MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

I. Nombre del área que clasifica.

Oficina de Representación de la SEMARNAT en el estado de Puebla.

II. Identificación del documento del que se elabora la versión pública.

Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad particular.

III. Partes o secciones clasificadas, así como las páginas que la conforman.

La información correspondiente a: 1. Registro Federal de Contribuyentes de persona física (RFC), 2. Teléfono de persona física, 3. Correo electrónico de persona física y 4. Fotografías de personas físicas.

IV. Fundamento legal, indicando el nombre del ordenamiento, el o los artículos, fracción(es), párrafo(s) con base en los cuales se sustente la clasificación; así como las razones o circunstancias que motivaron la misma.

La información señalada se clasifica como confidencial con fundamento en los artículos 113, fracción I, de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública y 116 primer párrafo de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública. Por tratarse de datos personales concernientes a una persona física identificada e identificable.

V. Firma del Titular del área.

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE
RECURSOS NATURALES
FEDERAL
PUEBLA

María del Carmen Cervantes Pérez

VI. Número del acta de la sesión de Comité donde se aprobó la versión pública.

A través de la Resolución 206/2026 emitida por el Comité de Transparencia de esta Secretaría

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular

Para el "Proyecto ejecutivo para la construcción del Macro Colector de aguas residuales "PTAR Ávila Camacho" para el saneamiento del Río Atoyac, en varias localidades en los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla, en el estado de Puebla"

13 Poniente 2504 B, Colonia La Paz, Puebla, Puebla,
+ 52 222 107 2315
administracion@iaxsgroup.com.mx

I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental
1.1 Datos generales del Proyecto
1.2. Datos del promovente
1.3. Responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental
2.1. Descripción detallada del proyecto
2.1.1. Nombre del proyecto
2.1.2. Naturaleza del proyecto
2.1.3. Objetivo y justificación del Proyecto
2.1.4. Programa de actividades
2.1.5. Proyectos asociados
2.1.6. Políticas de crecimiento a futuro
2.2. Etapa de selección del sitio
2.2.1. Ubicación física del Proyecto
2.2.2. Uso de suelo del predio
2.3. Etapas de preparación del sitio y construcción
2.3.2. Equipo que será utilizado
2.3.3. Materiales
2.3.4. Obras y servicios de apoyo
2.3.5. Personal a ser utilizado
2.3.6. Requerimientos de energía
2.3.7. Requerimiento de agua
2.3.8. Residuos generados
2.3.9. Emisiones a la atmósfera
2.3.10. Generación de ruido
2.3.11. Generación de aguas residuales
2.3.12. Medidas de seguridad y planes de emergencia
2.4. Etapa de operación y mantenimiento
2.4.1. Programa de operación
2.4.2. Recursos naturales del sitio que serán aprovechados
2.4.3. Requerimientos de personal
2.4.4. Materias primas e insumos por fase de proceso
2.4.5. Forma y características de transportación y almacenamiento de materias primas, productos finales, subproductos y combustibles
2.4.6. Requerimientos de energía
2.4.7. Electricidad
2.4.8. Combustible
2.4.9. Requerimientos de agua

2.4.10. Contaminantes al ambiente
2.4.11. Emisiones a la atmósfera
2.4.12. Descargas de aguas residuales
2.4.13. Residuos sólidos
2.4.14. Residuos agroquímicos
2.4.15. Generación de ruido
2.4.16. Medidas de seguridad y planes de emergencia
2.5. Etapa de abandono del sitio
2.5.1. Estimación de vida útil
2.5.2. Programas de restauración ambiental del área
2.5.3. Planes de uso del área afectada al concluir la vida útil del proyecto
2.5.4. Responsables de la restauración y mantenimiento
III. Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y, en su caso, con la regulación sobre uso del suelo.
3.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
3.2. Programas de Ordenamiento Ecológico General del Territorio
3.3. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)
3.4. Ley de Aguas Nacionales
3.5. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
3.6. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de impacto ambiental
3.7. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales
3.8. Reglamento para la Protección del ambiente contra la contaminación originada por la emisión del ruido
3.9. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)
3.10. Planes o programas de desarrollo urbano
3.10.1. Programa Estatal de Desarrollo Urbano Sustentable de Puebla. Diagnóstico funcional del territorio
3.10.2. Estrategias y programas de ordenamiento territorial
3.11. Normas Oficiales Mexicanas
3.12. Otros instrumentos por considerar
3.12.1. Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla.
3.12.2. Reglamento de la Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental y Riesgo Ambiental
3.12.3. Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla
3.12.4. Reglamento de la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla

3.12.5. Ley de Agua para el Estado de Puebla
4.1 Delimitación y justificación del área de influencia
4.2. Características físicas
4.2.1. Condiciones climatológicas
4.2.2. Geomorfología y relieve
4.2.3. Tipos de suelo
4.2.4. Hidrología y drenaje subterráneo
4.3. Características biológicas
4.3.1. Vegetación, flora y fauna silvestre endémica
4.3.2. Tipo y calidad de la vegetación y la flora en condiciones actuales
4.3.3. Tipo y calidad de fauna silvestre en condiciones actuales
4.4. Ecosistemas y paisaje
4.4.1. Principales ecosistemas, situación actual y su referencia al proyecto en cuestión
4.4.2. En su caso, áreas naturales protegidas existentes en las inmediaciones y su relación con el proyecto
4.4.3 Características del paisaje y situación actual
4.5. Diagnóstico
V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales
5.1. Descripción del sistema ambiental
5.2. Actividades del proyecto con incidencia ambiental
5.3. Metodología para la identificación y evaluación de impactos ambientales
5.4. Identificación de impactos por factor ambiental
5.4.1. Tierra — suelo
5.4.2. Clima
5.4.3. Agua
5.4.4. Aire
5.4.5. Ruido
5.4.6. Flora y vegetación
5.4.7. Usos de suelo
5.4.8 Generación de residuos
5.4.9. Infraestructura
5.4.9.1. Demanda de agua potable
5.4.9.2.Disposición de aguas residuales
5.4.10. Servicios públicos
5.4.10.1 Vialidades
5.4.11. Economía
5.4.11.1. Generación de empleos
5.4.12. Ecosistema y paisaje

5.4.12.1. Incidencia visual
5.5. Evaluación de impactos ambientales
5.6. Resultados de la evaluación de impactos
VI. Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales
6.1. Medidas de prevención
6.1.1.Medida de Prevención 1: Inducción ambiental al personal de obra
6.1.2. Medida de Prevención 2: Gestión de residuos sólidos urbanos
6.1.3. Medida de Prevención 3: Manejo de residuos fisiológicos
6.1.4. Medida de Prevención 4: Manejo de materiales y agregados
6.1.5. Medida de Prevención 5: Revisión y mantenimiento preventivo de maquinaria
6.1.6. Medida de Prevención 6: Control de contaminación auditiva
6.1.7. Medida de Prevención 7: Estabilidad de excavaciones
6.1.8. Medida de Prevención 8: Protección de escurrimientos e infiltración
6.1.9. Medida de Prevención 9: Protección de la calidad del agua subterránea
6.1.10.Medida de Prevención 10: Gestión del tránsito vehicular
6.1.11. Medida de Prevención 11: Protección de vegetación
6.1.12. Medida de Prevención 12: Protección de fauna
6.2. Medidas de mitigación
6.2.1. Salud de los trabajadores
6.2.2. Seguridad de los trabajadores
6.2.3. Salud y seguridad de la población
6.2.4. Calidad del suelo
6.2.5. Calidad del agua e infiltración
6.2.6. Escurrimiento, infiltración y geomorfología
6.2.7. Calidad del aire
6.2.8. Flora, vegetación y fauna
6.3 Descripción Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales
6.3.1.Pronóstico del escenario ambiental con proyecto
VII. Pronósticos ambientales y, en su caso, evaluación de alternativas
7.1 Descripción de alternativas a futuro
VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información señalada en las fracciones anteriores
8.1. Planos definitivos
8.2. Álbum fotográfico
Anexos

I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental

1.1 Datos generales del Proyecto

Nombre del proyecto: Proyecto ejecutivo para la construcción del Macro Colector de aguas residuales "PTAR Ávila Camacho" para el saneamiento del Río Atoyac, en varias localidades, en los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla, en el estado de Puebla (Figura 1.1).

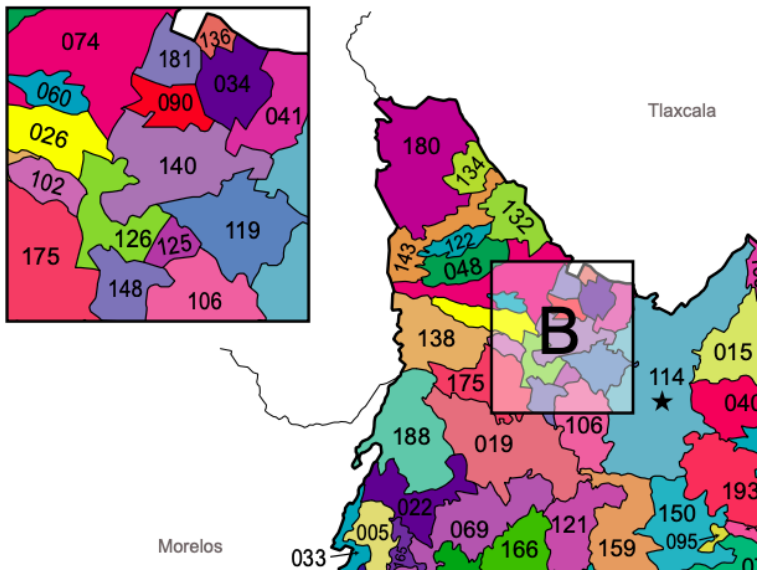
Ubicación del proyecto: El proyecto está ubicado en cuatro municipios del estado de Puebla (Figura 1.2) Principalmente en tres de ellos: Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla. Asimismo está dividido en cinco ramales: 1) San Bernabé Temoxtitla, 2) Santa Clara Ocoyucan, 3) San Gregorio Atzompa, 4) Chipilo y 5) Puebla (Figura 1.3).

Figura 1.1. Ubicación del proyecto a nivel estatal



Estado de Puebla en el mapa de los Estados Unidos Mexicanos
Fuente: INEGI. Marco geostadístico, marzo 2026. www.cuentame.inegi.org.mx

Figura 1.2. Ubicación del proyecto a nivel municipal



125 Municipio de San Gregorio

106 Municipio de Ocoyucan

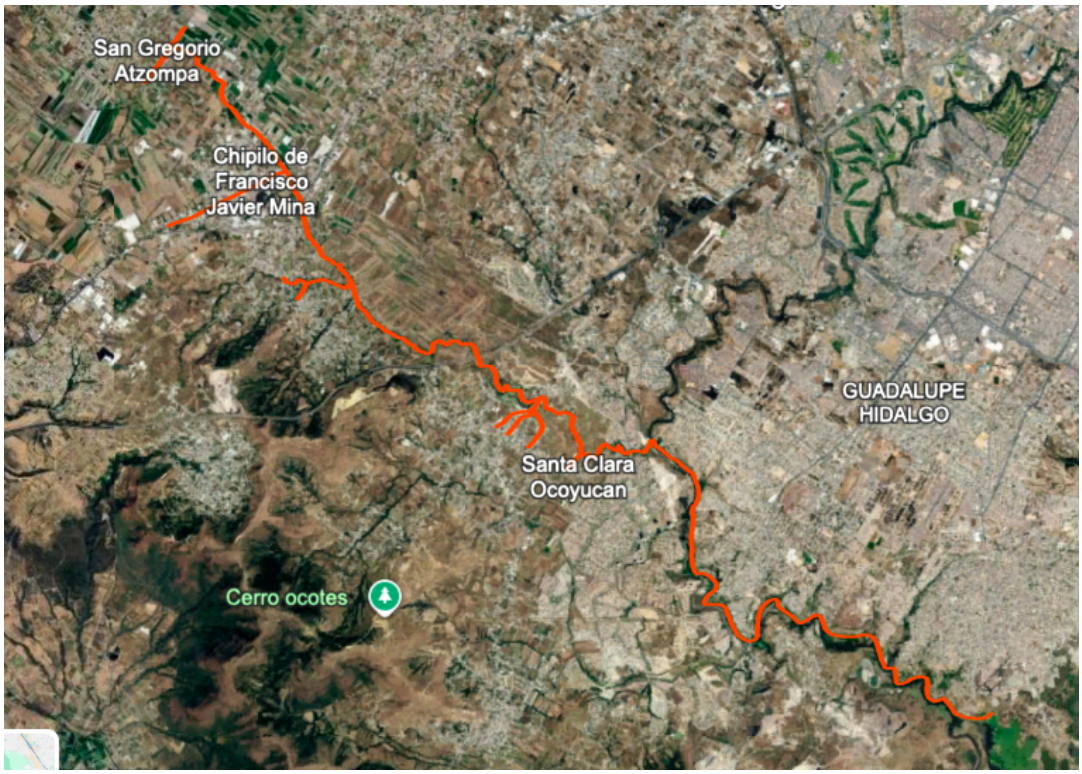
114 Municipio de Puebla

Fuente: INEGI. Marco geostadístico, marzo 2026.

www.cuentame.inegi.org.mx

Simbología
★ Capital
— Límite estatal
— Límite municipal

Figura 1.3. Ubicación del macro colector Manuel Ávila Camacho



Fuente: elaboración propia, 2026.

Vida útil del proyecto

La vida útil del proyecto se establece en un periodo de tres años para llevar a cabo las etapas de preparación del sitio y construcción de la nueva infraestructura. El proyecto comprende cinco tramos con una longitud total de 8,418.894 metros lineales, distribuidos en los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla. Para cumplir con el plazo establecido, se contempla la operación simultánea de cinco frentes de trabajo, uno por cada colector y tramo que integra el proyecto, garantizando así el avance paralelo de las obras en los diferentes municipios.

En cuanto a la etapa de operación y mantenimiento, el periodo de diseño de la infraestructura se estima entre 5 y 20 años, lapso durante el cual el sistema operará bajo las condiciones hidráulicas y estructurales para las que fue proyectado. Dicho periodo puede variar en función de diversos factores, tales como las condiciones constructivas, los materiales empleados, así como el mantenimiento preventivo y correctivo que reciba la infraestructura a lo largo de su vida en servicio. No obstante, es importante señalar que la infraestructura podrá continuar en operación aun después de haber superado el periodo de diseño original, de manera indefinida, siempre y cuando se le proporcione un mantenimiento adecuado y oportuno, tal como se establece en la siguiente tabla.

Tabla 1. Vida útil del proyecto

Vida útil del proyecto	
Preparación del sitio	24-30 meses
Construcción	17 meses
Vida útil de atarjeas en San Bernabé Temoxtitla	De 5 a 20 años
Vida útil de atarjeas Santa Clara Ocoyucan	De 5 a 20 años
Vida útil de atarjeas Colector San Gregorio Atzompa	De 5 a 20 años
Vida útil de atarjeas Chipilo	De 5 a 20 años
Vida útil colector sanitario	De 5 a 10 años
Vida útil cárcamo de bombeo	De 5 a 20 años
Vida útil obra de descarga	De 5 a 20 años
Vida útil línea de conducción	De 5 a 20 años

Fuente: Elaboración propia

Vida útil del proyecto: Se establecen de 3 años para llevar a cabo la preparación y construcción de la nueva infraestructura. Respecto a la etapa de operación y mantenimiento el tiempo de vida puede variar por diversos factores, como las condiciones constructivas, los materiales, el mantenimiento preventivo y correctivo que reciba la infraestructura, etc., aun así, la infraestructura podrá seguir trabajado al menos 50 años a pesar de haber superado el periodo de diseño si se le da un adecuado mantenimiento.

1.2. Datos del promovente

Razón social: IAXS GROUP ASESORES S. DE R.L. DE C.V.
Registro Federal de Contribuyentes: IGA151124MD2
Nombre y cargo del representante legal: Sergio Gómez Mendoza
Domicilio: 13 poniente 2504C, Colonia La Paz, Ciudad de Puebla, Puebla, C.P. 72160

1.3. Responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental

Nombre: M.I. Ricardo Zárate Mendoza
Registro Federal de Contribuyentes: [redacted]
Número de cédula profesional: 10641898
Teléfono: [redacted]
Correo electrónico: [redacted]

Con el propósito de captar y tratar adecuadamente este volumen de aguas residuales no controladas, se requiere la construcción del Macro Colector PTAR Ávila Camacho. El trazo del Macro Colector comprende cinco ramales (Figura 2.1), cuyo recorrido integrado da cobertura a las siguientes localidades y zonas de captación:

1. **Ramal San Bernabé Temoxtitla** — tramo correspondiente al extremo poniente del sistema, en el municipio de Ocoyucan.
2. **Ramal Santa Clara Ocoyucan** — tramo central-sur, que concentra la descarga de aguas residuales de las localidades de Santa Clara Ocoyucan y sus inmediaciones.
3. **Ramal San Gregorio Atzompa** — tramo noroeste, que capta los efluentes generados en la cabecera municipal de San Gregorio Atzompa y la localidad de Chipilo de Francisco Javier Mina.
4. **Ramal Chipilo** — tramo de interconexión que recorre la zona agrícola-periurbana entre Chipilo y el nodo de confluencia en Santa Clara Ocoyucan.
5. **Ramal Puebla** — tramo oriente, que conduce los caudales recolectados hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Ávila Camacho, punto de descarga y tratamiento final del sistema.

El trazo total del Macro Colector tiene una longitud de **8,418.894 metros lineales**, distribuidos entre los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla. En su recorrido, el sistema sigue en gran medida la cuenca hidrológica del **Río Atoyac**, principal cuerpo receptor de las descargas de aguas residuales en la región, el cual atraviesa de poniente a oriente el área de estudio antes de internarse en la zona urbana consolidada del municipio de Puebla.

Figura 2.1. Ubicación de obras proyectadas



A continuación, se describe cada uno de los elementos del Macro Colector:

Colector Ocoyucan

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), las localidades de San Bernabé Temoxtitla y Santa Clara Ocoyucan, pertenecientes al municipio de Ocoyucan, registran una población conjunta de 11,285 habitantes. Considerando la dinámica de crecimiento poblacional de la zona metropolitana de Puebla-Tlaxcala, se estima que para el año 2025 dicha población asciende a aproximadamente 12,767 habitantes. Ellos serán beneficiados directamente con la construcción del colector al contar con un sistema de saneamiento adecuado para la conducción y tratamiento de sus aguas residuales.

De acuerdo con el análisis cartográfico del área de proyecto, el trazo del colector atraviesa tres tipos de zonas claramente diferenciadas (ver figuras 2.2 y 2.3) En su tramo norte, correspondiente a Santa Clara Ocoyucan, el corredor discurre por territorio de carácter periurbano y rural, con presencia de barrancas, vegetación nativa y parcelas agrícolas. En su tramo central, el trazo cruza una zona de transición urbana caracterizada por la presencia de áreas verdes, barrancas pronunciadas y desarrollo habitacional incipiente. Finalmente, en su tramo sur y oriente, el colector atraviesa zonas urbanas consolidadas con alta densidad habitacional, infraestructura vial definida y servicios subterráneos existentes, hasta confluir con el Macro Colector receptor.

Colector San Bernabé Temoxtitla (A y B)

La localidad de San Bernabé Temoxtitla, perteneciente al municipio de Ocoyucan, cuenta con una población de 5,187 habitantes distribuidos en 655 viviendas. De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, únicamente 125 viviendas se encuentran conectadas al servicio público de drenaje, lo que representa apenas el 19% del total de hogares de la localidad. Esta condición evidencia una carencia crítica en materia de saneamiento que el presente proyecto busca atender mediante la construcción del Colector San Bernabé Temoxtitla.

Figura 2.2. Ubicación de colector San Bernabé Temoxtitla A y B



Colector Santa Clara Ocoyucan (A, B, C y D)

El Colector Santa Clara Ocoyucan beneficiará directamente a las localidades de Santa Clara Ocoyucan, Tercera Sección de Santa Clara Ocoyucan y Primera Sección de Santa Clara Ocoyucan. Todas pertenecen al municipio de Ocoyucan, con una población conjunta de 6,733 habitantes de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI. Estas comunidades presentan rezagos significativos en materia de infraestructura de saneamiento, situación que ha sido documentada por la propia CEASPUE mediante intervenciones previas en la red de drenaje existente. El suelo predominante en el área de proyecto es de tipo feozem, con textura arcillosa-arenosa, lo que deberá considerarse en el diseño constructivo y en las medidas de mitigación aplicables durante la etapa de edificación.

Figura 2.3. Ubicación del colector Santa Clara Ocoyucan A, B, C y D



Fuente: Elaboración propia, 2026.

Colector San Gregorio Atzompa (A y B)

El Colector San Gregorio Atzompa beneficiará directamente a la cabecera municipal de San Gregorio Atzompa, que cuenta con una población de 5,066 habitantes de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, distribuidos en aproximadamente 1,960 viviendas. De este total, el 35% carece de conexión a la red pública de drenaje, lo que representa una carencia crítica en materia de saneamiento. Con una tasa de crecimiento anual del 1.7%, se estima que para el año 2025 la población beneficiada asciende a aproximadamente 5,510 habitantes.

Figura 2.4. Ubicación del colector San Gregorio Atzompa



Fuente: Elaboración propia, 2026.

El Colector San Gregorio Atzompa presenta un trazo de orientación noreste-suroeste con una longitud total de 934.57 metros, dividido en dos tramos. El Tramo A, con 299.14 metros, inicia en la zona noreste de la localidad, en las proximidades del Barrio de Tzocuila, atravesando por área de transición urbana hacia el núcleo central de San Gregorio Atzompa. El Tramo B, con 635.43 metros, continúa con una inflexión hacia el oriente bordeando instalaciones agroindustriales y zonas de parcelas agrícolas, para descender posteriormente hacia el sur en dirección a la localidad de San Miguel, donde se realiza la conexión con el sistema colector receptor. El trazo cruza una zona de carácter semirural, con mezcla de uso habitacional, agrícola y agroindustrial, lo que condiciona tanto el método constructivo como las medidas de mitigación aplicables durante la etapa de edificación.

Colector Chipilo

El Colector Chipilo beneficiará directamente a la localidad de Chipilo de Francisco Javier Mina, perteneciente al municipio de San Gregorio Atzompa, con una población de 4,059 habitantes de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI. Esta localidad, fundada en 1882 por inmigrantes italianos de la región del Véneto, presenta actualmente una red de agua potable y drenaje obsoleta que representa una carencia prioritaria en materia de saneamiento. Con una tasa de crecimiento anual del 1.7%, se estima que para el año 2025 la población beneficiada asciende a aproximadamente 4,415 habitantes.

Figura 2.5. Ubicación del colector Chipilo



Fuente: Elaboración propia, 2026.

En la figura 2.5 se puede observar que el trazo del Colector Chipilo recorre en orientación norte-sur a lo largo de 1,728.55 metros, atravesando tres zonas claramente diferenciadas. En su extremo norte, el trazo inicia en zona periurbana con características rurales, bordeando la localidad de San Miguel y terrenos de uso agrícola. En su tramo central, el colector atraviesa el núcleo urbano consolidado de Chipilo de Francisco Javier Mina, zona de alta densidad habitacional y actividad comercial e industrial, donde se ubica la red de drenaje existente con obsolescencia documentada. En su extremo sur, el trazo continúa hacia la Primera Sección en dirección al Área de Santa Martha Hidalgo, donde se realizará la conexión con el sistema receptor. El alineamiento sigue en gran medida la vialidad principal de la localidad, lo que condiciona el método constructivo y las medidas de manejo de tránsito durante la etapa de edificación.

Colector Puebla

El Tramo Puebla, con una longitud de 2,265.20 metros, constituye el tramo de mayor complejidad ambiental y constructiva del proyecto. Su alineamiento atraviesa en orientación oeste-este siguiendo el cauce de una barranca natural que atraviesa las colonias San Ramón, Bosques de la Cañada, Unión Antorchista, Geovillas del Sur y Constitución Mexicana, en el municipio de Puebla. La presencia de esta barranca determina las condiciones constructivas del tramo, requiriendo verificación ante la CONAGUA sobre la clasificación del cuerpo de agua como zona federal, así como un inventario específico de la vegetación riparia y fauna asociada. El trazo conecta el sistema de colectores de los municipios de Ocoyucan y San Gregorio Atzompa con el Macro Colector receptor, atravesando zonas de alta densidad habitacional que condicionan el método constructivo, los horarios de trabajo y las medidas de mitigación aplicables.

Figura 2.6. Colector Puebla



Fuente: Elaboración propia, 2026.

2.1.3. Objetivo y justificación del Proyecto

El presente proyecto tiene como propósito fundamental conducir las aguas residuales generadas en las zonas de captación de los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla hacia instalaciones de tratamiento en las que sean sometidas a procesos de depuración que cumplan con los niveles de remoción de contaminantes establecidos por la normatividad ambiental vigente, particularmente la NOM-001-SEMARNAT-2021. Con ello se contribuye directamente al saneamiento del Río Atoyac, en el marco del compromiso número 92 de la Presidenta de la República, Dra. Claudia Sheinbaum Pardo, para la limpieza y recuperación de los tres ríos más contaminados del país.

Asimismo, se busca elevar cuantitativa y cualitativamente la prestación de los servicios de alcantarillado para una población beneficiada de aproximadamente 21,045 habitantes distribuidos en seis localidades, reduciendo los rezagos existentes en la infraestructura actual y extendiendo la cobertura del servicio hacia las zonas que actualmente carecen de él, entre las que se documentó que solo el 19% de las viviendas de San Bernabé Temoxtitla cuenta con conexión formal al sistema de drenaje público.

De igual manera, el proyecto contribuye al fortalecimiento de la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento del Estado de Puebla (CEASPUE), como Organismo Operador responsable de la administración y operación de los servicios de saneamiento, impulsando el desarrollo de su autonomía técnica, administrativa, operativa y financiera como condición necesaria para garantizar la sostenibilidad del servicio a largo plazo.

Finalmente, se espera que la ejecución del proyecto incida de manera directa en la mejora de las condiciones de vida y salud de la población beneficiada mediante el acceso a servicios de saneamiento eficientes, seguros y de calidad, reduciendo los riesgos sanitarios asociados a la disposición de aguas residuales a cielo abierto que actualmente afectan a las comunidades del área de influencia del proyecto.

2.1.4. Programa de actividades

A continuación se presenta el programa de trabajo correspondiente a las obras específicas que integran el proyecto, las cuales forman parte de las obras generales descritas en el apartado anterior, ordenadas conforme a la secuencia de su ejecución.

Tabla 2. Programa de actividades

Etapa	Actividad	Meses				Años
		6	12	24	36	De 5 a 20 años
Etapa de preparación del sitio	Desmonte y despalme					
	Excavaciones					
	Carga y acarreo del material					
	Uso de maquinaria y camión de volteo					
Etapa de Construcción	Uso de maquinaria y camión de volteo					
	Rellenos compactados					
	Construcción de estructuras					
	Instalación de tuberías y conexiones					
	Carga y acarreo de material					
Etapa de operación y mantenimiento	Operación del colector					
	Mantenimiento del colector					

2.1.5. Proyectos asociados

El presente proyecto ejecutivo ha sido desarrollado con base en estudios e información propios, por lo que no resulta necesario recurrir a documentación o experiencias derivadas de proyectos precedentes.

2.1.6. Políticas de crecimiento a futuro

El proyecto fue concebido con una visión integral que contempla la población a atender durante todo el periodo de operación de la infraestructura, razón por la cual no se consideran obras o intervenciones futuras que modifiquen o amplíen el alcance del mismo.

2.2. Etapa de selección del sitio

A continuación, se describen las características de la etapa de la selección del sitio.

2.2.1. Ubicación física del Proyecto

El proyecto ejecutivo para la construcción del Macro Colector de aguas residuales “PTAR Ávila Camacho” para el saneamiento del Río Atoyac, en varias localidades, en los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla, en el estado de Puebla.

El proyecto se localiza en el estado de Puebla, en la región centro-oeste del mismo, abarcando los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y la zona de influencia del municipio de Puebla, los tres integrantes de la Zona Metropolitana de Puebla-Tlaxcala.

El municipio de Puebla, cabecera del estado, se ubica en el Valle de Puebla-Tlaxcala. De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), constituye la quinta ciudad más poblada del país, después de la Ciudad de México, el Estado de México, Guadalajara y Monterrey. Sus coordenadas geográficas son 19°03′05″N y 98°13′04″O, con una extensión territorial de 534.33 km² y una altitud media de 2,140 metros sobre el nivel del mar.

El municipio de Ocoyucan se localiza en la parte centro-oeste del estado, entre los paralelos 18°51′54″ y 19°00′06″ de latitud norte y los meridianos 98°15′42″ y 98°22′24″ de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 119.66 km² y una altitud que oscila entre los 2,000 y 2,180 metros sobre el nivel del mar. Colinda al norte con el municipio de San Andrés Cholula, al sur y al este con el municipio de Puebla, y al oeste con el municipio de Santa Isabel Cholula.

El municipio de San Gregorio Atzompa se localiza igualmente en la zona centro-oeste del estado, entre los paralelos 19°00′18″ y 19°01′54″ de latitud norte y los meridianos 98°19′18″ y 98°22′24″ de longitud oeste. Tiene una superficie de 11.77 km² y una altitud promedio de 2,140 metros sobre el nivel del mar. Colinda al norte con San Pedro Cholula, al sur con Santa Isabel Cholula y Ocoyucan, al este con San Andrés Cholula y al oeste con San Jerónimo Tecuanipan.

2.2.2. Uso de suelo del predio

Los usos del suelo en el área de influencia del proyecto se encuentran regulados por el Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable (PMDUSP) de cada municipio involucrado, así como por la Carta Urbana Digital en el caso del municipio de Puebla. Los usos del suelo son de naturaleza mixta, con predominancia de uso agrícola a nivel municipal en Ocoyucan y San Gregorio Atzompa, y uso urbano en el municipio de Puebla. Sin embargo, en la zona específica del trazo de los colectores, el uso habitacional y periurbano representa el tipo de ocupación más relevante para efectos del proyecto, con subcategorías de uso habitacional, comercial, industrial, de servicios y mixto. Cada zona presenta Coeficientes de Ocupación del Suelo (COS) y de Utilización del Suelo (CUS) variables, determinados en función de la densidad y el tipo de uso permitido.

Desde el punto de vista edafológico, el área del proyecto presenta características diferenciadas por municipio. En el municipio de Ocoyucan, que comprende las localidades de Santa Clara Ocoyucan y San Bernabé Temoxtitla, predominan cuatro tipos de suelo: Cambisol, Rendzina, Feozem y Regosol. En particular, el suelo tipo Feozem, localizado en la zona nororiente del municipio, abarca las localidades de Santa Clara Ocoyucan y San Bernabé Temoxtitla; se caracteriza por un espesor de 25 a 100 cm, es rico en materia orgánica y nutrientes, con textura arcillosa-arenosa en superficie y franca arcillosa en profundidad, siendo susceptible a inundaciones en zonas bajas por falta de infraestructura de drenaje.

En el municipio de San Gregorio Atzompa, que comprende las localidades de San Gregorio Atzompa y Chipilo de Francisco Javier Mina, los suelos dominantes son el Vertisol (20%), Regosol (14%), Durisol (2%) y Arenosol (2%), asentados sobre una llanura aluvial con lomerío, con clima templado subhúmedo con lluvias en verano, perteneciente al Eje Neovolcánico, subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac. En el municipio de Puebla, el Valle de Puebla-Tlaxcala presenta predominantemente suelos tipo Feozem háplico, Vertisol éutrico y Regosol éutrico, característicos de zonas de llanura aluvial a una altitud media de 2,140 metros sobre el nivel del mar.

En congruencia con lo anterior, la infraestructura proyectada se desarrollará principalmente sobre las vialidades existentes, aprovechando las condiciones topográficas de la zona para garantizar la conducción de las aguas residuales por gravedad, minimizando así los costos de operación y el consumo energético durante la vida útil del sistema.

2.3. Etapas de preparación del sitio y construcción

Para garantizar las condiciones adecuadas de ejecución, los sitios donde se desarrollará el proyecto requieren de las siguientes obras y trabajos:

Preparación del sitio:

- Cercado y señalamiento de las zonas de trabajo
- Limpieza y trazo en la zona de trabajo
- Despalme y retiro de vegetación por medios manuales
- Excavaciones
- Carga y acarreo de material
- Uso de maquinaria y camiones de volteo

Construcción:

- Cortes con sierra en pavimentos
- Demolición de pavimentos de concreto por medios mecánicos
- Excavación a mano para formación de zanjas en terreno secos y saturados
- Excavación por medios mecánicos para formación de zanjas en terrenos secos y saturados
- Realización de camas de arena para asiento de tuberías
- Suministro de tuberías y fontanería
- Pruebas hidrostáticas en tuberías
- Relleno de zanjas que alojarán tuberías
- Construcción de atraques de concreto
- Construcción de pozos de visita
- Acarreo de materiales producto de excavación y demolición

2.3.1. Memoria técnica del proyecto

La memoria técnica del proyecto se presenta en el anexo I de este documento.

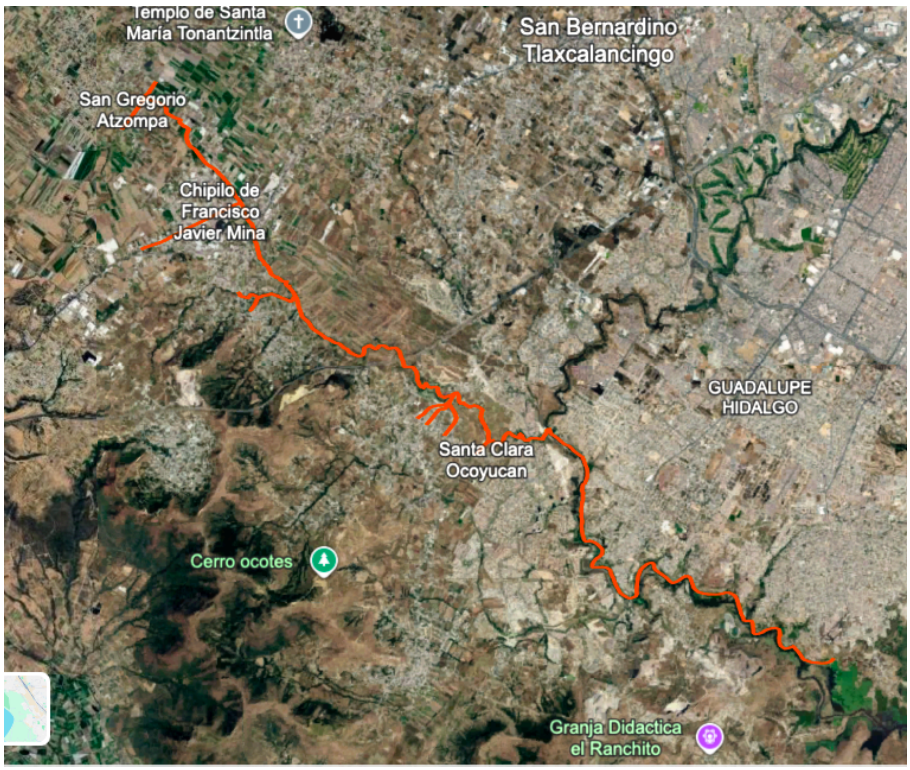
Preparación del terreno

El proyecto se realizará en una zona predominantemente urbanizada y periurbana de los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla, en el estado de Puebla, por lo que se presentarán algunas de las siguientes actividades durante la construcción de los colectores de aguas residuales:

1. Limpieza y trazo en el área de trabajo
2. Desyerbe y retiro de vegetación
3. Despalme
4. Excavación

La superficie sujeta a las actividades de preparación del sitio se muestra en la Figura 2.7. En aquellos tramos donde el trazado avanza por zonas urbanas consolidadas y sobre vialidades existentes, no se prevé remoción significativa de vegetación. En los tramos de carácter periurbano y semi rural, particularmente en los colectores Santa Clara Ocoyucan y San Gregorio Atzompa, el trazo se desarrolla en proximidad a barrancas y zonas de vegetación secundaria, por lo que se implementarán medidas de rescate y reubicación de la vegetación presente en el derecho de vía, conforme a lo establecido en el Programa de Rescate de Vegetación incluido en el Capítulo VI del presente documento.

Figura 2.7. Trazos donde se llevará a cabo la preparación del terreno



2.3.2. Equipo que será utilizado

Las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto se llevarán a cabo con apoyo de la siguiente maquinaria y equipo especializado:

- Camioneta tipo pick-up para transporte de señalamientos para protección de obra
- Camión de redilas
- Cortadora de concreto y asfalto, para delimitar las zonas de proyecto donde se desarrollarán las actividades de instalación de tuberías
- Taladro demoledor para llevar a cabo la ruptura de asfalto y concreto
- Pico y pala, para llevar a cabo la excavación de forma manual
- Retroexcavadora (mano de chango) para llevar a cabo excavaciones por medios mecánicos
- Cargador frontal
- Grúa telescópica para maniobras de descenso e instalación de tubería de gran diámetro
- Camión de volteo de 6 m³ para traslado de material producto de demolición y excavación, así como para suministro de material de banco para relleno en zanjas
- Sistema de entibado metálico para estabilización de paredes de zanja en excavaciones profundas
- Motobomba para achique y control de agua subterránea durante la excavación
- Compactadora (bailarina) para realizar el encostillado de las tuberías a instalar
- Rodillo compactador liso para compactación de carpeta asfáltica
- Compactador neumático
- Desbrozadora mecánica para desyerbe en tramos periurbanos y semirurales
- Semáforos portátiles para control de tráfico vehicular en vialidades urbanas
- Equipo de prueba de hermeticidad para verificación hidráulica de tuberías instaladas
- Planta generadora de energía eléctrica

2.3.3. Materiales

Los materiales que se emplearán durante las etapas de preparación del sitio y construcción se enlistan a continuación:

- Barreras de protección vial, trafitambos y malla para construcción
- Tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD)
- Herrajes y piezas especiales de hierro fundido para conexiones y accesorios, en caso de requerirse
- Material producto de banco (tepetate) para relleno y compactación de zanjas
- Tabique recocido para construcción de cajas de operación de válvulas
- Concreto hidráulico para elaboración de pozos de visita y estructuras de obra civil
- Carpeta asfáltica para reposición de pavimento en la zona del proyecto

Todos los materiales anteriormente mencionados se trasladarán al sitio de obra mediante camiones de volteo de 6 m³ de capacidad. Los volúmenes estimados de cada material se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3. Volúmenes de materiales

Material	Cantidad	Unidad
Barreras de protección vial, trafitambos y malla para construcción	400	pzas
Tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD)	Por confirmar	m
Material producto de banco (tepetate) para relleno de zanjas	62,615	m^3
Tabique recocido para cajas de operación de válvulas	700	m^2
Concreto hidráulico para pozos de visita	Por confirmar	m^3

2.3.4. Obras y servicios de apoyo

Para el desarrollo del proyecto se habilitará una residencia de obra o campamento temporal que fungirá como base de operaciones del personal contratado y como área de resguardo de la maquinaria y equipo asignados a la empresa constructora.

Con el propósito de prevenir la proliferación de fauna nociva y mantener condiciones sanitarias adecuadas en el área de trabajo, se dispondrá de recipientes con cierre hermético para la recolección y almacenamiento temporal de residuos sólidos. Estos serán retirados diariamente y trasladados al sitio de disposición final que determinen las autoridades competentes. El agua para consumo del personal será exclusivamente embotellada, contando con dispensadores y contenedores apropiados para su almacenamiento. También se colocarán baños portátiles en cantidad suficiente según las normas actuales, con mantenimiento regular que asegure su correcto funcionamiento, para evitar la defecación al aire libre y reducir el riesgo de enfermedades gastrointestinales entre el personal de la obra.

2.3.5. Personal a ser utilizado

El personal necesario para la ejecución del proyecto estará bajo la responsabilidad de la empresa constructora adjudicataria, quien determinará su capacidad operativa para atender de manera simultánea los cinco frentes de trabajo contemplados, correspondientes a los colectores San Bernabé Temoxtitla, Santa Clara Ocoyucan, San Gregorio Atzompa, Chipilo y Puebla.

Con la finalidad de favorecer el desarrollo económico local y evitar presiones inflacionarias sobre los precios de bienes y servicios en la región, se dará preferencia en la contratación al personal originario de las localidades y municipios aledaños al proyecto, particularmente de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla. El personal requerido deberá contar con diferentes niveles de especialización acordes a las actividades a desarrollar en cada etapa constructiva.

Adicionalmente, dado que el tramo Puebla discurre en la zona de influencia del Río Atoyac, cuerpo de agua de jurisdicción federal, se incorpora la figura de un Responsable Ambiental de Obra con dedicación exclusiva a la supervisión del cumplimiento de los permisos y condicionantes emitidos por CONAGUA y SEMARNAT durante toda la etapa de construcción.

En la Tabla 2.5 se presenta de manera preliminar el personal estimado para la ejecución de los trabajos, el cual podrá ajustarse en función del avance de la obra, las condiciones del terreno y los requerimientos técnicos de cada frente de trabajo.

Tabla 2.5. Personal requerido

Personal requerido	Cantidad
Ingeniero supervisor de obra	5
Ingeniero residente	5
Ingeniero auxiliar	5
Topógrafo	3
Operador de retroexcavadora	5
Operador de cargador frontal	5
Operador de grúa	2
Operador de camión de volteo	12
Operador de revolvedora	5
Operador de compactadora	5
Operador de pipa	2
Técnico en fusión de tubería PEAD	4
Albañil	30
Ayudante de oficial	30
Ayudantes generales	30
Fierrero	5
Chofer de camioneta	2
Almacenista	1
Vigilantes	10
Responsable ambiental de obra	1
Total de personal	156

2.3.6. Requerimientos de energía

Electricidad

El suministro de energía eléctrica durante las etapas de preparación del sitio y construcción se garantizará mediante el uso de plantas generadoras portátiles a base de combustible, las cuales serán distribuidas estratégicamente en cada frente de trabajo activo a lo largo del trazo del proyecto. Esta modalidad resulta la más adecuada dado el carácter lineal de la obra y la imposibilidad práctica de conectarse a la red de distribución eléctrica en cada punto de intervención.

Combustibles

Durante las diferentes etapas del proyecto se utilizarán dos tipos de combustible. La gasolina se empleará para la operación de vehículos de transporte de personal, así como para equipos menores como cortadoras de concreto, desbrozadoras y compactadoras tipo bailarina. El diésel se utilizará para la operación de maquinaria pesada, incluyendo retroexcavadoras, cargador frontal, grúa telescópica, camiones de volteo y plantas generadoras de energía eléctrica.

El suministro de ambos combustibles se realizará en las estaciones de servicio de PEMEX más cercanas a las zonas de trabajo. Los vehículos se trasladarán directamente a dichas estaciones para su abastecimiento, mientras que para el caso de la maquinaria pesada, el diésel será transportado al sitio de obra en contenedores homologados y debidamente etiquetados conforme a la normatividad aplicable.

El almacenamiento, manejo y transporte de combustibles en obra deberá realizarse en estricto apego a lo establecido en la NOM-005-ASEA-2016, la NOM-018-STPS-2015 y las hojas de seguridad correspondientes a cada producto, con la finalidad de prevenir derrames, incendios o accidentes que pudieran representar un riesgo para el personal, la población aledaña y el medioambiente.

2.3.7. Requerimiento de agua

El agua requerida durante las diferentes etapas del proyecto se destinará principalmente a las siguientes actividades: compactación y humectación del material de relleno en zanjas, pruebas hidrostáticas de las tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD), curado de concreto hidráulico en pozos de visita y estructuras de obra civil, preparación de mezclas de concreto, control de polvos en las zonas de excavación y limpieza de maquinaria y equipo al término de cada jornada.

El suministro se realizará mediante pipas de agua potable contratadas para tal efecto, las cuales abastecerán los diferentes frentes de trabajo conforme al avance de la obra. El agua será almacenada temporalmente en contenedores con capacidad suficiente y debidamente protegidos para evitar contaminación, derrames o pérdidas innecesarias. El volumen total estimado de agua a utilizar durante la ejecución del proyecto asciende a aproximadamente 9,000 m^3, sujeto a ajustes conforme a las condiciones reales de obra.

Con la finalidad de garantizar el uso eficiente y responsable del recurso hídrico, se implementarán las siguientes medidas de cuidado y protección:

- Se prohibirá el vertimiento de agua contaminada con residuos de concreto, aceites o cualquier otro material hacia suelos, cuerpos de agua superficiales o sistemas de drenaje existentes
- El agua residual generada durante la limpieza de maquinaria y equipo será captada y dispuesta conforme a la normatividad ambiental vigente
- En los tramos donde el trazo se encuentre en proximidad a barrancas o cuerpos de agua, se instalarán barreras de contención para prevenir escurrimientos contaminados hacia dichos cuerpos
- Se evitará el desperdicio mediante el uso de las cantidades estrictamente necesarias en cada actividad
- El suministro de agua para consumo humano del personal se realizará exclusivamente mediante agua embotellada, conforme a lo establecido en el apartado 2.3.4 del presente documento

El manejo del agua durante la ejecución del proyecto se realizará en apego a lo establecido en la Ley de Aguas Nacionales, la NOM-127-SSA1-2021 relativa a la calidad del agua para uso y consumo humano, así como a las disposiciones que en materia hídrica emita la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

2.3.8. Residuos generados

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto se generarán residuos de diversa naturaleza, los cuales se clasifican conforme a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) en tres categorías:

Residuos sólidos urbanos

Corresponden a los desperdicios generados por el consumo de alimentos y actividades cotidianas del personal en el área de obra, incluyendo envases, empaques, restos de comida y materiales de uso doméstico. Estos residuos serán recolectados en contenedores con cierre hermético y trasladados diariamente al sitio de disposición final autorizado por las autoridades municipales competentes.

Residuos de manejo especial

Constituyen el mayor volumen de residuos del proyecto e incluyen el material producto de excavación (tepetate), escombro y cascajo de demolición de pavimento, asfalto removido, lodos de excavación, tubería y materiales sobrantes de construcción.

Conforme a la normatividad establecida en la NOM-161-SEMARNAT-2011, estos residuos serán transportados y dispuestos en los sitios autorizados por la Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Estado de Puebla (SMADSOT), entre los que se contemplan los siguientes:

- Trituradora San Jerónimo
- Predio La Loma
- Predio Xaxalpa

La vigencia de las autorizaciones de dichos sitios será verificada previamente al inicio de las actividades de disposición.

Residuos peligrosos

La operación de maquinaria y vehículos durante la construcción generará residuos con características peligrosas, entre los que se incluyen aceites y lubricantes usados, estopas y materiales impregnados de hidrocarburos, envases de combustible y lubricantes, filtros de aceite y baterías. Conforme a lo establecido en la NOM-052-SEMARNAT-2005, estos residuos serán almacenados temporalmente en contenedores identificados y etiquetados en un área específica del campamento de obra, y su disposición final será gestionada exclusivamente a través de empresas autorizadas por la SEMARNAT para el manejo y transporte de residuos peligrosos.

Residuos sanitarios

Las aguas residuales y lodos generados por los sanitarios portátiles instalados en el área de obra serán manejados por la empresa prestadora del servicio de sanitarios portátiles, quien será responsable de su recolección periódica y disposición final en sitios autorizados, garantizando en todo momento condiciones sanitarias adecuadas en el área de trabajo.

2.3.9. Emisiones a la atmósfera

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto se generarán emisiones contaminantes a la atmósfera derivadas de la operación de maquinaria pesada y vehículos automotores que utilizan combustibles fósiles, así como del movimiento y manejo de materiales de excavación y demolición.

Emisiones de fuentes móviles

La operación de retroexcavadoras, cargadores frontales, grúas, camiones de volteo y vehículos en general generará los siguientes contaminantes:

- Dióxido de carbono (CO_2), principal gas de efecto invernadero
- Monóxido de carbono (CO), producto de la combustión incompleta
- Óxidos de nitrógeno (NOx), generados a altas temperaturas de combustión
- Óxidos de azufre (SOx), provenientes del contenido de azufre en los combustibles

- Hidrocarburos no quemados (HC), resultado de combustión incompleta
- Material particulado fino (PM2.5 y PM10), proveniente de los gases de escape

Emisiones de fuentes fijas y fugitivas

Las actividades de excavación, demolición de pavimento, carga y acarreo de materiales generarán emisiones de:

- Partículas suspendidas totales (PST) y polvo fugitivo, especialmente en zonas de terracería y durante el movimiento de tierra, con potencial impacto sobre la población aledaña y vías respiratorias del personal

Medidas de mitigación

Con el objetivo de reducir el impacto de las emisiones sobre la atmósfera y la calidad del aire en la zona del proyecto, se implementarán las siguientes medidas:

- Programa de mantenimiento preventivo para toda la maquinaria y vehículos, ajustado a las especificaciones de cada equipo y su frecuencia de uso, con el fin de garantizar una combustión eficiente y reducir la generación de contaminantes
- Verificación vehicular vigente para todos los vehículos y equipos autopropulsados conforme al Programa de Verificación Vehicular del Estado de Puebla, en apego a la **NOM-041-SEMARNAT-2015** para vehículos a gasolina y la **NOM-044-SEMARNAT-2017** y **NOM-045-SEMARNAT-2017** para vehículos y maquinaria a diésel
- **Apagado de motores** cuando la maquinaria y vehículos no estén en operación activa, evitando tiempos de ralentí innecesarios
- **Humedecimiento periódico** de las zonas de excavación, acopio de material y caminos de acceso a la obra para el control de polvos y partículas suspendidas, con una frecuencia mínima de dos aplicaciones diarias por frente de trabajo
- **Cubrimiento con lona** de la carga de todos los camiones de volteo durante el traslado de material de excavación y demolición, para evitar la dispersión de partículas en vías públicas
- **Restricción de velocidad** a un máximo de 20 km/h dentro de las zonas de obra para reducir la generación de polvo y emisiones
- **Uso preferente de maquinaria y vehículos** que cumplan con las normas de emisión más recientes, evitando el uso de equipo con antigüedad mayor a 10 años sin verificación de emisiones vigente

2.3.10. Generación de ruido

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto se generarán emisiones de ruido derivadas de la operación de maquinaria pesada, equipos de construcción y vehículos automotores. Con el fin de proteger la salud del personal de obra y minimizar el impacto acústico sobre la población aledaña, se observará lo establecido en la NOM-011-STPS-2022, relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido, así como en la NOM-081-SEMARNAT-1994, que regula los límites máximos permisibles de emisión de ruido hacia el exterior provenientes de fuentes fijas.

Las jornadas laborales se desarrollarán en un horario comprendido entre las 6:00 y las 22:00 horas, conforme a los límites permisibles establecidos por la normatividad vigente para zonas habitacionales y mixtas. Queda estrictamente prohibida la operación de maquinaria y equipos de alto impacto acústico en horario nocturno.

Los niveles de ruido estimados para cada equipo y maquinaria contemplados en el proyecto se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2. 6. Nivel de ruido estimado

Equipo	Nivel de ruido estimado (dB)
Camioneta tipo Pick Up	70
Camión de redilas	80
Cortadora de concreto y asfalto	105
Taladro demoledor	105
Pico y pala	65
Retroexcavadora	90
Cargador frontal	85
Grúa telescópica	85
Camión de volteo de 6 m³	85
Compactadora (bailarina)	90
Rodillo compactador liso	80
Compactador neumático	90
Desbrozadora mecánica	95
Motobomba de achique	80
Planta generadora de energía eléctrica	75

Dado que algunos equipos, particularmente la cortadora de concreto, el taladro demoledor y la desbrozadora mecánica, generan niveles de ruido que superan los límites permisibles para zona habitacional establecidos en la NOM-081-SEMARNAT-1994 (68 dB en horario diurno), se implementarán las siguientes medidas de mitigación:

- **Uso obligatorio de equipo de protección personal auditiva** (tapones y orejeras) para todo el personal expuesto a niveles superiores a 85 dB, conforme a la NOM-011-STPS-2022
- **Instalación de barreras acústicas temporales** en los equipos de mayor impacto sonoro cuando operen en proximidad a zonas habitacionales
- **Rotación del personal expuesto a niveles elevados de ruido** para no exceder los tiempos máximos de exposición permitidos por jornada
- **Programa de mantenimiento preventivo** de toda la maquinaria para garantizar niveles de emisión dentro de los parámetros de diseño del fabricante
- **Restricción del uso simultáneo de múltiples equipos de alto impacto acústico** en un mismo punto del trazo, cuando sea técnicamente posible
- **Notificación previa a los vecinos y comunidades afectadas sobre los horarios y duración de actividades** de mayor impacto acústico

2.3.11. Generación de aguas residuales

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto se generarán aguas residuales de diversa naturaleza, las cuales serán manejadas conforme a la normatividad ambiental vigente, particularmente la NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales.

Las principales fuentes de generación de aguas residuales en el proyecto son las siguientes:

Aguas residuales sanitarias

Los residuos líquidos generados por el uso de los sanitarios portátiles instalados en el área de obra serán responsabilidad de la empresa constructora. Dichos residuos serán manejados exclusivamente por empresas especializadas y autorizadas para la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de lodos sanitarios, quedando estrictamente prohibida su descarga directa al alcantarillado público, suelo o cuerpos de agua sin el tratamiento correspondiente.

Aguas de pruebas hidrostáticas

El agua utilizada durante las pruebas hidrostáticas de las tuberías instaladas, estimada en aproximadamente 8,345 m³, podrá ser descargada gradualmente al sistema de alcantarillado existente una vez verificada su calidad. También podrá ser aprovechada para el humedecimiento de zanjas durante las actividades de compactación, previa verificación de que no contenga contaminantes que excedan los límites establecidos en la normatividad vigente.

Aguas de lavado de maquinaria y control de polvo

El agua residual proveniente del lavado de maquinaria y equipos, así como los escurrimientos generados por el humedecimiento de zonas de excavación para control de polvo, serán captados mediante zanjas perimetrales o estructuras de contención temporales. Esto es para evitar su infiltración al suelo o su escurrimiento hacia cuerpos de agua y barrancas adyacentes al trazo. Estos residuos líquidos serán dispuestos conforme a lo que determinen las autoridades competentes.

Aguas grises del campamento

Las aguas grises generadas en el campamento de obra, provenientes de actividades de aseo personal y limpieza general, serán canalizadas al sistema de alcantarillado municipal más cercano, siempre y cuando cumplan con los parámetros establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-2021.

Sobre el desmantelamiento de la infraestructura de apoyo

Concluida la construcción del proyecto, todas las instalaciones de apoyo temporal serán completamente desinstaladas y retiradas del sitio. La residencia de obra, campamento, talleres, bodegas y áreas de acopio habrán sido implementados desde su origen con criterios de reversibilidad constructiva, lo que facilitará su retiro expedito sin generar impactos permanentes sobre el suelo ni comprometer las condiciones ambientales del área del proyecto.

El proceso de desmantelamiento contemplará:

- **Retiro y disposición adecuada de todos los residuos sólidos y materiales sobrantes** generados durante la operación del campamento
- **Limpieza y nivelación** de las áreas ocupadas por la infraestructura temporal
- **Verificación de la inexistencia de derrames** de combustibles, aceites o cualquier sustancia contaminante en el suelo
- **Restitución de las condiciones originales** del terreno en la medida de lo posible, incluyendo la reposición de pavimento o cubierta vegetal cuando aplique
- **Entrega formal** de las áreas intervenidas a los propietarios o autoridades correspondientes mediante acta de liberación

2.3.12. Medidas de seguridad y planes de emergencia

Como parte de las medidas de seguridad durante la ejecución de los trabajos, la empresa constructora deberá elaborar y aplicar un Plan de Emergencia que establezca una política integral de seguridad e higiene laboral. Dicho plan deberá ser previamente revisado y aprobado por la supervisión del proyecto y las autoridades competentes, pudiendo ser ampliado o detallado conforme a las necesidades específicas de la obra.

El plan de emergencia considerará como mínimo las siguientes medidas:

Higiene y salud ocupacional

- Se garantizarán las mejores condiciones sanitarias posibles en todos los frentes de trabajo, en cumplimiento de la reglamentación aplicable
- Se dispondrá de un botiquín de primeros auxilios debidamente equipado con vendajes, antisépticos y medicamentos básicos para la atención inmediata de emergencias
- Los residuos orgánicos y materiales susceptibles de descomposición serán retirados de manera inmediata del área de trabajo
- Se instalará un sanitario portátil por cada diez trabajadores, con mantenimiento periódico que garantice condiciones higiénicas adecuadas

Seguridad vial y operación de vehículos

- Se establecerá y señalizará una velocidad máxima de circulación dentro del área del proyecto, de observancia obligatoria para todos los operadores
- Los operadores de vehículos y maquinaria deberán contar con licencia de conducir vigente y harán uso obligatorio del cinturón de seguridad durante su operación
- Queda prohibido que los trabajadores o pasajeros aborden o desciendan de vehículos en movimiento
- No se permitirá la operación de vehículos o maquinaria con sistemas de escape defectuosos, dado los elevados niveles de ruido y emisiones que generan
- Todos los vehículos y equipos destinados al transporte de personal o materiales deberán encontrarse en óptimas condiciones mecánicas y de seguridad

Equipo de protección personal

- Todo el personal de obra, incluyendo trabajadores, supervisores y visitantes, deberá portar en todo momento el equipo de protección personal establecido en las normas de seguridad aplicables
- Al inicio de cada jornada se reforzará entre el personal la importancia del uso correcto del equipo de seguridad

Orden y acceso a la obra

- Las áreas de trabajo se mantendrán limpias y libres de escombros, desperdicios y materiales innecesarios en la medida de lo posible
- Queda estrictamente prohibido el acceso a la obra con armas, sustancias ilícitas o bebidas alcohólicas
- El acceso al área de trabajo estará restringido exclusivamente al personal debidamente acreditado; ninguna persona ajena a la obra podrá ingresar sin autorización expresa
- Se realizarán inspecciones periódicas de seguridad en todos los frentes de trabajo activos

Prevención y atención de incendios

- Queda totalmente prohibido fumar en las áreas de almacena materiales inflamables
- Los combustibles y lubricantes serán almacenados en una bodega independiente y separada de las oficinas y residencia de obra
- Los trabajadores que manipulen combustibles deberán mantener su uniforme limpio mediante lavados frecuentes para reducir el riesgo de ignición
- Las zonas de residencia y bodegas contarán con un mínimo de tres extintores, y cada equipo de almacenamiento deberá tener al menos un extintor en lugar visible y accesible
- Todos los vehículos y maquinaria empleados en la obra contarán con un extintor en buen estado y vigente
- En caso de incendio, la empresa constructora será responsable de coordinar el desalojo inmediato y ordenado de todo el personal bajo su cargo

Responsabilidad

- La empresa constructora asumirá plena responsabilidad por los accidentes que ocurran durante la ejecución del proyecto, debiendo contar con las pólizas de seguro correspondientes para la cobertura del personal y terceros afectados

2.4. Etapa de operación y mantenimiento

En esta etapa se realizará una descripción general del tipo de servicios que brindará la infraestructura hidráulica.

2.4.1. Programa de operación

Una vez concluida la construcción de los colectores y previamente a su entrada en operación, se realizarán las siguientes actividades de verificación y puesta en marcha:

Pruebas previas a la operación:

- Inspección visual interna mediante equipo de circuito cerrado de televisión (CCTV) para verificar la integridad estructural de las tuberías, detectar posibles fugas, grietas, desalineamientos o defectos en las uniones
- Pruebas hidráulicas de hermeticidad por tramos para confirmar la estanqueidad del sistema antes de su operación
- Verificación del correcto funcionamiento de pozos de visita, cajas de operación y estructuras de conexión

Durante la etapa de operación y mantenimiento, la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento del Estado de Puebla (CEASPUE), como organismo operador responsable, llevará a cabo las siguientes actividades de manera periódica:

Mantenimiento preventivo:

- Desazolves programados de la red de colectores con frecuencia a los registros de sedimentación del sistema
- Limpieza e inspección de pozos de visita y estructuras de captación
- Monitoreo de caudales para verificar la capacidad hidráulica del sistema en relación con el crecimiento de la demanda
- Inspecciones periódicas mediante equipo CCTV para detección temprana de deterioros estructurales

Mantenimiento correctivo:

- Atención inmediata de obstrucciones, desbordamientos o colapsos parciales que comprometan el funcionamiento del sistema
- Reparación de fisuras, grietas o fugas identificadas durante las inspecciones de rutina
- Reposición de tapas de pozos de visita dañadas o sustraídas

La operación y mantenimiento del sistema se realizará en apego a lo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-2021, la Ley de Aguas Nacionales y los lineamientos técnicos emitidos por la CONAGUA para sistemas de alcantarillado sanitario.

2.4.2. Recursos naturales del sitio que serán aprovechados

Para la ejecución del presente proyecto no se contempla el aprovechamiento directo de recursos naturales del sitio. Los materiales e insumos requeridos para la construcción serán transportados al área de obra desde fuentes externas debidamente autorizadas.

En particular, el material de banco (tepetate) necesario para el relleno y compactación de zanjas será extraído de canteras autorizadas por las dependencias competentes, incluyendo la Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Estado de Puebla (SMADSOT) y, en su caso, la Secretaría de Economía, garantizando que su extracción se realice bajo los estándares de calidad establecidos en el proyecto ejecutivo y conforme a la normatividad ambiental aplicable. Cabe precisar que durante la ejecución de los trabajos se generará material producto de excavación (tepetate y suelo natural), el cual no será aprovechado en el sitio sino dispuesto en los sitios autorizados descritos en el apartado 2.3.8 del presente documento. Durante la etapa de operación y mantenimiento del sistema de saneamiento no se requerirá el uso de recursos naturales del sitio.

2.4.3. Requerimientos de personal

Durante la etapa de operación y mantenimiento, el personal necesario estará bajo la responsabilidad del organismo operador, quien asignará los recursos humanos conforme a sus necesidades operativas y presupuesto disponible.

Considerando la longitud total del sistema de 8,418.894 metros distribu municipios, se contempla el siguiente personal mínimo para garantizar la correcta operación y el mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura.

Tabla 2.7. Requerimiento de personal en etapa de operación y mantenimiento

Puesto	Cantidad
Supervisor de operación y mantenimiento	1
Encargado de equipos de desazolve	4
Operadores de equipo	8
Total	**13**

2.4.4. Materias primas e insumos por fase de proceso

Durante la etapa de operación y mantenimiento de los colectores no se requerirá el uso de materias primas ni sustancias especiales para el funcionamiento del sistema, dado que la conducción de aguas residuales se realizará por gravedad.

2.4.5. Forma y características de transportación y almacenamiento de materias primas, productos finales, subproductos y combustibles

No es aplicable a este proyecto, porque durante la operación del sistema de saneamiento no se generan productos finales ni subproductos.

2.4.6. Requerimientos de energía

No aplica. El sistema opera por gravedad, por lo que no requiere suministro de energía eléctrica para su funcionamiento ordinario.

2.4.7. Electricidad

No aplica. El sistema de colectores no requiere instalaciones eléctricas para su operación.

2.4.8. Combustible

Durante la operación de los colectores no se empleará ningún tipo de combustible, dado que el sistema ha sido diseñado para operar por gravedad aprovechando las condiciones topográficas del terreno, lo que garantiza la conducción de las aguas residuales sin necesidad de equipos de bombeo.

2.4.9. Requerimientos de agua

No aplica para la operación ordinaria del sistema. El agua requerida para actividades de mantenimiento, como el desazolve por hidrolavado, será suministrada mediante pipas en el momento en que se realicen dichas actividades.

2.4.10. Contaminantes al ambiente

Durante la etapa de operación y mantenimiento, el personal asignado por el organismo operador deberá estar capacitado para identificar, recolectar y disponer adecuadamente los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos que pudieran depositarse en las estructuras del sistema, particularmente en pozos de visita, cajas de operación y zonas de captación, con la finalidad de prevenir obstrucciones y mantener las condiciones sanitarias del entorno.

2.4.11. Emisiones a la atmósfera

Durante la operación normal de los colectores no se generarán emisiones contaminantes a la atmósfera, dado que el sistema opera como una red cerrada de conducción de aguas residuales por gravedad. Las únicas emisiones potenciales corresponden a gases propios de la descomposición anaerobia de materia orgánica, como sulfuro de hidrógeno (H_2S) y metano (CH_4), los cuales quedan confinados al interior de las tuberías y estructuras del sistema. El personal de mantenimiento deberá contar con equipo de detección de gases y protección respiratoria adecuada al realizar trabajos en espacios confinados.

2.4.12. Descargas de aguas residuales

Durante la operación del sistema, los colectores conducirán las aguas residuales generadas por las localidades beneficiadas hacia el punto de descarga previsto, donde serán entregadas al sistema de tratamiento receptor para su depuración conforme a los límites establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-2021. Las aguas residuales transportadas tendrán características similares a las aguas residuales domésticas, con concentraciones de contaminantes propias de zonas habitacionales de densidad media.

2.4.13. Residuos sólidos

Durante la etapa de operación y mantenimiento se generarán los siguientes tipos de residuos:

Residuos peligrosos

Las actividades de mantenimiento de equipos de desazolve generarán residuos con características peligrosas, incluyendo aceites y lubricantes usados, estopas impregnadas de hidrocarburos y refacciones contaminadas. Contrario a lo que pudiera interpretarse, estos residuos SÍ están clasificados como peligrosos conforme a la NOM-052-SEMARNAT-2005, por lo que su manejo, almacenamiento y disposición final deberá realizarse exclusivamente a través de empresas autorizadas por la SEMARNAT para el manejo de residuos peligrosos.

Residuos de manejo especial

Las refacciones metálicas dañadas y materiales de construcción resultantes de reparaciones en la infraestructura serán retirados inmediatamente del sitio de trabajo y dispuestos en los sitios de tiro autorizados. En los casos en que sea técnicamente viable, los materiales metálicos serán canalizados para su reciclaje a través de centros de acopio autorizados.

Residuos sólidos urbanos

Los residuos generados por el consumo de alimentos y actividades cotidianas del personal de mantenimiento serán depositados en contenedores herméticos diferenciados por tipo de material, incluyendo envases PET, metal, vidrio y aluminio para su recolección y reciclaje, así como residuos orgánicos para su recolección por los servicios municipales de limpia.

2.4.14. Residuos agroquímicos

A diferencia de los demás colectores del proyecto, el colector Chipilo se desplaza por una localidad con actividad agropecuaria activa, particularmente ganadería lechera, que representa la principal actividad económica de aproximadamente el 45% de los hogares de la comunidad. Esta actividad implica el uso de insumos agropecuarios que pueden incorporarse al sistema de drenaje sanitario, incluyendo fertilizantes y agroquímicos empleados en cultivos forrajeros, productos veterinarios como antibióticos y antiparasitarios, así como residuos de productos de limpieza y desinfección de establos.

Si bien estos residuos se presentarán en concentraciones diluidas dentro del caudal de aguas residuales domésticas, su presencia deberá ser considerada en la caracterización de las aguas residuales que serán conducidas hacia la planta de tratamiento receptora. Esto es a fin de verificar que los parámetros de calidad cumplan con los límites establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-2021 para descargas a cuerpos receptores.

Como medida preventiva, el organismo operador deberá realizar monitoreos periódicos de la calidad del agua en el punto de descarga del colector Chipilo, prestando especial atención a los parámetros de nitrógeno, fósforo, coliformes fecales y presencia de residuos de plaguicidas, conforme a los métodos de análisis establecidos por la normatividad ambiental vigente.

Para los colectores de Puebla, San Bernabé Temoxtitla, Santa Clara Ocoyucan y San Gregorio Atzompa, que tienen un perfil principalmente residencial con poca actividad agrícola, no se espera la producción importante de residuos agroquímicos.

2.4.15. Generación de ruido

Durante la operación ordinaria del sistema de colectores no se generará ruido perceptible, dado que las aguas residuales fluyen por gravedad a través de tuberías enterradas. El único ruido generado corresponde a las actividades periódicas de mantenimiento con equipos de desazolve, cuyos niveles se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-011-STPS-2022 para los trabajadores expuestos, y en la NOM-081-SEMARNAT-1994 para las comunidades aledañas.

Tabla 2.8. Límites Máximos Permisibles de Exposición a Ruido NOM-011-STPS-2001 (Norma vigente)

Nivel de Exposición a Ruido NER dB(A)	Tiempo Máximo Permisible de Exposición (TMPE)
90	8 horas
93	4 horas
96	2 horas
99	1 hora
102	30 minutos
105	15 minutos

2.4.16. Medidas de seguridad y planes de emergencia

Para garantizar condiciones seguras durante las actividades de operación y mantenimiento, particularmente durante los trabajos de desazolve que implican trabajo en espacios confinados, se observarán los siguientes lineamientos:

Protocolo de inspección y desazolve:

- Evaluación previa del estado del sistema mediante inspección visual o con equipo CCTV para localizar obstrucciones, sedimentos o daños estructurales
- Uso de equipos hidroneumáticos de alta presión para la remoción de sólidos acumulados y limpieza de tuberías
- Inspección y limpieza periódica de trampas de grasa para prevenir incrustaciones y calcificación

Seguridad en espacios confinados:

Todo el personal que haga trabajos en pozos de visita u otras estructuras del sistema deberá cumplir con la **NOM-027-STPS-2008** relativa al trabajo en espacios confinados, utilizando el siguiente equipo de protección personal:

- Casco de seguridad
- Guantes dieléctricos y de protección química
- Botas dieléctricas con puntera de acero
- Equipo de detección de gases (H_2S, CH_4, O_2)
- Arnés de seguridad y línea de vida
- Equipo de respiración autónoma en caso necesario
- Extintor en el área de trabajo
- Herramientas aisladas para trabajos con presencia de energía eléctrica
- Pértiga universal y tarima aislante para trabajos eléctricos

2.5. Etapa de abandono del sitio

Dado que los colectores constituyen infraestructura de saneamiento de carácter permanente y de servicio continuo a la población, no se contempla una etapa formal de abandono del sitio. Al concluir el periodo de diseño de las obras, estas deberán ser objeto de un proyecto de rehabilitación o sustitución que garantice la continuidad del servicio.

2.5.1. Estimación de vida útil

Para el presente proyecto se estima la siguiente vida útil por tipo de estructura:

Tabla 2.9. Vida útil de estructuras

Estructura	Vida útil de diseño	Vida útil en operación
Macro Colectores	5 a 20 años	Indefinida con mantenimiento adecuado

2.5.2. Programas de restauración ambiental del área

Aunque el proyecto se lleva a cabo principalmente en áreas urbanas y periurbanas, donde los efectos en el entorno natural son menores, se han encontrado en la zona elementos ambientales delicados que necesitan cuidado especial en restauración y protección.

El trazo del Colector Puebla atraviesa directamente la zona de influencia del **Parque de La Reserva** y el **Parque de los Conejos**, ubicados en Lomas de Angelópolis, Puebla. A diferencia de lo que pudiera interpretarse como una simple proximidad, el análisis cartográfico confirma que el colector discurre por el interior de estas áreas verdes, caracterizadas por vegetación arbórea y arbustiva densa y consolidada, con presencia de barrancas y vegetación riparia asociada.

Estos espacios verdes urbanos constituyen receptores ambientales de alta sensibilidad que deberán ser objeto de medidas específicas de protección durante la construcción. En particular, se requerirá:

- Inventario previo de arbolado en el derecho de vía antes del inicio de las obras
- Programa de rescate y reubicación de vegetación afectada
- Medidas de protección perimetral de los parques durante la construcción
- Restitución total de la cubierta vegetal al concluir los trabajos
- Reposición de árboles afectados en proporción mínima de tres ejemplares por cada árbol removido
- Coordinación formal con la administración de los parques y las autoridades municipales de Puebla

Figura 2.8. Ubicación de los parques y el colector Puebla



Fuente: Elaboración propia,2026.

Al término de las obras de construcción se llevarán a cabo las siguientes acciones de restauración ambiental:

En zonas urbanas:

- Reposición total del pavimento removido conforme a las especificaciones técnicas del proyecto y los requerimientos de las autoridades municipales correspondientes
- Retiro inmediato de todos los residuos de construcción, escombros y materiales sobrantes del área de influencia del proyecto
- Limpieza y saneamiento de las superficies intervenidas

En la zona adyacente a parques o zonas arboladas:

- Inventario previo al inicio de obras de todos los árboles y elementos vegetales existentes en el derecho de vía y zonas aledañas al trazo
- Programa de rescate y reubicación de ejemplares arbóreos y arbustivos que pudieran verse afectados por las actividades de excavación, ejecutado antes del inicio de los trabajos
- Restitución del arbolado afectado mediante la plantación de especies de igual o similar características a las removidas, con una proporción mínima de tres árboles por cada ejemplar afectado, conforme a los lineamientos de la autoridad municipal
- Restauración de las áreas verdes, andadores y superficies aledañas al parque que hubieran sido intervenidas durante la construcción, devolviéndolas a sus condiciones originales
- Verificación de que los cuerpos de agua del parque no presenten contaminación derivada de las actividades constructivas, mediante monitoreo de calidad del agua al inicio, durante y al término de los trabajos
- Coordinación formal con la administración de los parques y las autoridades del municipio de Ocoyucan para la supervisión conjunta de las acciones de restauración.

En tramos periurbanos y semirurales:

- Restitución de la cubierta vegetal mediante la reposición de especies nativas rescatadas durante la construcción
- Nivelación y compactación superficial del suelo en zonas no pavimentadas
- Estabilización de taludes en tramos próximos a barrancas para prevenir procesos erosivos

Todas las acciones de restauración serán supervisadas por el responsable ambiental del proyecto y documentadas mediante memoria fotográfica y bitácora de obra, como evidencia del cumplimiento de los compromisos ambientales ante la SEMARNAT.

2.5.3. Planes de uso del área afectada al concluir la vida útil del proyecto

Al concluir el periodo de diseño del proyecto, los sitios intervenidos deberán ser reacondicionados para la rehabilitación o sustitución de la infraestructura existente, garantizando la continuidad del servicio de saneamiento a las comunidades beneficiadas. Las vialidades y espacios públicos afectados habrán sido restituidos a sus condiciones originales desde la etapa de construcción, por lo que no se prevén usos distintos al actual en dichas áreas.

2.5.4. Responsables de la restauración y mantenimiento

La Comisión Estatal de Agua y Saneamiento del Estado de Puebla (CEASPUE), como organismo promovente y operador del sistema, será la instancia responsable de coordinar y ejecutar los programas de restauración ambiental, mantenimiento preventivo y correctivo. También se encargará de las acciones de rehabilitación al término de la vida útil del proyecto, en coordinación con las autoridades municipales de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla.

III. Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y, en su caso, con la regulación sobre uso del suelo

A lo largo de este capítulo se establece el marco jurídico-normativo aplicable al proyecto, mediante una revisión exhaustiva de la legislación federal, reglamentos, normas oficiales mexicanas y ordenamientos ecológicos vigentes, con la finalidad de identificar el grado de concordancia del proyecto con dichos instrumentos y garantizar que su ejecución se lleve a cabo en estricto apego a las disposiciones jurídicas en materia ambiental y de uso de suelo.

Lo anterior, en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 35 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), el cual establece la obligación de vincular el proyecto con el conjunto de disposiciones jurídicas ambientales aplicables, incluyendo la propia Ley y su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, las Normas Oficiales Mexicanas, los Programas de Desarrollo Urbano, los Programas de Ordenamiento Ecológico del Territorio, las declaratorias de Áreas Naturales Protegidas y demás ordenamientos jurídicos que resulten pertinentes.

Para la integración del presente capítulo se identificaron y analizaron los instrumentos regulatorios aplicables en los ámbitos federal, estatal y municipal que guardan relación directa con el proyecto, con el propósito de conocer con precisión los lineamientos que deberán observarse durante su ejecución y verificar su compatibilidad con el marco normativo vigente. A continuación se describen los instrumentos normativos de carácter federal que resultan directamente vinculables al proyecto.

3.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Artículo 4°. […] Toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. […]

Aplicabilidad: La CEASPUE tiene como objetivo estratégico garantizar los servicios básicos de saneamiento a la ciudadanía poblana. En este contexto, la construcción de los colectores de aguas residuales sanitarias en la zona de influencia del municipio de Puebla y municipios aledaños resulta indispensable para preservar la calidad de vida de sus habitantes, así como para prevenir la contaminación del suelo y de los cuerpos de agua derivada de la disposición de aguas residuales a cielo abierto, situación agravada por el deterioro y agotamiento de la vida útil de la infraestructura de saneamiento existente.

El proyecto contribuye directamente al cumplimiento del derecho constitucional a un medio ambiente adecuado, reconocido en el presente artículo.

Artículo 27. Son propiedad de la Nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional; las aguas marinas interiores; las de las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar; las de los lagos interiores de formación natural que estén ligados directamente a corrientes constantes; las de los ríos y sus afluentes directos o indirectos, desde el punto del cauce en que se inicien las primeras aguas permanentes, intermitentes o torrenciales, hasta su desembocadura en el mar, lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional.

Cualesquiera otras aguas no incluidas en la enumeración anterior se considerarán como parte integrante de la propiedad de los terrenos por los que corran o en los que se encuentren sus depósitos; pero si se localizaren en dos o más predios, el aprovechamiento de estas aguas se considerará de utilidad pública y quedará sujeto a las disposiciones que dicten las entidades federativas.

La capacidad para adquirir el dominio de las tierras y aguas de la Nación se regirá por las siguientes prescripciones:

Fracción VI. Las entidades federativas, lo mismo que los municipios de toda la República, tendrán plena capacidad para adquirir y poseer todos los bienes raíces necesarios para los servicios públicos.

Aplicabilidad: Dado que el trazo del Tramo Puebla discurre de manera paralela al cauce del Río Atoyac, cuerpo de agua clasificado como bien de dominio público de la Nación conforme al presente artículo, corresponde a la autoridad federal en materia ambiental evaluar el proyecto en virtud de la posible ocupación de zona federal hidráulica. En consecuencia, previo al inicio de las obras en dicho tramo, deberá obtenerse el permiso correspondiente ante la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), conforme a lo establecido en la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, garantizando en todo momento la protección del cauce y la zona federal del Río Atoyac durante la ejecución del proyecto.

3.2. Programas de Ordenamiento Ecológico General del Territorio

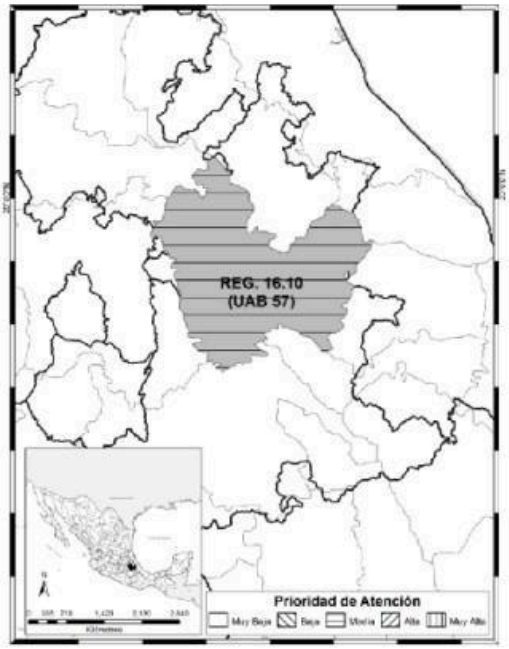
El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), publicado mediante Acuerdo en el Diario Oficial de la Federación el 7 de septiembre de 2012, se integra por dos componentes principales: la regionalización ecológica, que identifica las áreas de atención prioritaria y las áreas de aptitud sectorial; y los lineamientos y estrategias ecológicas orientadas a la preservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en el territorio nacional.

1. Regionalización Ecológica

La regionalización ecológica toma como base unidades territoriales sintéticas construidas a partir de los principales factores del medio biofísico: clima, relieve, vegetación y suelo. La interacción de estos factores determina la homogeneidad relativa al interior de cada unidad y la heterogeneidad entre ellas. Con base en este principio, el territorio nacional fue diferenciado en 1,445 unidades denominadas Unidades Ambientales Biofísicas, las cuales constituyen la base para el análisis de diagnóstico y pronóstico, así como para la construcción de la propuesta del POEGT.

El proyecto se ubica dentro de la Región Ecológica 16.10, UAB 57, cuyas características se describen a continuación:

Figura 3.1. Región ecológica del proyecto



REGION ECOLOGICA: 16.10
Unidad Ambiental Biofísica que la compone:
57. Depresión Oriental (de Tlaxcala y Puebla)

Localización:
Sureste de Hidalgo. Centro, norte, sur y este de Tlaxcala, Centro occidente de Veracruz. Centro norte de Puebla

Superficie en Km²:	**Población Total:**	**Población Indígena:**
12,108.51 Km²	4,232,937 hab	Sierra Norte de Puebla y Totonacapan

Estado Actual del Medio Ambiente 2008:	**Inestable. Conflicto Sectorial Bajo.** No presenta superficie de ANP's. Alta degradación de los Suelos. Muy alta degradación de la Vegetación. Sin degradación por Desertificación. La modificación antropogénica es muy alta. Longitud de Carreteras (km): Muy Alta. Porcentaje de Zonas Urbanas: Media. Porcentaje de Cuerpos de agua: Muy baja. Densidad de población (hab/km2): Alta. El uso de suelo es Agrícola y Forestal. Déficit de agua superficial. Con disponibilidad de agua subterránea. Porcentaje de Zona Funcional Alta: 66.6. Alta marginación social. Bajo índice medio de educación. Bajo índice medio de salud. Medio hacinamiento en la vivienda. Medio indicador de consolidación de la vivienda. Medio indicador de capitalización industrial. Medio porcentaje de la tasa de dependencia económica municipal. Bajo porcentaje de trabajadores por actividades remuneradas por municipios. Actividad agrícola: Sin información. Media importancia de la actividad minera. Alta importancia de la actividad ganadera.

2. Lineamientos y Estrategias Ecológicas

Las estrategias ecológicas del POEGT se definen como objetivos específicos, acciones, proyectos, programas y responsables orientados al cumplimiento de los lineamientos ecológicos aplicables en

el territorio nacional. Fueron construidas a partir de los diagnós establecidos en los programas sectoriales correspondientes.

Grupo II. Estrategias dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana
C) Agua y saneamiento
Estrategia 28: Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico.
Acciones: Promover el mejoramiento del saneamiento de las aguas residuales generadas en los centros de población.
Estrategia 29: Posicionar el agua como recurso estratégico y de seguridad nacional.
Acciones: Fomentar y promover el mantenimiento y la ampliación de la infraestructura de captación, almacenamiento y distribución, evitando el desvío o modificación de cauces naturales.

Aplicabilidad: Con la ejecución del presente proyecto se instalará la infraestructura de conducción de aguas residuales que permitirá mejorar significativamente el saneamiento en las localidades beneficiadas, en congruencia con las Estrategias 28 y 29 del POEGT. De manera indirecta, el proyecto contribuye a mejorar la calidad de vida de los habitantes del área de influencia, toda vez que el sistema de colectores garantizará la hermeticidad en la conducción de las aguas residuales, evitando infiltraciones al suelo y la consecuente contaminación de los cauces naturales, particularmente del Río Atoyac, durante la etapa de operación del proyecto.

3.3. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)

Artículo 1. Esta Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos referentes a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

I) Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar.
III) La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente.
V) El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas.
VI) La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo.

Aplicabilidad: La construcción de los colectores de aguas residuales sanitarias contribuirá directamente al mejoramiento de las condiciones higiénicas y ambientales de las localidades beneficiadas, reduciendo focos de infección y riesgos sanitarios asociados a la disposición inadecuada de aguas residuales. Asimismo, el proyecto forma parte de las acciones concretas para

el saneamiento del Río Atoyac, aportando infraestructura que pe adecuadamente las aguas residuales actualmente vertidas sin tratamiento previo.

Artículo 5. Son facultades de la Federación:
X) La evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere el artículo 28 de esta Ley y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes.
XI) La regulación del aprovechamiento sustentable, la protección y la preservación de las aguas nacionales, la biodiversidad, la fauna y los demás recursos naturales de su competencia.

Aplicabilidad: El presente proyecto da cumplimiento a esta disposición mediante la integración y presentación ante la SEMARNAT de la Manifestación de Impacto Ambiental, a través de la cual se somete a evaluación federal la autorización correspondiente para la ejecución de las obras.

Artículo 15. Para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales mexicanas y demás instrumentos previstos en esta Ley, el Ejecutivo Federal observará los siguientes principios:
I) Los ecosistemas son patrimonio común de la sociedad y de su equilibrio dependen la vida y las posibilidades productivas del país.
II) Las autoridades y los particulares deben asumir la responsabilidad de la protección del equilibrio ecológico.
IV) Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique. 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.
VI) La prevención de las causas que los generan es el medio más eficaz para evitar los desequilibrios ecológicos.
XII) Toda persona tiene derecho a disfrutar de un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar. Las autoridades, en los términos de esta y otras leyes, tomarán las medidas para garantizar ese derecho.
XVI) El control y la prevención de la contaminación ambiental, el adecuado aprovechamiento de los elementos naturales y el mejoramiento del entorno natural en los asentamientos humanos son elementos fundamentales para elevar la calidad de vida de la población.

Aplicabilidad: La construcción de los colectores de aguas residuales se llevará a cabo con plena conciencia de la responsabilidad ambiental que implica, aplicando de manera estricta las medidas de mitigación establecidas en el presente estudio. El proyecto contribuirá directamente a la

protección de los recursos hídricos y edáficos, al garantizar la correcta re las aguas residuales, evitando su vertimiento en cuerpos de agua cercanos y previniendo la contaminación del suelo y subsuelo por infiltración. Durante toda la etapa constructiva se dará cumplimiento a las disposiciones normativas en materia ambiental aplicables.

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 y 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, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:
X) Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales.

Aplicabilidad: El proyecto contempla la construcción de colectores de aguas residuales cuyo tramo Puebla se desarrolla en la zona de influencia del Río Atoyac, cuerpo de agua de jurisdicción federal, lo que implica la ocupación de zona federal hídrica. En consecuencia, el proyecto está sujeto al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental ante la SEMARNAT, siendo la presente Manifestación de Impacto Ambiental el instrumento mediante el cual se solicita dicha autorización.

Artículo 92.
V) La preservación y el aprovechamiento sustentable del agua, así como de los ecosistemas acuáticos, es responsabilidad de sus usuarios y de quienes realicen obras o actividades que afecten dichos recursos.

Aplicabilidad: Las aguas residuales generadas en los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla serán captadas y conducidas a través de los colectores hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) más cercana para su depuración, evitando que sean descargadas directamente a bienes nacionales sin el tratamiento previo que exige la normatividad vigente.

Artículo 120. Para evitar la contaminación del agua, quedan sujetos a regulación federal o local:
I) Las descargas de origen municipal y su mezcla incontrolada con otras descargas.

Aplicabilidad: La función principal del sistema de colectores es la captación y conducción de las aguas residuales generadas en las localidades beneficiadas, evitando las descargas directas y no

controladas a los cuerpos de agua superficiales cercanos al área del pro las disposiciones establecidas en el presente artículo.

Artículo 121. No podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua, ni en el suelo o subsuelo, aguas residuales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y sin el permiso o autorización de la autoridad federal, o de la autoridad local en los casos de descargas en aguas de jurisdicción local o en los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población.

Aplicabilidad: El sistema de colectores objeto del presente proyecto tiene como destino final una planta de tratamiento de aguas residuales, garantizando que las aguas captadas reciban el tratamiento adecuado antes de cualquier disposición final, en estricto cumplimiento de la prohibición establecida en el presente artículo respecto a las descargas sin tratamiento previo a cuerpos de agua o al suelo.

Artículo 134. Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se considerarán los siguientes criterios:

II) Deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos.

III) Es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos municipales e industriales, incorporar técnicas y procedimientos para su reúso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes.

Aplicabilidad: Durante la etapa de construcción se implementará un plan de manejo integral de residuos que regule la clasificación, recolección, transporte y disposición final de todos los residuos generados. Para ello se contratarán empresas debidamente autorizadas, garantizando el cumplimiento de la normatividad aplicable en materia de manejo de residuos.

Artículo 136. Los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar:

I. La contaminación del suelo.

II. Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos.

III. Las alteraciones en el suelo que perjudiquen su aprovechamiento, uso o explotación.

IV. Riesgos y problemas de salud.

Aplicabilidad: Se realizará mantenimiento preventivo periódico de la maquinaria y equipo utilizado en la obra. Durante las operaciones de suministro de aceites y lubricantes, se emplearán bandejas de contención y materiales impermeables que eviten derrames al suelo, previniendo la contaminación del sustrato edáfico en el área del proyecto.

Artículo 150. Los materiales y residuos peligrosos deberán ser manejados con arreglo a la presente Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas que expida la Secretaría. La regulación del

manejo de esos materiales y residuos incluirá, según corresponda, almacenamiento, transporte, reúso, reciclaje, tratamiento y disposición final.

Artículo 151. La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contrate los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos con empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, independientemente de la responsabilidad que, en su caso, tenga quien los generó.

Aplicabilidad: Si bien el proyecto no contempla la generación sistemática de residuos peligrosos conforme a los criterios de la NOM-052-SEMARNAT-2005, en caso de que durante la etapa de construcción se generen este tipo de residuos, se contratará a un prestador de servicios debidamente registrado ante la SEMARNAT para su recolección, transporte y disposición final adecuada. Se implementará un Plan de Manejo Integral de Residuos que incluirá el registro de la empresa contratada, bitácoras de seguimiento y manifiestos de entrega-recepción, los cuales estarán disponibles para consulta en todo momento durante la ejecución del proyecto.

3.4. Ley de Aguas Nacionales

Artículo 3. Para los efectos de esta Ley se entenderá por:

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 Nacional del Agua (CONAGUA) o por el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias y 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.

Aplicabilidad: El Tramo Puebla del proyecto, con una longitud de 2,265.20 metros, discurre de manera paralela al cauce del Río Atoyac, corriente de propiedad nacional cuya zona federal queda definida por el presente artículo como la faja de diez metros de anchura contigua al cauce, medida horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias. En consecuencia, dado que el trazo del colector se proyecta dentro de dicha zona federal, el proyecto está sujeto a una doble vinculación normativa:

Conforme al **artículo 28, fracción X** de la Ley General del Equilibrio E Ambiente (LGEEPA), la SEMARNAT constituye la autoridad competente para emitir la autorización en materia de impacto ambiental, siendo la presente Manifestación de Impacto Ambiental el instrumento formal a través del cual se sustancia dicha solicitud.

De manera complementaria, los **artículos 9 y 18** de la Ley de Aguas Nacionales establecen que la CONAGUA es la autoridad responsable de la administración y delimitación de la zona federal del Río Atoyac, por lo que previo al inicio de las obras en el Tramo Puebla deberá tramitarse y obtenerse el permiso de ocupación de zona federal correspondiente ante dicha institución.

Ambas autorizaciones tienen carácter de requisito previo e indispensable para la ejecución legal del proyecto en este tramo, y deberán gestionarse de manera simultánea ante las instancias federales competentes.

Artículo 9. La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que se regula conforme a las disposiciones de esta Ley y sus reglamentos, de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y de su Reglamento Interior.

La CONAGUA tiene por objeto ejercer las atribuciones que le corresponden a la autoridad en materia hídrica y constituirse como el Órgano Superior con carácter técnico, normativo y consultivo de la Federación en materia de gestión integrada de los recursos hídricos, incluyendo la administración, regulación, control y protección del dominio público hídrico.

En el ejercicio de sus atribuciones, la CONAGUA se organizará en dos modalidades:
a) El Nivel Nacional.
b) El Nivel Regional Hidrológico-Administrativo, a través de sus Organismos de Cuenca.
Son atribuciones de la CONAGUA en su Nivel Nacional, entre otras, las siguientes:
XIV) Fomentar y apoyar el desarrollo de los sistemas de agua potable y alcantarillado, los de saneamiento, tratamiento y reúso de aguas, los de riego o drenaje y los de control de avenidas y protección contra inundaciones; contratar, concesionar o descentralizar la prestación de los servicios que sean de su competencia o que así convenga con los gobiernos estatales y, por conducto de éstos, con los municipales o con terceros.

Aplicabilidad: La CEASPUE, en su carácter de organismo operador estatal, tiene el compromiso institucional de implementar, mantener y rehabilitar la infraestructura de alcantarillado sanitario que favorezca el saneamiento, tratamiento y reúso de las aguas residuales generadas en el estado. La construcción de los Macro Colectores objeto del presente proyecto es congruente con las atribuciones de fomento y apoyo al desarrollo de sistemas de saneamiento establecidas en el presente artículo, y se enmarca dentro de la coordinación entre la Federación y los organismos operadores estatales para la gestión integrada de los recursos hídricos.

Artículo 85. En concordancia con las fracciones VI y VII del artículo fundamental que la Federación, los estados, la Ciudad de México y los municipios, a través de las instancias correspondientes, los usuarios del agua y las organizaciones de la sociedad, preserven las condiciones ecológicas del régimen hidrológico mediante la promoción y ejecución de las medidas y acciones necesarias para proteger y conservar la calidad del agua, en los términos de Ley. El Gobierno Federal podrá coordinarse con los gobiernos de los estados y de la Ciudad de México para que estos últimos ejecuten determinados actos administrativos relacionados con la prevención y control de la contaminación de las aguas y la responsabilidad por el daño ambiental, en los términos de lo que establece esta Ley y demás instrumentos jurídicos aplicables, a fin de contribuir a la descentralización de la gestión de los recursos hídricos.

Las personas físicas o morales, incluyendo las dependencias, organismos y entidades de los tres órdenes de gobierno, que exploten, usen o aprovechen aguas nacionales en cualquier uso o actividad, serán responsables en los términos de Ley de: **a)** Realizar las medidas necesarias para prevenir su contaminación y, en su caso, reintegrar las aguas en condiciones adecuadas, a fin de permitir su explotación, uso o aprovechamiento posterior. **b)** Mantener el equilibrio de los ecosistemas vitales.

Aplicabilidad: La construcción del sistema de Macro Colectores tiene como propósito fundamental garantizar la conducción de las aguas residuales generadas en los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla hacia la PTAR Ávila Camacho, donde recibirán el tratamiento adecuado previo a su descarga a cuerpos de agua o su posible aprovechamiento en sectores productivos. Con ello, el proyecto contribuye directamente al cumplimiento de las obligaciones establecidas en el presente artículo, al prevenir la contaminación de las aguas nacionales, particularmente del Río Atoyac, y coadyuvar al mantenimiento del equilibrio de los ecosistemas asociados a dicho cuerpo de agua.

Artículo 100. La CONAGUA establecerá las normas o realizará las acciones necesarias para evitar que la construcción u operación de una obra altere desfavorablemente las condiciones hidráulicas de una corriente o ponga en peligro la vida de las personas, la seguridad de sus bienes o la integridad de los ecosistemas vitales.

Aplicabilidad: La construcción de los colectores de aguas residuales no modificará las condiciones hidráulicas del Río Atoyac, ni representará un riesgo para la vida de las personas, sus bienes ni los ecosistemas asociados al cuerpo de agua. Es importante precisar que el proyecto no contempla ninguna intervención directa sobre el cauce del río, limitándose exclusivamente a la ocupación de la zona federal adyacente para la instalación de la tubería sanitaria. No obstante, durante la etapa de construcción se implementarán de manera estricta las medidas de mitigación establecidas en el presente estudio, a fin de garantizar que las obras se ejecuten sin afectación al régimen hidráulico del río Atoyac ni a los ecosistemas de su área de influencia.

3.5. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Artículo 5. Para los efectos de esta Ley se entiende por:

XXXIII. Residuos Sólidos Urbanos: Los generados en las casas habitación que resultan de la eliminación de los materiales utilizados en actividades domésticas, de los productos que se consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos provenientes de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole.

Artículo 10. Los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que comprenden la recolección, traslado, tratamiento y disposición final.

IV. Prestar, por sí o a través de gestores, el servicio público de manejo integral de residuos sólidos urbanos, observando lo dispuesto por esta Ley y la legislación estatal en la materia.

Aplicabilidad: En atención a lo establecido en los preceptos anteriores, durante la ejecución del proyecto se dará un manejo adecuado a todos los residuos generados en sus diferentes etapas. Para ello se emplearán los equipos y materiales necesarios para la recolección y almacenamiento temporal de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y peligrosos que se generen, garantizando su disposición final en sitios autorizados conforme a la normatividad ambiental vigente.

Artículo 28. Estarán obligados a la formulación y ejecución de planes de manejo, según corresponda:

I. Los productores, importadores, exportadores y distribuidores de los productos que al desecharse se convierten en residuos peligrosos a los que hacen referencia las fracciones I a XI del artículo 31 de esta Ley y los que se incluyan en las normas oficiales mexicanas correspondientes.

II. Los generadores de los residuos peligrosos a los que se refieren las fracciones XII a XV del artículo 31 y de aquellos que se incluyan en las normas oficiales mexicanas correspondientes.

III. Los grandes generadores y los productores, importadores, exportadores y distribuidores de los productos que al desecharse se convierten en residuos sólidos urbanos o de manejo especial, incluidos en los listados de residuos sujetos a planes de manejo conforme a las normas oficiales mexicanas correspondientes.

Aplicabilidad: La dirección del proyecto contempla que, en caso de generarse residuos peligrosos no previstos durante la etapa de construcción, se establecerá su disposición adecuada conforme a los lineamientos dictados por los presentes ordenamientos, a fin de garantizar que no se generen impactos ambientales significativos y dar cumplimiento a las disposiciones emanadas de esta Ley.

Artículo 42. Los generadores y demás poseedores de residuos peligr servicios de manejo de dichos residuos con empresas o gestores autorizados por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos productivos, cuando previamente se haya notificado a dicha dependencia mediante un plan de manejo basado en la minimización de riesgos.

Aplicabilidad: En caso de que durante la ejecución del proyecto se generen residuos peligrosos, la empresa constructora contratará a una empresa externa que cuente con los permisos y autorizaciones vigentes ante la SEMARNAT para la recolección, transporte y disposición final de dichos residuos, conforme a lo establecido en el presente artículo.

Artículo 45. Los generadores de residuos peligrosos deberán identificar, clasificar y manejar sus residuos de conformidad con las disposiciones contenidas en esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría.

Aplicabilidad: En caso de generarse residuos peligrosos durante la etapa constructiva, se contratará a una empresa externa debidamente autorizada ante la SEMARNAT para su manejo, transporte y disposición final. Adicionalmente, conforme a lo establecido en la **NOM-052-SEMARNAT-2005** para residuos peligrosos, se identificarán y clasificarán los residuos generados para asegurar su manejo adecuado.

Conforme a la NOM-161-SEMARNAT-2011, Anexo Informativo, numeral VII, los residuos de construcción, mantenimiento y demolición generados en una obra en cantidad mayor a 80 m^3 están sujetos a la presentación de un Plan de Manejo. Considerando que el volumen de material producto de excavación estimado para el presente proyecto asciende a **62,615 m^3**, cifra que supera ampliamente dicho umbral, el proyecto está obligado a formular e implementar el Plan de Manejo de Residuos de Construcción correspondiente, conforme a los lineamientos establecidos en la norma antes referida.

3.6. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de impacto ambiental

Artículo 1. Capítulo I
Disposiciones Generales

El presente ordenamiento es de observancia general en todo el territorio nacional y en las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción; tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental a nivel federal.

Aplicabilidad: El presente estudio se enmarca dentro de las disposicic LGEEPA en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, toda vez que el proyecto se clasifica como una obra hidráulica que implica la ocupación de zona federal del Río Atoyac, supuesto que se encuentra sujeto a la evaluación y autorización de la SEMARNAT. En consecuencia, el proyecto observará pleno apego a los artículos aplicables de dicho Reglamento y a la normatividad ambiental que le resulte aplicable en cada una de sus etapas.

Artículo 5. Capítulo III

Obras y Actividades que Requieren Autorización

Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:

R) Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales:

I. Cualquier tipo de obra civil, con excepción de la construcción de viviendas unifamiliares para las comunidades asentadas en estos ecosistemas.

Aplicabilidad: El presente proyecto contempla la construcción de Macro Colectores de aguas residuales, cuyo tramo Puebla discurre en la zona federal del Río Atoyac, cuerpo de agua de propiedad nacional. En virtud de que dicho tramo implica la ocupación de zona federal, el proyecto se ubica en el supuesto previsto en el inciso R) fracción I del presente artículo, por lo que CEASPUE, en su carácter de promovente, solicitará ante la SEMARNAT la autorización en materia de impacto ambiental correspondiente, siendo la presente Manifestación de Impacto Ambiental el instrumento mediante el cual se solicita y gestiona dicha autorización.

3.7. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU)

Artículo 2. Todas las personas, sin distinción de sexo, raza, etnia, edad, condición física, orientación sexual o cualquier otra circunstancia, tienen derecho a vivir y disfrutar de ciudades y asentamientos humanos en condiciones sustentables, resilientes, saludables, productivas, equitativas, justas, incluyentes, democráticas y seguras.

Las actividades que realice el Estado mexicano para ordenar el territorio y los asentamientos humanos deberán llevarse a cabo atendiendo el cumplimiento de las condiciones señaladas en el párrafo anterior.

Es obligación del Estado, a través de sus diferentes órdenes de gobierno, promover una cultura de corresponsabilidad cívica y social.

Aplicabilidad: La construcción del sistema de macro colectores de a directamente a mejorar las condiciones de vida de los habitantes de las localidades beneficiadas, al dotar a sus asentamientos humanos de infraestructura sanitaria que contribuye a garantizar condiciones sustentables, saludables, equitativas y seguras, en congruencia con el derecho establecido en el presente artículo. La ausencia de un sistema de saneamiento adecuado representa una limitante para el desarrollo pleno de los asentamientos humanos del área de influencia del proyecto, situación que el presente proyecto busca atender de manera integral.

Artículo 4. La planeación, regulación y gestión de los asentamientos humanos, centros de población y la ordenación territorial deberán conducirse en apego a los siguientes principios de política pública:

I. Derecho a la ciudad. Garantizar a todos los habitantes de un asentamiento humano o centro de población el acceso a la vivienda, infraestructura, equipamiento y servicios básicos, a partir de los derechos reconocidos por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y los tratados internacionales suscritos por México en la materia.

Aplicabilidad: La construcción del sistema de Macro Colectores garantizará a los habitantes de las localidades beneficiadas el acceso a infraestructura sanitaria básica, contribuyendo al ejercicio efectivo del derecho a la ciudad establecido en la presente fracción. Cabe destacar que localidades como San Bernabé Temoxtitla presentan una cobertura de drenaje público de apenas el 19% de sus viviendas, lo que evidencia el rezago en el acceso a servicios básicos que el proyecto busca subsanar, en cumplimiento del principio de equidad territorial que sustenta este ordenamiento.

3.8. Reglamento para la Protección del ambiente contra la contaminación originada por la emisión del ruido

Marco jurídico
Factor ruido

El **Reglamento para la Protección del Ambiente contra la Contaminación Originada por la Emisión de Ruido** es de observancia general en todo el Territorio Nacional y establece, en el ámbito administrativo, las disposiciones para el cumplimiento de la Ley Federal de Protección al Ambiente en materia de emisiones sonoras provenientes de fuentes artificiales, en concordancia con el artículo 155 de la LGEEPA y la **NOM-081-SEMARNAT-1994**, norma técnica de referencia para fuentes fijas que clasifica los límites máximos permisibles de nivel sonoro en ponderación "A" según el uso de suelo (residencial, comercial o industrial) y el horario de emisión.

Aplicabilidad: El presente estudio identifica y propone medidas de ate mantener las emisiones sonoras del proyecto dentro de los parámetros normativos en todas sus etapas. Su cumplimiento y actualización quedan sujetos al **Programa de Vigilancia Ambiental (PVA)**, el cual contempla monitoreos periódicos mediante sonómetro de precisión en los puntos establecidos por la NOM-081-SEMARNAT-1994, con reporte de resultados ante la autoridad competente.

3.9. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)

Artículo 17. Las personas físicas o morales obligadas a formular y ejecutar un plan de manejo podrán elaborarlo conforme a las disposiciones del presente Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, o bien adherirse a un plan de manejo ya establecido, siempre que asuman expresamente la totalidad de las obligaciones previstas en él.

Aplicabilidad: En el marco de las actividades del proyecto, la generación de residuos sólidos urbanos —incluyendo residuos domésticos, envases, embalajes y materiales de desecho derivados de las labores cotidianas del personal— quedará sujeta al plan de manejo que corresponda conforme a la normatividad vigente. Dicho plan definirá las etapas de segregación en la fuente, almacenamiento temporal, recolección y disposición final, conforme a los criterios establecidos por la autoridad municipal competente, en atención al principio de responsabilidad compartida previsto en el artículo 14 del mismo Reglamento.

Para el caso específico de los residuos peligrosos generados como subproducto de las actividades del proyecto —en particular aceites usados, clasificados como residuos inflamables y tóxicos—, su almacenamiento por parte del microgenerador se realizará en los términos del artículo 83 del Reglamento de la LGPGIR, con señalización clara y precisa de las medidas de control y prevención para su manejo seguro. La recolección, transporte y disposición final será responsabilidad del contratista, quien deberá contratar una empresa debidamente autorizada por SEMARNAT, garantizando que el servicio se preste en los plazos y condiciones establecidos en el Capítulo VI de Medidas de Mitigación del presente estudio.

Las medidas de seguimiento y cumplimiento de esta disposición quedan integradas al **Programa de Vigilancia Ambiental (PVA)** adherido al presente documento.

3.10. Planes o programas de desarrollo urbano

3.10.1. Programa Estatal de Desarrollo Urbano Sustentable de Puebla. Diagnóstico funcional del territorio

Subsistema Urbano Sustentable Puebla (SUAS)

Por su localización en la Meseta Poblana —que se ramifica hacia los valles y a lo largo de los principales ejes de comunicación—, el Subsistema Urbano Sustentable Puebla cuenta con las mejores condiciones y potencialidades para el desarrollo y la expansión urbana ordenada de todo el SUAS Angelópolis.

Está conformado por tres Subsistemas Urbanos Sustentables (SUBUS) que integran un total de 38 municipios: Acajete, Amozoc, Coronango, Cuautinchán, Cuautlancingo, Juan C. Bonilla, Ocoyucan, Puebla, San Andrés Cholula, San Pedro Cholula, San Jerónimo Tecuanipan, San Miguel Xoxtla, Santa Isabel Cholula, Huehuetlán El Grande, Tepatlaxco de Hidalgo, Tlaltenango, Tzicatlacoyan, Calpan, Chiautzingo, Domingo Arenas, Huejotzingo, Nealtican, San Felipe Teotlalcingo, San Martín Texmelucan, San Matías Tlalancaleca, San Nicolás de Los Ranchos, San Salvador El Verde, Tlahuapan, Acteopan, Atlixco, Atzitzihuacán, Cohuecán, Huaquechula, San Diego La Mesa Tochimiltzingo, Tepemaxalco, Tianguismanalco y Tochimilco.

Este sistema presenta las condiciones más favorables para el desarrollo urbano en la región, al concentrar la mejor infraestructura, equipamiento urbano y la mayor proporción de población económicamente activa. No obstante, su crecimiento se encuentra acotado por las características actuales de ocupación territorial, donde predominan densidades de población relativamente bajas, lo que hace necesario optimizar el aprovechamiento de la infraestructura y los servicios urbanos existentes. Las zonas de producción agrícola deberán preservarse e impulsarse mediante inversión en tecnología que eleve su rendimiento productivo. Las acciones en materia de vivienda deberán responder al ritmo de crecimiento demográfico, particularmente en las áreas habitacionales vinculadas a las zonas industriales; la oferta habitacional deberá ampliarse tanto para atender el deterioro del parque existente como para cubrir la demanda generada por el crecimiento natural y social de la población del sistema.

3.10.2. Estrategias y programas de ordenamiento territorial

Para el SUAS Angelópolis, en el ámbito específico del Subsistema Urbano Sustentable Puebla, el SUBUS plantea estructurar el área urbana de los municipios conurbados mediante un esquema metropolitano integral orientado al desarrollo ordenado y sustentable. Dicho esquema busca preservar los valores ambientales y la alta productividad agropecuaria del territorio, impulsar el desarrollo económico regional y mejorar las condiciones de vida de la población, con base en la articulación de las infraestructuras de comunicaciones y transportes, energía, agua potable y alcantarillado.

La estrategia se sustenta en la aptitud territorial de cada municipio, con el fin de establecer dinámicas diferenciadas de control, consolidación, mejoramiento, conservación y crecimiento urbano. En su conjunto, el sistema orienta la expansión hacia las zonas con mayor vocación y menores costos de instalación y operación, equilibrando los espacios construidos con las áreas abiertas no urbanizables. Al mismo tiempo, propone una forma urbana que refuerce las zonas centrales de actividad económica, comercial e industrial, reduzca la dependencia de desplazamientos y favorezca la accesibilidad y las relaciones espaciales en escala metropolitana.

Aplicabilidad: El proyecto contribuye directamente al fortalecimiento de la infraestructura hidráulica en la zona norte y centro del municipio de Puebla, en congruencia con los objetivos metropolitanos de dotación de servicios de alcantarillado y saneamiento previstos en este programa, al tiempo que apoya la preservación ambiental del Río Atoyac como elemento estructurador del territorio.

3.11. Normas Oficiales Mexicanas

NOM-001-CONAGUA-2011

Sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario

Hermeticidad

Especificaciones y métodos de prueba

Esta norma define cómo deben diseñarse, construirse, instalarse y mantenerse los sistemas hidráulicos para garantizar un suministro seguro y eficiente de agua, así como el manejo adecuado de aguas residuales. Sus objetivos son: establecer las especificaciones mínimas de desempeño de los productos que integran los sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario para garantizar su hermeticidad a largo plazo; definir las condiciones y métodos de prueba que aseguren instalaciones libres de fugas; y fijar las condiciones de operación y mantenimiento necesarias para una vida útil adecuada de dichos sistemas.

Su observancia es obligatoria en todo el territorio nacional para los fabricantes, importadores y comercializadores de los productos empleados en estos sistemas, así como para los responsables de su diseño, construcción, instalación, operación y mantenimiento.

Aplicabilidad: En todas las etapas del proyecto, el promovente atenderá las especificaciones técnicas establecidas en cada numeral de esta norma. Las actividades realizadas quedarán debidamente documentadas mediante las actas y/o dictámenes que acrediten el cumplimiento de sus disposiciones, como parte del seguimiento previsto en el Programa de Vigilancia Ambiental.

NOM-161-SEMARNAT-2011

Criterios para clasificar los Residuos de Manejo Especial (RME) y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo. Esta norma establece los criterios para clasificar los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo, e incluye el listado de dichos residuos, así como el procedimiento para su inclusión o exclusión. Sus objetivos son: establecer los criterios que deberán observar las entidades federativas y municipios para solicitar ante la SEMARNAT la inclusión de nuevos residuos de manejo especial; determinar qué residuos de esta categoría quedan sujetos a plan de manejo; definir los procedimientos para su inclusión o exclusión del listado; y establecer los elementos y procedimientos para la elaboración e implementación de los planes de manejo correspondientes. A través de su aplicación se busca incrementar el aprovechamiento de los residuos de manejo especial, minimizar su generación y disminuir la presión sobre los recursos naturales y la vida útil de los sitios de disposición final.

Su observancia es obligatoria en todo el territorio nacional para los grandes generadores de Residuos de Manejo Especial.

Aplicabilidad: Durante la ejecución del proyecto se identificarán y caracterizarán los residuos de manejo especial que pudieran generarse como resultado de las actividades constructivas —entre ellos, residuos de excavación, materiales sobrantes, envases de productos químicos y residuos de construcción— con el fin de clasificarlos conforme al listado de esta norma. Una vez identificados, serán almacenados temporalmente bajo las condiciones adecuadas y dispuestos de conformidad con la legislación ambiental aplicable, conforme a lo establecido en el Plan de Manejo de Residuos integrado al presente estudio.

3.12. Otros instrumentos por considerar

3.12.1. Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla.

Capítulo III. De los instrumentos de política ambiental
Sección Sexta. Del procedimiento de evaluación del impacto y riesgo ambiental

Artículo 37. Las personas físicas o morales que pretendan llevar a cabo obras públicas o privadas, su ampliación, o cualquier actividad que implique modificaciones al ambiente, deberán someterse al procedimiento de evaluación del impacto ambiental a fin de prevenir o minimizar sus efectos adversos sobre el entorno. Para ello, deberán contar con la autorización de la Secretaría con carácter previo al inicio de su ejecución u operación.

Aplicabilidad: En cumplimiento de este artículo, el promovente presenta ante la Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Estado de Puebla la presente Manifestación de Impacto Ambiental, con el objeto de sujetarse al procedimiento de evaluación correspondiente y obtener la autorización que permita la ejecución del proyecto.

Artículo 38, fracción VIII. La Secretaría evaluará el impacto ambiental y, en su caso, el riesgo ambiental de las obras y actividades que no sean competencia de la federación, incluyendo de manera particular las obras de infraestructura hidráulica estatal y municipal.

Aplicabilidad: El proyecto contempla la construcción de un sistema de colectores de aguas residuales, obra que por su naturaleza y escala se encuadra directamente en el supuesto previsto por la fracción VIII de este artículo, al tratarse de infraestructura hidráulica municipal. En consecuencia, su evaluación corresponde a la autoridad estatal en materia de impacto ambiental.

Título Cuarto. Conservación y aprovechamiento sustentable de los elementos naturales
Capítulo II. Del aprovechamiento sustentable del suelo y sus recursos
Artículo 100, fracción VI. Las obras públicas o privadas que por sí mismas puedan ocasionar un deterioro severo de los suelos deberán contemplar acciones equivalentes de regeneración, recuperación y restablecimiento de su vocación natural.

Aplicabilidad: Las obras se desarrollarán sobre vialidades consolidadas y barrancas ya intervenidas en el municipio de Puebla, por lo que el suelo en el área de proyecto ha sido modificado previamente con respecto a sus condiciones naturales desde la construcción de dichas infraestructuras viales. En este sentido, la ejecución del proyecto no generará un deterioro adicional significativo sobre este elemento, dado que las condiciones del suelo ya se encuentran alteradas de manera preexistente.

Título Quinto. De la protección al ambiente
Capítulo IV. De la protección del suelo
Artículo 132. Corresponde al Estado, los municipios y a sus habitantes la protección ambiental del suelo, mediante acciones orientadas a prevenir su contaminación; controlar los materiales y residuos no peligrosos que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos; y prevenir y reducir la generación de residuos sólidos municipales e industriales no peligrosos, incorporando técnicas y procedimientos para su reúso y reciclaje.

Aplicabilidad: Los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que se generen durante la ejecución del proyecto serán manejados conforme a la normatividad y legislación ambiental aplicable. Se llevará registro documental de su recolección, transporte y disposición final, como evidencia del cumplimiento de las obligaciones previstas en este artículo.

Capítulo V. De la protección contra el ruido, vibraciones, olores, energía térmica y lumínica
Artículo 142. Quedan prohibidas las emisiones de ruido, vibraciones, olores, energía térmica y lumínica que rebasen los niveles máximos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas. Los ayuntamientos, en el ámbito de sus atribuciones, deberán incorporar en su reglamentación correspondiente la prevención, control y, en su caso, sanción de este tipo de contaminación.

Aplicabilidad: Durante la etapa de construcción se producirán emisiones de ruido y vibraciones asociadas a la operación de maquinaria y equipos; sin embargo, dichas emisiones tendrán carácter intermitente y temporal, y cesarán una vez concluida la ejecución del proyecto. Cabe señalar que las vialidades sobre las cuales se ubica el trazo del Macro Colector registran actualmente niveles continuos de ruido derivados del tránsito vehicular, por lo que los impactos acústicos generados por la obra no representarán un incremento significativo respecto a las condiciones ambientales preexistentes.

3.12.2. Reglamento de la Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental y Riesgo Ambiental

Capítulo III. De los estudios de impacto y riesgo ambiental

Sección Primera. Disposiciones comunes

Artículo 9. Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría un informe preventivo o una manifestación de impacto ambiental en la modalidad que corresponda, a fin de que ésta realice la evaluación del proyecto para el que se solicita autorización. Cuando se trate de actividades consideradas riesgosas, deberá presentarse adicionalmente un estudio de riesgo ambiental.

La información contenida en el informe preventivo o en la manifestación de impacto ambiental deberá referirse a las circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto.

La Secretaría pondrá a disposición de los promoventes las guías para la presentación del informe preventivo, la manifestación de impacto ambiental y, en su caso, el estudio de riesgo ambiental, de acuerdo con el tipo de obra o actividad que se pretenda ejecutar. Dichas guías serán publicadas en el Periódico Oficial del Estado en el mes de enero de cada año.

Aplicabilidad: El promovente presenta ante la Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial (SMADSOT) la presente Manifestación de Impacto Ambiental en su Modalidad Particular, en cumplimiento de las disposiciones de este artículo. Dado que el proyecto no involucra actividades clasificadas como altamente riesgosas, no se presenta estudio de riesgo ambiental. La información incluida en este documento corresponde a las características y circunstancias ambientales relevantes asociadas a la ejecución del proyecto, elaborada en apego a las Guías publicadas por la SMADSOT en el Periódico Oficial del Estado de Puebla el 19 de agosto de 2016.

Sección Tercera. De la evaluación de la Manifestación de Impacto Ambiental

Artículo 27. Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una manifestación de impacto ambiental en la modalidad que corresponda, a fin de que ésta lleve a cabo la evaluación del proyecto de la obra o actividad para la que se solicita autorización. La información contenida en la manifestación deberá referirse a las circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto.

Aplicabilidad: La presente Manifestación de Impacto Ambiental en su Modalidad Particular corresponde al proyecto ejecutivo para la construcción del Macro Colector de aguas residuales "PTAR Ávila Camacho", para el saneamiento del Río Atoyac en los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla. El documento se somete ante la SMADSOT para su evaluación e integra la información sobre las circunstancias ambientales relevantes del área de influencia del proyecto —incluyendo la descripción del sistema ambiental, la identificación y evaluación de impactos, y las medidas de mitigación propuestas— con el propósito de obtener la autorización correspondiente previo al inicio de las obras.

3.12.3. Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla

Título Tercero. Clasificación de los residuos

Capítulo Único. Fines, criterios y bases generales

Artículo 15. Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos, o bien en reciclables y no reciclables, con la finalidad de facilitar su separación primaria y secundaria y favorecer su reutilización y reciclaje, de conformidad con esta Ley, su Reglamento y demás disposiciones jurídicas aplicables.

Aplicabilidad: Durante las etapas de preparación del sitio y construcción del Macro Colector, el personal adscrito a las obras generará residuos sólidos urbanos de carácter doméstico, principalmente derivados de actividades de alimentación —envases, embalajes y residuos orgánicos— y del uso de sanitarios portátiles. Estos residuos serán clasificados en orgánicos e inorgánicos desde su origen, conforme a lo dispuesto en este artículo, y su recolección quedará a cargo del servicio municipal correspondiente en cada uno de los municipios donde se ejecuten las obras: Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla.

Artículo 16, fracción VII

Los residuos de manejo especial se clasifican, con excepción de aquéllos que resulten peligrosos, en las siguientes categorías:

VII. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general.

Aplicabilidad: La construcción del Macro Colector implicará la generación de residuos de manejo especial propios de obra civil, entre los que destacan: material producto de excavaciones en zanja a lo largo de los 8,418.894 metros lineales del trazo; residuos del corte de pavimento y concreto en las vialidades intervenidas; y sobrantes de materiales de construcción como tubería, mortero y acero. Todos estos residuos quedan clasificados bajo la fracción VII de este artículo y serán manejados conforme al Plan de Manejo de Residuos de Construcción, Mantenimiento y Demolición que se integra al presente estudio.

Título Quinto. Planes de Manejo
Capítulo II. Formulación e instrumentación de los planes de manejo
Artículo 30, fracción I. Serán responsables de la formulación e instrumentación de los planes de manejo, según corresponda, los productores, distribuidores y generadores de residuos sólidos urbanos o de manejo especial incluidos en el listado previsto en el artículo anterior y en el Reglamento de esta Ley.

Aplicabilidad: En cumplimiento de este artículo, el contratista responsable de la ejecución del proyecto formulará e instrumentará el Plan de Manejo de Residuos de Construcción, Mantenimiento y Demolición correspondiente, el cual será presentado ante la Secretaría competente del estado de Puebla previo al inicio de las actividades constructivas. Dicho plan establecerá los procedimientos de separación, almacenamiento, recolección, transporte y disposición final de los residuos generados en cada uno de los cinco ramales del Macro Colector.

Título Sexto. De la prevención y gestión integral de los residuos
Capítulo Único
Artículo 39. En relación con el manejo integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, queda prohibido depositar o verter residuos de cualquier tipo en vías o lugares públicos, lotes baldíos, barrancas, cañadas, redes de drenaje, cuerpos de agua, cavidades subterráneas, áreas naturales protegidas o en cualquier sitio no autorizado para tal fin; así como incinerar residuos a cielo abierto o en equipos de combustión sin la autorización correspondiente.

Aplicabilidad: Esta disposición reviste especial relevancia para el proyecto, dado que el trazo del Macro Colector discurre en varios tramos sobre barrancas y en la proximidad del Río Atoyac. El promovente y el contratista garantizarán que ningún residuo generado durante las obras —ya sea sólido urbano, de manejo especial o peligroso— sea depositado en barrancas, cauces, vías públicas o sitios no autorizados. El cumplimiento de esta prohibición quedará respaldado por el registro documental de la gestión de residuos previsto en el Programa de Vigilancia Ambiental.

Título Séptimo. Del manejo integral de residuos

Capítulo I. Caracterización, acopio, recolección, transferencia, almacenamiento y transporte

Artículo 48. El almacenamiento primario es el que realizan los generadores dentro del lugar de generación de los residuos, previo a su recolección. Para ello deberán contar con las instalaciones apropiadas conforme a las características que establezca el Reglamento de esta Ley.

Aplicabilidad: En el área de trabajo de cada ramal del Macro Colector se dispondrán contenedores identificados y diferenciados para el almacenamiento primario de residuos sólidos urbanos. Los residuos de manejo especial —principalmente material de excavación y residuos de demolición de pavimentos— serán acumulados temporalmente en los acotamientos laterales de la zona de trabajo, debidamente delimitados y señalizados, en tanto se realiza su recolección, transporte y disposición final en sitios autorizados.

Artículo 51. El transporte de residuos sólidos urbanos y de manejo especial a través del territorio del Estado se realizará con la autorización correspondiente de las autoridades estatales y municipales competentes, considerando las condiciones necesarias según el tipo de residuo, las medidas de seguridad para la protección del medio ambiente, la salud pública y los ecosistemas, así como las rutas más adecuadas en función de los puntos de origen y destino.

Aplicabilidad: El contratista suscribirá contrato con empresas transportistas debidamente autorizadas por las autoridades estatales y municipales para el traslado de los residuos de manejo especial generados por la obra. Durante el transporte, los residuos serán cubiertos con lona o malla para prevenir su dispersión, emisiones de polvo y derrames sobre las vialidades. Las rutas de transporte se definirán considerando los cinco ramales del proyecto y los sitios de disposición final autorizados más próximos, minimizando afectaciones al tránsito urbano en los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla.

3.12.4. Reglamento de la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla

Capítulo Tercero. De la subclasificación de los residuos

Artículo 7. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 13 de la Ley, los residuos sólidos urbanos se subclasificarán, de forma enunciativa más no limitativa, en:

I. Residuos orgánicos:

a) Desperdicios alimenticios: frutas, verduras, legumbres, café, cáscaras de huevo.

II. Residuos inorgánicos:

a) Papel y cartón: periódico, revistas y productos de papel.

b) Vidrio: botellas y frascos.

c) Plásticos: bolsas, envolturas, envases, empaques y embalajes.

d) Metal: latas, tapaderas y corcholatas.

f) Desechos sanitarios: papel sanitario, toallas sanitarias, pañales desechables y otros generados en higiene personal.

Aplicabilidad: Durante la jornada laboral, el personal adscrito a las obras del Macro Colector "PTAR Ávila Camacho" generará residuos sólidos urbanos de las categorías orgánica e inorgánica, principalmente derivados de actividades de alimentación —envases de alimentos y bebidas, residuos orgánicos de cocina— y del uso de sanitarios portátiles instalados en las zonas de trabajo a lo largo de los cinco ramales del proyecto. Dichos residuos serán separados desde la fuente conforme a esta subclasificación, almacenados en contenedores identificados por tipo de residuo y entregados al servicio de recolección municipal autorizado en cada uno de los municipios involucrados: Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla.

Capítulo Cuarto. De los Planes de Manejo

Artículo 10. Los generadores sujetos a un Plan de Manejo en términos de la Ley son aquellos que en conjunto producen o reúnen cantidades de 10 toneladas de peso bruto al año, quienes excedan dicha cantidad de forma anual, o aquellos que generen cantidades iguales o mayores a 27 kilogramos por día.

Aplicabilidad: Dado que el proyecto implica la excavación de zanjas a lo largo de 8,418.894 metros lineales distribuidos en los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla, así como el corte de pavimento y concreto en las vialidades intervenidas, la generación diaria de residuos de construcción, mantenimiento y demolición —incluyendo material pétreo de excavación, fragmentos de concreto y asfalto— superará con amplio margen el umbral de 27 kilogramos por día establecido en este artículo. En consecuencia, el promovente queda sujeto a la formulación e instrumentación de un Plan de Manejo de Residuos de Construcción, Mantenimiento y Demolición (RCMD), el cual, al tratarse de una obra de infraestructura hidráulica pública con superficie superior a 1,500 m², deberá ser tramitado y autorizado ante la SMADSOT, en su carácter de autoridad estatal competente en la materia, conforme a lo establecido en la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla y su Reglamento. Los transportistas y prestadores de servicios de acopio y disposición final que participen en la gestión de estos residuos deberán contar con la autorización correspondiente emitida por la propia SMADSOT.

3.12.5. Ley de Agua para el Estado de Puebla

Capítulo III. De la política hídrica y de la cultura del agua

Artículo 5, fracción I. La política hídrica del Estado se sustentará en garantizar el acceso de toda persona a la disposición y saneamiento del agua para consumo personal y doméstico en condiciones suficientes, salubres, aceptables y asequibles. Asimismo, define las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, con la participación coordinada de la Federación, los municipios y la ciudadanía.

Aplicabilidad: El proyecto del Macro Colector "PTAR Ávila Camacho" contribuye directamente al cumplimiento de esta política, al ampliar y mejorar la infraestructura de conducción y saneamiento de aguas residuales en las zonas norte y centro de la ciudad de Puebla —incluyendo localidades de los municipios de Ocoyucan y San Gregorio Atzompa— favoreciendo así el acceso equitativo a servicios de alcantarillado y saneamiento para la población asentada en el área de influencia del proyecto.

IV. Descripción del sistema ambiental y señalamiento de la problemática ambiental detectada en el área de influencia del proyecto

La caracterización del medio natural del área de proyecto y su entorno comprendió el análisis de los componentes biótico y abiótico, con base en la revisión de literatura especializada y en recorridos de campo; esta fase incluyó también el estudio del medio socioeconómico.

La descripción del sistema ambiental permitió identificar y evaluar los posibles impactos asociados a la ejecución de la obra. Para alcanzar este objetivo con la profundidad requerida, fue necesario conocer las condiciones actuales del entorno y determinar su calidad ambiental de referencia.

En el proceso de evaluación se distinguieron los factores ambientales relevantes de aquellos que no lo son. Un factor ambiental se considera relevante para efectos de este estudio cuando cumple al menos uno de los siguientes criterios:

1. Puede verse afectado, directa o indirectamente, por la ejecución de la obra.
2. Posee un valor reconocido desde el punto de vista social, ecológico, científico, cultural o legal.

Los resultados obtenidos en esta fase del análisis son los siguientes:

- Se elaboró una descripción del estado actual de cada elemento ambiental identificado en el área de influencia del proyecto.
- Se elaboró un listado de factores ambientales susceptibles de ser afectados por la obra, como instrumento metodológico para la identificación y jerarquización de impactos.

4.1 Delimitación y justificación del área de influencia

El área de influencia comprende diversas localidades pertenecientes a los municipios de Ocoyucan (120.17 km²), San Gregorio Atzompa (11.77 km²) y Puebla (534.33 km²), ubicados en la zona centro-poniente del estado de Puebla. El límite natural que articula el área de influencia es la cuenca del Río Atoyac, cuerpo receptor final de las aguas residuales generadas en la zona.

La delimitación del área de influencia se establece con base en tres criterios complementarios: las áreas de aportación de aguas residuales, la red de drenaje existente y el trazo del Macro Colector proyectado. Este sistema conecta localidades como Lomas de Angelópolis, Santa María Malacatepec y San Gregorio Atzompa, así como diversas colonias del poniente de la ciudad de Puebla, hasta su punto de descarga en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Manuel Ávila Camacho, ubicada en la Presa de Valsequillo.

La justificación de esta delimitación radica en que las localidades comprendidas dentro del área de influencia vierten actualmente sus aguas residuales sin tratamiento previo directamente al Río Atoyac, generando una problemática ambiental y sanitaria de escala regional que el proyecto busca atender mediante la conducción ordenada de los efluentes hacia la PTAR.

4.2. Características físicas

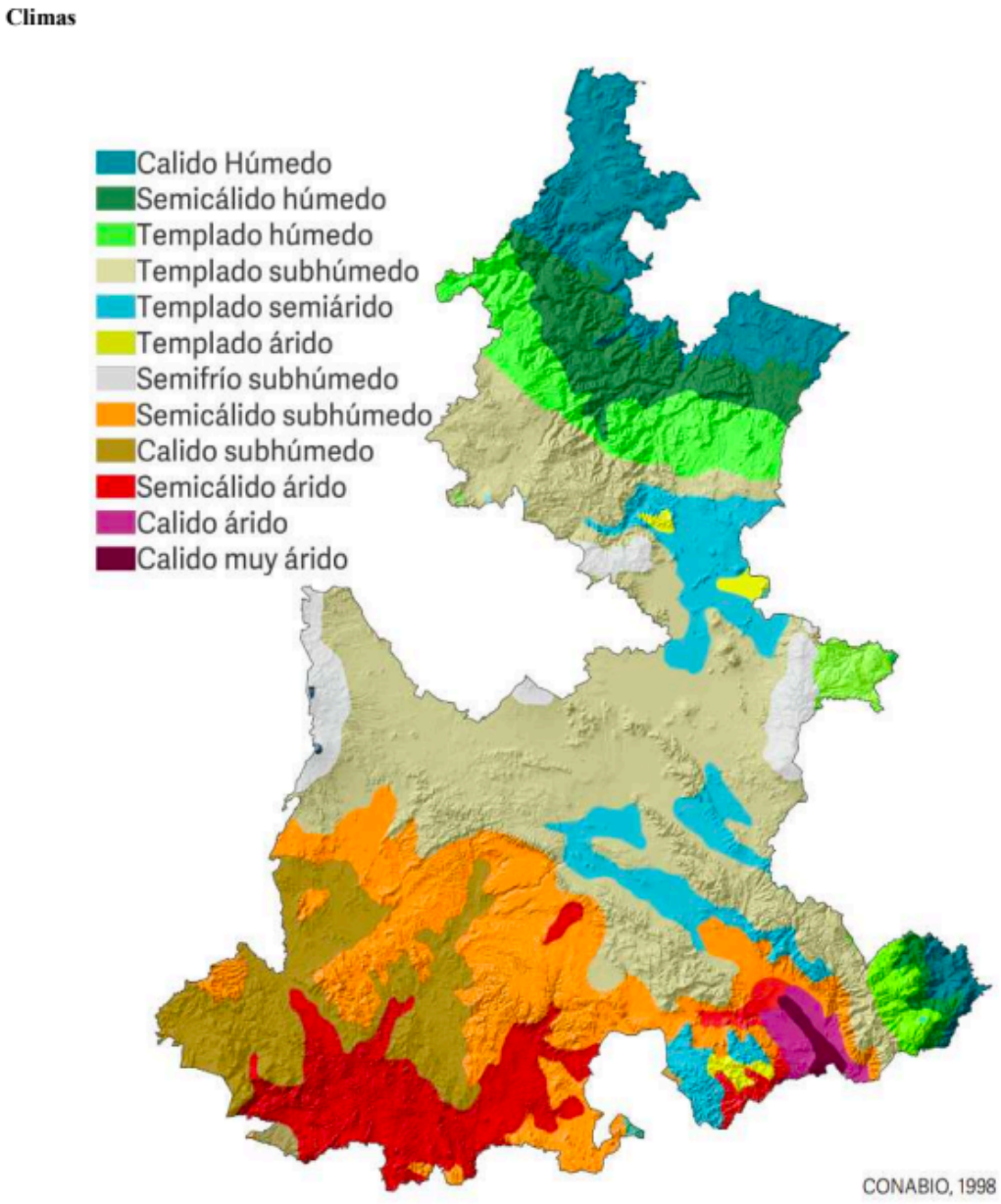
4.2.1. Condiciones climatológicas

El área de influencia presenta clima **templado subhúmedo con lluvias en verano**[1], dominante en los tres municipios. Las características principales son:

- **Temperatura media anual:** 14–20 °C (Ocoyucan); 16–17 °C (San Gregorio Atzompa); 18–22 °C (Ciudad de Puebla).
- **Precipitación media anual:** 800–1,000 mm en Ocoyucan y San Gregorio Atzompa; aproximadamente 900 mm en la Ciudad de Puebla.
- **Temporada de lluvias:** mayo a octubre.
- **Temporada seca:** noviembre a marzo.
- En Ocoyucan, el 80.12% del territorio presenta clima templado subhúmedo de humedad media y el 19.20% de mayor humedad, con una pequeña franja (0.68%) semicálida subhúmeda.
- La Ciudad de Puebla presenta un clima más variable por su altitud (~2,160 msnm), con eventos de tormentas tropicales frecuentes en verano.

[1] Fuente: INEGI – Cartas de Climas; Programa Estatal de Ordenamiento Territorial de Puebla.

Figura 4.1. Climas en la zona de estudio



Fuente: Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del estado de Puebla.

4.2.2. Geomorfología y relieve

Los tres municipios se ubican dentro de la provincia fisiográfica del **Eje Neovolcánico**, subprovincia **Lagos y Volcanes de Anáhuac**, caracterizada por planicies con lomeríos suaves de origen volcánico[2].

- **Ocoyucan:** Relieve de llanura aluvial con lomeríos; altitud entre 1,800 y 2,400 msnm. El territorio forma parte del graben de Puebla, estructura de fallamiento normal. No se identifican fallas activas relevantes dentro del municipio, aunque se considera zona sísmica moderada.
- **San Gregorio Atzompa:** Llanura aluvial con lomerío; altitud entre 2,100 y 2,300 msnm. Topografía suave a ligeramente ondulada.
- **Ciudad de Puebla:** Valle volcánico con relieve predominantemente plano en el centro urbano y lomeríos hacia la periferia; altitud promedio de 2,160 msnm.

4.2.3. Tipos de suelo

La geología de la zona está dominada por **rocas ígneas extrusivas** (andesitas, basaltos, tobas volcánicas, dacitas) y depósitos aluviales[3]. Los principales tipos de suelo son:

- **Ocoyucan:** Phaeozem (~40%), Cambisol, Vertisol, Gleysol, Rendzina, Leptosol y Regosol. Suelos con fertilidad de media a moderada, susceptibles a erosión en zonas de ladera.
- **San Gregorio Atzompa:** Regosol (30.96%), Durisol (8.37%), Phaeozem (7.84%), Arenosol (0.93%) y zona urbana. Suelos jóvenes derivados de materiales volcánicos.
- **Ciudad de Puebla:** Luvisoles, vertisoles y regosoles predominan; en la zona sur-poniente predominan arcillas arenosas (CL, CH) y materiales aluviales, según zonificación geotécnica de SMIG (2016).

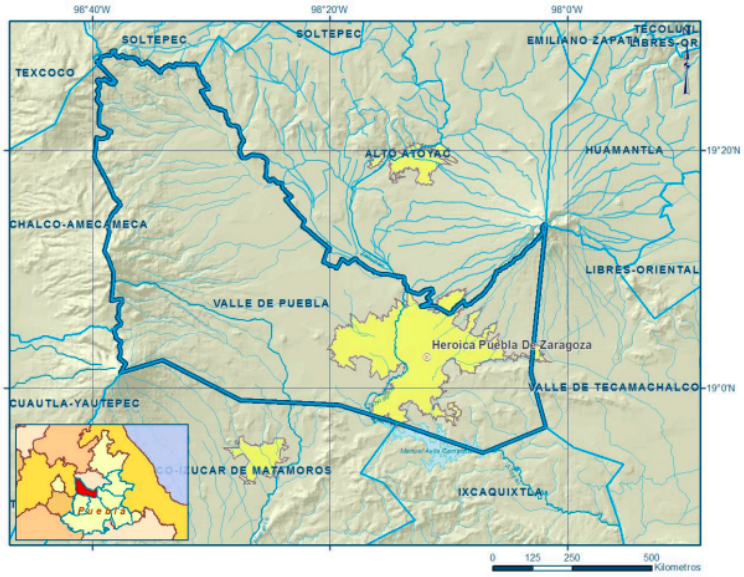
4.2.4. Hidrología y drenaje subterráneo

Hidrología superficial: El área pertenece a la **Región Hidrológica RH-18 Río Balsas**, cuenca del **Río Atoyac**. Las subcuencas presentes en Ocoyucan son: R. Nexapa (53.40%), R. Atoyac-San Martín Texmelucan (38.19%) y P. Miguel Ávila Camacho (8.41%). El río Atoyac es la corriente perenne principal; los afluentes internos son arroyos intermitentes activos en temporada de lluvias, con secciones de 1.0–3.0 m de ancho y 0.5–1.5 m de profundidad. En la ciudad de Puebla también destaca el **río Alseseca**.

[2] Fuente: INEGI – Cartas topográficas y fisiográficas; Plan Integral de Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Ocoyucan

[3] *Fuente: INEGI – Cartas Edafológicas; "Zonificación geotécnica del área sur-poniente de la ciudad de Puebla", SMIG 2016*

Figura 4.2. El acuífero del Valle de Puebla



Fuente: Diario oficial de la Federación 20 de abril de 2015

Drenaje subterráneo: Las aguas subterráneas corresponden al **acuífero del Valle de Puebla**[4]. En Ocoyucan, el nivel freático se encuentra aproximadamente entre 3 y 15 m de profundidad, aprovechado mediante pozos para uso doméstico y agrícola. Los suelos volcánicos permeables favorecen la infiltración y recarga del acuífero. La Ciudad de Puebla opera con 4 plantas potabilizadoras con capacidad instalada de 715 l/s. La problemática principal es la descarga de aguas residuales sin tratamiento al río Atoyac por parte de los municipios del área de influencia, incluyendo a San Gregorio Atzompa (90% de sus aguas sin tratar) y descargas desde Ocoyucan y Puebla.

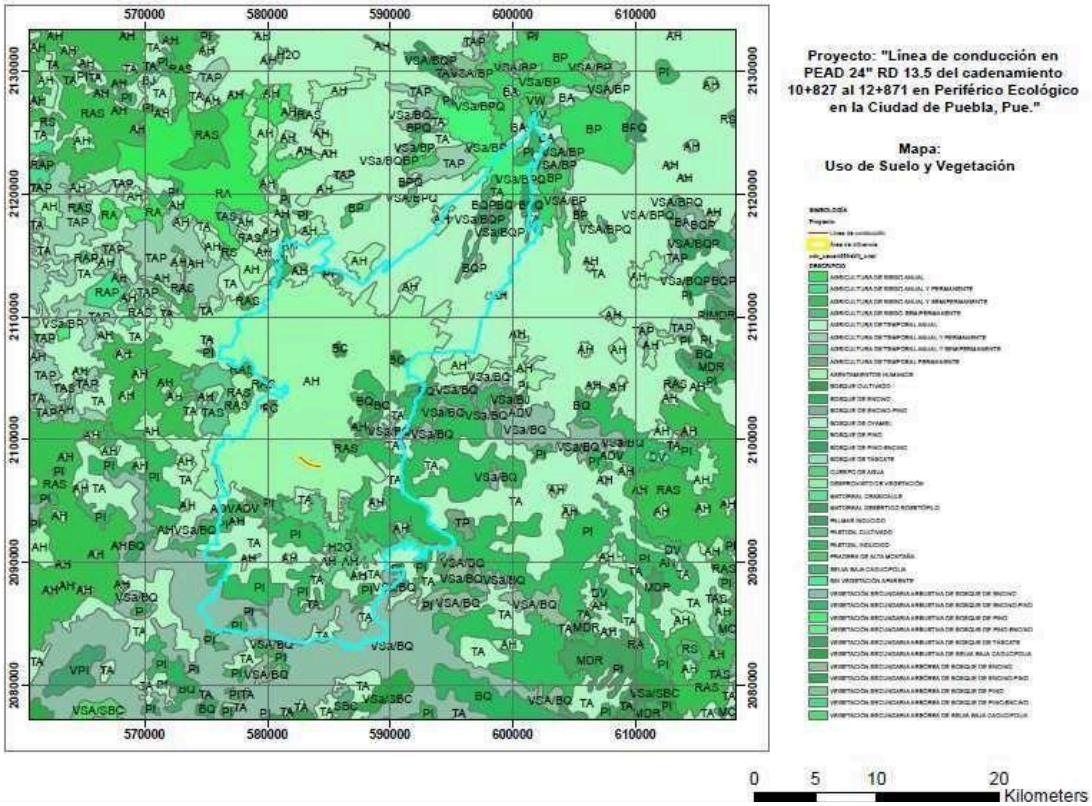
4.3. Características biológicas

4.3.1. Vegetación, flora y fauna silvestre endémica

El área de influencia se localiza en la **región biogeográfica neotrópica**, dentro del sistema montañoso del Eje Neovolcánico. La vegetación potencial corresponde a bosques templados (pino, encino y oyamel) en las zonas de mayor altitud de Ocoyucan, mientras que el valle de Puebla-Tlaxcala históricamente albergó matorrales y pastizales (Figura 4.3). Dado el alto grado de urbanización, las especies nativas han sido en gran parte desplazadas. En zonas rurales de Ocoyucan persisten bosques de coníferas y encino, así como vegetación de galería a lo largo de arroyos. La fauna silvestre potencial incluye reptiles, pequeños mamíferos y aves, algunas bajo protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010. No se reportan especies endémicas estrictamente locales, aunque el área se inserta en una zona de importancia biológica regional por su conectividad con el Parque Nacional Malinche (al norte) y la Sierra de Tentzo (al sur)[5].

[4] *Fuente: CONAGUA; SEMARNAT; INEGI – Cartas Hidrológicas; Plan Integral de APAS de Ocoyucan*
[5] *Fuente: SEMARNAT – Inventario Forestal Nacional; NOM-059-SEMARNAT-2010*

Figura 4.3. Vegetación de la zona de estudio



Fuente: Proyecto "Línea de conducción en PEAD 24"

4.3.2. Tipo y calidad de la vegetación y la flora en condiciones actuales

La cobertura vegetal en el área de influencia directa del proyecto es predominantemente urbana o periurbana, con vegetación secundaria perturbada. En Ocoyucan se identifican:

- Bosques de coníferas y encino en zonas de mayor altitud (en buen estado de conservación relativo).
- Vegetación agrícola de temporal (maíz, frijol, frutales: aguacate, durazno, chirimoya).
- Vegetación ruderal y secundaria en márgenes de arroyos y terrenos baldíos.

En San Gregorio Atzompa y la Ciudad de Puebla, la vegetación natural ha sido prácticamente sustituida por la mancha urbana. Las riberas del Río Atoyac presentan vegetación de galería degradada por la contaminación de las aguas. La calidad de la vegetación en el área de trazo del Macro Colector es baja, con predominio de especies tolerantes a la perturbación.

4.3.3. Tipo y calidad de fauna silvestre en condiciones actuales

La fauna silvestre en el área de influencia directa es escasa y de baja diversidad debido al alto grado de urbanización. Se reportan principalmente:

- Aves: palomas, gorriones, zanates, golondrinas y otras especies generalistas urbanas.
- Mamíferos: ardillas, tlacuaches, murciélagos y perros y gatos ferales.
- Reptiles: lagartijas del género *Sceloporus* y algunas serpientes inofensivas en zonas periurbanas.
- Anfibios: presencia reducida, asociada a cuerpos de agua temporales.

La calidad de la fauna es baja en la zona del proyecto; las comunidades faunísticas están fuertemente afectadas por la perturbación del hábitat y la contaminación del río Atoyac. No se registra presencia de fauna de importancia especial en la traza del Macro Colector, aunque se recomienda supervisión durante la construcción para detectar especies bajo protección.

4.4. Ecosistemas y paisaje

4.4.1. Principales ecosistemas, situación actual y su referencia al proyecto en cuestión

Los ecosistemas presentes en el área de influencia son:

- **Ecosistema urbano:** dominante en la Ciudad de Puebla y San Gregorio Atzompa; altamente transformado, con impactos severos sobre suelo, agua y biodiversidad.
- **Ecosistema agrícola:** en Ocoyucan, con cultivos de temporal (maíz, frijol) y fruticultura; moderadamente transformado.
- **Ecosistema ripario (ribereño):** asociado al río Atoyac y sus afluentes; en estado de degradación severa por la descarga de aguas residuales sin tratar. La contaminación orgánica y bacteriológica afecta la biodiversidad acuática y las riberas.
- **Ecosistema de bosque templado:** presente en las zonas de mayor altitud de Ocoyucan; en estado relativamente conservado, aunque con presión por expansión urbana.

El proyecto, al interceptar y conducir las aguas residuales hacia tratamiento, contribuirá directamente a la recuperación del ecosistema ripario del río Atoyac.

4.4.2. En su caso, áreas naturales protegidas existentes en las inmediaciones y su relación con el proyecto

En las inmediaciones del área de influencia se identifican las siguientes áreas naturales protegidas[6]:

- **Parque Nacional Malinche (La Malintzin):** localizado al norte del municipio de Puebla, decretado en 1938. Zona de captación hídrica de importancia regional, fuente del Río Alseseca.
- **Reserva Estatal Humedal Valsequillo:** humedal asociado a la Presa de Valsequillo (Presa Manuel Ávila Camacho), cuerpo receptor final del macro colector tras el tratamiento en la PTAR.
- **Reserva Estatal Tentzo:** al sur de Ocoyucan y Puebla, zona de bosques de encino y pino.

El proyecto no afecta directamente a ninguna área natural protegida. La PTAR Ávila Camacho, al tratar las aguas antes de su descarga a la Presa de Valsequillo, tendrá un efecto positivo sobre la Reserva Estatal Humedal Valsequillo al reducir la carga contaminante que actualmente recibe.

Caso contrario en el **Parque de la Reserva** (18°58'28.51"N 98°17'11.30"W) y el **Parque de los conejos** (18°58'25.58"N 98°17'07.12"W) donde el trazo está considerado pasar por estas áreas naturales, se estima una afectación de la zona de vegetación.

4.4.3 Características del paisaje y situación actual

El paisaje del área de influencia es predominantemente **urbano-periurbano**, con presencia de elementos naturales degradados. El Río Atoyac, que debería ser un corredor visual y ecológico de primer orden, presenta en la actualidad una imagen de deterioro grave: riberas con residuos sólidos, aguas turbias y oscuras, y ausencia de vegetación riparia densa. En Ocoyucan, el paisaje rural-agrícola coexiste con el desarrollo habitacional de alta densidad de Lomas de Angelópolis. La calidad escénica del paisaje en la zona es baja a media, con alto impacto visual de la infraestructura urbana y la contaminación hídrica.

4.5. Diagnóstico

La principal problemática ambiental del área de influencia es la **descarga de aguas residuales sin tratar al Río Atoyac**, que afecta la calidad del agua superficial y subterránea, la biodiversidad acuática y riparia, y la salud pública de las comunidades aledañas. Los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla figuran entre los 22 municipios señalados por CONAGUA y PROFEPA como contaminantes del Río Atoyac. Según SEMARNAT, la Ciudad de Puebla tiene dos puntos de descarga de aguas residuales sin tratar a los ríos Atoyac y Alseseca. En San Gregorio Atzompa, el 90% de las aguas residuales se vierten sin tratar al río.

[6] *Fuente: SEMARNAT – Registro de Áreas Naturales Protegidas; Gobierno del Estado de Puebla*

La cobertura de saneamiento en Ocoyucan es del 0%, pese a coberturas de alcantarillado del 92.98%. Esta situación implica degradación del ecosistema ripario, riesgo sanitario regional y contaminación de la presa de Valsequillo. El proyecto del Macro Colector "Manuel Ávila Camacho" responde directamente a esta problemática.

V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales

5.1. Descripción del sistema ambiental

De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente[7] (LGEEPA), el medio ambiente se define como el conjunto de elementos naturales y artificiales —o inducidos por el ser humano— que hacen posible la existencia y el desarrollo de los organismos vivos. En términos sistémicos, el ambiente no constituye un espacio estático, sino un sistema en constante transformación que resulta de la interacción dinámica entre las comunidades humanas y la naturaleza, donde las modificaciones de origen antrópico pueden generar alteraciones de recuperación lenta o, en los casos más severos, daños irreversibles sobre la composición física, química y biológica de los recursos naturales.

La zona de estudio se localiza en el municipio de Puebla y se caracteriza por ser un área urbana con alta presión demográfica, condición que hace indispensable el fortalecimiento de la infraestructura de saneamiento. En el caso del municipio de Ocoyucan este localiza en la zona centro-oeste del estado de Puebla, integrado a la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala, y se caracteriza por una expansión urbana acelerada vinculada al crecimiento de la ciudad de Puebla, lo que incrementa la demanda de infraestructura de saneamiento. Su territorio presenta clima templado del Valle de Puebla con lluvias en verano, altitudes entre 1,890 y 2,400 m s.n.m., y una hidrología directamente articulada al Río Atoyac, que bordea su límite oriente y recibe los escurrimientos de corrientes menores y canales internos del municipio. La vegetación original ha sido desplazada en su mayor parte por la expansión urbana y agrícola; en las zonas de mayor altitud subsisten manchones de bosque mixto de encino y pino. El uso del suelo combina áreas agrícolas de temporal y zonas habitacionales en rápida consolidación, condición que agudiza la problemática de vertido de aguas residuales sin tratamiento hacia el Río Atoyac.

[7] Última modificación 2018

Finalmente, en el municipio de San Gregorio Atzompa, ubicado en la zona centro-oeste del estado de Puebla e integrado a la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala, se caracteriza por ser un territorio de transición entre el entorno rural y la expansión urbana metropolitana, con una creciente demanda de servicios de saneamiento derivada del aumento poblacional. Su clima es templado de altura con temperatura media anual de 16.7 °C y precipitación de 906.9 mm anuales concentrada en verano; su territorio drena hacia la cuenca del Río Atoyac. La vegetación natural ha sido ampliamente transformada por el uso agrícola y la urbanización. El municipio comprende dos localidades —la cabecera municipal y Chipilo de Francisco Javier Mina—, ambas incluidas en el trazo del Macro Colector, cuyas aguas residuales actualmente se vierten sin tratamiento previo al Río Atoyac.

La instalación del Macro Colector forma parte del equipamiento hidráulico que aportará beneficios tangibles en materia de salud pública, saneamiento ambiental y calidad de vida de la población. No obstante, su ejecución implica una serie de actividades constructivas que generan impactos puntuales sobre el entorno, los cuales se describen a continuación.

5.2. Actividades del proyecto con incidencia ambiental

Trazo y limpieza Comprende la remoción de maleza, basura y material suelto en el área de trabajo, así como el trazo y nivelación del eje del colector mediante el establecimiento de bancos de nivel y estacado.

Despalme Implica la remoción de las capas superficiales de suelo natural no aprovechable para la construcción, incluyendo los estratos inadecuados para la cimentación o desplante de los pozos de visita.

Mantenimiento de maquinaria y equipo La maquinaria y los equipos utilizados corresponderán a los especificados en el proyecto, seleccionados conforme a su tipo, capacidad y características técnicas, con el propósito de operar con la máxima eficiencia y minimizar la generación de emisiones contaminantes.

Corte con sierra en pavimentos y concreto hidráulico Previo a la ruptura de la carpeta asfáltica, se realiza un corte superficial con sierra a una profundidad mínima de dos tercios del espesor del pavimento, a fin de delimitar con precisión el área de intervención y evitar afectaciones a pavimentos o empedrados fuera de la zona de proyecto.

Demolición de la carpeta asfáltica La carpeta asfáltica se disgrega o fracciona con la maquinaria y herramientas previstas en el proyecto. Cuando únicamente una parte del elemento es demolida, se adoptan las precauciones necesarias para preservar la integridad de las secciones no intervenidas.

Excavación de zanjas Se ejecutan las excavaciones requeridas para alojar la tubería del colector, incluyendo las operaciones de limpieza y nivelación de la plantilla y taludes de las zanjas.

Plantillas apisonadas Cuando el fondo de la excavación no ofrezca la consistencia necesaria para garantizar la estabilidad de la tubería, se construye una plantilla de arena de al menos 10 cm de espesor con perfil semicircular, sobre la cual descansará la tubería.

Instalación de tubería Comprende el conjunto de operaciones y maniobras para la colocación de tuberías y piezas especiales conforme a las especificaciones del proyecto.

Construcción de pozos de visita Los pozos de visita son estructuras hidráulicas complementarias que permiten la inspección, mantenimiento y ventilación del sistema colector para garantizar su operación eficiente.

Prueba hidrostática de tubería Consiste en la inyección de agua a presión en cada tramo de conducción para verificar la hermeticidad de la tubería instalada, en cumplimiento de las especificaciones de la NOM-001-CONAGUA-2011.

Relleno de zanjas Comprende las operaciones de relleno hasta el nivel original del terreno, mediante dos modalidades: sin compactación, depositando el material con su humedad natural; o con compactación en capas horizontales no mayores a 20 cm, con la humedad requerida y el uso de pisones manuales o neumáticos.

Reposición de la carpeta asfáltica Una vez concluido el relleno, la carpeta asfáltica es restituida de forma que garantice una superficie uniforme, sin desniveles ni deformaciones, evitando afectaciones al tránsito vehicular y asegurando un comportamiento homogéneo respecto de los pavimentos contiguos a lo largo del tiempo.

Carga y acarreo de material Incluye las maniobras de carga del material producto de excavación mediante medios mecánicos o manuales, y su transporte hasta el sitio autorizado para la disposición de residuos de manejo especial.

Señalización Contempla la instalación de anuncios, dispositivos y elementos de señalización temporal dentro y fuera de la zona de obra, para la identificación, restricción e información de riesgos, así como el equipo de protección personal del personal de obra y la señalización para la circulación segura de peatones y vehículos.

La Tabla 5.1 presenta el listado de acciones con potencial de afectación ambiental identificadas para cada etapa del proyecto: preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento. Dado que el trazo del Macro Colector atraviesa el Parque de La Reserva y el Parque de los Conejos y otras zonas de vegetación.

La etapa de preparación del sitio incorpora acciones específicas de protección ambiental —inventario arbóreo, rescate de flora y fauna, y ahuyentamiento— previas al inicio de los trabajos de despalme y excavación. Las etapas de selección del sitio y abandono no se incluyen al no contemplar acciones con potencial de alterar el ambiente.

Tabla 5.1. Acciones del proyecto por etapa.

Etapa	Clave	Acción
A. Preparación del sitio	A.1	Inventario arbóreo en zonas de parques urbanos o zonas de vegetación
	A.2	Rescate y reubicación de flora en el área de afectación directa
	A.3	Ahuyentamiento y rescate de fauna silvestre mediante métodos no letales
	A.4	Trazo y nivelación
	A.5	Despalme
	A.6	Excavación de zanjas
	A.7	Carga y acarreo de material producto de excavación
	A.8	Mantenimiento de maquinaria y equipo
B. Construcción	B.1	Corte con sierra en pavimentos y concreto hidráulico
	B.2	Demolición de la carpeta asfáltica
	B.3	Pruebas hidrostáticas en tuberías
	B.4	Instalación de tubería y piezas especiales
	B.5	Construcción de tapas de concreto
	B.6	Tendido de camas de arena para asiento de tuberías
	B.7	Relleno, nivelación y compactación de zanjas
	B.8	Construcción de pozos de visita
	B.9	Reposición de carpeta asfáltica
	B.10	Retiro de residuos de demolición, excavación y materiales sobrantes
	B.11	Colocación de señalización horizontal y demarcación vial
	B.12	Operación y mantenimiento de maquinaria y equipo
C. Operación y mantenimiento	C.1	Conducción y evacuación de aguas residuales
	C.2	Desazolve y limpieza periódica de colectores

5.3. Metodología para la identificación y evaluación de impactos ambientales

La identificación de impactos ambientales tiene como propósito analizar y evaluar las actividades del proyecto con potencial de afectación sobre el entorno, con el fin de definir las medidas preventivas y de mitigación que reduzcan los efectos adversos y de resaltar los beneficios asociados a la ejecución de la obra.

La metodología adoptada se sustenta en el enfoque propuesto por Conesa Fernández-Vítora, en combinación con una variante de la Matriz de Leopold (1971). Este método consiste en correlacionar las actividades a ejecutar en cada etapa del proyecto con los factores ambientales susceptibles de ser afectados; cada intersección entre columnas y filas de la matriz determina la posibilidad de ocurrencia de un impacto específico en las distintas fases del proyecto.

La caracterización del escenario ambiental del sitio considera tres dimensiones: el medio abiótico, el medio biótico y el medio socioeconómico, cada uno con atributos y dinámicas propias sobre los cuales se manifestarán los impactos particulares derivados de las actividades y del entorno en que se desarrollan. Para lograr una descripción más precisa, tanto las acciones del proyecto como los componentes del escenario ambiental se subdividen en elementos específicos, lo que permite identificar con mayor detalle las posibilidades de mitigación en cada caso.

5.4. Identificación de impactos por factor ambiental

En la matriz de evaluación se contemplan los tres medios señalados —físico, biótico y socioeconómico—, cada uno de los cuales se desagrega en los elementos ambientales susceptibles de ser impactados. El medio físico, por ejemplo, se subdivide en los elementos tierra, clima, agua y aire; a su vez, cada elemento se caracteriza por sus factores constitutivos: el aire comprende la calidad del aire y el nivel de ruido, así sucesivamente para cada medio, elemento y componente. Este esquema jerárquico permite llevar a cabo el análisis de manera sistemática para cada componente y sus factores asociados.

Con base en las características de las etapas de preparación del sitio, proceso constructivo, y operación y mantenimiento, se procede a identificar los probables impactos sobre cada factor ambiental. Para ello se elabora, en primer lugar, una matriz de identificación de impactos (Tabla 5.2) y, posteriormente, una descripción detallada de cada impacto identificado y de las formas de modificación o alteración que representa sobre el entorno.

Tabla 5.2. Matriz de identificación de impactos

			A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	A.8	B.1	B.2	B.3	B.4	B.5	B.6	B.7	B.8	B.9	B.10	B.11	B.12	C.1	C.2
Medio físico		A.1.1. Geomorfología y relieve				x	x	x	x		x	x					x		x					
	A.1. Tierra — suelo	A.1.2. Tipos de suelo				x	x	x	x		x	x					x		x					
	A.2. Clima	A.2.1. Microclima																						
	A.3. Agua	A.3.1. Hidrología						x	x														x	
		A.3.2. Infiltración						x	x															
	A.4. Aire	A.4.1. Calidad del aire				x	x	x	x	x	x	x					x		x	x		x		
		A.4.2. Nivel de ruido				x	x	x	x	x	x	x					x	x	x	x		x		x
Medio biótico	**B.1. Flora y vegetación**	B.1.1. Vegetación natural con alto valor económico	**x**	**x**		**x**	**x**	**x**																
		B.1.2. Especies vegetales protegidas	**x**	**x**		**x**	**x**	**x**																
	B.2. Fauna	B.2.1. Diversidad de especies			x	x	x	x		x	x	x											x	
		B.2.2. Especies con relevancia ecológica			x	x	x	x		x	x	x											x	
Medio socioeconómico	**C.1. Usos de suelo**	C.1.1. Usos de suelo					x	x	x		x	x												
		C.1.2. Generación de residuos					x	x	x	x	x	x					x		x	x				
	C.2. Infraestructura	C.2.1. Demanda de agua potable																						
		C.2.2. Disposición de aguas residuales																					x	
	C.3. Servicios públicos	C.3.1. Vialidades				x	x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x			
	C.4. Economía	C.4.1. Generación de empleos	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**
	C.5. Ecosistema y paisaje	C.5.1. Incidencia visual	**x**	**x**		**x**	**x**	**x**	**x**		**x**	**x**					**x**		**x**	**x**				

A. Preparación del sitio

- A.1 Inventario arbóreo
- A.2 Rescate de flora
- A.3 Ahuyentamiento de fauna
- A.4 Trazo y nivelación
- A.5 Despalme
- A.6 Excavación de zanjas
- A.7 Carga y acarreo de material
- A.8 Mantenimiento de maquinaria y equipo

B. Construcción

- B.1 Corte con sierra en pavimentos y concreto hidráulico
- B.2 Demolición de carpeta asfáltica
- B.3 Pruebas hidrostáticas en tuberías
- B.4 Instalación de tubería
- B.5 Construcción de tapas de concreto
- B.6 Tendido de camas de arena para asiento de tuberías
- B.7 Relleno, nivelación y compactación de zanjas
- B.8 Construcción de pozos de visita
- B.9 Reposición de carpeta asfáltica
- B.10 Retiro de residuos de demolición, excavación y materiales sobrantes
- B.11 Colocación de señalización horizontal y demarcación vial
- B.12 Operación y mantenimiento de maquinaria y equipo

C. Operación y mantenimiento

- C.1 Conducción y evacuación de aguas residuales
- C.2 Desazolve y limpieza periódica de colectores

5.4.1. Tierra — suelo

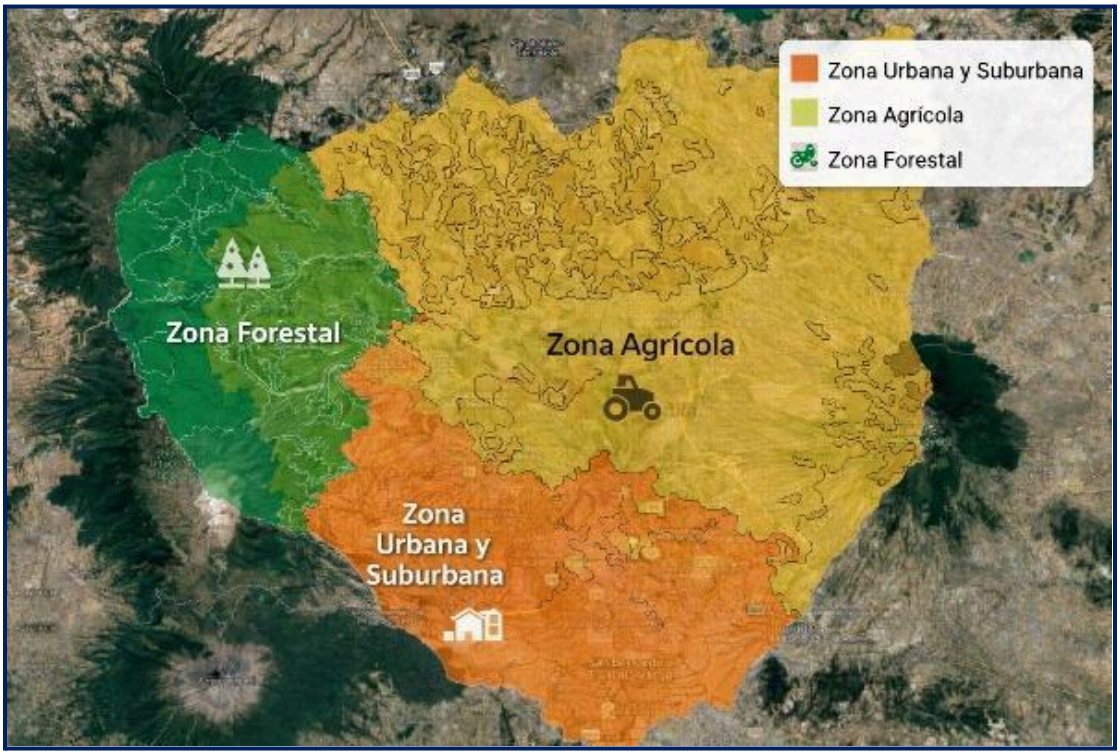
El análisis territorial de la porción centro-sur de la cuenca del Río Atoyac revela un proceso acelerado de transformación del uso de suelo, caracterizado por la sustitución de áreas agrícolas y vegetación natural por desarrollos habitacionales, corredores comerciales, equipamiento urbano y vialidades de alta capacidad.

Este fenómeno es especialmente marcado en los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla, donde la expansión urbana reciente ha reconfigurado de manera significativa la estructura física y funcional del territorio.

La consolidación de nuevas infraestructuras ha incrementado considerablemente las superficies impermeables —pavimentos, losas y cubiertas edificadas—, reduciendo la capacidad de infiltración del suelo, alterando el balance hídrico y disminuyendo la recarga de los acuíferos locales. En términos hidrológicos, esto se traduce en mayores coeficientes de escurrimiento, menores tiempos de concentración y caudales pico más elevados durante eventos de precipitación intensa, lo que exige que el dimensionamiento del sistema de Macro Colectores incorpore escenarios actuales y futuros de urbanización para garantizar su capacidad hidráulica y evitar condiciones de sobrecarga.

Paralelamente, el crecimiento poblacional y la intensificación de actividades comerciales y de servicios incrementan las aportaciones de aguas residuales al sistema de alcantarillado, por lo que el diseño del proyecto responde no solo a criterios hidrológicos, sino también a proyecciones demográficas bajo un enfoque integral de planeación urbana. La adecuada caracterización del uso de suelo constituye así un insumo esencial para la definición de parámetros hidráulicos, la selección de diámetros y pendientes, y la evaluación de la capacidad operativa del sistema, contribuyendo al saneamiento del Río Atoyac y a la sostenibilidad hidráulica de la zona metropolitana.

Figura 5.1. Uso del suelo



Fuente: Estudio hidrológico Manuel Ávila Camacho

Geomorfología y relieve

La superficie alterada en el área de influencia del proyecto se mantiene en condiciones relativamente estables, dado que las modificaciones más significativas al relieve son preexistentes y derivan de la actividad agrícola, la urbanización y la construcción de infraestructura mayor —como el Periférico y las líneas de transmisión eléctrica—. En consecuencia, la calidad del factor relieve y las características topográficas no experimentarán cambios sustanciales durante la ejecución de la obra.

No obstante, si las actividades de despalme, demolición de la carpeta asfáltica, excavación, relleno, nivelación y compactación de zanjas, reposición de pavimento y atención de fugas no se ejecutan con los procedimientos técnicos adecuados, podrían generar afectaciones localizadas al relieve de las vialidades intervenidas o en los sitios de construcción de los pozos de visita.

Tipos de suelo

En la zona de estudio, la erosión es intensa en las áreas de uso urbano; sin embargo, dado que la superficie directamente afectada por el proyecto es considerablemente menor que la destinada a usos urbanos consolidados, el efecto sobre la calidad del suelo tiende a diluirse en el contexto territorial.

Un aspecto relevante vinculado a las características del suelo en el área de influencia es su relación con el sistema de drenaje subterráneo. Los suelos de origen volcánico predominantes en los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla presentan alta permeabilidad, lo que favorece la infiltración y la recarga del acuífero del Valle de Puebla. En el municipio de Ocoyucan, el nivel freático se localiza aproximadamente entre 3 y 15 metros de profundidad, siendo aprovechado mediante pozos para uso doméstico y agrícola.

Esta condición cobra especial relevancia para el proyecto, ya que las actividades de excavación de zanjas a lo largo de los 8,418.894 metros lineales del trazo se desarrollarán en suelos con capacidad de infiltración activa. Una gestión inadecuada de los residuos líquidos o de los lodos de excavación podría comprometer la calidad del acuífero. En este contexto, la ejecución del Macro Colector resulta una medida estructural indispensable: actualmente, el 90% de las aguas residuales de San Gregorio Atzompa y una proporción significativa de las generadas en Ocoyucan y Puebla se descargan sin tratamiento previo al Río Atoyac, con riesgo de infiltración hacia el acuífero en zonas de suelo permeable. La conducción de estos efluentes hacia la PTAR Ávila Camacho eliminará esta fuente de contaminación potencial del suelo y el subsuelo.

5.4.2. Clima

Microclima

La ejecución del Macro Colector Manuel Ávila Camacho no producirá alteraciones perceptibles en el microclima del área de influencia. La zona de estudio se localiza dentro de la cuenca del Río Atoyac, en la región Puebla-Tlaxcala, donde el régimen climático está determinado principalmente por factores orográficos y altitudinales de escala regional: al poniente, el macizo volcánico Iztaccíhuatl-Popocatépetl, y al oriente, el volcán La Malinche. Estos elementos condicionan la dinámica atmosférica local de manera estructural, con una influencia que ninguna actividad constructiva de esta escala puede modificar.

Desde el punto de vista del régimen térmico, la temperatura media anual en la zona del valle oscila entre 16 y 18 °C, con variaciones estacionales asociadas al régimen de lluvias de verano propio del clima templado subhúmedo predominante en el área. El umbral técnico de significancia para considerar un impacto relevante sobre el microclima exige una desviación mínima de 5 °C respecto a esa temperatura media; dado que ninguna de las actividades constructivas previstas —excavación, demolición de pavimentos, instalación de tubería, compactación de zanjas— es capaz de generar variaciones térmicas de esa magnitud de manera sostenida, el impacto sobre este factor ambiental se clasifica como **no significativo**.

Cabe señalar que, en la etapa de operación, la conducción de aguas residuales a través del macrocolector no implicará emisiones de calor al exterior, ya que el sistema opera como infraestructura enterrada. Por tanto, el impacto sobre el microclima es nulo en la etapa de operación y mantenimiento.

5.4.3. Agua

Hidrología

Los cruces de la tubería con arroyos intermitentes presentes en el área de influencia se resolverán mediante pasos aéreos, garantizando que las obras no generen afectaciones en la cantidad ni en la calidad del agua de escorrentía superficial.

En lo que respecta al Río Atoyac, el trazo del Macro Colector discurre de manera paralela al cauce en varios tramos y lo cruza en puntos específicos, lo que implica intervención dentro de la zona federal del río, definida por la Ley de Aguas Nacionales como la franja de 10 metros adyacente a cada margen del cauce. Esta condición requiere la obtención del permiso correspondiente ante la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) previo al inicio de los trabajos en dichos tramos.

Durante la etapa constructiva, las actividades de excavación y tendido de tubería en zonas ribereñas podrían generar impactos temporales sobre el cauce, incluyendo la alteración de la calidad del agua por arrastre de sedimentos, disposición inadecuada de materiales de excavación o derrames accidentales de combustibles y lubricantes de la maquinaria. Para prevenir estos efectos, se deberán implementar barreras de retención de sedimentos, señalización de la zona de exclusión hídrica y manejo estricto de residuos en los frentes de obra adyacentes al río. Una vez concluidas las obras, se procederá a la restitución de los taludes y márgenes intervenidos a sus condiciones originales o mejoradas, con revegetación de ser necesario.

Cabe señalar que, en términos de beneficio ambiental neto, la operación del Macro Colector eliminará las descargas de aguas residuales sin tratamiento que actualmente vierten los municipios del área de influencia directamente al Río Atoyac, constituyendo el impacto positivo más relevante del proyecto sobre este factor ambiental.

Infiltración

La modificación del coeficiente de infiltración en la zona de estudio es consecuencia del proceso de urbanización preexistente, que ha reducido la permeabilidad natural del suelo al sustituirlo por superficies impermeables, alterando el drenaje superficial y propiciando un incremento en el volumen anual de escurrimiento. El impacto atribuible directamente a la ejecución del proyecto es de magnitud limitada, dado que la superficie intervenida por las obras representa una fracción menor con respecto a la extensión total del área urbana consolidada.

5.4.4. Aire

Calidad del aire

Se consideran contaminantes atmosféricos las sustancias y formas de energía que, en determinadas condiciones de concentración y exposición, pueden generar riesgo, daño o molestia grave a las personas, los ecosistemas o los bienes materiales. Entre los principales contaminantes relevantes para este proyecto se encuentran el bióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2) y ozono troposférico (O_3).

Las emisiones a la atmósfera se producirán en distintas etapas del proyecto y pueden clasificarse en dos categorías:

Material particulado (polvo): Se generará como consecuencia de la circulación de camiones de carga en los frentes de obra, la preparación del terreno, la demolición de la carpeta asfáltica, el tendido de camas de arena para asiento de tuberías, la excavación de zanjas y el movimiento de tierras a lo largo de los 8,418.894 metros lineales del trazo. Dada la ubicación del proyecto en la zona metropolitana de Puebla —área de alta densidad vehicular y con registros continuos de precipitación en verano que naturalmente suprimen el polvo—, el impacto por material particulado se considera temporal e intermitente, concentrado en la temporada de estiaje.

Gases de combustión: Serán producidos por la operación de motores de combustión interna de la maquinaria y los camiones empleados en prácticamente todas las actividades constructivas. La actividad de mantenimiento preventivo de maquinaria y equipo (acciones A.8 y B.12) constituye la medida de mitigación primaria para reducir estas emisiones, al garantizar la eficiencia de combustión y el cumplimiento de las normas de emisiones vehiculares aplicables.

El impacto sobre la calidad del aire se clasifica como temporal, reversible y de baja magnitud, dado que las fuentes emisoras son móviles, operan de manera intermitente y cesarán al concluir la etapa constructiva.

5.4.5. Ruido

5.1. Nivel de ruido

Se entiende por ruido todo sonido no deseado que, por su intensidad, frecuencia o duración, pueda causar molestia o daño a la salud de las personas. La **NOM-081-SEMARNAT-1994** establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de fuentes fijas y su método de medición, siendo el marco normativo de referencia para la evaluación de este factor en el proyecto.

Las principales fuentes de emisión de ruido durante la construcción son los motores de combustión interna de la maquinaria pesada —retroexcavadoras, compactadoras, camiones de volteo y sierra de corte de pavimento— cuya operación se extenderá a lo largo de las diversas actividades del proceso constructivo. Estas fuentes generarán emisiones sonoras de carácter temporal e intermitente.

Es relevante señalar que el trazo del Macro Colector discurre en gran parte sobre vialidades de alta capacidad, donde el nivel de ruido de fondo por tránsito vehicular es ya elevado y continuo. En consecuencia, el incremento en los niveles sonoros atribuible a las actividades constructivas no representará una modificación sustancial respecto a las condiciones acústicas preexistentes. No obstante, en los tramos que atraviesan el Parque de La Reserva y el Parque de los Conejos —zonas de menor ruido ambiental de fondo—, se deberán establecer restricciones de horario de operación de maquinaria, limitando los trabajos al periodo diurno (6:00 a 22:00 horas) conforme a los límites establecidos por la NOM-081-SEMARNAT-1994, y evitando actividades de alta intensidad sonora en días no laborables.

El impacto sobre este factor se clasifica como **temporal, localizado y mitigable**.

Consideraciones específicas para el Ramal Chipilo

El tramo del Macro Colector correspondiente al Ramal Chipilo de Francisco Javier Mina requiere un tratamiento diferenciado en materia de impacto acústico. A diferencia de los tramos que discurren sobre vialidades de alta capacidad —donde el ruido de fondo por tránsito vehicular ya es elevado y continuo—, Chipilo es una localidad semiurbana de carácter rural, ubicada a 2,150 m s.n.m. en el municipio de San Gregorio Atzompa, cuyo nivel de ruido ambiental de fondo es significativamente menor. En este contexto, cualquier incremento sonoro generado por la operación de maquinaria pesada resultará proporcionalmente más perceptible para sus habitantes.

La comunidad de Chipilo presenta además dos condiciones que elevan su sensibilidad ante este impacto: por un lado, su actividad ganadera y de producción láctea, que es susceptible a perturbaciones acústicas que pueden afectar el bienestar y la productividad del ganado bovino; por otro, su condición de comunidad de origen véneto con patrimonio cultural e identitario reconocido, cuyas actividades cotidianas, turísticas y productivas podrían verse afectadas temporalmente por el ruido y las vibraciones de la obra.

En consecuencia, para los frentes de obra ubicados dentro del área de influencia directa de Chipilo se implementarán las siguientes medidas de mitigación reforzadas: restricción estricta de las actividades de mayor intensidad sonora al horario diurno (7:00 a 19:00 horas); uso obligatorio de maquinaria equipada con silenciadores y en óptimas condiciones de mantenimiento; notificación previa a la comunidad sobre los periodos y horarios de trabajo; y monitoreo periódico de niveles sonoros con sonómetro de precisión durante la etapa constructiva, conforme a la metodología establecida en la NOM-081-SEMARNAT-1994, con reporte de resultados integrado al Programa de Vigilancia Ambiental.

5.4.6. Flora y vegetación

Vegetación natural

Los impactos sobre la cubierta vegetal derivan principalmente de las actividades de despalme, excavación de zanjas y preparación del terreno a lo largo de los cinco ramales del Macro Colector. Sin embargo, la magnitud y el tipo de impacto difieren de manera significativa según las características de cada ramal, dado que el trazo del proyecto atraviesa tanto zonas urbanas consolidadas como áreas de transición periurbana y tramos ribereños con vegetación remanente.

Ramales San Bernabé Temoxtitla y Santa Clara Ocoyucan Estos tramos discurren en su mayor parte sobre vialidades pavimentadas y terrenos con uso de suelo urbano o suburbano consolidado, donde la vegetación original ha sido prácticamente sustituida por pastizales inducidos, plantas ruderales y vegetación de jardín. El impacto sobre la cubierta vegetal en estos tramos es de **baja magnitud**, dado que no existe vegetación natural significativa en el derecho de vía.

Ramal San Gregorio Atzompa — Chipilo Este ramal atraviesa zonas de transición entre áreas habitacionales y terrenos agropecuarios, donde predominan pastizales inducidos destinados a la ganadería bovina y parcelas de cultivo de temporal. En el área de Chipilo, la actividad ganadera y lechera ha transformado la cubierta vegetal original en praderas manejadas. El impacto es **moderado** en los tramos donde el trazo intersecta franjas con vegetación herbácea y arbustiva asociada a los límites de parcelas.

Ramal Chipilo — barrancas y tramos paralelos al Río Atoyac Los tramos del Macro Colector que discurren paralelos al Río Atoyac y atraviesan las barrancas del poniente de la ciudad de Puebla constituyen el segmento de mayor sensibilidad ecológica en materia de vegetación. Las barrancas urbanas de Puebla —zonas adyacentes al trazo— albergan vegetación riparia remanente conformada por árboles y arbustos de galería, vegetación herbácea asociada a cauces y, en algunos casos, ejemplares de *Cupressus lusitanica*, especie clasificada bajo categoría de Protección Especial (Pr) conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Estas barrancas constituyen sitios de alta biodiversidad relativa dentro del entorno urbano y prestan servicios ecosistémicos relevantes como regulación del microclima, retención de suelos, infiltración y refugio de fauna. El impacto en estos tramos se clasifica como **significativo y requiere medidas de mitigación específicas**.

Ramal Puebla — tramos urbanos En los tramos que discurren sobre vialidades de la ciudad de Puebla, la vegetación se reduce a arbolado urbano de alineación y camellones con vegetación inducida. El impacto es de **baja magnitud**, aunque deberá realizarse un inventario de arbolado urbano en el derecho de vía previo al inicio de obras para identificar ejemplares que requieran protección o reubicación.

Parque de La Reserva y Parque de los Conejos Como se señaló en la etapa de preparación del sitio, el trazo atraviesa directamente el Parque de La Reserva y roza el Parque de los Conejos, ambos con cubierta arbórea densa. Previo a cualquier actividad de despalme o excavación en estos tramos, se realizará un inventario arbóreo detallado con identificación de especies, diámetros y alturas, así como el rescate y reubicación de los individuos factibles de trasplante y la reforestación compensatoria con especies nativas en una proporción no menor a 2:1.

En términos generales, el impacto sobre la vegetación se clasifica como **temporal y recuperable** en los tramos urbanos, y como **significativo pero mitigable** en los tramos de barrancas y áreas verdes. Las medidas de restitución de cubierta vegetal, la revegetación de taludes y la reforestación compensatoria constituyen las acciones prioritarias del Plan de Manejo Ambiental para este factor.

Especies vegetales protegidas

La urbanización acelerada en el área de influencia del proyecto ha sido uno de los principales factores de deterioro de las comunidades vegetales originales, reduciendo la presencia de especies con estatus de protección en el área directamente afectada por las obras. No obstante, en los tramos que discurren paralelos al Río Atoyac y a través de las barrancas urbanas, existe la posibilidad de presencia de *Cupressus lusitanica* (cedro blanco) bajo categoría de Protección Especial (Pr) conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, identificada en estudios de vegetación riparia en ríos de la cuenca Puebla-Tlaxcala.

Dado que las actividades del proyecto se desarrollarán predominantemente en zonas urbanas y vialidades consolidadas, la probabilidad de afectación directa a especies protegidas es **baja en los tramos urbanos** y **media en los tramos de barrancas ribereñas**. El inventario florístico que se realizará como parte de las acciones A.1 y A.2 de la etapa de preparación del sitio permitirá confirmar la presencia o ausencia de especies bajo alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el área de afectación directa, y definir las medidas de rescate y compensación correspondientes antes del inicio de las obras.

5.4.7. Usos de suelo

El área de proyecto se localiza en una franja territorial que comprende tres categorías de uso de suelo: **desarrollo urbano**, **uso agropecuario** y **uso agroecológico**. Los tramos urbanos —correspondientes principalmente a los ramales que discurren sobre vialidades consolidadas en los municipios de Puebla y San Gregorio Atzompa— se desarrollan sobre suelo clasificado como desarrollo urbano. Los tramos periurbanos, particularmente en el ramal de Ocoyucan y en los accesos a Chipilo, atraviesan zonas con uso agropecuario activo, donde se realizan actividades de ganadería y agricultura de temporal. Finalmente, los tramos adyacentes al Río Atoyac y a las barrancas urbanas se ubican en zonas con vocación agroecológica o de preservación.

La consideración del uso de suelo actual es fundamental para la correcta ejecución del proyecto, ya que permite garantizar que la construcción del Macro Colector no propicie una expansión urbana no planificada en zonas destinadas a preservación ecológica o uso agropecuario, en congruencia con los instrumentos de planeación territorial vigentes en los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla.

5.4.8 Generación de residuos

El impacto ambiental asociado a la generación de residuos puede presentarse cuando estos no son manejados de manera adecuada durante las distintas etapas del proyecto. Las actividades con mayor potencial de generación de residuos sólidos y de manejo especial son el despalme, la excavación de zanjas a lo largo de los 8,418.894 metros lineales del trazo, la demolición de la carpeta asfáltica en los tramos viales intervenidos y, en la etapa de operación, el desazolve periódico de colectores.

Los residuos generados incluyen material de excavación (tierra, grava y tepetate), fragmentos de concreto y asfalto producto de la demolición de pavimentos, camas de arena sobrantes y lodos de desazolve. Todos estos materiales están clasificados como **residuos de manejo especial** en la categoría de Residuos de Construcción, Mantenimiento y Demolición (RCMD), conforme a la NOM-161-SEMARNAT-2011, y su gestión quedará regulada por el Plan de Manejo de RCMD que será tramitado ante la SMADSOT previo al inicio de las obras. La disposición inadecuada de estos residuos —particularmente en las barrancas y márgenes del Río Atoyac por los que discurre el trazo— representaría un impacto ambiental significativo sobre el suelo, el agua y los ecosistemas ribereños, por lo que su manejo y disposición final en sitios autorizados constituye una medida de mitigación prioritaria del proyecto.

5.4.9. Infraestructura

5.4.9.1. Demanda de agua potable

Durante la etapa constructiva, el proyecto demandará agua para actividades específicas como la realización de pruebas hidrostáticas en tuberías, la compactación de rellenos y el control de polvo en los frentes de obra. Este consumo será temporal, de baja magnitud y cubierto mediante pipas o tomas autorizadas, sin representar una presión adicional significativa sobre los sistemas de abastecimiento municipales.

En la etapa de operación, el macro colector no demandará agua potable para su funcionamiento, al tratarse de infraestructura de conducción de aguas residuales por gravedad. Sin embargo, el proyecto contribuirá indirectamente a mejorar la eficiencia del sistema hídrico regional: al reducir las descargas sin tratamiento al Río Atoyac, se disminuirá la contaminación del principal cuerpo receptor de la cuenca, con beneficios potenciales sobre la calidad del recurso hídrico disponible para los municipios del área de influencia. El impacto sobre este factor se clasifica como **neutro en construcción y positivo en operación**.

5.4.9.2.Disposición de aguas residuales

El impacto del proyecto sobre este factor es el más relevante y de carácter predominantemente **positivo**. El Macro Colector Manuel Ávila Camacho está diseñado para captar y conducir las aguas residuales generadas en las localidades de los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla —que actualmente se vierten sin tratamiento directamente al Río Atoyac y a las barrancas de la zona metropolitana— hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Ma Ávila Camacho, ubicada en la Presa de Valsequillo.

Su operación eliminará descargas directas que representan una de las principales fuentes de contaminación del Río Atoyac, reconocido como uno de los cuerpos de agua más contaminados del país. Esto se traducirá en una mejora sustancial de la calidad del agua superficial de la cuenca, una reducción de los riesgos sanitarios para la población asentada en zonas adyacentes al cauce y una contribución directa al saneamiento del ecosistema acuático del Río Atoyac y de la Presa de Valsequillo como cuerpo receptor final. El proyecto se enmarca en las acciones prioritarias de rescate ambiental impulsadas por CEASPUE en coordinación con CONAGUA, y constituye la medida de infraestructura hidráulica con mayor impacto ambiental positivo en el área de influencia.

5.4.10. Servicios públicos

5.4.10.1 Vialidades

La ejecución del proyecto implica la ocupación temporal de vialidades en los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla, lo que generará afectaciones al tránsito vehicular durante las actividades de trazo, excavación de zanjas, carga y acarreo de material, y reposición de carpeta asfáltica. Esta afectación tendrá carácter intermitente y se desplazará progresivamente conforme avancen los frentes de obra a lo largo de los 8,418.894 metros lineales del trazo.

La reducción temporal de la capacidad vial incrementará los tiempos de traslado en los tramos intervenidos, con dos efectos derivados: un aumento en las emisiones de gases de combustión por la mayor permanencia de vehículos en circulación lenta, proporcional al tiempo de retraso, y una mayor presión sobre rutas alternas que deberán absorber los flujos desviados. Adicionalmente, la circulación de camiones de volteo para el transporte del material de excavación y demolición incrementará temporalmente la carga vehicular en las vialidades adyacentes a los frentes de obra, con impactos particulares en zonas de alta densidad de tránsito como las vialidades del poniente de la ciudad de Puebla.

Para mitigar estos impactos, se implementará un plan de manejo de tráfico para cada frente de obra que incluya señalización preventiva y de desvío, coordinación con las autoridades viales municipales de los tres municipios, restricción de maniobras de carga en horas pico, y establecimiento de rutas específicas para los camiones de acarreo que minimicen la afectación a zonas habitacionales y escolares. El impacto sobre las vialidades se clasifica como **temporal, reversible y mitigable**, con plena restitución de las condiciones de rodamiento al concluir la reposición de carpeta asfáltica en cada tramo.

5.4.11. Economía

5.4.11.1. Generación de empleos

La construcción del Macro Colector Manuel Ávila Camacho generará empleos directos e indirectos durante todas las etapas del proyecto, constituyendo uno de los impactos sociales positivos más inmediatos para los municipios del área de influencia. La demanda de mano de obra calificada y no calificada para las actividades de trazo, excavación, instalación de tubería, construcción de pozos de visita y reposición de pavimentos representará una fuente de ingreso temporal para trabajadores locales de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla, sin que el volumen de personal genere presión sobre la densidad de población en ninguno de los municipios involucrados.

El efecto multiplicador de la derrama económica de la obra se extenderá a proveedores de materiales, servicios de transporte, alimentación y equipamiento, con beneficios que trascienden el empleo directo en obra. En la etapa de operación y mantenimiento, el sistema generará empleos permanentes para las actividades de desazolve periódico, inspección y mantenimiento de pozos de visita y colectores, conforme al programa de operación que establezca CEASPUE como organismo responsable del sistema. El impacto sobre este factor se clasifica como **positivo, directo y sostenido en el tiempo**.

5.4.12. Ecosistema y paisaje

5.4.12.1. Incidencia visual

El paisaje constituye la expresión perceptual del medio físico, captada a través de todos los sentidos y determinada por la interacción entre los elementos naturales y las transformaciones antrópicas del territorio. Para efectos de este estudio, se entiende por impacto paisajístico toda alteración perceptible que interfiera desfavorablemente con la calidad visual del entorno, incluyendo la modificación de la topografía, la eliminación de cubierta vegetal, la presencia de maquinaria, materiales y residuos de obra, y la afectación a elementos de interés visual o patrimonial.

Durante la etapa constructiva, las actividades de excavación, demolición de pavimentos y acumulación temporal de materiales de obra generarán una afectación visual localizada en cada frente de trabajo, perceptible desde las vialidades y zonas habitacionales adyacentes. Este impacto será de carácter **temporal e intermitente**, desplazándose conforme avancen los trabajos y cesando una vez que se realice la reposición de pavimentos y la limpieza de los frentes de obra.

En los tramos que atraviesan el Parque de La Reserva, el Parque de los Conejos y las barrancas urbanas adyacentes al Río Atoyac, la afectación visual tendrá mayor relevancia dado el valor paisajístico y recreativo de estas áreas. En estos tramos se aplicarán medidas específicas de control visual: cercado perimetral de obra, restricción de la acumulación de materiales en zonas visibles desde el parque, y restitución inmediata de la cubierta vegetal al concluir los trabajos en cada sector.

En la etapa de operación, el Macro Colector operará de manera subterránea, sin ninguna manifestación visual sobre el entorno. La superficie de rodamiento de las vialidades quedará restituida en sus condiciones originales o mejoradas, y las áreas verdes intervenidas serán reforestadas. Por tanto, la afectación visual del proyecto es **temporal en construcción y nula en operación**, con un impacto paisajístico positivo a largo plazo derivado del saneamiento del Río Atoyac y la eliminación de descargas de aguas residuales a cielo abierto en barrancas y cauces.Con base en el análisis anterior, se definieron los factores ambientales susceptibles de ser impactados y el tipo de impacto producido durante las distintas etapas del proyecto.

Tabla 5.3. Resumen de la identificación de impactos ambientales.

Factor	Impacto
Geomorfología y relieve	Modificación de la topografía de las calles
Tipos de suelo	Remoción y ocupación de suelo
Infiltración	Modificación permanente del coeficiente de permeabilidad
Calidad del aire	Emisión de partículas y gases de efecto invernadero
Ruido	Incremento de ruido
Vegetación natural	Eliminación o reducción de la cubierta vegetal
Generación de residuos	Generación de residuos de la construcción
Desazolve de tuberías	Tratamiento y disposición de azolves
Disposición de aguas residuales	Tratamientos de aguas residuales
Vialidades	Ocupación de las vialidades
Generación de empleos	Generación de empleos
Incidencia visual	Modificación temporal del paisaje

5.5. Evaluación de impactos ambientales

Para obtener una valoración cualitativa de los impactos identificados, se aplica la metodología propuesta por **V. Conesa Fernández-Vítora**, que mediante el análisis sistemático de las acciones impactantes permite estructurar una **matriz de importancia**. Esta herramienta constituye un instrumento de análisis prospectivo que facilita la caracterización y ponderación de los impactos a partir de un conjunto de atributos que se definen a continuación.

La importancia del impacto se determina mediante la siguiente expresión:

I = ±(3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC) donde cada término corresponde a uno de los atributos descritos a continuación:

Signo (+/−) Expresa el carácter del impacto: benéfico (+) cuando el efecto representa una mejora del factor ambiental considerado, o perjudicial (−) cuando implica su deterioro o afectación

Intensidad (I) Indica el grado de incidencia de la acción sobre el factor ambiental en el área de influencia. Los valores oscilan entre 1 y 12: una afectación mínima corresponde al valor 1, la destrucción total del factor en el área afectada corresponde al valor 12, y los valores intermedios reflejan situaciones graduales entre ambos extremos.

Extensión (EX) Representa la proporción del área de influencia del proyecto que resulta afectada por el impacto. Se asignan los siguientes valores: puntual (1), parcial (2), extenso (4) y total (8).

Momento (MO) Indica el tiempo que transcurre entre la ejecución de la acción y el inicio de su efecto sobre el medio. Se distinguen tres plazos: largo plazo, cuando la manifestación ocurre después de cinco años (valor 1); medio plazo, entre uno y cinco años (valor 2); y corto plazo, de inmediato hasta un año (valor 4).

Persistencia (PE) Representa el tiempo que permanece el efecto desde su aparición hasta que el factor afectado retorna a sus condiciones iniciales, ya sea por medios naturales o mediante la aplicación de medidas correctivas. Se clasifica como fugaz cuando dura menos de un año (valor 1); temporal, si persiste entre uno y diez años (valor 2); y permanente, si se extiende más de diez años (valor 4).

Reversibilidad (RV) Expresa la posibilidad de que el factor afectado retorne a sus condiciones originales una vez que cesa la acción impactante, exclusivamente por medios naturales y sin intervención humana. Se asigna valor 1 si la recuperación ocurre a corto plazo; valor 2 si ocurre a medio plazo; y valor 4 si el efecto es irreversible.

Recuperabilidad (MC) Mide la posibilidad de restituir las condiciones originales del factor mediante la intervención humana a través de medidas correctivas. Si el efecto es totalmente recuperable de manera inmediata, el valor es 1; a medio plazo, 2; parcialmente recuperable o mitigable, 4; e irrecuperable, 8. Cuando existen posibilidades de introducir medidas compensatorias, el valor se fija en 4

Sinergia (SI) Evalúa si la acción, en combinación con otras, produce efectos superiores a los que generaría de manera independiente. Cuando no existe sinergia, el valor es 1; para sinergismo moderado, 2; y para sinergismo alto, 4.

Acumulación (AC) Considera el incremento progresivo de la manifestación del efecto como resultado de la persistencia o reiteración de la acción impactante. Cuando el efecto no es acumulativo, el valor es 1; cuando sí lo es, el valor es 4.

Efecto (EF) Describe la forma en que se manifiesta el impacto sobre el factor ambiental. Se distingue entre efecto indirecto o secundario (valor 1) y efecto directo (valor 4).

Periodicidad (PR) Se refiere a la regularidad con que se manifiesta el efecto a lo largo del tiempo. Los efectos continuos reciben el valor 4; los periódicos o intermitentes, 2; y los de aparición irregular o discontinua, 1.

Con base en la cuantificación de estos atributos para cada par acción-factor identificado en la matriz de la Tabla 5.2, se obtiene el valor de importancia del impacto (I) para cada interacción. Los resultados de este análisis se presentan en la **Tabla 5.4**, que recoge el resumen de la cuantificación de atributos y los valores de importancia calculados para todas las acciones y factores ambientales del proyecto

En la Tabla 5.4 se presentan los valores asignados a cada uno de los atributos de la metodología de Conesa para las acciones e impactos identificados en el proyecto. El valor de importancia de cada impacto (I) se obtiene mediante la suma ponderada de dichos atributos, conforme a la siguiente expresión:

I = ±(3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)

Con el propósito de hacer comparables los valores de importancia entre los distintos factores ambientales y acciones del proyecto, los resultados se normalizaron en una escala de 0 a 1 mediante la ecuación:

Valor normalizado = (|Importancia| − Valor mínimo) / (Valor máximo − Valor mínimo)

donde el valor mínimo y el valor máximo corresponden, respectivamente, al menor y al mayor valor de importancia absoluta obtenidos en el conjunto de interacciones analizadas.

Los valores normalizados cercanos a 1 indican los impactos de mayor relevancia relativa dentro del proyecto, mientras que los valores próximos a 0 corresponden a impactos de menor magnitud en el contexto del análisis global.

$$\text{Valor normalizado} = \frac{|\text{Importancia}| - \text{Valor mínimo}}{\text{Valor Máximo} - \text{Valor mínimo}}$$

5.6. Resultados de la evaluación de impactos

Para homogeneizar y comparar los valores de importancia obtenidos mediante la metodología de Conesa, los resultados se normalizaron conforme a la siguiente expresión:

Valor normalizado = (|Importancia| − Valor mínimo) / (Valor máximo − Valor mínimo)

Con base en el análisis de la matriz de importancia, se derivan las siguientes conclusiones:

El factor AIRE es el más impactado de manera negativa. El subfactor nivel de ruido acumula el valor más alto con −302, asociado principalmente a la operación de maquinaria pesada y al tránsito de camiones a lo largo del trazo. En cuanto a la calidad del aire, el valor normalizado alcanza −148, como consecuencia de las emisiones de gases de motores de combustión interna y la generación de material particulado durante las actividades de preparación del sitio, excavación, movimiento de tierras y circulación de vehículos de carga.

Las VIALIDADES constituyen el segundo factor con mayor impacto negativo, derivado de la ocupación temporal de las calles durante la mayoría de las actividades constructivas, con afectaciones al flujo vehicular, incremento de tiempos de traslado y aumento proporcional de emisiones por congestionamiento.

La etapa más impactante es la PREPARACIÓN DEL SITIO, particularmente las actividades de despalme y excavación de zanjas, que generan los impactos más significativos sobre el suelo —por la remoción de la capa superficial y la modificación del perfil edáfico— y sobre la calidad del aire —por la generación de material particulado—.

La actividad RELLENO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE ZANJAS ocupa el tercer lugar en términos de impacto, con un valor relativo de −156. Sus efectos se concentran en la calidad del aire, por las emisiones de gases de la maquinaria de compactación, y en el suelo, por la modificación del coeficiente de permeabilidad como consecuencia de la alteración de la estructura edáfica.

Las actividades de mantenimiento de maquinaria y equipo, retiro de residuos de construcción y colocación de señalización horizontal generan impactos ambientales de carácter positivo, al contribuir a la reducción de emisiones, al control de la contaminación y a la seguridad en los frentes de obra, respectivamente.

En síntesis, el análisis de la Tabla 5.4 permite concluir que la ejecución del proyecto generará impactos ambientales negativos en la mayoría de los factores evaluados, si bien estos son de carácter temporal y mitigable en su mayoría. Por esta razón, resulta indispensable definir e implementar las medidas de prevención y mitigación descritas en el **Capítulo VI** del presente estudio.

Tabla 5.4. Matriz de caracterización de impactos ambientales

			A. Preparación del sitio								B. Construcción												C. Operación y mantenimiento		Importancia	Valor normalizado
			A.1 Inventario arbóreo	A.2 Rescate de flora	A.3 Ahuyentamiento de fauna	A.4 Trazo y nivelación	A.5 Despalme	A.6 Excavación de zanjas	A.7 Carga y acarreo de material	A.8 Mantenimiento de maquinaria	B.1 Corte con sierra	B.2 Demolición carpeta asfáltica	B.3 Pruebas hidrostáticas	B.4 Instalación de tubería	B.5 Tapas de concreto	B.6 Camas de arena	B.7 Relleno y compactación	B.8 Pozos de visita	B.9 Reposición de pavimento	B.10 Retiro de residuos	B.11 Señalización horizontal	B.12 Mantenimiento de maquinaria	C.1 Conducción de aguas residuales	C.2 Desazolve de colectores		
Medio físico	A.1. Tierra — suelo	A.1.1. Geomorfología y relieve	0	0	0	0	-26	-37	0	0	0	-16	0	0	0	0	-31	0	28	0	0	0	0	0	-99	61.4
		A.1.2. Tipos de suelo	0	0	0	0	-30	-38	0	0	0	-16	0	0	0	0	-31	0	-36	0	0	0	0	0	-168	72
	A.2. Clima	A.2.1. Microclima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
	A.3. Agua	A.3.2. Infiltración	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-34	-37	-39	0	0	0	0	0	-110	58.9
	A.4. Aire	A.4.1. Calidad del aire	0	0	0	0	-19	-19	-20	24	0	-16	0	0	-15	-16	-17	-20	-20	-20	0	27	0	0	-148	68.9
		A.4.2. Nivel de ruido	0	0	0	0	-24	-25	-25	0	-22	-21	-18	-18	-19	-17	-22	-23	-23	-25	0	0	0	0	-302	92.5
	Medio biótico	B.1. Flora y vegetación B.1.1. Vegetación natural con alto valor económico	18	20	0	0	-34	-18	0	0	0	0	0	0	0	0	-18	-16	0	0	0	16	0	0	-32	52
B.2. Fauna		B.2.1. Diversidad de especies	0	0	18	0	-22	-20	0	0	-16	-16	0	0	0	0	-15	-14	0	0	0	0	20	0	-65	54
Medio socioeconómico	C.1. Usos de suelo	C.1.1. Usos de suelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50.4
		C.1.2. Generación de residuos	0	0	0	0	-21	-27	-18	0	0	-16	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	-79	58.3
	C.2. Infraestructura	C.2.1. Demanda de agua potable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-14	0	0	-14	48.4
		C.2.2. Disposición de aguas residuales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	33	66	44.4
	C.3. Servicios públicos	C.3.1. Vialidades	-19	0	0	-18	-22	-24	0	-20	-21	-18	-18	-17	-19	-20	-17	-15	21	17	0	0	0	0	-231	81.6
	C.4. Economía	C.4.1. Generación de empleos	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	15	15	351	100
	C.5. Ecosistema y paisaje	C.5.1. Incidencia visual	0	-16	0	0	-18	-20	-17	0	0	-18	0	0	0	0	-19	-26	-17	0	21	18	0	0	-117	64.2
Postivo	Negativo	0 = sin impacto																								

Fuente: Elaboración propia, 2026.

VI. Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales

6.1. Medidas de prevención

Las medidas de prevención comprenden el conjunto de obras, acciones y disposiciones que se implementarán con anticipación a la ejecución de las actividades del proyecto, con el propósito de evitar o reducir significativamente los impactos negativos sobre el entorno natural y social del área de influencia. A continuación se describen las medidas identificadas para cada factor ambiental relevante.

6.1.1.Medida de Prevención 1: Inducción ambiental al personal de obra

Objetivo: Garantizar que todos los trabajadores conozcan y apliquen las medidas de prevención y mitigación establecidas para el proyecto.

Previo al inicio de cualquier actividad en la zona de obra, se realizará una sesión de inducción obligatoria para todo el personal que participará en las etapas de preparación del sitio, construcción y operación y mantenimiento. En dicha sesión se explicarán las medidas para prevenir y reducir los efectos negativos derivados de la ejecución del proyecto. Las disposiciones acordadas tendrán carácter de reglamento interno y su incumplimiento estará sujeto a sanciones establecidas por la empresa constructora.

Entre las disposiciones mínimas que deberá observar el personal se encuentran:

- Depositar los residuos sólidos generados durante la jornada en los contenedores identificados por tipo de residuo.
- Utilizar exclusivamente los sanitarios portátiles instalados en la zona de trabajo para realizar necesidades fisiológicas.
- Limpiar completamente cualquier área afectada por la disposición temporal de materiales de obra.
- Realizar el mantenimiento de vehículos y maquinaria únicamente en las zonas habilitadas para ese fin.
- Prohibición absoluta de ingreso de armas punzocortantes o de fuego a la zona de obra.
- Prohibición de encender fogatas dentro del área de proyecto, independientemente del uso.

Factor ambiental: Todos los elementos identificados en la matriz de impactos.

6.1.2. Medida de Prevención 2: Gestión de residuos sólidos urbanos

Objetivo: Prevenir la contaminación del suelo por residuos orgánicos e inorgánicos generados por el personal durante la jornada laboral.

En cada frente de trabajo se instalarán contenedores temporales debidamente identificados por tipo de residuo —orgánicos e inorgánicos— para la disposición de los desechos generados diariamente por los trabajadores. La recolección y disposición final de estos residuos estará a cargo del servicio de limpia municipal correspondiente en cada municipio del área de influencia.

Factor ambiental: Geomorfología y relieve, tipos de suelo, calidad del aire y generación de residuos.

6.1.3. Medida de Prevención 3: Manejo de residuos fisiológicos

Objetivo: Eliminar el riesgo de fecalismo al aire libre y proteger la salud de los trabajadores y la población aledaña.

Se contratará a un proveedor especializado en servicios de sanitarios portátiles para su instalación, limpieza periódica y disposición adecuada de los residuos generados. Se dispondrá de una unidad por cada diez trabajadores en los frentes de obra activos durante las etapas de preparación del sitio y construcción.

Factor ambiental: Calidad del aire, disposición de aguas residuales y generación de residuos.

6.1.4. Medida de Prevención 4: Manejo de materiales y agregados

Objetivo: Prevenir la emisión de partículas a la atmósfera durante el manejo de materiales de construcción.

Antes del inicio de actividades, la empresa constructora capacitará al personal en el manejo adecuado de materiales pulverulentos. El cemento y la cal únicamente serán abiertos en el momento de su uso, para evitar la dispersión de partículas por acción del viento —las cuales pueden causar daños a la salud de los trabajadores y vecinos por inhalación—. Los agregados como arena y grava deberán mantenerse humedecidos y cubiertos con lona durante su almacenamiento temporal en los frentes de obra.

Factor ambiental: Calidad del aire.

6.1.5. Medida de Prevención 5: Revisión y mantenimiento preventivo de maquinaria

Objetivo: Prevenir derrames de lubricantes y combustibles, emisiones excesivas a la atmósfera y generación de ruido por mal estado de la maquinaria.

La maquinaria y los vehículos de la obra serán sometidos a verificaciones diarias —antes y después de cada jornada de trabajo— por personal técnico especializado, con el fin de detectar oportunamente cualquier falla o necesidad de mantenimiento preventivo o correctivo. Esta medida garantizará que los equipos operen en las mejores condiciones posibles, reduciendo al mínimo las emisiones contaminantes y los niveles de ruido generados.

Factor ambiental: Tipos de suelo, microclima, hidrología, infiltración, calidad del aire, nivel de ruido y generación de residuos.

6.1.6. Medida de Prevención 6: Control de contaminación auditiva

Objetivo: Reducir la afectación por ruido sobre los habitantes de las zonas adyacentes a los frentes de obra.

El personal de obra será capacitado para minimizar la generación de ruido innecesario durante las actividades constructivas. La operación de maquinaria quedará restringida al horario de **6:00 a 22:00 horas**, conforme al límite máximo permisible establecido en dicho período por la **NOM-081-SEMARNAT-1994**. Para los frentes de obra ubicados en el entorno del Parque de La Reserva, el Parque de los Conejos y la localidad de Chipilo, el horario de operación de maquinaria de alta intensidad sonora se reducirá al período de **7:00 a 19:00 horas**.

Factor ambiental: Nivel de ruido.

6.1.7. Medida de Prevención 7: Estabilidad de excavaciones

Objetivo: Garantizar la seguridad de los trabajadores durante las actividades de excavación de zanjas.

En todas las excavaciones se construirán taludes con la inclinación adecuada para prevenir derrumbes. En terrenos con condiciones de inestabilidad, se utilizará tablestacado o entibado según lo determine el responsable técnico de la obra. Para reducir los riesgos por apertura prolongada de zanjas, el relleno y compactación se ejecutará de manera progresiva conforme se concluya la instalación de la tubería en cada tramo.

Factor ambiental: Geomorfología y relieve, tipos de suelo.

6.1.8. Medida de Prevención 8: Protección de escurrimientos e infiltración

Objetivo: Evitar la obstrucción de escurrimientos superficiales naturales y la afectación a las zonas de recarga del acuífero del Valle de Puebla.

En la medida de lo posible, las actividades de excavación y movimiento de tierras se programarán fuera de la temporada de lluvias, para prevenir afectaciones a los escurrimientos naturales y reducir el riesgo de inundaciones en los frentes de obra. Cualquier material expuesto sobre el suelo deberá ser retirado a la brevedad para evitar su arrastre por escorrentía hacia cauces y zonas de infiltración.

Factor ambiental: Hidrología e infiltración.

6.1.9. Medida de Prevención 9: Protección de la calidad del agua subterránea

Objetivo: Prevenir la contaminación del acuífero por derrames de combustibles y lubricantes.

Queda prohibido realizar el mantenimiento de vehículos y maquinaria dentro de la zona de obra. Estas actividades se llevarán a cabo exclusivamente en talleres o instalaciones autorizadas para tal fin. Los combustibles almacenados temporalmente en obra deberán ubicarse en zonas de seguridad claramente delimitadas, con cubierta protectora, ventilación adecuada y contención secundaria para evitar derrames accidentales hacia el suelo o los cuerpos de agua.

Factor ambiental: Hidrología, infiltración y generación de residuos

6.1.10.Medida de Prevención 10: Gestión del tránsito vehicular

Objetivo: Minimizar la afectación al flujo vehicular en las vialidades intervenidas y reducir los tiempos de almacenamiento de residuos en vía pública.

Con al menos tres días de anticipación al inicio de cada frente de trabajo, se informará a la población afectada mediante señalización y avisos sobre los tramos de vialidad que serán intervenidos, las rutas alternas disponibles y los horarios de mayor actividad en obra. Los residuos producto de la demolición y excavación serán trasladados al sitio de disposición autorizado en el menor tiempo posible tras su extracción, evitando su acumulación prolongada en la vía pública.

Factor ambiental: Vialidades.

6.1.11. Medida de Prevención 11: Protección de vegetación

Objetivo: Prevenir la afectación innecesaria de la cubierta vegetal fuera del área estrictamente necesaria para la ejecución de las obras.

La implementación de esta medida se diferenciará por tipo de tramo:

Tramos urbanos y vialidades: Previo al inicio de obras, se realizará un inventario del arbolado urbano existente en el derecho de vía, registrando especie, diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura. Los árboles ubicados en las proximidades del trazo serán protegidos mediante barreras físicas alrededor de su base para evitar daños mecánicos a raíces y troncos durante la excavación. Los individuos que deban ser removidos serán repuestos con especies de igual o mayor porte al concluir las obras.

Parque de La Reserva y Parque de los Conejos: Se realizará un inventario arbóreo detallado con identificación de especie, diámetro y altura antes de cualquier actividad de despalme. Los individuos técnicamente viables serán rescatados y trasplantados a zonas de hábitat compatible. La reforestación compensatoria se realizará con especies nativas en una proporción mínima de **2:1** respecto a los individuos removidos, y el suelo intervenido será restaurado con materia orgánica tras la restitución de la superficie.

Tramos de barrancas y márgenes del Río Atoyac: Se delimitará estrictamente el área de intervención para no ampliar la afectación más allá del derecho de vía. Al concluir los trabajos en cada tramo, se revegetarán los taludes con especies nativas riparias. Si el inventario florístico confirma la presencia de *Cupressus lusitanica* u otras especies bajo alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010, se notificará a la SMADSOT y se definirán medidas de rescate específicas en coordinación con la autoridad competente.

Tramos agropecuarios (Ocoyucan y acceso a Chipilo): Dado que la vegetación afectada es principalmente pastizal inducido, la mitigación consiste en la reconformación del perfil del suelo y la resiembra de especies herbáceas tras el relleno y compactación de zanjas.

Factor ambiental: Vegetación natural con alto valor económico, especies vegetales protegidas, tipos de suelo.

6.1.12. Medida de Prevención 12: Protección de fauna

Objetivo: Evitar la afectación, captura o muerte de ejemplares de fauna silvestre durante las actividades de preparación del sitio y construcción.

Ahuyentamiento previo al despalme: En los tramos que atraviesan el Parque de La Reserva, el Parque de los Conejos y las barrancas ribereñas del Río Atoyac, el despalme se realizará de manera progresiva, retirando la vegetación de los bordes hacia el centro del área de afectación, para permitir el desplazamiento gradual de la fauna hacia zonas no intervenidas. Se utilizarán técnicas de ahuyentamiento no letales —ruidos de baja intensidad, movimiento de personal— evitando en todo momento el estrés agudo o la captura de individuos.

Rescate de fauna: Cuando durante los trabajos se localicen individuos que no puedan desplazarse por sus propios medios —nidos activos, crías, individuos heridos o inmovilizados— se contará con personal capacitado para su captura y traslado a zonas de hábitat compatible dentro del área de influencia. En caso de identificar especies bajo alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, se notificará de inmediato a la PROFEPA.

Protección de corredores de fauna urbana: Dado que las barrancas y los parques funcionan como corredores de desplazamiento para la fauna urbana, las obras en estos tramos se ejecutarán por sectores alternos, dejando siempre un segmento sin intervenir que permita la continuidad del corredor mientras se trabaja en el sector adyacente.

Protección del ganado en Chipilo: La producción ganadera bovina en la localidad de Chipilo es sensible al ruido y las vibraciones. Para mitigar este impacto, se aplicará el horario de operación reducido ya establecido (7:00 a 19:00 horas) y se notificará con anticipación a los productores sobre los días y horarios de mayor intensidad de las obras, para que puedan alejar el ganado de los frentes de trabajo durante esas actividades.

Factor ambiental: Diversidad de especies de fauna, especies con relevancia ecológica, nivel de ruido.

6.2. Medidas de mitigación

En toda obra de infraestructura civil existen impactos negativos que, por ser inherentes a las actividades constructivas, no pueden evitarse mediante medidas preventivas. Para estos casos se recurre a las medidas de mitigación, cuyo propósito es diseñar y ejecutar acciones dirigidas a reducir, controlar o compensar los efectos adversos del proyecto sobre el entorno natural y social del área de influencia.

En términos generales, las medidas de mitigación pueden orientarse a:

- Eliminar un impacto mediante la cancelación o sustitución de actividades prescindibles.
- Reducir la magnitud del impacto limitando o acotando determinadas actividades durante la obra.
- Remediar los efectos producidos mediante la restauración del factor ambiental afectado.

A continuación se describen las medidas de mitigación propuestas para el Macro Colector Manuel Ávila Camacho, organizadas por tipo de afectación. La empresa constructora podrá ampliarlas o complementarlas según las condiciones específicas de cada frente de obra

6.2.1. Salud de los trabajadores

- Suministrar agua potable embotellada a todos los trabajadores durante la jornada laboral para prevenir la deshidratación, especialmente en periodos de estiaje.
- Dotar a los trabajadores de cubrebocas o mascarillas de protección respiratoria durante las actividades que generen material particulado, como demolición de pavimentos, excavación y movimiento de tierras.
- Proveer tapones auditivos o protectores de oídos certificados para el personal expuesto de manera continua a niveles de ruido por encima de los límites permisibles, en particular en los frentes de obra con sierra de corte, compactadora y maquinaria pesada

6.2.2. Seguridad de los trabajadores

- Garantizar que todo el personal cuente con el equipo de protección personal completo: casco, chaleco reflectante, botas de seguridad, guantes y arnés en trabajos en altura o espacios confinados.
- Construir los taludes de las excavaciones con la inclinación adecuada a las características del suelo en cada tramo, conforme a lo establecido en el proyecto ejecutivo, para prevenir derrumbes.
- Emplear tablestacado o entibado en los tramos donde el análisis geotécnico identifique condiciones de inestabilidad del terreno, en particular en las zonas de barrancas y márgenes del Río Atoyac.

6.2.3. Salud y seguridad de la población

- Instalar señalización vial preventiva y de desvío en todos los frentes de obra, conforme a las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, con visibilidad diurna y nocturna.
- Colocar malla de protección perimetral en las zonas de excavación para impedir el acceso accidental de peatones, con especial atención en los tramos adyacentes al Parque de La Reserva, el Parque de los Conejos y las zonas escolarizadas del área de influencia.
- Restringir la operación de maquinaria y camiones al horario de 6:00 a 22:00 horas conforme a la NOM-081-SEMARNAT-1994, con horario reducido de 7:00 a 19:00 horas en los tramos de parques y la localidad de Chipilo.
- Establecer una velocidad máxima de circulación de 20 km/h para camiones y maquinaria dentro de las zonas urbanas intervenidas, para prevenir accidentes con peatones y vehículos ligeros.
- Prohibir la circulación de camiones de volteo con la caja abierta en zonas urbanas; todo traslado de material de excavación deberá realizarse con lona de cubierta asegurada.

6.2.4. Calidad del suelo

- Utilizar exclusivamente los sanitarios portátiles instalados en cada frente de obra para las necesidades fisiológicas del personal, a razón de una unidad por cada diez trabajadores, conforme a lo establecido en la Medida de Prevención 3.
- Prohibir el mantenimiento de maquinaria, equipos menores y camiones dentro de la zona de obra; estas actividades se realizarán en talleres autorizados fuera del área del proyecto.
- Almacenar los combustibles en recipientes herméticos con contención secundaria, en zonas delimitadas y con ventilación adecuada, para prevenir derrames accidentales al suelo. Dado que parte del trazo discurre sobre suelos volcánicos de alta permeabilidad —Andosoles y Cambisoles— cualquier derrame no controlado representa un riesgo directo para el acuífero del Valle de Puebla.

6.2.5. Calidad del agua e infiltración

- Prohibir el lavado de maquinaria o vehículos en cualquier punto de la zona de proyecto, sin excepción.
- Programar las actividades de mayor movimiento de tierras y excavación preferentemente fuera de la temporada de lluvias —mayo a octubre— para evitar el arrastre de materiales hacia cauces, barrancas y zonas de infiltración, y prevenir afectaciones a la infraestructura de drenaje existente.
- Restituir la carpeta asfáltica o el adoquín únicamente en los tramos que cuenten con ese tipo de pavimento previo a la intervención; en vialidades de terracería, la superficie se restituirá en sus condiciones originales mediante compactación y nivelación adecuadas.
- Instalar barreras de retención de sedimentos en los frentes de obra adyacentes al Río Atoyac y a las barrancas, para impedir el arrastre de material hacia los cauces durante los trabajos de excavación.

6.2.6. Escurrimiento, infiltración y geomorfología

- Realizar las pruebas hidrostáticas en cada tramo de tubería instalada, conforme a las especificaciones de la NOM-001-CONAGUA-2011, antes de proceder al relleno de la zanja, con el fin de garantizar la hermeticidad del sistema y prevenir fugas que puedan afectar la estabilidad del suelo o contaminar el subsuelo.
- Verificar que los trabajos de relleno y compactación de zanjas alcancen el grado de compactación establecido en el proyecto ejecutivo, para prevenir hundimientos diferenciales en las vialidades restituidas.
- Restituir la superficie de rodamiento de cada vialidad intervenida —pavimento asfáltico, concreto hidráulico o adoquín— hasta igualar o mejorar las condiciones previas a la obra, eliminando cualquier desnivel o discontinuidad que pueda generar riesgos para el tránsito.

6.2.7. Calidad del aire

- Someter los vehículos y maquinaria de la obra a revisiones periódicas de emisiones conforme a la normatividad vigente, priorizando el mantenimiento preventivo para reducir la emisión de gases de combustión.
- Retirar los residuos sólidos de construcción acumulados en los frentes de obra en un plazo máximo de 72 horas tras su generación, para evitar la dispersión de polvos y la obstrucción de vialidades.
- Prohibir la circulación de camiones de carga con la caja descubierta en zonas urbanas; todos los acarreos de material de excavación y demolición se realizarán con lona tensada y asegurada.
- Aplicar riego con agua en las superficies expuestas y en los accesos a los frentes de obra durante los periodos de mayor generación de polvo, especialmente en temporada de estiaje.

6.2.8. Flora, vegetación y fauna

- Delimitar con precisión el área de afectación en cada frente de obra, garantizando que las actividades de despalme y excavación no se extiendan más allá del derecho de vía estrictamente necesario.
- Depositar los residuos de construcción únicamente en las zonas habilitadas para tal fin, evitando su disposición sobre áreas con vegetación o en las márgenes del Río Atoyac y barrancas.
- Al concluir los trabajos en cada sector, retirar la totalidad de los residuos de construcción y restaurar el sitio a sus condiciones originales o mejoradas, incluyendo la reconformación del perfil del suelo y la revegetación con especies nativas en los tramos de parques, barrancas y áreas agropecuarias, conforme a lo establecido en las Medidas de Prevención 11 y 12.
- En los tramos que atraviesan el Parque de La Reserva y el Parque de los Conejos, ejecutar el programa de reforestación compensatoria en una proporción mínima de 2:1 respecto a los individuos removidos, utilizando especies nativas del Valle de Puebla.
- Mantener activo el corredor de fauna durante toda la etapa constructiva en los tramos de barrancas, interviniendo por sectores alternos para no interrumpir el desplazamiento de la fauna silvestre presente en estas zonas.

6.3 Descripción Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales

6.3.1.Pronóstico del escenario ambiental con proyecto

A continuación se describe el pronóstico del escenario ambiental para cada componente, comparando las condiciones actuales del entorno con la situación esperada una vez concluida la construcción del Macro Colector y durante su etapa de operación.

	Componente ambiental	Situación actual	Situación esperada
Medio físico	**A.1. Tierra — suelo**	El trazo del Macro Colector recorre en su mayor parte sobre vialidades pavimentadas y adoquinadas en zonas urbanas consolidadas de los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla. En los tramos periurbanos y de barrancas, predominan suelos de origen volcánico —principalmente Andosoles y Cambisoles— con horizontes superficiales delgados y alta permeabilidad natural, condición que ha sido afectada progresivamente por la expansión urbana.	Una vez concluidas las obras, los pavimentos y superficies intervenidas serán restituidos en sus condiciones originales o mejoradas. En los tramos de barrancas y áreas verdes, se realizará la reconformación del perfil del suelo y la revegetación correspondiente. El Macro Colector operará de manera subterránea, sin generar modificaciones superficiales permanentes al suelo. Impacto residual: mínimo.
	A.2. Clima	El área de influencia presenta clima templado subhúmedo con lluvias en verano, con temperatura media anual de 16 a 18 °C en el valle. Las condiciones atmosféricas están determinadas por factores orográficos regionales —sistema volcánico Iztaccíhuatl-Popocatépetl y volcán La Malinche— que ninguna actividad constructiva de esta escala puede modificar.	La ejecución y operación del proyecto no generará variaciones perceptibles en el régimen térmico ni en el microclima del área de influencia. Las actividades constructivas no producen variaciones superiores al umbral de significancia de 5 °C, y el sistema opera de forma subterránea sin emisiones de calor al exterior. Sin impacto significativo.
	A.3. Agua	En la zona de estudio existen arroyos intermitentes que discurren sobre las barrancas, con recorridos cortos que se pierden en áreas de mayor permeabilidad. El Río Atoyac, principal cuerpo de agua de la cuenca, recibe actualmente descargas de aguas residuales sin tratamiento provenientes de los municipios del área de influencia, lo que lo ha convertido en uno de los ríos más contaminados del país.	Los cruces con arroyos intermitentes se resolverán mediante pasos aéreos anclados a estructuras existentes, sin afectación al régimen de los cauces. En operación, el Macro Colector eliminará las descargas directas de aguas residuales al Río Atoyac, mejorando sustancialmente la calidad del agua superficial de la cuenca. Impacto positivo permanente y de alta relevancia regional.

	A.4. Aire	El área de influencia presenta niveles de ruido y emisiones de gases propios del entorno metropolitano de Puebla, asociados principalmente al tránsito vehicular continuo en las vialidades de alta capacidad. En las zonas de parques y barrancas, el nivel de ruido de fondo es significativamente menor.	Las emisiones de material particulado y gases de combustión generadas durante la construcción cesarán al concluir las obras. En operación, el macro colector no genera emisiones atmosféricas. Las condiciones de calidad del aire y nivel de ruido retornarán a las condiciones preexistentes o mejores, dada la restitución de las superficies viales. Impacto temporal en construcción; nulo en operación.
	A.3.2. Infiltración	La urbanización progresiva ha reducido la capacidad de infiltración natural de los suelos volcánicos de la cuenca, incrementando el escurrimiento superficial y disminuyendo la recarga del acuífero del Valle de Puebla. El coeficiente de escurrimiento ponderado de la cuenca es de 0.226.	La reposición de carpeta asfáltica y la compactación adecuada de las zanjas restituirán las condiciones de permeabilidad superficial previas a la obra. En los tramos de áreas verdes y barrancas, la revegetación de taludes favorecerá la recuperación de la capacidad de infiltración. Impacto temporal y recuperable.
Medio biótico	**B.1. Flora y vegetación**	La vegetación en el área de influencia se encuentra altamente fragmentada y degradada por la expansión urbana. En los tramos viales predominan pastizales inducidos y vegetación ruderal. En las barrancas y parques urbanos —Parque de La Reserva y Parque de los Conejos— subsiste vegetación arbórea densa con valor ecológico y paisajístico. En los tramos periurbanos de Ocoyucan y Chipilo predominan praderas manejadas con fines ganaderos.	Mediante las medidas de prevención establecidas —inventario arbóreo, rescate de flora y reforestación compensatoria en proporción 2:1— se restituirá la cubierta vegetal en los tramos de parques y barrancas. La revegetación con especies nativas mejorará las condiciones ecológicas de estas áreas respecto a la situación previa. En los tramos urbanos, el impacto residual sobre la vegetación será mínimo. Recuperación esperada a mediano plazo.
	B.2. Fauna	La fauna presente en el área de influencia es predominantemente urbana: aves, pequeños mamíferos, reptiles e insectos asociados a los parques y barrancas. En Chipilo, la actividad ganadera bovina es sensible a perturbaciones acústicas. No se han reportado especies de alta relevancia ecológica en los tramos urbanos consolidados.	Las medidas de ahuyentamiento previo, rescate de fauna y protección de corredores garantizarán que el desplazamiento y la pérdida de individuos sean mínimos durante la construcción. Una vez restituida la cubierta vegetal, la fauna tenderá a recolonizar naturalmente las áreas intervenidas. En Chipilo, el impacto sobre el ganado será temporal y acotado al periodo de mayor actividad de obra. Impacto reversible a mediano plazo.
Medio socioeconómico	**C.1. Usos de suelo y residuos**	El área de proyecto comprende usos de suelo urbano, agropecuario y agroecológico. Durante la construcción se generarán residuos de construcción, mantenimiento y demolición (RCMD) —material de excavación, fragmentos de concreto y asfalto— que deberán ser gestionados conforme al Plan de Manejo de RCMD tramitado ante la SMADSOT.	Durante la operación y mantenimiento del Macro Colector no se generarán residuos de construcción. Los lodos producto del desazolve periódico de colectores serán manejados conforme a la normatividad aplicable. El uso de suelo vigente en los tres municipios no será modificado por la ejecución del proyecto. Sin impacto residual en operación.

	C.2. Infraestructura	La zona de influencia carece en varios tramos de infraestructura de saneamiento adecuada. Las aguas residuales se vierten directamente a barrancas y al Río Atoyac sin tratamiento previo, generando una problemática sanitaria y ambiental de escala regional. La demanda de agua potable de los municipios es atendida mediante sistemas municipales e infraestructura de pozos.	La operación del Macro Colector resolverá de forma estructural el problema de disposición de aguas residuales en el área de influencia, conduciendo los efluentes hacia la PTAR Ávila Camacho para su tratamiento. Esto mejorará la calidad del agua superficial de la cuenca y reducirá los riesgos sanitarios para la población. Al tratarse de infraestructura subterránea, no afectará la red vial ni los servicios de agua potable existentes. Impacto positivo permanente de alta relevancia.
	C.3. Servicios públicos — Vialidades	Las vialidades sobre las que atraviesa el trazo presentan tráfico vehicular continuo, con alta densidad en los tramos del poniente de la ciudad de Puebla. La ocupación temporal de carriles durante la construcción generará afectaciones al flujo vehicular en todos los frentes de obra activos.	Al concluir la obra, las vialidades intervenidas serán restituidas con nueva carpeta asfáltica, mejorando en muchos casos las condiciones de rodamiento respecto a la situación previa. Al operar de forma subterránea, el Macro Colector no generará ninguna afectación permanente al tránsito vehicular. Impacto temporal en construcción; condiciones mejoradas en operación.
	C.4. Economía	Las actividades económicas predominantes en el área de influencia son el comercio, los servicios, la industria y la ganadería —especialmente en Chipilo—. La construcción generará una derrama económica temporal mediante la contratación de mano de obra local y la adquisición de materiales y servicios en los municipios del área de influencia.	La operación del Macro Colector generará empleos permanentes para las actividades de mantenimiento, desazolve e inspección del sistema. A mediano y largo plazo, el saneamiento del Río Atoyac mejorará las condiciones ambientales de la cuenca, con impactos positivos sobre el valor de la tierra y la calidad de vida de la población beneficiada. Impacto positivo sostenido.
	C.5. Ecosistema y paisaje	El paisaje del área de influencia es predominantemente urbano, con elementos naturales remanentes en las barrancas, parques y márgenes del Río Atoyac. La presencia de descargas de aguas residuales a cielo abierto en barrancas y cauces constituye actualmente el principal deterioro paisajístico y ambiental de la zona.	Al operar de manera subterránea, el Macro Colector no alterará el paisaje urbano de manera permanente. La restitución de pavimentos, la revegetación de áreas verdes y la eliminación de descargas a cielo abierto en barrancas mejorarán la calidad visual y ambiental del entorno respecto a las condiciones actuales. Impacto paisajístico positivo a largo plazo.

VII. Pronósticos ambientales y, en su caso, evaluación de alternativas

7.1 Descripción de alternativas a futuro

Condiciones de la preparación del sitio según tramo:

La superficie sujeta a las actividades de preparación del sitio varía según las condiciones de cada tramo del trazado. En aquellos tramos donde el Macro Colector recorre en zonas urbanas consolidadas y sobre vialidades existentes —como ocurre en gran parte del trayecto dentro de la Ciudad de Puebla— no se prevé remoción significativa de vegetación, dado que el trazo se desarrolla sobre superficies ya impermeabilizadas o con cobertura vegetal mínima.

Sin embargo, en el **tramo paralelo al Río Atoyac — vegetación riparia** a lo largo del tramo que corre paralelo al cauce del Río Atoyac, el trazado bordea una franja continua de vegetación riparia densa, compuesta por arbolado maduro de galería. Este es el tramo de mayor sensibilidad ecológica en cuanto a cubierta vegetal, ya que las actividades de preparación del sitio, excavación y construcción de pozos de visita podrían afectar directamente los sistemas radiculares de los árboles establecidos en la zona federal del río. En estos tramos se aplicarán las medidas de protección más estrictas, incluyendo delimitación precisa del área de intervención, prohibición de depósito de materiales sobre la franja riparia y revegetación obligatoria al concluir cada sector.

En el caso de los tramos de carácter periurbano y semi rural, particularmente en los colectores Santa Clara Ocoyucan y San Gregorio Atzompa, el trazo se desarrolla en proximidad a barrancas y zonas de vegetación secundaria. En estos tramos, se implementarán medidas de rescate y reubicación de la vegetación presente en el derecho de vía, conforme a lo establecido en el Programa de Rescate de Vegetación incluido en el presente capítulo. Lo anterior es coherente con la condición de los sistemas de alcantarillado existentes en Ocoyucan, donde diversas localidades —entre ellas Santa Clara Ocoyucan, San Bernardino Chalchihuapan, Francisco Sarabia y San Bernabé Temoxtitla— descargan actualmente a barrancas, lo que refleja la proximidad del trazo a estos elementos naturales del paisaje periurbano.

Adicionalmente, en el tramo correspondiente a San Bernabé Temoxtitla y el área de Santa Martha Hidalgo, la cartografía del trazo muestra que el macro colector atraviesa y bordea parcelas agrícolas de temporal activas, identificadas visualmente como cultivos regulares —predominantemente maíz y frijol, que son los cultivos característicos del municipio de Ocoyucan.

En este tramo el colector recorre en parte por el tejido urbano consolidado de San Bernabé Temoxtitla y en parte paralelo a canales o bordos agrícolas que delimitan dichas parcelas.

Dado que en esta zona no se trata de vegetación natural o forestal, el instrumento de gestión aplicable no es el Programa de Rescate de Vegetación, sino un conjunto de medidas específicas para el uso agrícola afectado:

- Acuerdos previos con los propietarios o poseedores de las parcelas afectadas temporalmente por el derecho de vía, documentando el estado original de los terrenos.
- Minimización del ancho de afectación en zonas de cultivo activo, limitando la franja de trabajo al mínimo constructivo necesario
- Restitución de la capa de suelo agrícola (tierra vegetal) removida durante la excavación, colocándola de nuevo una vez instalada la tubería y compactado el relleno

- Nivelación y rehabilitación de la superficie agrícola al término de las obras para restituir su aptitud productiva
- En caso de pérdida de cosecha en ciclo activo, gestión de mecanismos de compensación con los propietarios afectados, en coordinación con el Ayuntamiento de Ocoyucan

Un caso específico de atención es la proximidad del trazo al **Parque de la Reserva** y el **Parque de los Conejo**s, áreas verdes urbanas ubicadas en el municipio de Puebla. De acuerdo con la cartografía del trazo, el Macro Colector atraviesa estos dos parques. Esta condición los ubica dentro del área de influencia directa de las obras en ese tramo, por lo que se deberán considerar las siguientes medidas específicas:

- Restricción de actividades de alto impacto (explosiones, compactación intensa) en el horario diurno durante fines de semana y días festivos, cuando el parque registra mayor afluencia de visitantes
- Control estricto de polvos y ruido en el frente de obra adyacente al parque
- Prohibición de disposición temporal de materiales de excavación dentro del área de influencia del parque
- Supervisión de que las actividades constructivas no alteren el drenaje superficial hacia el parque ni provoquen encharcamientos o erosión en sus inmediaciones
- En caso de que el trazo requiera intervenir vegetación, se aplicará el Programa de Rescate de Vegetación con especial atención a las especies arbóreas presentes en esa zona de transición

Escenario sin proyecto (tendencia actual): De no ejecutarse el Macro Colector "Manuel Ávila Camacho", la contaminación del Río Atoyac continuará agravándose en función del crecimiento poblacional proyectado. La población en el área de influencia crecerá de aproximadamente 1.8 millones de habitantes en 2020 a más de 2.5 millones en 2045, incrementando proporcionalmente los volúmenes de aguas residuales sin tratar. El deterioro del ecosistema ripario, la Presa de Valsequillo y los acuíferos del Valle de Puebla se profundizará, con consecuencias en la salud pública, la disponibilidad de agua y la biodiversidad regional.

Escenario con proyecto (alternativa seleccionada): La construcción del macro colector permitirá interceptar y conducir las aguas residuales generadas en el área de influencia hacia la PTAR Ávila Camacho, con una capacidad de tratamiento de hasta 1,127.3 l/s (gasto integrado máximo por tramo según diseño hidráulico). El efluente tratado, que cumplirá con la NOM-001-SEMARNAT-2021, será descargado al Río Atoyac y eventualmente a la Presa de Valsequillo, permitiendo la recuperación gradual de estos ecosistemas. La alternativa seleccionada es técnica, económica y ambientalmente la más viable.

Alternativas técnicas evaluadas:

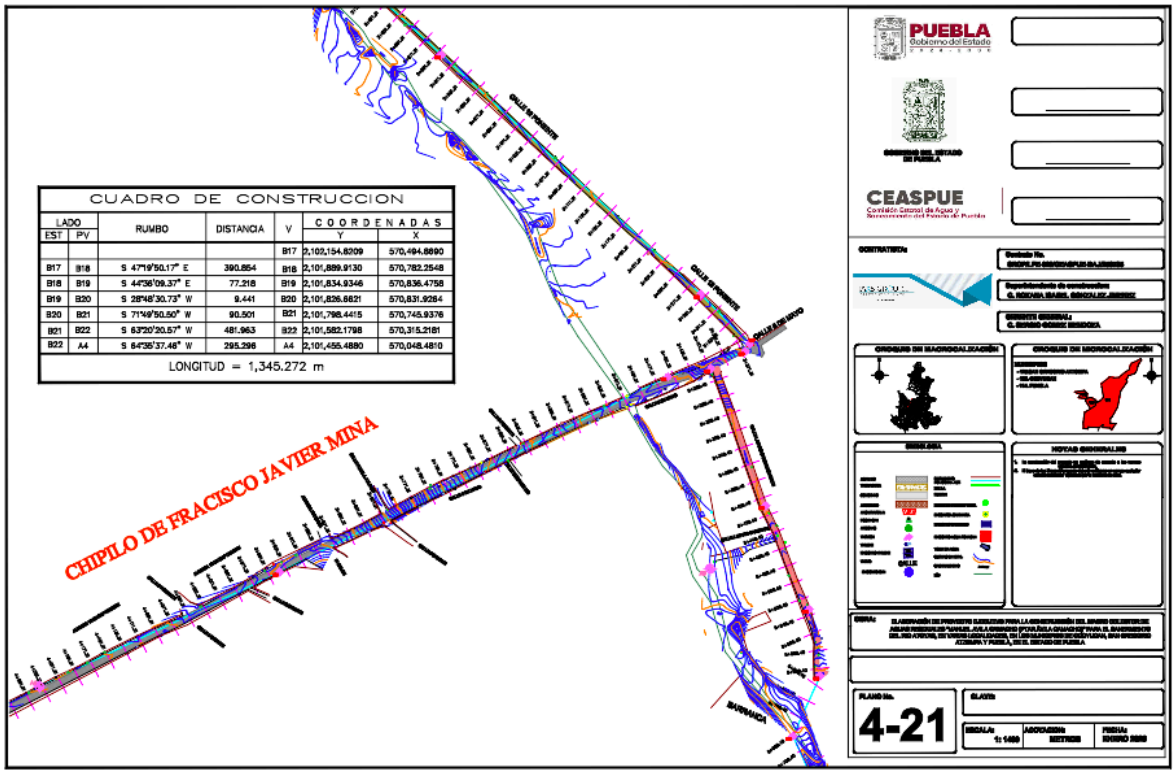
- *Alternativa 1 – Plantas de tratamiento descentralizadas por municipio:* fue descartada por mayores costos de operación y mantenimiento, y por la dispersión de puntos de descarga que dificulta el control de la calidad del efluente.
- *Alternativa 2 – Macro colector centralizado (proyecto seleccionado):* optimiza la infraestructura, reduce costos de largo plazo, concentra el tratamiento en una planta con mayor eficiencia y minimiza los puntos de riesgo ambiental.
- *Alternativa 3 – Ampliación de infraestructura existente:* insuficiente para atender el crecimiento proyectado al 2045 y no resuelve el problema de los municipios sin saneamiento (Ocoyucan: cobertura de saneamiento 0%).

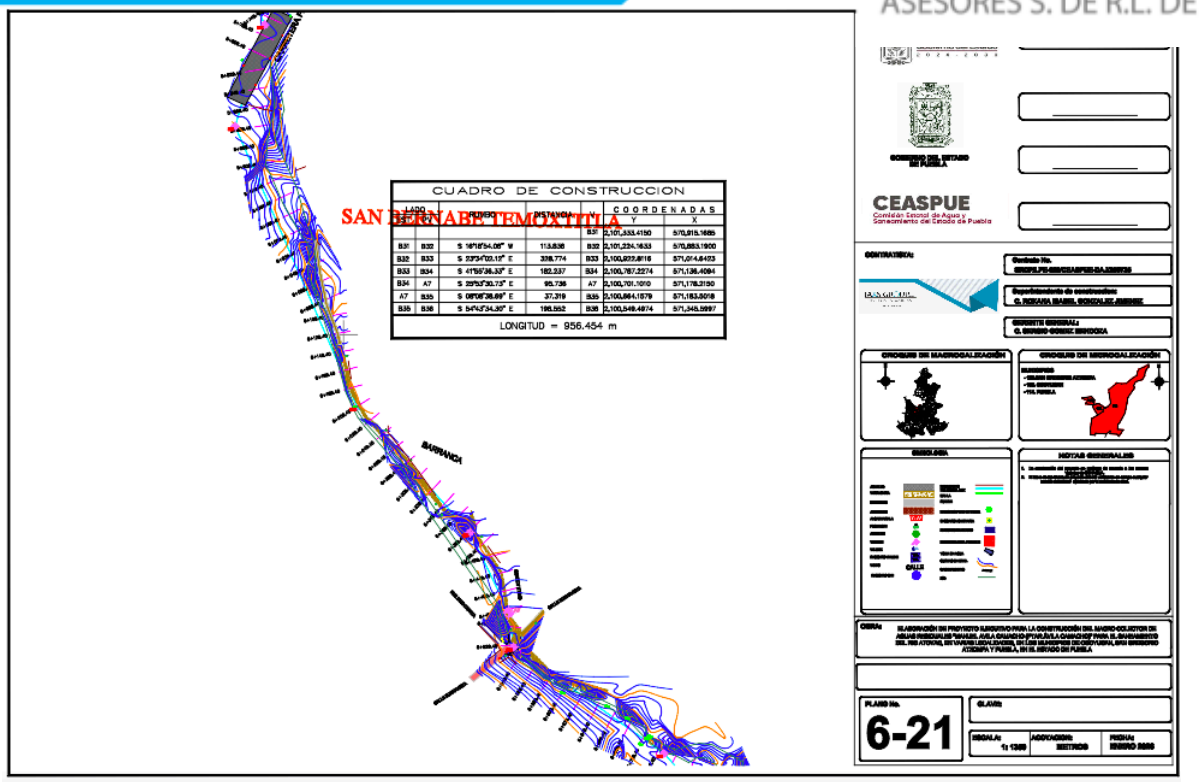
Pronóstico ambiental con proyecto: A mediano plazo (5–10 años), se espera una mejora significativa en los índices de calidad del agua del Río Atoyac en el tramo comprendido entre el área de influencia y la Presa de Valsequillo. A largo plazo (20–25 años), la recuperación del ecosistema ripario, la reducción de enfermedades de transmisión hídrica y la mejora en la calidad del agua para uso agrícola e industrial representarán beneficios cuantificables para la región. El proyecto se alinea con la Estrategia Nacional de Saneamiento de CONAGUA y con los compromisos del estado de Puebla ante PROFEPA para la descontaminación del Río Atoyac.

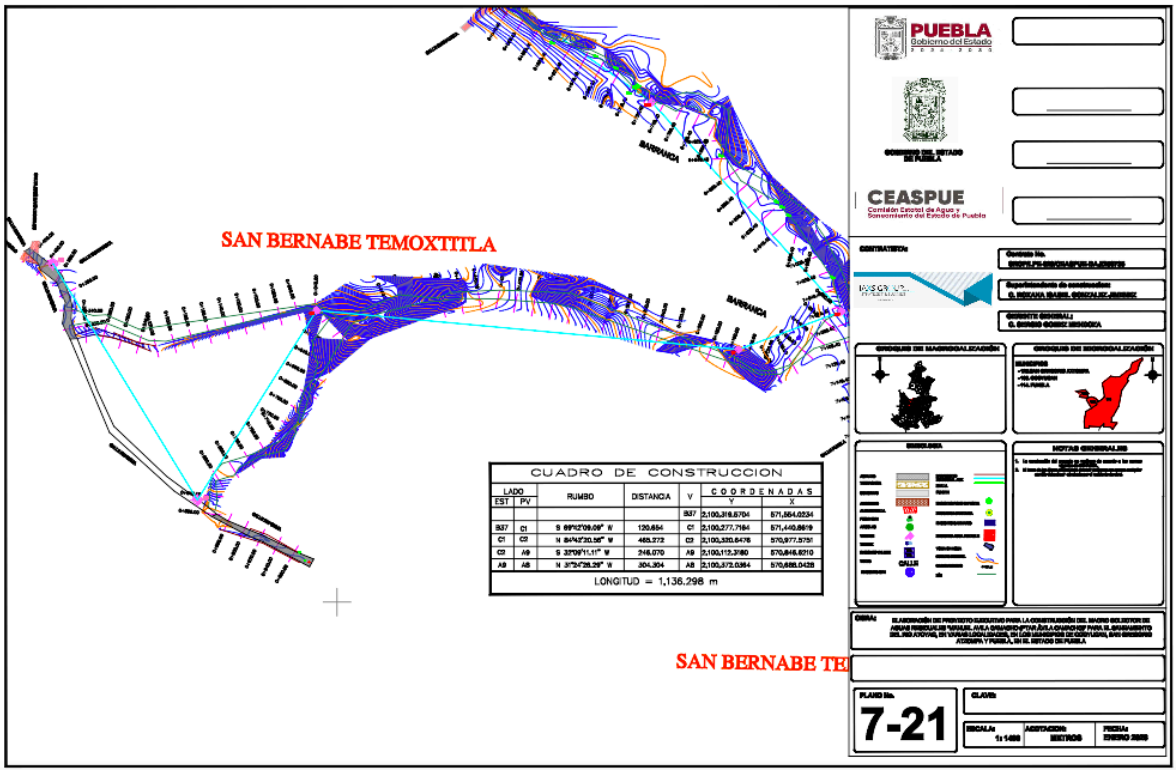
Fuentes: INEGI (Censos, Cartas Temáticas); SEMARNAT; CONAGUA; Plan Integral de APAS de Ocoyucan; Plan Municipal de Desarrollo de San Gregorio Atzompa 2021–2024; Términos de Referencia del proyecto; LGEEPA y reglamentos; NOMs aplicables.

VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información señalada en las fracciones anteriores

8.1. Planos definitivos







13 Poniente 2504 B, Colonia La Paz, Puebla, Puebla,
+ 52 222 107 2315
administracion@iaxsgroup.com.mx

8.2. Álbum fotográfico

San Gregorio Atzompa





Chipilo de Francisco Javier Mina







San Bernabé Temoxtitla



San Bernabé Temoxtitla

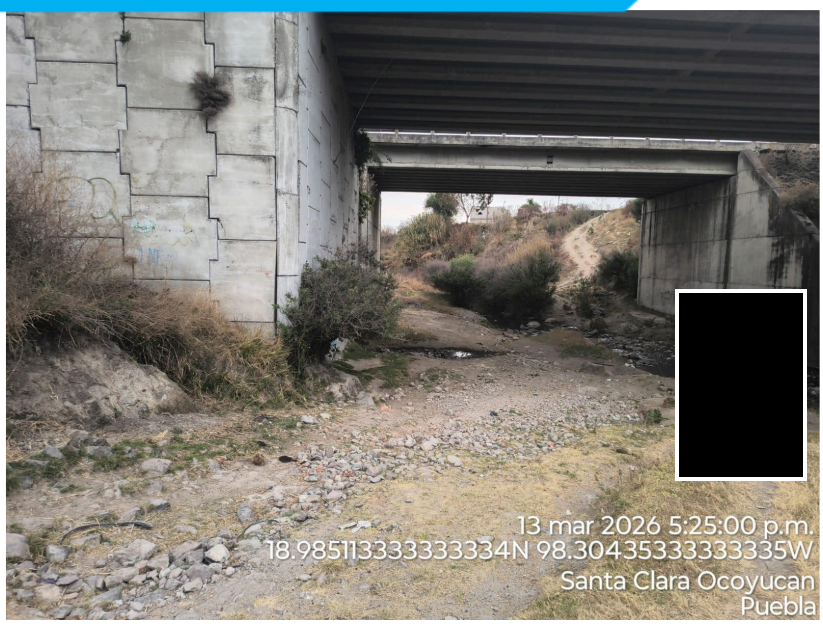






Santa Clara Ocoyucan




13 mar 2026 5:25:00 p.m.
18.985113333333334N 98.304353333333335W
Santa Clara Ocoyucan
Puebla


13 mar 2026 5:24:54 p.m.
18.985055N 98.30429833333334W
Santa Clara Ocoyucan
Puebla


13 mar 2026 5:25:22 p.m.
18.985161666666666N 98.30425500000001W
12205 Carretera Federal Puebla - Atlixco
Santa Clara Ocoyucan
Puebla

Puebla


13 mar 2026 3:12:02 p.m.
19.01747333333333N 98.33582W
373 San Antonio
Centro
Puebla

Anexos

Anexo 1. Plan de Manejo de residuos

Anexo 2. Periódico oficial Gobierno Constitucional del Estado de Puebla

Lunes 4 de abril de 2022