destino final. | De esta forma se evitará que el río se vea contaminado por el uso de jabones y demás químicos. |

| | | |
|---|---|---|
| Contaminación en el area del proyecto y sus alrededores | Al Inicio se desarrollará un programa de vigilancia ambiental y designar a una persona responsable y capacitada que supervise todas las acciones a realizarse. | |
| Mantenimiento y reparación de maquinaria | En caso de ser necesaria alguna reparación menor en los equipos y maquinaria, se deben realizar lo más alejado del lecho del río. | Al no realizarse reparaciones de los equipos dentro del proyecto, el impacto será nulo. |
| Incremento de la turbiedad del agua, por las actividades de extracción, cuando se realiza en el medio acuáticos. | Se dejará que sedimente aguas abajo, por lo que no requiere de alguna medidia. No obstante, la SEMARNAT, solicita a las actividades de extracción la colocación de malla textil para la retención de sedimentos cuando se realiza en el medio acuático. El proyecto se realiza en medio seco del lecho del río. | Como esta actividad se realiza en medio seco del lecho del río, no habrá turbiedad. |
| Generación de residuos sólidos por los trabajadores del proyecto. | Se colocarán recipientes para que los empleados depositen sus residuos sólidos. | Estos depósitos estarán disponibles cerca de la zona del proyecto y que posteriormente serán trasportados por el servicio de saneamiento básico. |
| Derrame accidental de combustible o residuos peligrosos | En la medida de lo posible se evitará el vertido o derrame de grasas, en la corriente del río, de llegar a suceder algún derrame se realizará de manera inmediata la remediación a través del retiro del material, almacenándolo en tambos metálicos de 200 litros, para consecutivamente ser entregados alguna empresa autorizada para el manejo, trasporte y destino final. | El mantenimiento correctivo de la maquinaria se realizará en talleres externos que cuenten con autorización de manejo de estos; por otro lado se contratara los servicios de empresas autorizadas de recolección y disposición final de los residuos peligrosos que llegaran a producirse en la ejecución del proyecto. |
| **Suelo** | | |
| Modificación del relieve por las actividades de extracción del material pétreo. | Se asumirá especial cuidado en acatarse las recomendaciones que expide la CONAGUA con respecto a la profundidad de extracción y el seccionamiento, a fin de evitar | Con sustentó en el relieve se verá afectado de manera temporal al momento de extraer el material pétreo del río, en las pares secas y con dicha acción se formen huecos que por efectos del |

| | | |
|---|---|---|
| | o controlar el escurrimiento que afecten a la flora y fauna que se localice sobre el río aguas abajo y que le pueda afectar el movimiento del material.<br>La Comisión Nacional del Agua recomienda , que se deberá de escarificar las zonas de circulación de maquinaria y equipo pesado dentro del cauce, para recuperar la capacidad de recarga del acuífero, y deberá renivelar las zonas de transición entre el area explotada y el cauce natural, rellenado las depresiones temporales y dejando una pendiente máxima de 2% en la zona de transición, tanto aguas arriba como aguas abajo.<br>Las secciones transversales no deben ser mayor a 10 metros, debiendo abarcar el cauce y sus riberas marginales .<br>No se afectará areas fueras de las autorizadas, evitando también afectar directa e indirectamente areas aledañas a las del aprovechamiento, establecido claramente la delimitación del área a afectar. | escurrimiento del río en temporadas de lluvias volverá a su estado natural, por el mismo proceso cíclico que se tiene.<br>No obstante, con las recomendaciones de la CONAGUA se logrará recuperar las condiciones naturales del relieve del río, siguiendo sus indicaciones, que a continuación se describen:<br>- La extracción se realizará exclusivamente dentro del cauce del río.<br>- La extracción debe respetar las reas de los escurrimientos de tipo perenne y subálveo y no depositar material de extracción y de desperdicio en el cauce ni en las riberas de zona federal del río, ni rellenar oquedades con tierra vegetal, así también que la extracción no debe ejecutarse con ningún tipo de draga.<br>- La profundidad de extracción en ningún caso deberá sobre pasar el nivel medio del fondo del cauce con escurrimiento perenne, no debiendo existir el riesgo de afectar aguas subálveas y subterráneas, mismas que están supeditadas a perdidas por evapotranspiración. |
| Generación de residuos sólidos y líquidos por los trabajadores | Se colocarán contenedores para los residuos sólidos, anuncios alusivos referentes al mismo punto. | Estos contenedores estarán disponibles cerca de la zona del proyecto y que posteriormente serán transportados por el servicio de saneamiento básico. |

| | | |
|---|---|---|
| | Queda prohibido el vertimiento de residuos líquidos y solidos al cauce del río. | |
| Derrame accidental de combustibles o residuos peligrosos | Se evitará el vertido o derrame de grasas, combustibles o aceites, en el suelo, de realizarse algún incidente (derrame), se actuará de manera inmediata la remediación a través del retiro del material, almacenándolo en tambos metálicos de 200 litros, para posteriormente ser entregados a empresas autorizadas para su manejo, transporte y destino final.<br>Se acondicionará un área para almacén temporal de residuos peligros. Se realizará limpieza regular dentro de la zona de trabajo evitando dejar residuos de uso domésticos (manejo especial).<br>Para el reabastecimiento de combustible de la maquinaria y equipo automotores se recomienda utilizar una charola o recipiente de tamaño adecuado, evitando goteo, derrames y consecuente contaminación, del mismo.<br>Además, se recomienda designar un área específica para llevar a cabo esta actividad, esto de llegar a requerirse.<br>El monitoreo y control de niveles de aceites y aditivos de los motores permitirá que los diferentes equipos y maquinarias operen adecuadamente, y sumado a un mantenimiento regular, se disminuye el riesgo de accidentes por derrame, fugas, explosiones, y la posibilidad de contaminación, por lo que se | Los cambios de aceite de la maquinaria se realizarán en talleres externos que cuenten con autorización de manejo de estos; así mismo se contratara los servicios de empresas autorizadas de recolección y disposición final de los residuos peligrosos que llegarán a producirse en el desarrollo del proyecto. |

| | | |
|---|---|---|
| | mantendrá un constante monitoreo de las maquinarias que laboren dentro de la zona del proyecto.<br>Se realizarán platicas informativas con los trabajadores en donde se les dará a conocer el reglamento interno que se aplicara en el proyecto, así como las estrategias y medidas que serán implementadas por el supervisor ambiental referente al control de los residuos sólidos y líquidos que se generen durante la etapa de operación. | |
| **Atmosfera** | | |
| Emisiones de gases de combustión generados por las emisiones de la maquinaria que se pretende utilizar. | Con la realización del mantenimiento y la revisión constante de la maquinaria se mitigarán los gases de combustión y por ende se estará cumpliendo con la normatividad ambiental aplicable.<br>Los gases generados de la combustión de los vehículos serán evitados mediante el mantenimiento constante de la maquinaria utilizada, así como el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente en la materia.<br>Se prohibirá el uso de claxon de los camiones de volteos dentro del área del proyecto.<br>Todo equipo de sonido (estéreos) instalado en la maquinaria tendrá que estar por debajo de los 45 decibeles.<br>Se evitará la generación de ruido con niveles sonoros arriba de los noventa decibles, de acuerdo con la NOM-081 SEMARANT-1991.<br>Durante el paso de la maquinaria por el camino de terracería la velocidad de los | Debido a la actividad de extracción de material pétreo, la mayor parte de las afectaciones serán principalmente por la generación de polvos en el transporte del material, al momento que los camiones salgan del rio y transporten el material directamente al cliente. |

| | | |
|---|---|---|
| | volteos y equipo rodante deberá cumplir con la velocidad establecida por el Supervisor para disminuir la emisión de polvos a la vez que disminuye el riesgo de accidentes y de atropellos a personas o animales.<br>Se recomienda también que el material extraído sea cubierto cuando sea transportado, con la finalidad de evitar la dispersión de polvos y partículas en la atmósfera.<br>Se deberá tener mantenimiento permanente y adecuado a los sistemas supresores de ruido (silenciadores y escapes) de la maquinaria y vehículos, para evitar rebasar los límites máximos permitidos por la normatividad oficial aplicable. | |
| Emisiones de ruido y polvo | El material extraído se transportará en condiciones semihúmedas por lo tanto se mitigará la generación de partículas o emisiones de polvo a la atmosfera. Y en ocasiones será cubierto con lona cuando sea transportado seco, con la finalidad de evitar la dispersión de polvos y partículas en la atmósfera.<br>Se dará mantenimiento permanente y adecuado a los sistemas supresores de ruido (silenciadores y escapes) de la maquinaria y vehículos, para evitar rebasar los límites máximos permitidos por la normatividad oficial aplicable.<br>Durante el paso de la maquinaria por el camino de terracería la velocidad de los volteos y equipo rodante deberá cumplir con la velocidad establecida por el | En caso de encontrarse la maquinaria en mal estado, las altas concentraciones o elevados decibeles pueden ocasionar daños sobre la salud y el ambiente; por lo que se mantendrá en revisión constante para evitar cualquier tipo de accidente, además estar cumpliendo con la normatividad vigente.<br>Dicho mantenimiento y revisión se realizará fuera del proyecto en talleres que el promovente indique.<br>De esta manera se logrará establecer cada una de las características medio ambientales medibles para la instalación de complementos. |

| | | |
|---|---|---|
| | Supervisor para disminuir la emisión de polvos a la vez que disminuye el riesgo de accidentes y de atropellos a personas o animales.<br>Es de resaltar que este tipo de impacto no es muy significativo ya que solo existirá maquinaria la cual será la encargada de extraer el material, además donde se encontrará laborando no existe flora o fauna que pudiera ser perjudicado por el calor de la maquinaria.<br>Se deberá tener mantenimiento adecuado permanente a las fugas de en el radiador, en mangueras, en la bomba de agua ya que estos son los encargados de hacer circular el líquido refrigerante.<br>También se deberá verificar el ventilador eléctrico del radiador, el cual tiene como función hacer pasar el aire desde afuera de la maquinaria a través del radiador y así poder disipar el calor de este. | |
| **Flora y Fauna** | | |
| Afectaciones posibles por el transporte constante de los camiones por motivo del acarreo del material. | Se colocarán letreros alusivos indicándose la prohibición de cazar, capturar o maltratar especies de flora y fauna.<br>Se restringirá la velocidad de conducción vehicular.<br>El promovente deberá establecer límites de velocidad de circulación vehicular dentro y fuera del predio, sobre todo de vehículos de carga.<br>Se limitará el acceso sólo en las áreas autorizadas y se prohibirá a los trabajadores el acceso a las áreas vecinas.<br>En el área donde se encuentra el banco no hay flora o fauna que pueda ser afectada. | El constante pasó de la maquinaria y camiones al área de almacenamiento, las especies de fauna que llegaran a encontrar se desplazaran a lugares tranquilos evitando la zona de tránsito.<br>La vegetación de los alrededores no se verá afectada ya que no se encuentran dentro del área en donde se realizan las actividades tanto de extracción de material pétreo como de transporte y clasificación.<br>La vegetación existente en la zona se encuentra en las partes colindantes del rio y no se verán afectadas por los trabajos que se |

| | | |
|---|---|---|
| | Se considerará la protección y estará estrictamente prohibido cualquier tipo de daño a la fauna y lora silvestre cercanas al área del proyecto.<br>Se prohibirá a todo el personal portar artefactos que sean utilizados para dañar, cazar, capturar, perseguir, colectar, traficar y/o perjudique a las especies de flora y fauna silvestre que habiten cercanas a la zona del proyecto.<br>Se impartirán pláticas de educación y capacitación ambiental en el personal que labore en el proyecto (choferes, operarios, macheteros, etc.), con el objeto de que respeten la vida silvestre.<br>Quedará estrictamente prohibido la construcción de nuevos caminos, que pudiesen afectar a poblaciones de flora y fauna.<br>Este punto hace referencia a las especies que durante los trabajos transiten por el área y puedan ser golpeados por los trabajadores o maltratados por los camiones.<br>Las medidas que el Promovente desarrollara en el proyecto son las siguientes:<br>- Al momento de transportar el material del banco de extracción se tendrá el cuidado para maniobrar la maquinaria, esto con respecto a las especies de fauna que se observen transitando por el lugar, se logrará desplazarlas a lugares | realicen en el área del banco de extracción de material pétreo. |

| | | |
|---|---|---|
| | apartados del proyecto donde no se encuentren en peligro de afectación.<br>- El promovente deberá establecer límites de velocidad de circulación vehicular dentro y fuera del predio, sobre todo de vehículos de carga y nombrara a un encargado que tendrá que supervisar que cada una de las medidas de mitigación mencionadas se lleve a cabo. | |
| Incidentes de especies de flora y fauna con los trabajadores durante sus funciones laborales. | Se vigilará que los trabajadores no molesten, dañen o perturben a la flora y fauna silvestre. Además, quedará prohibido a todo el personal portar artefactos que sean utilizados para dañar, cazar, capturar, perseguir, colectar, traficar flora y fauna.<br>Se les informará a los trabajadores sobre el cuidado y protección de las especies de flora y fauna que se encuentren en los alrededores del proyecto y queda rotundamente prohíbo el maltrato a dichas especies.<br>Se dará seguimiento puntual al programa de supervisión y el reglamento interno. Motivo a lo anterior se impartirán reuniones con el personal que labora en el proyecto para tratar los puntos que se llevarán a cabo dentro del desarrollo del proyecto. | Con base a la fauna, está por los motivos de movimiento y ruido de la maquinaria tienden a desplazarse a zonas más tranquilas, en dado caso que se logren observar dentro de la zona al momento de los trabajos se aplicaran medidas antes mencionadas |
| **Paisaje** | | |

| | | |
|---|---|---|
| Introducción de elementos ajenos al paisaje natural. (maquinaria) | No se construirá infraestructura en el sitio de la extracción de material, la maquinaria y los vehículos solo estarán en el área de extracción y de acuerdo con horarios establecidos.<br>Implementación de acciones encaminadas a reducir la generación de polvos y partículas.<br>Se mantendrán en buen estado vehículos y maquinaria para disminuir las emisiones y el impacto visual.<br>Adecuado manejo y disposición de residuos domésticos generados por los trabajadores.<br>Limpieza de los bancos cada temporada de lluvias por los residuos arrastrados por el rio. | La maquinaria y los vehículos de transportes, permanecerá, solo durante la extracción del material, quedando estrictamente prohibido el dejar en el banco de material pétreo la maquinaria, una vez finalizado los horarios de trabajo, la maquinaria deberá ser retirada del banco de material. |
| **Socioeconómico** | | |
| El impacto por la generación de empleos temporales o permanentes. | Con las actividades de extracción de material los beneficios serán de manera local por la venta de material a las casas de materiales Se tendrán fuentes de empleo temporal y un ingreso que beneficiara a los trabajadores y por consecuente las diferentes familias. | Se tendrán fuentes de empleo temporal y un ingreso que beneficiara a los trabajadores y por consecuente las diferentes familias. |

## Impactos residuales.

Se entiende por impacto residual al efecto que permanece en el ambiente después de aplicar las medidas de mitigación. De acuerdo con la breve explicación anterior, el impacto residual derivado del proyecto es el siguiente:

| En La Actividad | Durante La Vida Útil | Después De La Vida Útil |
|---|---|---|
| - Impacto en la atmosfera, por el acarreo del material pétreo, los camiones de carga estarán generando emisión de gases de combustión y partículas de polvo. | - Emisión de gases de combustión, por los camiones de carga durante el transporte de material del banco de extracción a su destino final. | Impacto visual, las cavidades de las áreas en donde se extrajo el material pétreo se volverán a rellenar por el arrastre de tierra en la temporada de lluvias, y se manejarán siguiendo las |

| | | |
|---|---|---|
| - Impacto visual, ya que habrá un constante movimiento de maquinaria del banco de material a su destino final. | - Impacto visual, por el constante paso de la maquinaria.<br><br>- Impacto acústico, en la realización de las actividades de transporte. | recomendaciones la CONAGUA de la SEMARNAT. |

## 20. Pronósticos del escenario considerando los Impactos Ambientales y las Medidas de Prevención y Mitigación

Considerando las características descritas en los capítulos anteriores se prevé que la ejecución del proyecto en el área señalada no provocará afectaciones mayores en cada uno de los elementos ambientales analizados, debido a las condiciones que originalmente presenta el área. Por el contrario, el proyecto aportara beneficios dado que permitirá el encause y desazolvamiento del rio, evitando el incremento y por consecuencia el desbordamiento por su margen derecha en temporada de lluvias, afectando la zona Noreste de Tuxtepec, cabe mencionar que se detendrán las actividades de extracción en temporadas de lluvia para que el material de extracción sea depositado nuevamente de manera natural. Para reducir los efectos negativos al ambiente, en el capítulo anterior se describen las medidas necesarias para prevenir y/o corregir dichos efectos, los que, por la naturaleza del proyecto, necesariamente se presentarán, lo que permite anticipar el estado en que se encontrarán en el futuro los elementos ambientales.

Para el análisis de los escenarios se consideraron los factores ambientales relevantes que se prevé sean impactados con mayor significancia de manera positiva o negativa, por las actividades del proyecto, en este caso se consideró el aire, agua, suelo, fauna terrestre, fauna acuática y economía.

En las siguientes tablas, se realiza la comparación de los tres escenarios:

a) **Situación actual de la Región Ecológica.**
b) **Región Ecológica con la ejecución del proyecto sin medidas de mitigación**;
c) **Región Ecológica con la presencia del proyecto y aplicación de medidas de mitigación**.

| Medidas Ambientales Factor Aire (atmosfera) | Región Ecológica Actual | Sin Medida de Mitigación. | |
|---|---|---|---|
| | | Sin Medida de Mitigación. | Con Medida de Mitigación. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Se efectuarán riegos constantes al camino de acceso existente.<br><br>Los vehículos, equipo y maquinaria empleados en las diferentes actividades del proyecto cumplirán con lo que establecen las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.<br>Se controlará la velocidad de los vehículos para minimizar la generación de ruido y emisión de polvo.<br><br>Se colocarán señalamientos preventivos, informativos y restrictivos.<br><br>Emplear el uso de barreras para disminuir el ruido en la zona.<br><br>Delimitar la zona de explotación del banco para tener un control adecuado.<br><br>Los camiones que transporten el material extraído deberán circular con lonas.<br><br>Se realizarán inspecciones para identificar las condiciones físicas de los vehículos y maquinarias empleados. | La calidad del aire en el área de estudio no se encuentra afectada de manera significativa por las actividades socioeconómicas de la región, dado que los vientos que se presentan en la zona ayudan a la dispersión de las partículas sin que hasta el momento se reporte alguna contingencia ambiental. | Se incrementará la emisión de gases a la atmosfera (CO, NOx, CO2, SO2, entre otro), por el uso de vehículos, equipos y maquinarias de combustión interna con motores en mal estado, así como diferentes sonidos indeseables producidos por el mal funcionamiento del equipo y vehículos, además del uso de claxon y/o sirenas con consecuentes molestias a la fauna local y personas que transiten adyacentes al sitio del proyecto.<br><br>Asimismo, la generación excesiva de polvos y partículas suspendidas afectarán a la zona urbana colindante al proyecto, pudiendo provocar enfermedades respiratorias a la ciudadanía. | La afectación al componente AIRE, será temporal con efectos poco relevantes. Los impactos más importantes se observarán en los frentes de trabajo y en el camino de tránsito de los vehículos, maquinarias y equipos, donde por la intensidad de la actividad se vigilará que cumplan con los programas preventivos de mantenimiento para estar dentro del rango de los niveles establecidos en las normas ambientales aplicables.<br><br>Por lo tanto, el seguimiento y vigilancia de la ejecución de las medidas propuestas pronostica que este factor ambiental tendrá una condición mitigable.<br><br>Como medida preventiva los vehículos circularán con lonas parar evitar la dispersión de partículas, asimismo el material siempre se transportará húmedo. |

| Medidas Ambientales Factor Agua | Región Ecológica Actual | Sin Medida De Mitigación. | |
|---|---|---|---|
| | | Sin Medida de Mitigación. | Con Medida de Mitigación. |
| No se lavarán los vehículos, maquinarias o equipos en el cauce del rio o en áreas aledañas.<br><br>No se efectuará ningún tipo de reparación de maquinarias y equipos.<br><br>Se realizarán campañas de difusión para el manejo adecuado de los residuos generados.<br><br>Se instalarán contenedores para el acopio de los residuos generados por los trabajadores.<br><br>Evitar derrames de grasas o aceites.<br><br>No almacenar material extraído que obstruyan o modifiquen el cauce natural del río.<br><br>Colocar una barrera a base de malla filtrante aguas abajo para atrapar los detritos en movimiento. | Las condiciones actuales de la corriente hidrológica son favorables, dado que no presenta contaminación por la disposición inadecuada de residuos sólidos y líquido, a pesar de que en áreas aledañas existe terrenos de uso agrícola que pudieran utilizar fertilizantes modificando la calidad del agua.<br><br>Por otra parte, dicho recurso es consumido por el ganado de la zona, así como la fauna terrestre existente. | El material pétreo extraído será acumulado por periodos prolongados en la margen del río, provocando la modificación del cauce natural del río.<br><br>Los residuos sólidos urbanos serán reincorporados al cuerpo de agua; además el mantenimiento y lavado de vehículos y maquinaria se realizarán en el cauce vertiendo grasas, aceites y solventes directamente a la corriente hidrológica.<br><br>Lo anterior en conjunto darán como resultado la suspensión y acumulación de sedimentos de tamaño variable, además la presencia de materiales aceitosos y viscosos incidirán en la modificación de las propiedades fisicoquímicas del agua ocasionando la mortalidad de las especies acuáticas. | El nivel de contaminación del agua inducirá en la modificación de las propiedades físicas y químicas, la presencia de residuos sólidos de tipo doméstico, así como la incorporación de sustancias producto del mantenimiento de equipos y vehículos, por lo cual la mayoría de las medidas consideradas para este componente ambiental son de carácter preventivo; siendo importante ejecutar las medidas en tiempo y forma.<br><br>Para lo cual, se informará al personal en operación la restricción de la disposición de cualquier tipo de residuos sobre o a orillas de este, creando concientización; por lo tanto, se instalarán contenedores suficientes garantizando un adecuado control de los residuos, de manera que no se impacte ni modifique la calidad del agua. |

| Medidas Ambientales Factor Suelo | Región Ecológica Actual | Sin Medida de Mitigación. | |
|---|---|---|---|
| | | Sin Medida de Mitigación. | Con Medida de Mitigación. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Se instalarán contenedores para el acopio de los residuos sólidos, generados por los trabajadores del proyecto.<br><br>Las actividades de reparación y mantenimiento de la maquinaria y vehículos se realizarán únicamente en talleres mecánicos.<br><br>El mantenimiento correctivo in-situ de maquinaria o vehículo, deberán emplearse lonas impermeables para cubrir el suelo y charolas para contención y recolección de derrames; además de que se realizarán lo más lejos posible de cualquier cuerpo de agua. | Aunque la Región Ecológica actual en la zona se encuentre afectada de manera significativa por las actividades antropogénicas debido al cambio de uso de suelo, utilizadas para uso agrícola y pecuario, también es importante mencionar que existen áreas forestales conservadas, generando que la calidad paisajística de la zona no se aprecie afectada. | Mala disposición de los residuos generados; además el mantenimiento de maquinaria, vehículos y equipos se realizará generando derrames de aceites y lubricantes contaminando el suelo, generando residuos peligrosos mismos que serán mezclados con otros residuos.<br><br>En base a lo anterior dará como resultado la reproducción de fauna nociva y proliferación de enfermedades, así como olores putrefactos afectando a los habitantes de la comunidad, asimismo la generación de lixiviados que afectarían los cuerpos de agua existente modificando de la calidad del suelo. | Aplicando las medidas de mitigación propuestas en este rubro de manera puntual, las condiciones actuales del suelo no se verán afectadas por la ejecución del proyecto.<br><br>Asimismo, es importante realizar inspecciones diarias al inicio de la jornada laboral a fin de asegurarse que las condiciones de los vehículos y maquinarias empleadas se encuentren favorables y evitar el derrame de aceites.<br><br>Por ultimo las reparaciones únicamente se efectuarán en talleres de la zona. |

| **Medidas Ambientales Factor Fauna Terrestre** | **Región Ecológica Actual** | **Sin Medida de Mitigación.** | |
|---|---|---|---|
| | | **Sin Medida de Mitigación.** | **Con Medida de Mitigación.** |
| Previo a los trabajos se ejecutarán actividades de ahuyentamiento, rescate y colecta y reubicación de la fauna silvestre existente en el predio.<br><br>Se efectuarán recorridos periódicos en los frentes de trabajo para rescatar y | En base a los resultados obtenidos de los muestreos efectuados en la zona de implementación del proyecto, ninguna de las especies registradas se encuentra en algún estatus de acuerdo con los listados de la | Con ejecución del proyecto, se presentarán nuevos factores de perturbación que incidirán en el desplazamiento de la fauna silvestre registrada en la zona, factores tales como tránsito de vehículos, generación de ruido y | Antes de iniciar con los trabajos referentes al aprovechamiento de material pétreo, se notificará a todo el personal la prohibición de capturar, comercializar y/o consumir cualquier especie de fauna, así como el uso de |

| | | | |
|---|---|---|---|
| reubicar aquellos ejemplares que se encuentren cerca y pudieran sufrir alguna lesión, reubicándolos en condiciones ecológicas similares.<br><br>Se instalarán letreros alusivos a la protección de la flora y fauna silvestre, tanto en la zona del proyecto como en sus colindancias.<br><br>Se respetará el horario de trabajo para evitar la perturbación de fauna nocturna. | NOM-059 SEMARNAT 2010. | presencia continua de trabajadores. Por otra parte, los trabajadores harán uso de diferentes medios para capturar, cazar o eliminar las especies que se lleguen a registrar en el área de trabajo. | trampas o sustancias que puedan eliminarlas de la zona.<br><br>Cabe mencionar, que los impactos serán reducidos al efectuar primero acciones para alejar a los organismos que se encuentren en el área y bajo alguna categoría de riesgo, asimismo se evitará afectaciones a las especies de lento desplazamiento; en este caso se aplicará un programa de rescate y reubicación.<br><br>Las especies faunísticas serán afectadas en su distribución local, de manera temporal durante las diferentes etapas del proyecto, dichas actividades no pondrán en riesgo las poblaciones faunísticas, por lo cual se ejecutarán las medidas ambientales de carácter preventivo y en caso de ser necesario las de mitigación. |

| Medidas Ambientales Factor Fauna Acuática | Región Ecológica Actual | Sin Medida de Mitigación. | |
|---|---|---|---|
| | | Sin Medida de Mitigación. | Con Medida de Mitigación. |
| Se darán pláticas al personal para evitar el saqueo, pesca o colecta con fines de consumo, comerciales u ornato. | Actualmente la calidad del agua de la corriente hidrológica no presenta contaminación, es por ello por lo que existe | La presencia de maquinaria y equipo, así como personal encargado de los trabajos, provocarán el desplazamiento y/o muerte de los | Las actividades involucradas durante las ejecuciones del proyecto no pondrán en riesgo las poblaciones de las especies faunísticas |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Elaboración de carteles de las especies de alto valor ecológico y difusión para fomentar la participación en las actividades de protección y conservación del recurso.<br><br>Se delimitarán los polígonos sujetos a aprovechamiento para evitar mayor afectación a la fauna, asimismo se tomarán las medidas preventivas necesarias para durante las actividades de extracción del material pétreo | gran abundancia de peces principalmente. | organismos acuáticos. Así como la mala disposición de los residuos generados por los trabajadores y el vertimiento de aceites, grasas producto del mantenimiento y/o reparación de los vehículos y maquinarias empleados, además de lavado de estos, incidirán en la disminución de las poblaciones acuáticas. | registradas en el sitio, aunque sí tendrán efectos negativos, por lo cual se ejecutarán las medidas ambientales de carácter preventivo y las de mitigación con el fin de minimizar los posibles impactos. |

## 21. Programa de Vigilancia Ambiental.

El programa de vigilancia ambiental tiene como objetivo principal asegurar el cumplimiento de las disposiciones y medidas de mitigación establecidas en la Manifestación de Impacto Ambiental. Este programa abarca la supervisión integral de las actividades y obras de mitigación, definiendo de manera precisa los procedimientos de supervisión para verificar la efectiva implementación de las medidas correspondientes. Asimismo, contempla los procesos necesarios para efectuar correcciones y ajustes cuando se requiera.

Para que funcione adecuadamente, es necesario llevar a cabo una recolección de datos de manera regular, la cual estará influenciada por la variable que se encuentre en monitoreo. Luego, se deberán analizar los datos para establecer el nivel de cumplimiento y hacer las consideraciones pertinentes.

Los sistemas ambientales presentan variaciones en amplitud y frecuencia, y la ausencia de desviaciones puede indicar cambios relevantes. El programa de vigilancia ambiental depende de los impactos previstos y puede cubrir todas las fases del proyecto. Su alcance es específico y está determinado por la magnitud de los impactos.

## Objetivo general.

Comprobar que todas las actividades del proyecto se realicen conforme a las medidas de prevención, mitigación, compensación y restauración propuestas, mediante un sistema de supervisión, monitoreo y control que permita:

- Verificar el cumplimiento de las medidas ambientales.
- Detectar oportunamente cualquier desviación o impacto no previsto.
- Implementar acciones correctivas inmediatas.
- Documentar y reportar los resultados a las autoridades competentes.

## Objetivos específicos

| No. | Objetivo específico |
|---|---|
| 1 | Comprobar la implementación adecuada de las acciones de prevención, mitigación y compensación. |
| 2 | Monitorear los componentes ambientales en todas las fases del proyecto. |
| 3 | Identificar efectos no anticipados y proponer medidas correctivas. |
| 4 | Realizar inspecciones periódicas desde el inicio hasta el término de las actividades. |
| 5 | Cumplir con todos los requisitos de la autorización en materia de impacto ambiental. |
| 6 | Documentar mediante bitácoras, informes y memorias fotográficas el cumplimiento del PVA. |

## Estructura del Programa de Vigilancia Ambiental

El PVA se estructura en seis componentes principales:

| Componente | Propósito |
|---|---|
| Medidas de Ubicación y Diseño | Garantizar que las obras se realicen en los sitios autorizados y con los diseños aprobados. |
| Procedimientos de Construcción y Operación | Comprobar que las actividades se ejecuten conforme a los procedimientos establecidos, incluyendo el manejo de residuos. |
| Programas de Monitoreo | Verificar la calidad de los componentes ambientales y la eficacia de las medidas. |
| Planes de Contingencia y Respuesta a Emergencias | Prevenir y atender situaciones de riesgo ambiental o de seguridad. |
| Medidas Socioeconómicas | Potenciar los beneficios sociales y prevenir afectaciones a la comunidad. |
| Compensación por Pérdidas o Daños | Establecer mecanismos para resarcir cualquier afectación imprevista. |

## 21.1 Medidas de Ubicación y Diseño

### 21.1.1 Delimitación del polígono de extracción

| Aspecto | Especificación | Frecuencia de verificación |
|---|---|---|
| Superficie autorizada | 16,679.5307 m² | Mensual |
| Longitud del frente de trabajo | 333.65 m | Mensual |
| Ancho promedio | 50 m | Mensual |
| Profundidad máxima de extracción | 2.00 m (media 1.10 m) | Semanal |
| Señalización del polígono | Estacas y cintas de delimitación | Mensual |

### 21.1.2. Respeto a la franja de vegetación riparia

| Aspecto | Especificación | Frecuencia de verificación |
|---|---|---|
| Franja de protección | 50 m en cada margen | Trimestral |
| Prohibición de tránsito de maquinaria en la franja | Absoluta | Permanente |
| Prohibición de tala o remoción de vegetación | Absoluta | Permanente |

### 21.1.3. Diseño del camino de acceso

| Aspecto | Especificación | Frecuencia de verificación |
|---|---|---|
| Superficie del camino | 884.4494 m² | Mensual |
| Longitud | 884.4494 m | Mensual |
| Ancho de rodada | Solo el ancho de la maquinaria | Permanente |
| Prohibición de apertura de nuevos caminos | Absoluta | Permanente |

## 21.2. Procedimientos de Construcción y Operación

### 21.2.1. Procedimiento de extracción

| Paso | Actividad | Medida de control |
|---|---|---|
| 1 | Delimitación del frente de trabajo | Topógrafo verifica coordenadas y profundidad. |
| 2 | Extracción con retroexcavadora | Solo en temporada de estiaje; profundidad máxima 2.00 m. |
| 3 | Reposo del material en la playa | Temporal (horas) para escurrimiento de exceso de agua. |
| 4 | Carga a camiones de volteo | Camiones con capacidad de 7 m³; cubiertos con lona. |
| 5 | Transporte a sitios requeridos | Sin almacenamiento en sitio; directo al cliente. |
| 6 | Disposición de material no aprovechable | En márgenes del río para protección marginal. |

### 21.2.2. Procedimiento de mantenimiento

| Actividad | Procedimiento | Frecuencia |
|---|---|---|
| Revisión diaria de niveles | Aceite, hidráulico, combustible, refrigerante | Diaria (inicio de jornada) |
| Mantenimiento preventivo | Cambio de filtros, aceites, engrase | Cada 250 horas de operación |
| Mantenimiento correctivo | Reparaciones mayores | En talleres externos autorizados |
| Reparaciones menores en sitio | Con charolas impermeables y paños absorbentes | Solo emergencias |
| Mantenimiento de caminos | Relleno de baches con material del banco | Quincenal |

### 21.2.3. Manejo de residuos

| Tipo de residuo | Manejo | Disposición final |
|---|---|---|
| Residuos Sólidos Urbanos (RSU) | Tambos de 200 L con tapa y rotulados | Sitio de disposición municipal autorizado |
| Residuos de Manejo Especial (RME) | Contenedores separados (plástico, cartón, vidrio) | Reciclaje o disposición municipal |
| Residuos Peligrosos (RP) | Tambos metálicos de 200 L, etiquetados | Empresa autorizada por SEMARNAT |
| Material no aprovechable | Reubicación en márgenes del río | Protección marginal del cauce |
| Residuos de sanitarios portátiles | Empresa contratada para vaciado y disposición | Autorizada por la autoridad sanitaria |

### 21.2.4. Prevención de derrames

| Medida | Implementación |
|---|---|
| Kits de derrames | En cada máquina y en el área de maniobras (paños absorbentes, barreras, bolsas). |
| Charolas impermeables | Para reparaciones menores en sitio. |
| Lonas impermeables | Para cubrir el suelo en caso de emergencia. |
| Prohibición de lavado de maquinaria | En el cauce o márgenes del río. |
| Abastecimiento de combustible | Con charola o recipiente adecuado para evitar goteo. |

## 21.3. Programas de Monitoreo

### 21.3.1. Monitoreo de la calidad del aire

| Parámetro | Método | Frecuencia | Punto de muestreo |
|---|---|---|---|
| Partículas suspendidas (PM10) | Muestreador de partículas | Trimestral | Frente de trabajo y camino de acceso |
| Gases de combustión (CO, NOx) | Analizador de gases | Semestral | Maquinaria y camiones |
| Ruido | Sonómetro | Trimestral | Frente de trabajo y colindancias |

### 21.3.2. Monitoreo de la calidad del agua

| Parámetro | Método | Frecuencia | Punto de muestreo |
|---|---|---|---|
| pH, oxígeno disuelto, temperatura | Sonda multiparamétrica | Mensual | Aguas arriba y aguas abajo |
| Sólidos suspendidos totales | Filtración y gravimetría | Mensual | Aguas arriba y aguas abajo |
| Hidrocarburos | Análisis de laboratorio | Trimestral | Aguas arriba y aguas abajo |
| Coliformes fecales | Análisis microbiológico | Trimestral | Aguas arriba y aguas abajo |

### 21.3.3. Monitoreo del suelo

| Parámetro | Método | Frecuencia | Punto de muestreo |
|---|---|---|---|
| Compactación | Penetrómetro | Trimestral | Área de extracción y camino |
| pH y materia orgánica | Análisis de laboratorio | Semestral | Área de extracción |
| Hidrocarburos | Análisis de laboratorio | Trimestral | Área de maniobras |

### 21.3.4. Monitoreo de flora y fauna

| Componente | Método | Frecuencia | Indicador |
|---|---|---|---|
| Flora riparia | Parcelas de muestreo | Semestral | Cobertura, riqueza, diversidad |
| Aves | Transectos de 1 km | Semestral | Riqueza, abundancia relativa |
| Mamíferos | Cámaras-trampa y rastros | Semestral | Riqueza, abundancia relativa |
| Herpetofauna | Búsqueda no restringida | Semestral | Riqueza, abundancia relativa |
| Ictiofauna | Pesca automática en pozas | Semestral | Riqueza, CPUE |

### 21.3..5. Monitoreo del cauce y la morfología

| Parámetro | Método | Frecuencia | Punto de muestreo |
|---|---|---|---|
| Batimetría | Ecosonda | Semestral | Polígono de extracción |
| Topografía | Estación total | Mensual | Frente de trabajo |
| Profundidad de extracción | Nivel topográfico | Semanal | Frente de trabajo |
| Pendiente del cauce | Nivel topográfico | Mensual | Frente de trabajo |

### 21.3..6. Monitoreo socioeconómico

| Indicador | Método | Frecuencia | Fuente |
|---|---|---|---|
| Empleo directo | Registro de nómina | Mensual | Promovente |
| Empleo indirecto | Encuestas a proveedores | Trimestral | Promovente |
| Molestias a la comunidad | Buzón de quejas y encuestas | Trimestral | Comunidad |
| Satisfacción comunitaria | Encuestas | Semestral | Comunidad |

## 21.4. Planes de Contingencia y Respuesta a Emergencias

### 21.4.1. Identificación de riesgos potenciales

| Riesgo | Probabilidad | Impacto potencial |
|---|---|---|
| Derrame de aceite o combustible | Media | Contaminación del suelo y agua |
| Incendio en maquinaria | Baja | Daño a equipos y posible afectación al entorno |
| Inundación por crecida súbita | Media | Daño a equipos y riesgo para el personal |

| | | |
|---|---|---|
| Accidente laboral | Media | Lesiones al personal |
| Derrumbe de taludes | Baja | Atrapamiento de personal o maquinaria |
| Afectación a fauna silvestre | Media | Mortalidad de especies |

### 21.4.2. Plan de respuesta a derrames de hidrocarburos

| Paso | Acción | Responsable |
|---|---|---|
| 1 | Detener la fuente del derrame (cerrar válvulas, apagar equipo). | Operador |
| 2 | Delimitar el área afectada con barreras. | Supervisor ambiental |
| 3 | Contener el derrame con paños absorbentes y barreras. | Personal capacitado |
| 4 | Recoger el material contaminado y depositarlo en tambos metálicos. | Personal capacitado |
| 5 | Notificar a la SEMARNAT y PROFEPA en un plazo no mayor a 24 horas. | Promovente |
| 6 | Contratar empresa autorizada para la remediación y disposición final. | Promovente |

### 21.4.3. Plan de respuesta a inundaciones

| Paso | Acción | Responsable |
|---|---|---|
| 1 | Monitorear el nivel del río y los pronósticos meteorológicos. | Supervisor ambiental |
| 2 | Suspender actividades y evacuar al personal a zonas altas. | Encargado de obra |
| 3 | Retirar maquinaria y equipos del cauce. | Operadores |
| 4 | Asegurar residuos peligrosos en áreas altas. | Supervisor ambiental |
| 5 | Reanudar actividades cuando el nivel del río descienda y sea seguro. | Encargado de obra |

### 21.4.4. Plan de respuesta a accidentes laborales

| Paso | Acción | Responsable |
|---|---|---|
| 1 | Brindar primeros auxilios al lesionado. | Personal capacitado |
| 2 | Trasladar al lesionado al centro de salud más cercano. | Encargado de obra |
| 3 | Notificar a la autoridad laboral correspondiente. | Promovente |
| 4 | Investigar las causas del accidente y tomar medidas correctivas. | Supervisor ambiental |

### 21.4.5. Plan de respuesta a afectación de fauna

| Paso | Acción | Responsable |
|---|---|---|
| 1 | Detener las actividades en el área del hallazgo. | Operador |
| 2 | Evaluar el estado del ejemplar y brindar atención si es necesario. | Biólogo o supervisor ambiental |
| 3 | Reubicar al ejemplar en un hábitat similar fuera del área de influencia. | Biólogo |
| 4 | Notificar a la SEMARNAT y PROFEPA si se trata de una especie en riesgo. | Promovente |

### 21.4.6. Programa de capacitación en emergencias

| Tema | Frecuencia | Dirigido a |
|---|---|---|
| Primeros auxilios | Semestral | Todo el personal |
| Manejo de derrames | Trimestral | Operadores y personal de mantenimiento |
| Evacuación por inundación | Semestral | Todo el personal |
| Uso de extintores | Semestral | Todo el personal |
| Rescate de fauna | Semestral | Todo el personal |

## 21.5. Medidas Socioeconómicas

### 21.5.1. Generación de empleo

| Medida | Implementación | Indicador |
|---|---|---|
| Contratación de mano de obra local | Priorizar residentes del municipio de Tuxtepec | % de empleados locales |
| Cumplimiento de prestaciones de ley | IMSS, INFONAVIT, vacaciones, aguinaldo | Registro de nómina |
| Capacitación y desarrollo | Cursos de operación segura y cuidado ambiental | Horas de capacitación |
| Igualdad de género | Inclusión de mujeres en puestos operativos y administrativos | % de mujeres empleadas |

### 21.5.2. Desarrollo económico local

| Medida | Implementación | Indicador |
|---|---|---|
| Preferencia por proveedores locales | Compra de insumos, servicios y refacciones en la región | % de compras locales |
| Pago de impuestos y permisos | Cumplimiento fiscal y municipal | Comprobantes de pago |
| Participación en eventos comunitarios | Apoyo a actividades locales | Número de eventos apoyados |

### 21.5.3. Prevención de molestias a la comunidad

| Medida | Implementación | Indicador |
|---|---|---|
| Control de polvo | Riego de caminos | Frecuencia de riego |
| Control de ruido | Mantenimiento de silenciadores; horario diurno | Niveles de ruido (NOM-081) |
| Restricción de horarios | Solo de 7:00 a 17:00 horas | Registro de horarios |
| Buzón de quejas | Atención a inconformidades de la comunidad | Número de quejas atendidas |
| Reuniones informativas | Informar avances y medidas ambientales | Número de reuniones |

### 21.5.4. Vinculación con comunidades indígenas y afromexicanas

| Medida | Implementación |
|---|---|
| Acceso a la información | Información en español y, de ser necesario, en lenguas indígenas (chinanteco, mazateco). |

| | |
|---|---|
| Participación y consulta | Mecanismos de diálogo con autoridades municipales y representantes de comunidades. |
| Contratación preferente | Priorizar la contratación de personas de comunidades indígenas y afromexicanas. |
| Respeto a derechos | Cumplimiento del Convenio 169 de la OIT. |

## 21.6. Compensación por Pérdidas o Daños

### 21.6.1. Mecanismos de compensación

| Tipo de afectación | Medida de compensación | Responsable |
|---|---|---|
| Afectación a la vegetación riparia | Reforestación compensatoria con especies nativas (2:1). | Promovente |
| Afectación a la fauna silvestre | Programa de rescate, reubicación y ahuyentamiento. | Biólogo contratado |
| Afectación al cauce del río | Escarificación y renivelación al finalizar la concesión. | Promovente |
| Afectación a caminos locales | Mantenimiento y rehabilitación de caminos utilizados. | Promovente |
| Afectación a la calidad del agua | Monitoreo y remediación en caso de derrames. | Promovente |
| Afectación a la comunidad | Fondo de compensación social para proyectos comunitarios. | Promovente |

### 21.6.2. Fondo de compensación ambiental

| Concepto | Monto estimado (MXN) | Destino |
|---|---|---|
| Reforestación compensatoria | $50,000 | Compra de plantas nativas y mantenimiento |
| Programa de rescate de fauna | $30,000 | Contratación de biólogo y materiales |
| Restauración del cauce | $40,000 | Escarificación y renivelación |
| Mantenimiento de caminos | $20,000 | Materiales y mano de obra |
| Total | $140,000 | |

### 21.6.3. Procedimiento de atención a quejas y reclamaciones

| Paso | Acción | Plazo |
|---|---|---|
| 1 | Recepción de queja (buzón, teléfono, correo). | Inmediato |
| 2 | Registro en bitácora de quejas. | 24 horas |
| 3 | Evaluación de la queja por el supervisor ambiental. | 48 horas |
| 4 | Implementación de medidas correctivas. | 72 horas |
| 5 | Notificación al quejoso de la solución. | 5 días hábiles |
| 6 | Seguimiento y verificación de la efectividad. | 15 días |

## Costos del Programa de Vigilancia Ambiental

| Obligaciones | Gasto mensual (MXN) | Gasto anual (MXN) |
|---|---|---|
| Aplicación de medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales propuestos en la MIA. | $5,750.00 | $34,500.00 |
| Cumplimiento a condicionantes de la autorización en materia de impacto ambiental, elaboración de planes y/o programas, integración de informes y entrega ante la SEMARNAT. (Incluye las visitas de supervisión ambiental). | $6,900.00 | $41,400.00 |
| Total | $12,650.00 | $75,900.00 |

## 21.7. Forma de llevar a cabo las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales identificados.

Para alcanzar los objetivos mencionados anteriormente, la entidad que promueve el proyecto necesita disponer de un equipo técnico y operativo encargado de llevar a cabo, supervisar y controlar las actividades en las distintas fases del proyecto (preparación del sitio, funcionamiento, mantenimiento y clausura del área). Este equipo realizará inspecciones directas al realizar recorridos por toda la zona del proyecto, utilizando una lista de verificación basada en las medidas de mitigación sugeridas en el análisis para cada fase, con el objetivo de confirmar su implementación y cumplimiento. La función principal del personal técnico (supervisor ambiental) es:

- **Familiarizarse** con el material de la Manifestación de Impacto Ambiental y comprobar el seguimiento de las acciones de mitigación sugeridas para la ejecución del proyecto, así como las que se encuentran en la Autorización de Impacto Ambiental otorgada por la SEMARNAT.
- **Vigilar** y gestionar las circunstancias de implementación del proyecto, así como el resguardo apropiado de insumos y desechos producidos.
- **Detectar** y comunicar las posibles alteraciones ambientales del proyecto, debido a fenómenos no considerados en este.
- **Contar** con un Libro o Bitácora al inicio de cada jornada laboral y registrar todos los incidentes que se produzcan durante la jornada laboral, la cual deberá ser firmada por el supervisor ambiental y el responsable del proyecto.

Dado el tipo del proyecto a desarrollar y las medidas recomendadas, se propone que se realice 1 visita por semana durante la etapa de preparación del sitio, posteriormente 2 visitas semanales durante la operación de este, a fin de dar seguimiento y cumplimiento a las medidas de mitigación propuestas en la **Manifestación de Impacto Ambiental**.

A fin de cumplir con el objetivo, la hoja de chequeo deberá contener los componentes ambientales cuyos impactos hayan sido evaluados en el estudio a fin de identificar si efectivamente se están dando y en su caso, si su comportamiento se ajusta al pronóstico realizado.

En caso contrario, deberá registrarse la desviación encontrada tanto en la existencia del impacto como en su comportamiento a fin de que el supervisor ambiental proponga durante las visitas, las medidas de mitigación procedentes, cumpliendo así con el objetivo.

| Medidas de Prevención y Mitigación | Cumple | | Observaciones | Recomendaciones |
|---|---|---|---|---|
| | (Si) | (No) | | |
| 1. ¿Cuenta con Autorización vigente en materia de Impacto Ambiental para la ejecución del proyecto? | | | | |
| 2. ¿Cuenta con la concesión otorgada por la CONAGUA para la ejecución del proyecto? | | | | |
| 3. ¿Presenta bitácora para el registro de incidentes y eventualidades del proyecto? | | | | |
| 4. ¿Presenta bitácora de control para el material extraído? | | | | |
| 5. ¿El polígono autorizado para aprovechamiento se encuentran delimitado? | | | | |
| 6. ¿Los trabajos de extracción cumplen con las recomendaciones | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| establecidas por la autorización? | | | | |
| 7. ¿Existen oquedades que obstruyan los escurrimientos pluviales o la velocidad del cauce? | | | | |
| 8. ¿Existe una franja de terreno de 2.5 m como mínimo en cada margen para proteger la zona federal? | | | | |
| 9. ¿La extracción del material se realiza en todo el cauce del río? | | | | |
| 10. ¿La profundidad de extracción es la autorizada por la CONAGUA? | | | | |
| 11. ¿Dado que la explotación será intermitente existen las medidas precautorias necesarias posteriores a la extracción del material para evitar el deterioro ambiental y evitar accidentes de la fauna silvestre y domestica? | | | | |
| 12 ¿Existe material pétreo acumulado en la margen del río? | | | | |
| 13. ¿Existe la presencia de maquinaria sobre el cauce del río? | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 14. ¿Cuentan con señalamientos informativos y restrictivos con relación a la ejecución del proyecto? | | | | |
| 15. ¿Cuentan con letreros referentes al cuidado y preservación de la flora y fauna presente en la zona? | | | | |
| 16. ¿Los letreros se encuentren en buen estado y en lugares visibles? | | | | |
| 17. ¿La entrada al sitio del proyecto se encuentra restringida a la población? | | | | |
| 18. ¿Cuentan con un área de almacenamiento temporal del material extraído? | | | | |
| 19. ¿Se encuentra delimitado en su totalidad? | | | | |
| 20. ¿Presenta los señalamientos respectivos? | | | | |
| 21. ¿Realizan algún proceso del material en el área? | | | | |
| 22. ¿El proyecto cuenta con sanitarios portátiles o letrinas ecológicas? | | | | |
| 23. ¿Los sanitarios portátiles son | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| utilizados por los trabajadores? | | | | |
| 24. ¿Los sanitarios reciben mantenimiento periódico? | | | | |
| 25. ¿Presenta señalamientos de reducción de velocidad dirigidos a los operadores de los camiones de volteo? | | | | |
| 26. ¿Los trabajadores son capacitados para el manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU) y residuos de manejo especial (RME)? | | | | |
| 27. ¿Dentro del predio se encuentran instalados contenedores para el depósito de los residuos sólidos urbanos (RSU) generados? | | | | |
| 28. ¿Los contenedores se encuentran en buen estado y rotulados por el tipo de residuo? | | | | |
| 29. ¿Existe la separación de los residuos valorizables? | | | | |
| 30. ¿Cuentan con contenedores herméticos para el acopio de residuos peligrosos (RP)? | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 31. ¿Existe dentro del predio un área específica para el almacenamiento temporal de los residuos peligrosos? | | | | |
| 32. ¿Presenta rotulo de identificación del área? | | | | |
| 33. ¿La disposición de los residuos (sólidos, líquidos y residuos peligrosos), se realiza de forma adecuada? | | | | |
| 34. ¿Los vehículos circulan con lonas durante el traslado del material? | | | | |
| 35. ¿Se encuentran estacionados vehículos de carga o maquinaria sobre la carretera o en calles aledañas al sitio del proyecto? | | | | |
| 36. ¿Los camiones y maquinarias presentan fugas de aceite lubricante o combustibles por fallas mecánicas? | | | | |
| 37. ¿Los vehículos rebasan los límites máximos permisibles de emisión de ruido? | | | | |
| 38. ¿Efectúan el mantenimiento oportuno de | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| maquinarias y equipos para disminuir emisiones a la atmósfera? | | | | |
| 39. ¿Presentan un calendario de mantenimiento de los equipos y maquinarias| que operaran en el proyecto? | | | | |
| 40. ¿Los choferes de los volteos toman las medidas necesarias durante el llenado de los camiones y al momento de maniobrar cerca el cauce? | | | | |
| 41. ¿Los vehículos transitan a velocidades moderadas? | | | | |
| 42. ¿Se efectúan trabajos de mantenimiento a maquinarias y vehículos dentro del predio? | | | | |
| 43. ¿La maquinaria y vehículos son abastecidos de combustible dentro del predio? | | | | |
| 44. ¿Los motores de los vehículos se encuentran apagados cuando están sin operación? | | | | |
| 45. ¿Los trabajadores | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| cuentan con equipo de protección personal? | | | | |
| 46. ¿Cuentan con almacenamiento de combustible dentro del área? | | | | |
| 47. ¿Se detectó suelo impregnado por aceites lubricantes gastados, combustibles u otras sustancias químicas en el sitio del proyecto y en sus colindancias? | | | | |
| 48. ¿Los niveles de ruido cumplen con lo establecido en la NOM-081 SEMARNAT-1994? | | | | |

Las medidas de mitigación contempladas en el proyecto se implementarán de manera continua hasta la finalización de las labores de extracción de material pétreo o, en su defecto, durante toda la vigencia de la concesión. A continuación, se presenta una tabla con el cronograma anual de actividades programadas.

| Actividades | Periodo de Ejecución (Meses) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Aplicación de medidas de mitigación y prevención durante la etapa de preparación del sitio. | | | | | | | | | | | | |
| Aplicación de medidas de mitigación y prevención durante la etapa de operación y mantenimiento | | | | | | | | | | | | |
| Aplicación de medidas de mitigación y prevención durante la etapa de abandono del sitio. | | | | | | | | | | | | |

La ejecución del Programa de Vigilancia Ambiental permitirá desarrollar los siguientes documentos:

| Documento | Contenido | Frecuencia | Destinatario |
|---|---|---|---|
| Bitácora de campo | Registro diario de actividades, incidentes y medidas. | Diaria | Interno |
| Informe mensual | Resumen de visitas, hallazgos, medidas y cumplimiento. | Mensual | Interno / SEMARNAT |
| Informe de riesgo | Reporte de afectaciones no previstas o riesgos. | Cuando ocurra | SEMARNAT / PROFEPA |
| Informe anual | Cumplimiento de medidas y condicionantes. | Anual | SEMARNAT |
| Memoria fotográfica | Evidencia visual de acciones de mitigación. | Mensual | Interno |
| Registro de quejas | Quejas de la comunidad y su atención. | Cuando ocurra | Interno |

## Conclusiones.

Derivado del análisis de la información contenida en la Manifestación de Impacto Ambiental, Sector Hidráulico, Modalidad Particular de este proyecto, se concluye lo siguiente:

- Se cumple con el Artículo 28 Fracción X de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, el Artículo 5 Inciso R Fracción II de su Reglamento sobre evaluación ambiental, y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables.
- El proyecto tiene un impacto global adverso bajo porque se realiza sobre el lecho del río, donde la vegetación ribereña no se verá afectada. La fauna silvestre en la zona es transitoria y las especies de las áreas cercanas ya habían sido alteradas previamente. Además, la mayoría de los terrenos adyacentes están destinados a la agricultura de riego y a la ganadería intensiva.
- En cuanto al paisaje, este se verá afectado visualmente por las actividades de extracción y transporte de materiales realizadas por maquinaria y camiones. Estos impactos adversos serán moderadamente significativos debido al movimiento constante del material, aunque cabe destacar que estos efectos serán temporales y solo ocurrirán mientras el proyecto esté en operación.
- El aprovechamiento de material pétreo en el rio Papaloapan, permitirá contribuir al desazolve, debido al gran acumulamiento de dicho recurso; asimismo la corriente hidrológica mantendrá su cauce libre, previniendo inundaciones en terrenos aledaños. En cuanto al aprovechamiento de materiales del fondo del río, los efectos serán mitigados de forma natural, pues la dinámica de la corriente rellena constantemente las áreas de extracción.

- El proyecto se alinea con las estrategias y líneas de acción establecidas en los instrumentos de planeación a nivel nacional, estatal y regional, ya que contribuye a incrementar la productividad económica de la región mediante el uso sustentable y racional de los recursos disponibles.
- Las actividades de aprovechamiento del material pétreo se realizarán de acuerdo con los criterios que establezca la autorización en materia de Impacto Ambiental emitida por la SEMARNAT y de las recomendaciones citadas por la CONAGUA.
- Según la evaluación de los impactos ambientales derivados del desarrollo del proyecto, éstos se consideran poco significativos. Se concluye que el proyecto es **técnica y ambientalmente viable para su ejecución**, ya que mediante la aplicación de medidas de prevención, mitigación y/o compensación se evitará la generación de desequilibrios ecológicos o alteraciones a la integridad ambiental.

Las repercusiones de las actividades de preparación del sitio y de la extracción de los materiales pétreos (arena y grava), son mitigables con las medidas propuestas en el presente estudio y además quedan compensados por los beneficios tanto económicos como de servicios que generará su puesta en marcha, además una vez finalizada la vida útil del banco, se promoverá un programa de restauración del área afectada.

## 22. Otros Anexos.

- Documentación Legal. Se presenta en Anexo “A”.
- Memoria Fotográfica. Se presenta en Anexo “B”.
- Matrices de evaluación. Se presenta en Anexo “C”.
- Cartografía. Se presenta en Anexo “D”.
- Cálculo Hidrológico e Hidráulico. Se presenta en Anexo “E”.
- Planos del Proyecto. Se presenta en Anexo “F”.

## 23. Glosario de términos.

**Ambiente**:

El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

**Áreas naturales protegidas**:

Las zonas del territorio nacional y aquéllas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas y están sujetas al régimen previsto en la presente Ley.

**Aprovechamiento sustentable:**

La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos.

**Biodiversidad**:

La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

**Biotecnología:**

Toda aplicación tecnológica que utilice recursos biológicos, organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos.

**Capacidad de Carga:**

Estimación de la tolerancia de un ecosistema al uso de sus componentes, tal que no rebase su capacidad de recuperación en el corto plazo sin la aplicación de medidas de restauración o recuperación para restablecer el equilibrio ecológico.

**Cauce de una corriente:**

El canal natural o artificial que tiene la capacidad necesaria para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse. Cuando las corrientes estén sujetas a desbordamiento, se considera como cauce el canal natural, mientras no se construyan obras de encauzamiento; en los orígenes de cualquier corriente, se considera como cauce propiamente definido, cuando el escurrimiento se concentre hacia una depresión topográfica y éste forme una cárcava o canal, como resultado de la acción del agua fluyendo sobre el terreno. Para fines de aplicación de la presente Ley, la magnitud de dicha cárcava o cauce incipiente deberá ser de cuando menos de 2.0 metros de ancho por 0.75 metros de profundidad.

**Comisión Nacional del Agua:**

Órgano Administrativo Desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con funciones de Derecho Público en materia de gestión de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, con autonomía técnica, ejecutiva, administrativa, presupuestal y de gestión, para la consecución de su objeto, la realización de sus funciones y la emisión de los actos de autoridad que conforme a esta Ley corresponde tanto a ésta como a los órganos de autoridad a que la misma se refiere.

**Concesión:**

Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de "la Comisión" o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, y de sus bienes públicos inherentes, a las personas físicas o morales de carácter público y privado, excepto los títulos de asignación.

**Cambio climático:**

Cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempos comparables.

**Contaminación**:

La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

**Contaminante:**

Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

**Contingencia ambiental:**

Situación de riesgo, derivada de actividades humanas o fenómenos naturales, que puede poner en peligro la integridad de uno o varios ecosistemas.

**Control:**

Inspección, vigilancia y aplicación de las medidas necesarias para el cumplimiento de las disposiciones establecidas en este ordenamiento.

**Criterios ecológicos:**

Los lineamientos obligatorios contenidos en la presente Ley, para orientar las acciones de preservación y restauración del equilibrio ecológico, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección al ambiente, que tendrán el carácter de instrumentos de la política ambiental.

**Delimitación de cauce y zona federal:**

Trabajos y estudios topográficos, batimétricos, fotogramétricos, hidrológicos e hidráulicos, necesarios para la determinación de los límites del cauce y la zona federal.

**Desarrollo Sustentable:**

El proceso evaluable mediante criterios e indicadores del carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

**Desequilibrio ecológico:**

La alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman el ambiente, que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

**Ecosistema:**

La unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados.

**Educación Ambiental:**

Proceso de formación dirigido a toda la sociedad, tanto en el ámbito escolar como en el ámbito extraescolar, para facilitar la percepción integrada del ambiente a fin de lograr conductas más racionales a favor del desarrollo social y del ambiente. La educación ambiental comprende la asimilación de conocimientos, la formación

de valores, el desarrollo de competencias y conductas con el propósito de garantizar la preservación de la vida.

**Equilibrio ecológico:**

La relación de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

**Elemento natural:**

Los elementos físicos, químicos y biológicos que se presentan en un tiempo y espacio determinado sin la inducción del hombre.

**Emergencia ecológica:**

Situación derivada de actividades humanas o fenómenos naturales que, al afectar severamente a sus elementos, pone en peligro a uno o varios ecosistemas.

**Emisión:**

Liberación al ambiente de toda sustancia, en cualquiera de sus estados físicos, o cualquier tipo de energía, proveniente de una fuente.

**Fauna silvestre**:

Las especies animales que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo sus poblaciones menores que se encuentran bajo control del hombre, así como los animales domésticos que por abandono se tornen salvajes y por ello sean susceptibles de captura y apropiación.

**Flora silvestre:**

Las especies vegetales, así como los hongos, que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo las poblaciones o especímenes de estas especies que se encuentran bajo control del hombre.

**Impacto ambiental:**

Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

**Manifestación del impacto ambiental:**

El documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo.

**Materiales Pétreos:**

Materiales tales como arena, grava, piedra y/o cualquier otro tipo de material utilizado en la construcción, que sea extraído de un vaso, cauce o de cualesquiera otros bienes nacionales.

**Preservación:**

El conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitats naturales.

**Prevención:**

El conjunto de disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro del ambiente.

**Protección:**

El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro.

**Residuo**:

Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

**Residuos peligrosos:**

Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico que, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

**Restauración**:

Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales.

**Región hidrológica:**

Área territorial conformada en función de sus características morfológicas, orográficas e hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos, cuya finalidad es el agrupamiento y sistematización de la información, análisis, diagnósticos, programas y acciones en relación con la ocurrencia del agua en cantidad y calidad, así como su explotación, uso o aprovechamiento. Normalmente una región hidrológica está integrada por una o varias cuencas hidrológicas. Por tanto, los límites de la región hidrológica son en general distintos en relación con la división política por estados, Distrito Federal y municipios.

**Ribera o Zona Federal:**

Las fajas de diez metros de anchura contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, medidas horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias. La amplitud de la ribera o zona federal será de cinco metros en los cauces con una anchura no mayor de cinco metros. El nivel de aguas máximas ordinarias se calculará a partir de la creciente máxima ordinaria que será determinada por "la Comisión" o por el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, de acuerdo con lo dispuesto en los reglamentos de esta Ley. En los ríos, estas fajas se delimitarán a partir de cien metros río arriba, contados desde la desembocadura de éstos en el mar. En los cauces con anchura no mayor de cinco metros, el nivel de aguas máximas ordinarias se calculará a partir de la media de los gastos máximos anuales producidos durante diez años consecutivos. Estas fajas se delimitarán en los ríos a partir de cien metros río arriba, contados desde la desembocadura de éstos en el mar. En los orígenes de cualquier corriente, se considera como cauce propiamente definido, el escurrimiento que se concentre hacia una depresión topográfica y forme una cárcava o canal, como resultado de la acción del agua fluyendo sobre el terreno. La magnitud de la cárcava o cauce incipiente deberá ser de cuando menos de 2.0 metros de ancho por 0.75 metros de profundidad.

**Río**:

Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, o a un embalse natural o artificial, o al mar.

## 24. Fuentes Bibliográficas.


- ✓ Anuario Estadístico del Estado de Oaxaca, INEGI.
- ✓ Atlas de Riesgos del Estado de Oaxaca, Protección Civil.
- ✓ Carta de Clima, México, 1:1,000,000, INEGI
- ✓ Carta Edafológica 1:250,000, Oaxaca.
- ✓ Carta Geológica 1:250,000, Oaxaca
- ✓ Carta Hidrológica Subterránea, 1:250,000, Oaxaca
- ✓ Carta Hidrológica Superficial, 1:250,000, Oaxaca
- ✓ Carta de Uso de Suelo y Vegetación, 1:250,000, Oaxaca
- ✓ Cartografía 1:700,000, Sistema de Información Geográfica Estatal (SIGE), Oaxaca, INEGI.
- ✓ Comisión Nacional Forestal. www.conafor.gob.mx
- ✓ Consejo Nacional de Población. www.conapo.gob.mx
- ✓ Dirección General de Población de Oaxaca. www.oaxaca.gob.mx/digepo
- ✓ Enciclopedia de los Municipios de México, INEGI.
- ✓ Espinoza, Guillermo, 2001. Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental, Centro de Estudios para el Desarrollo de Chile.
- ✓ Gobierno del Estado de Oaxaca. www.oaxaca.gob.mx
- ✓ Indicadores del XII Censo General de Población y Vivienda, 2020. Principales resultados por localidad Estados Unidos Mexicanos, XII Censo General de Población y Vivienda, INEGI, 2010.
- ✓ Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. www.inegi.gob.mx
- ✓ Instituto de Biología UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, WWF, Biodiversidad de Oaxaca, 1ra edición, Redacta S.A de C.V., 2004.
- ✓ Instituto Nacional de Ecología. www.ine.gob.mx
- ✓ Ley del Equilibrio Ecológico del Estado de Oaxaca. Periódico Oficial del Estado de Oaxaca. 2008.
- ✓ Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
- ✓ Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación. 2013.
- ✓ Leyenda de Suelos FAO-UNESCO 1968, modificada por DETENAL en 1970.
- ✓ NOM-045-SEMARNAT-2006, Protección ambiental.- Vehículos en circulación que usan diésel como combustible. Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.

- ✓ NOM - 059 - SEMARNAT -2001, Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo.
- ✓ NOM - 081 - SEMARNAT - 1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.
- ✓ NOM-114-SEMARNAT-1998. Que establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de líneas de transmisión y de subtransmisión eléctrica que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios y turísticas.
- ✓ Reglamento a la LGEEPA en materia de evaluación de impacto ambiental. Diario Oficial. 2012.
- ✓ Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación. 2006.
- ✓ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. www.semarnat.gob.mx
- ✓ Servicio Sismológico Nacional. www.ssn.unam.mx
- ✓ Sistema de Información Geográfica Estatal (SIGE), INEGI.