

## NOMBRE DEL PROYECTO:

**CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (ETAPA ÚNICA). EN LA  
LOCALIDAD DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC, EN EL MUNICIPIO DE  
SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC.**

## NOMBRE DEL SUBPROYECTO:

**CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (ETAPA ÚNICA)**

## ANÁLISIS COSTO BENEFICIO SIMPLIFICADO

**Entidad Federativa: Oaxaca**

## Contenido

I. Resumen Ejecutivo .....	1
a. Nombre del PPI.....	1
b. Objetivo del PPI.....	1
c. Problemática Identificada .....	1
d. Breve Descripción del PPI .....	3
e. Horizonte de Evaluación.....	7
f. Localización Geográfica .....	8
g. Descripción de los Principales Beneficios del PPI.....	9
h. Monto total de Inversión.....	10
i. Descripción de los principales Costos del PPI .....	10
j. Riesgos Asociados al Proyecto .....	16
k. Indicadores de Rentabilidad .....	16
l. Conclusiones del Análisis del PPI .....	17
II. Situación Actual .....	19
a. Diagnóstico de la Situación Actual.....	19
b. Análisis de la Oferta Actual.....	36
c. Análisis de la Demanda Actual .....	42
d. Interacción Oferta y Demanda Actual .....	44
III. Situación Sin Proyecto .....	46
a. Optimizaciones.....	46
b. Oferta Optimizada .....	46
c. Análisis de la Demanda sin Proyecto.....	47
d. Interacción Oferta-Demanda sin Proyecto .....	49

e.	Alternativas de Solución .....	52
	Alternativa A.....	52
	Alternativa B .....	59
IV.	Situación con Proyecto.....	72
a.	Descripción general .....	72
b.	Alineación Estratégica .....	89
c.	Localización geográfica.....	90
d.	Calendario de actividades .....	91
e.	Monto de inversión .....	95
f.	Fuentes de Financiamiento .....	95
g.	Capacidad Instalada.....	96
h.	Metas Anuales y Totales.....	97
i.	Vida útil del PPI .....	100
j.	Descripción de los Aspectos Técnicos, Legales y Ambientales más Relevantes para Determinar la Viabilidad del Proyecto .....	101
	Aspectos Técnicos .....	101
	Aspectos Legales .....	103
	Aspectos Ambientales .....	104
k.	Análisis de la Oferta con Proyecto.....	106
l.	Análisis de la Demanda con Proyecto .....	107
m.	Interacción Oferta y Demanda Con Proyecto .....	108
V.	Evaluación del Proyecto.....	110
a.	Identificación, cuantificación y valoración de los costos del PPI .....	110
b.	Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios .....	116
c.	Cálculo de los Indicadores de Rentabilidad .....	120
d.	Análisis de Sensibilidad.....	123

e.	Análisis de Riesgos .....	125
VI.	Conclusiones y Recomendaciones .....	127
VII.	Responsable de la Información .....	129
VIII.	Bibliografía.....	130

### **Índice de Tablas**

Tabla 1	Ubicación de los tramos del proyecto .....	8
Tabla 2	Ahorros por liberación de recursos por tratamiento de enfermedades de origen hídrico (primer año de operación).....	9
Tabla 3	Componentes del proyecto .....	11
Tabla 4	Costos de mantenimiento y operación con proyecto.....	16
Tabla 5	Indicadores de rentabilidad .....	16
tabla 6	Caraterisiticas de la poblacion de la localidad de Santo Domingo Tehuantepec.....	24
tabla 7	Características de las viviendas de la localidad de Santo Domingo Tehuantepec .....	24
Tabla 8	Estado actual de la infraestructura de drenaje sanitario, localidad de Santo Domingo Tehuantepec .....	40
Tabla 9	Usuarios del sistema de drenaje población objetivo, de la localidad de Santo Domingo Tehuantepec.....	41
Tabla 10	Oferta actual de usuarios del sistema de drenaje, generación y de aguas residuales tratadas, de la localidad de Santo Domingo Tehuantepec.....	41
Tabla 11	Usuarios del Sistema de Agua Potable, Localidades, población y viviendas .....	42
Tabla 12	Demanda Total del Sistema de Agua Potable.....	43
Tabla 13	Estimación de demanda de aguas residuales generadas, que debe ser tratadas. ....	43
Tabla 14	Análisis de la Interacción Oferta – Demanda Actual de agua tratada .....	44
tabla 15	desglose de costos generados por tratamiento de enfermedades de origen hídrico .....	45
Tabla 16	Oferta situación sin proyecto, de aguas residuales tratadas, de acuerdo a los usuarios del Sistema de Drenaje. ....	46
Tabla 17	Estimación de demanda de agua residual vertida al sanitario del proyecto.....	48
Tabla 18	Estimación de demanda de aguas residuales generadas que deben ser tratadas.....	48
Tabla 19	Análisis de la Interacción Oferta – Demanda sin proyecto.....	49

Tabla 20 Desglose de costos generados por tratamiento de enfermedades de origen hídrico .....	50
Tabla 21 Proyección de costos generados por tratamiento de enfermedades de origen hídrico .....	51
Tabla 22 Componentes de la Alternativa A (proyecto) .....	53
Tabla 23 Costos de mantenimiento y operación con proyecto.....	58
Tabla 24 Flujo de costos para el cálculo del CAE de la alternativa A.....	58
Tabla 25 Componentes de la Alternativa B .....	63
Tabla 26 Costos de mantenimiento y operación con proyecto.....	66
Tabla 27 Matriz comparativas de sistemas anaerobios propuestos .....	66
Tabla 28 Flujo de Costos Para el Cálculo del CAE de la Alternativa B .....	69
Tabla 29 Selección de Alternativa .....	71
Tabla 30 Ventajas y Desventajas de las Alternativas Comparadas .....	71
Tabla 31 Ubicación de los Tramos del Proyecto.....	90
Tabla 32 Calendario de avance físico y financiero de la construcción de la ptar.....	91
Tabla 33 Componentes del proyecto .....	95
Tabla 34 Financiamiento .....	95
Tabla 35 Capacidad Instalada del Proyecto.....	96
Tabla 36 Capacidad Instalada del Proyecto.....	96
Tabla 37 Metas del Proyecto .....	98
Tabla 38 Usuarios del Sistema de Drenaje Sanitario en la localidad que aportan para el tratamiento de agua residual .....	106
Tabla 39 Análisis de la Oferta con Proyecto .....	106
Tabla 40 Análisis de la Oferta con Proyecto Durante el Horizonte de Evaluación .....	106
Tabla 41 Estimación de demanda de aguas residuales generadas que deben ser tratadas .....	107
Tabla 42 Análisis de la Interacción Oferta – Demanda con Proyecto .....	108
Tabla 43 Desglose de costos generados por tratamiento de enfermedades de origen hídrico .....	109
Tabla 44 Componentes del Proyecto .....	111
Tabla 45 Costos de mantenimiento y operación con proyecto.....	115
Tabla 46 Costos de operación y mantenimiento con proyecto durante el horizonte de evaluación .....	116
Tabla 47 Costos por enfermedades hídricas en la situación con proyecto .....	118

Tabla 48 Ahorros por Liberación de Recursos por Tratamiento de Enfermedades de origen Hídrico .....	118
Tabla 49 Valor estimado por venta de agua tratada en el horizonte de evaluación .....	120
Tabla 50 Flujo de Costos y Beneficios Durante el Horizonte de Evaluación .....	122
Tabla 51 Indicadores de rentabilidad .....	123
Tabla 52 Indicadores de rentabilidad considerando incrementos en la inversión .....	124
Tabla 53 Indicadores de rentabilidad considerando incrementos en la inversión .....	124
Tabla 54 Matriz de riesgo .....	125

### **Índice de Ilustraciones**

ILUSTRACIÓN 1 UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	8
ILUSTRACIÓN 2 UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC .....	19
ILUSTRACIÓN 3 UBICACIÓN DE LA LOCALIDAD DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC.....	20
ILUSTRACIÓN 4 TRAZO DEL RÍO TEHUANTEPEC EN EL MUNICIPIO DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC .....	21
ILUSTRACIÓN 5 TRAZO DEL ILUSTRACIÓN ZONA DE INUNDACIÓN DEL RÍO TEHUANTEPEC, EN LA LOCALIDAD DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC.....	22
ILUSTRACIÓN 6 UBICACIÓN DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DEL COLECTOR LIEZA-BASAGUYA .....	27
ILUSTRACIÓN 7 UBICACIÓN DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE DRENAJE SANITARIO Y CONSTRUCCIÓN DE COLECTOR.....	29
ILUSTRACIÓN 8 REPORTE FOTOGRÁFICO DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL RÍO TEHUANTEPEC Y PROBLEMÁTICA GENERADA .....	32
ILUSTRACIÓN 9 UBICACIÓN DE LA ZONA, SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EXISTENTE, COLECTORES Y LUGAR DONDE ESTA DESTINADO LA PTAR, QUE ACTUALMENTE NO EXISTE. ....	39
ILUSTRACIÓN 10 SISTEMA COMPLETO DEL PTAR- ALTERNATIVA DESECHADA. ....	60
ILUSTRACIÓN 11 PRETRATAMIENTO .....	60
ILUSTRACIÓN 12 REACTOR MIXTO .....	61
ILUSTRACIÓN 13 FILTRO PERCOLADOR.....	62
ILUSTRACIÓN 14 LECHOS DE SECADO DE LODOS.....	62
ILUSTRACIÓN 15 TANQUE DE CLORACIÓN.....	63
ILUSTRACIÓN 16 ESTRUCTURA GENERAL DE LA PTAR .....	79

ILUSTRACIÓN 17 PLANTA ARQUITECTÓNICA DEL CONJUNTO DESARENADOR Y CÁRCAMO DE BOMBEO.....	79
ILUSTRACIÓN 18 CORTE ARQUITECTÓNICO DE MAMPARA DE CONTROL.....	81
ILUSTRACIÓN 19 PLANTA ARQUITECTÓNICA SEDIMENTADOR PRIMARIO DE FLUJO CONTINUO .....	82
ILUSTRACIÓN 20 PLANTA ARQUITECTÓNICA DEL TANQUE DE AIREACIÓN Y SEDIMENTACIÓN SECUNDARIO .....	82
ILUSTRACIÓN 21 PLANTA ESTRUCTURAL DE TANQUE DE OXIDACIÓN .....	83
ILUSTRACIÓN 22 PLANTA ARQUITECTÓNICA CASETA DE DESINFECCIÓN.....	83
ILUSTRACIÓN 23 PLANTA ARQUITECTÓNICA DIGESTOR DE LODOS .....	84
ILUSTRACIÓN 24 PLANO ARQUITECTÓNICO DE CONJUNTO DEL LECHO DE SECADO DE LODOS .....	85
ILUSTRACIÓN 25 PLANTA ARQUITECTÓNICA DE CISTERNA DE CAPACIDAD DE 100 M3 .....	86
ILUSTRACIÓN 26 PLANTA ARQUITECTÓNICA DE LA PLANTA DE EMERGENCIA .....	86
ILUSTRACIÓN 27 PLANTA ARQUITECTÓNICA DEL ESTACIONAMIENTO .....	87
ILUSTRACIÓN 28 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS POR DIGESTIÓN AEROBIA EXTENDIDA MODULAR (PLADAEM)- TREN DE PROCESOS.....	87
ILUSTRACIÓN 29 UBICACIÓN DEL PROYECTO .....	90
ILUSTRACIÓN 30 VALIDACIÓN TÉCNICA EXPEDIDA POR CONAGUA. ....	101
ILUSTRACIÓN 31 ACTA DE COMISARIADO DE BIENES COMUNALES DE SANTA CRUZ TAGOLABA TEHUANTEPEC, OAXACA 2019-2022 .....	103
ILUSTRACIÓN 32 OFICIO NO. SEMARNAT-UGA-1585-2020 .....	104
ILUSTRACIÓN 33 VANS CON VARIACIONES EN EL MONTO DE INVERSIÓN.....	124
ILUSTRACIÓN 34 VANS CON VARIACIONES EN BENEFICIOS.....	125

# I. Resumen Ejecutivo

## a. Nombre del PPI

Proyecto: Construcción y puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Etapa Única). En la localidad de Santo Domingo Tehuantepec, en el municipio de Santo Domingo Tehuantepec.

Subproyecto: Construcción y puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Etapa Única).

## b. Objetivo del PPI

Tiene como propósito construir una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y contar con infraestructura óptima para poder tener un sistema de tratamiento de aguas residuales, reducir considerablemente la contaminación del río Tehuantepec, en el que actualmente se desembocan todas las aguas residuales de la localidad.

De manera particular este proyecto tiene especial relevancia, debido a que, en su zona de influencia, puede ocuparse las aguas tratadas en diferentes usos, existen predios que se dedican a la agricultura y son de propiedad ejidal, por lo tanto, en lugar que se comercialicen al mercado inmobiliario, pueden aumentas su productividad, para aprovechamiento con fines agrícolas, esto derivado del aprovechamiento de las aguas tratadas.

Al disminuir la contaminación, se evita generar malos olores, fauna nociva, así como el posible contacto de la población con agua residual lo que sin duda se vería reflejado en la disminución de enfermedades de origen hídrico y contaminación ambiental. Generación ahorros significativos por tratamiento de enfermedades de origen hídrico.

## c. Problemática Identificada

Actualmente las aguas residuales generadas en la localidad de Santo Domingo Tehuantepec, en su totalidad son vertidas al Río de Tehuantepec, ocasionando la contaminación de los mantos acuíferos. Por lo que se presentan malos olores, provocando un foco de infección para las personas de la zona de influencia del río.

Lo que ocasiona la contaminación del medio ambiente, afecta la integridad de los ecosistemas y de la vida en el planeta.

Por otra parte, es indispensable atender el tema de la contaminación, toda vez que el desarrollo de actividades industriales y agropecuarias ha traído malas prácticas, a través de las cuales se vierten aguas residuales con alta concentración de materia orgánica en el río Tehuantepec, contaminándolo cada día más.

El mal manejo del agua de riego provoca erosión del suelo, arrastrando y llevándose la materia orgánica, esto es debido a que los productores utilizan láminas de riego muy pesadas, provocando una inundación total de la superficie; repercutiendo en el problema de la infiltración y lixiviación de los nutrientes o provocando el incremento de la salinidad. Actualmente se desaprovecha la infraestructura hidráulica del módulo de riego de la localidad, pues existen varias parcelas de cultivo que están abandonadas y algunas que no tienen la conservación hidráulica necesaria, esto provoca que el potencial productivo del área de riego sea deficiente, respecto a las aguas del río Tehuantepec, por motivo de que se desembocan las aguas negras en su cauce, estos se encuentran altamente contaminados, no pudiéndose utilizar para consumo humano, ni tampoco efectivos para riego de cultivos, hasta la fecha no ha existido ningún programa, ni acción para rescatar el caudal del río.

Actualmente, existen descargas de aguas residuales que aun cumpliendo con los parámetros establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 (Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales), contaminan los cuerpos receptores de aguas nacionales.

El 11 de marzo de 2022, el Gobierno de México publicó en el Diario Oficial de la Federación la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, en la cual se establecen los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de aguas nacionales. Esta norma actualiza a la NOM-001-SEMARNAT-1996, cuyos aspectos técnicos ya no eran concordantes con las necesidades actuales.

El principal objetivo de la actualización de la norma obedece a la necesidad de conservar y mejorar los cuerpos de agua; para ellos, se incluyen nuevos métodos de prueba, se especifica cómo llevar a cabo los muestreos, se establece el límite permisible de temperatura con la que se descargan los efluentes, incluye la medición de la toxicidad y establece el procedimiento para llevar a cabo la evaluación de la conformidad, la clasificación de los cuerpos receptores y el enfoque de usos posteriores para mejorar la gestión y protección de los cuerpos de agua, así como la concordancia con normas internacionales. De acuerdo a lo anterior el Municipio de Santo Domingo de Tehuantepec, no cumple con la NOM-001-SEMARNAT-2021.

## d. Breve Descripción del PPI

El proyecto consiste en la “Construcción y puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Etapa Única), en la localidad de Santo Domingo Tehuantepec, en el municipio de Santo Domingo Tehuantepec”

La construcción de la PTAR, utiliza un proceso biológico conocido como aeración extendida o digestión aeróbica.

El sistema tiene una capacidad de tratar de 63.51 lps de agua residual, repartido en ambos reactores, eso representa la capacidad total de tratamiento de 5,487.69 m<sup>3</sup> al día.

Beneficiando directamente a 12,581 viviendas, en las que habitan 33,408 personas en la localidad de Santo Domingo Tehuantepec.

Los principales componentes a realizar son los siguientes:

### PRETRATAMIENTO Y CARCAMO DE BOMBEO

167.22 M2 Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno); 167.2 M2 Construcción de la obra civil (muros de 40 cms de espesor armado con varillas del 1/2, 5/8 y 3/8, con concreto premezclado con una resist. sulfatos de 350 kg/cm<sup>2</sup>); 40 ML obra hidráulica (Tubería de FOFO de 6", conexiones especiales (tee, codo de 90, cruz, yee, válvula mariposa, medidor flujo electromagnético, codo reductor, válvula de vastago fijo, carretes) de FOFO de 6"; 4 PZA obra mecánica (4 bombas sumergible de 20 hp de diámetro impulsor de 6", 3 rejillas de herrería de solera y Angulo de 1/4" x2", y 1 barandal).

### TRATAMIENTO PRIMARIO

231.09 M2 Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno); 231.09 M2 Construcción de la obra civil (muros de 30 cms de espesor armado con varillas del 1/2, 5/8 con concreto premezclado con una resist. sulfatos de 350 kg/cm<sup>2</sup>); 50 ML obra hidráulica (Tub. pvc industrial ced 80 de 6" y 8", pzas especiales (tee, codo de 90, valvula de mariposa, reducción de 8" a 6", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8"); 3 PZA obra mecánica (Lotes de equipamiento inc: 8 desnatadores ABS, 1 cribas estáticas parabólicas de 93x1.50x 1.30m, 145 placas acero inox cal 10, 1 eq. electromecánico de limpieza de extracción de lodos barandal).

### TRATAMIENTO SECUNDARIO:

144.32 M2 Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno); 144.32 M2 Construcción de la obra civil (muros de 30 y 20 cms de espesor armado con varillas del 1/2, 5/8 y 3/8 con concreto premezclado con una resist. sulfatos de 350 kg/cm<sup>2</sup>, malla electrosoldada 6/6-10/10); 65 ML obra hidráulica (Tub. de pvc industrial ced 80 de 6" y 8", pzas especiales (tee, codo de 90, valvula de mariposa, reducción de 8" a 6", carretes) de pvc industrial ced

80 de 6" y 8" y tub. PEAD de 6"); 3 PZA obra mecánica (Lotes de equipamiento incluyen: agitadores, sopladores, difusores, bomba centrífuga, barandal).

#### DESINFECCIÓN:

246.65 M2 Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno); 246.65 M2 Construcción de la obra civil (Caseta desinfección: muros 14 cms esp. tabicón, castillos, cadenas, aplanado, losa 10 cms esp, pintura, tanque de oxidación de muros de 30 y 20 cms de esp. armado con varillas con concreto premezclado resist. a los sulfatos 350 kg/cm<sup>2</sup>, ); 72.6 ML obra hidráulica (tubería de pvc industrial ced 80 de 6" y 8", pzas especiales (tee, brida ciega, codo de 90, valvula de mariposa, reducción de 8" a 6", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8" y tub. PEAD de 6"); 10 PZA obra mecánica (10 lámparas UV de 200 gln por min, herrería para soporte de lámparas a base de ptr 3 x 3).

#### TRATAMIENTOS DE LODOS:

96.04 M2 Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno); 96.04 M2 Construcción de la obra civil (muros de 30 cms de esp. armado con varillas con concreto premezclado con una resistencia a los sulfatos de 350 kg/cm<sup>2</sup>); 280 ML obra hidráulica (Tub. industrial ced 80 de 8", pzas especiales (tee, codo de 90, valvula de mariposa, reducción de 8", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8" y tub. de PEAD de 6"); 4 PZA obra mecánica (4 bombas sumergible de 40 hp).

#### CONTROL DE INUNDACIONES:

550 M2 Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno); 550 ML obra hidráulica (canal pluvial de concreto armado, tubería de pvc sanitario de 6", 4" y 2", conexiones ( tee, codos, reducciones y coples)).

#### OBRA DE DEMASIÁS Y DESCARGA DE AGUA TRATADA:

650 M2 Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno); 650 M2 Construcción de la obra civil (medidor tipo parsall de concreto de 15 cms esp. con varillas acero con concreto premezclado, resis. sulfatos de 350 kg/cm<sup>2</sup>, registros drenaje; 650 ML obra hidráulica (tubo de pvc y PEAD, excavación, cama de arena, relleno).

#### ACONDICIONAMIENTO DE CAMINOS DE ACCESO:

2,640 M2 Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno); 2,640 M2 Construcción de la obra civil (revestimiento de caminos, inc: movimiento de tierra, terraplén con material producto de la excavación).

#### PROYECTO ARQUITECTÓNICO (URBANISMO):

376.17M2 Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno); 376.17 M2 Construcción de vialidades (rastreo de caminos, losa de concreto hidráulico  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup> con acero de refuerzo, sembrado de pasto y arboles de la región); 543.43 M2 Construcción edificio administrativo, caseta de vigilancia, laboratorio y estacionamiento. (muros 14 cms de esp. de tabicón pesado, castillos, cadenas, aplanado, losa de 10 cms de esp., pintura; Estacionamiento: guarnición, losa de concreto hidraulico  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup> con acero de refuerzo; 376.17 M2 Inst. generales en edificio administrativo, caseta de vigilancia, laboratorio, estacionamiento ( loseta en pisos, azulejo en baños, cancelería de aluminio.); 6 SAL. Inst. hidráulicas y sanitarias en edificio administrativo y laboratorio (salida hidrosanitaria a base de tubería pvc y tubo plus para sanitarios ); 30 PZA Amueblado y equipamiento de laboratorio (mesas de trabajo de herrería y madera, instrumentación); 10 PZA Amueblado y equipamiento de oficinas (escritorios de herrería y madera, y sillas para oficina de plástico acojinadas); 376.17 M2 Pintura en instalaciones (pintura vinílica base agua en muros,); 892.36 ML Barda perimetral (muros 14 cms esp. tabicón pesado, castillos, cadenas, con zapata corrida, malla ciclónica galvanizada cal 11 aperturas de 63 mm).

#### INSTALACIONES ELÉCTRICAS SISTEMA DE FUERZA:

1 PZA Inst. Eléctrica (Transformador de 225kva trifásico relación de transformación 33,000-440/254 v tipo poste, inc: acometida, y centro de control de cargas; 120 ML sistema de fuerza en el tratamiento de agua (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno); 240 ML sistema de fuerza en el tratamiento de lodos (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno); 380 ML sistema de fuerza en edificios (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno); 320 ML sistema de fuerza en alumbrado público (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno); 120 ML sistema de fuerza en el tratamiento de aguas (suministro de cable thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno); 240 ML sistema de fuerza en el tratamiento de lodos. (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno); 1PZA planta de emergencia ( Planta Eléctrica Diésel 50 kW trifásica).

#### CENTRO DE CONTROL DE MOTORES:

1 PZA Suministro de materiales para Centro de Control de motores (CCM); 1 PZA Instalación de materiales para Centro de Control de motores (CCM).

#### INSTRUMENTACIÓN:

1 PZA Suministro e instalación de instrumentación y control (sensores, electro niveles).

#### CONTROL DE PROCESO:

1 PZA Suministro de PLC (Programmable Logic Control), 630 ML Suministro de tuberías, cableado y registro correspondientes; 1 PZA Instalación de PLC, incluye software y tablero de control; 360 ML Instalación de tuberías, cableado y registros correspondientes.

#### PRUEBAS Y ARRANQUE:

1 PZA Pruebas pre-operativas a la obra eléctrica; 1 PZA Pruebas pre-operativas a la obra mecánica; 1 PZA Pruebas pre-operativas de capacidad hidráulica de la PTAR y sus interconexiones, incluyendo hermeticidad de la obra hidráulica; 1 PZA Pruebas pre-operativas de instrumentación y control de sensores de proceso; 1 PZA Pruebas pre-operativas de control de PLC y Centro de Control de Motores (CCM); 1 PZA Etapa de estabilización de los procesos de tratamiento incluyendo análisis de laboratorio acreditado para evaluación del proceso; 1 PZA Etapa de operación y capacitación incluyendo análisis de laboratorio acreditado para evaluación del proceso.

La tecnología propuesta es un sistema de tratamiento biológico de aguas residuales del tipo aeróbico, basa en el proceso de lodos activados en su variante de aeración extendida.

La PTAR de aeración extendida puede dividirse en 4 elementos principales.

Pretratamiento

Aireación

Sedimentación

Cloración

#### **Pretratamiento**

En esta primera etapa se utiliza un mecanismo de pretratamiento para desintegrar físicamente las aguas residuales y para atrapar materiales no biodegradables tales como plásticos y metales antes de que se introduzcan a la planta. El mecanismo básico para esto es un desarenador se emplea para remover gravillas, arenas, cenizas presentes en las aguas residuales municipales, que pueden causar abrasión o desgaste excesivo en los equipos mecánicos de una PTAR y con control de velocidad por medio de los canales "Parshall", rejilla y trampa basura. La desarenación se ubica generalmente después de cribado y antes de la sedimentación primaria.

#### **Aireación**

En el tanque de aireación se lleva a cabo la digestión aeróbica. Es aquí donde las aguas residuales pretratadas se mezclan recibiendo aire por medio de difusores especiales de burbuja extrafina, localizados al fondo de tanque. Estos difusores, inyectan cantidades suficientes de aire para satisfacer la demanda de oxígeno necesaria para que

se efectuó el proceso de digestión aeróbica al mismo tiempo que se mezcló íntegramente los contenidos del tanque. Con un tiempo de retención de 18 horas efectuándose la homogeneización que se logra al ascender las burbujas finas de los difusores hacia la superficie.

En el tanque de aireación, se produce una cantidad muy baja de lodos excedentes y estos se encuentran altamente mineralizados, por lo que no se considera ninguna extracción o purga de los mismos, ya que estos excedentes no son representativos para equipar la planta con otros mecanismos.

### **Sedimentación**

El siguiente paso en el proceso se lleva a cabo en el compartimiento de sedimentación. Aquí no existe ningún tipo de turbulencia provocando con esto que los sólidos remanentes, lodos, se asienten en el fondo del tanque a donde son revertidos a la cámara de aeración por medio de un mecanismo de retorno de lodos, que es básicamente un elevador neumático que bombea los lodos a tratamiento adicional.

Al regresar íntegramente todos los lodos de la cámara de sedimentación no se generan exceso de lodos por lo que no es necesario contar con un sistema de estabilización y deshidratación de lodos excedentes, eventualmente y como parte del mantenimiento anual de la planta, algunas veces necesitara extraer pequeñas cantidades (100 kg/año) de lodo generalmente inorgánico (cenizas).

### **Cloración**

Las aguas tratadas abandonan el clarificador y son desinfectadas en un tanque de flujo turbulento, hipoclorito de sodio.

El sistema de desinfección es por medio de un dosificador de hipoclorito de sodio líquido que funciona por demanda, la cisterna de agua tratada sirve como cámara de contacto de cloración y debe tener un tiempo de mínimo de retención de 30 minutos.

## **e. Horizonte de Evaluación**

El horizonte de evaluación del presente proyecto será de dieciséis años, considerando uno de inversión y quince años de operación.

## f. Localización Geográfica

La construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, se localizará en un terreno conurbado ubicado en las colindancias del margen derecho del Rio Tehuantepec, teniendo las siguientes coordenadas geográficas:

### ILUSTRACIÓN 1 UBICACIÓN DEL PROYECTO



Fuente: Elaborado con información de H. Ayuntamiento.

TABLA 1 UBICACIÓN DE LOS TRAMOS DEL PROYECTO

N. Tramos	NOMBRE DE LA VIALIDAD ACUERDO AL MAPA DIGITAL DE INEGI	LOCALIZACION POR TRAMO DE ACUERDO A MAPA DIGITAL INEGI		ENTRE CALLES O CADENAMIENTOS		GEORREFERENCIAS.	
		MUNICIPIO	LOCALIDAD	INICIO	FIN	INICIO LATITUD - LONGITUD	FINAL LATITUD - LONGITUD
1	Paraje la Playa	Santo Domingo Tehuantepec	Santo Domingo Tehuantepec	Vereda sin nombre	Vereda sin nombre	16.31459	, -95.22387.

Fuente: Elaborado con información de H. Ayuntamiento.

## g. Descripción de los Principales Beneficios del PPI

Los beneficios esperados del proyecto se pueden resumir en los cuatro rubros siguientes:

- Se aumenta la oferta de recolección de aguas residuales, con lo que se logra eliminar el déficit identificado en la situación sin proyecto.
- Liberación de recursos al evitar costos por tratamiento de enfermedades de origen hídrico. Cabe aclarar que, para la valoración de este beneficio en específico, primero se cuantificó el número de casos evitados por enfermedades de origen hídrico, posteriormente, para la valoración de los costos atribuibles al tratamiento de dichos casos se realizó tomando como referencia el precio social de una consulta de atención médica en medicina familiar de primer nivel de atención en consultorios privados y con acceso a la población en general en el año 2023.
- Se mitigan completamente los riesgos de contaminación, evitando la generación de malos olores, fauna nociva y encharcamientos. Con lo que se evitan riesgos por contaminación ambiental.
- Una vez tratadas, las aguas residuales pueden utilizarse para reemplazar el agua dulce para riego, por lo que se considera que el 50% del agua tratada generada en la PTAR, puede considerarse venderse para este uso.

**TABLA 2 AHORROS POR LIBERACIÓN DE RECURSOS POR TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES DE ORIGEN HÍDRICO (PRIMER AÑO DE OPERACIÓN)**

HE	Año	Casos de Enfermedades de origen hídrico	Valoración-Beneficios Liberación de recursos por Tratamiento de Enfermedades de origen Hídrico
1	2024	\$16,655,931.23	\$4,996,779.37

Fuente: Elaboración propia con información de H. Ayuntamiento.

## h. Monto total de Inversión

El monto total de inversión del proyecto asciende a \$88,584,160.63 (ochenta y ocho millones, quinientos ochenta y cuatro mil, ciento sesenta pesos, 63/100 M.N), de los cuales la construcción y puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Etapa Única), asciende a \$ 87,223,612.69 (Ochenta y siete millones, doscientos veintitrés mil, seiscientos doce pesos 69/100 M.N ). Con IVA Incluido; respecto al a Adecuación del Proyecto Ejecutivo el monto es de \$1,360,547.94 (un millón trescientos sesenta mil, quinientos cuarenta y siete pesos 94/100 M.N.), con IVA incluido.

## i. Descripción de los principales Costos del PPI

### *I. Costos de Inversión*

Los costos de inversión para construcción del proyecto son los siguientes

**TABLA 3 COMPONENTES DEL PROYECTO**

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO SIN IVA	MONTO CON IVA
<b>PRETRATAMIENTO Y CARCAMO DE BOMBEO</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	167.22	\$17.34	\$2,899.59	\$3,363.52
Construcción de la obra civil (muros de 40 cms de espesor armado con varillas del 1/2, 5/8 y 3/8, con concreto premezclado con una resist. sulfatos de 350 kg/cm2)	M2	167.20	\$17,071.37	\$2,854,333.06	\$3,311,026.35
obra hidráulica (Tubería de FOFO de 6", conexiones especiales (tee, codo de 90, cruz, yee, valvula mariposa, medidor flujo electromagnetico, codo reductor, valvula de vastago fijo, carretes) de FOFO de 6"	ML	40.00	\$39,576.92	\$1,583,076.80	\$1,836,369.09
obra mecánica (4 bombas sumergible de 20 hp de diametro impulsor de 6", 3 rejillas de herreria de solera y angulo de 1/4" x2", y 1 barandal )	PZA	4.00	\$460,125.40	\$1,840,501.60	\$2,134,981.86
<b>TRATAMIENTO PRIMARIO</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	231.09	\$12.03	\$2,780.01	\$3,224.81
Construcción de la obra civil (muros de 30 cms de espesor armado con varillas del 1/2, 5/8 con concreto premezclado con una resist. sulfatos de 350 kg/cm2)	M2	231.09	\$17,566.88	\$4,059,530.30	\$4,709,055.15
obra hidráulica (Tub. pvc industrial ced 80 de 6" y 8", pzas especiales (tee, codo de 90, valvula de mariposa, reduccion de 8" a 6", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8"	ML	50.00	\$36,078.20	\$1,803,910.00	\$2,092,535.60
obra mecánica (Lotes de equipamiento inc: 8 desnatadores ABS, 1 cribas estaticas parabolicas de 93x1.50x 1.30m, 145 placas acero inox cal 10, 1 eq. electromecanico de limpieza de extraccion de lodos barandal	PZA	3.00	\$300,868.03	\$902,604.09	\$1,047,020.74
<b>TRATAMIENTO SECUNDARIO</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	144.32	\$109.69	\$15,830.46	\$18,363.33
Construcción de la obra civil (muros de 30 y 20 cms de espesor armado con varillas del 1/2, 5/8 y 3/8 con concreto premezclado con una resist. sulfatos de 350 kg/cm2, malla electosoldada 6/6-10/10)	M2	144.32	\$102,464.93	\$14,787,738.70	\$17,153,776.89
obra hidráulica (Tub. de pvc industrial ced 80 de 6" y 8", pzas especiales (tee, codo de 90, valvula de mariposa, reduccion de 8" a 6", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8" y tub. PEAD de 6")	ML	65.00	\$6,863.46	\$446,124.90	\$517,504.88
obra mecánica (Lotes de equipamiento incluyen: agitadores, sopladores, difusores, bomba centrifuga, barandal)	PZA	3.00	\$3,328,879.02	\$9,986,637.06	\$11,584,498.99
<b>DESINFECCIÓN</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	246.65	\$12.83	\$3,164.52	\$3,670.84
Construcción de la obra civil (Caseta desinfeccion: muros 14 cms esp. tabicon, castillos, cadenas, aplanado, losa 10 cms esp, pintura, tanque de oxidacion de muros de 30 y 20 cms de esp. armado con varillas con concreto premezclado resist. a los sulfatos 350 kg/cm2, )	M2	246.65	\$6,635.39	\$1,636,618.94	\$1,898,477.97
obra hidráulica (tubería de pvc industrial ced 80 de 6" y 8", pzas especiales (tee, brida ciega, codo de 90, valvula de mariposa, reduccion de 8" a 6", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8" y tub. PEAD de 6")	ML	72.60	\$35,737.87	\$2,594,569.36	\$3,009,700.46
obra mecánica (10 lamparas UV de 200 gln por min, herreria para soporte de lamparas a base de ptr 3 x 3)	PZA	10.00	\$9,447.12	\$94,471.20	\$109,586.59
<b>TRATAMIENTOS DE LODOS</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	96.04	\$19.32	\$1,855.49	\$2,152.37

Construccion de la obra civil (muros de 30 cms de esp. armado con varillas con concreto premezclado con una resistencia a los sulfatos de 350 kg/cm2)	M2	96.04	\$20,605.88	\$1,978,988.72	\$2,295,626.92
obra hidráulica (Tub. industrial ced 80 de 8", pzas especiales (tee, codo de 90, valvula de mariposa, reduccion de 8", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8" y tub. de PEAD de 6")	ML	280.00	\$3,288.68	\$920,830.40	\$1,068,163.26
obra mecánica (4 bombas sumergible de 40 hp)	PZA	4.00	\$46,400.79	\$185,603.16	\$215,299.67
<b>CONTROL DE INUNDACIONES</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	550.00	\$11.68	\$6,424.00	\$7,451.84
obra hidráulica (canal pluvial de concreto armado, tubería de pvc sanitario de 6", 4" y 2", conexiones (tee, codos, reducciones y coples))	ML	550.00	\$1,532.22	\$842,721.00	\$977,556.36
<b>OBRA DE DEMASIAS Y DESCARGA DE AGUA TRATADA</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	650.00	\$15.52	\$10,088.00	\$11,702.08
Construccion de la obra civil (medidor tipo parsall de concreto de 15 cms esp. con varillas acero con concreto premezclado, resis. sulfatos de 350 kg/cm2, registros drenaje.	M2	650.00	\$1,817.86	\$1,181,609.00	\$1,370,666.44
obra hidráulica (tubo de pvc y PEAD, excavacion, cama de arena, relleno)	ML	650.00	\$342.94	\$222,911.00	\$258,576.76
<b>ACONDICIONAMIENTO DE CAMINOS DE ACCESO</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	2,640.00	\$61.14	\$161,409.60	\$187,235.14
Construcción de la obra civil (revestimiento de caminos, inc: movimiento de tierra, terraplen con material producto de la excavacion.)	M2	2,640.00	\$420.81	\$1,110,938.40	\$1,288,688.54
<b>PROYECTO ARQUITECTÓNICO (URBANISMO)</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	376.17	\$6.89	\$2,591.81	\$3,006.50
Construcción de vialidades (rastreo de caminos, losa de concreto hidraulico f'c=250 kg/cm2 con acero de refuerzo, sembrado de pasto y arboles de la region)	M2	376.17	\$6,575.45	\$2,473,487.03	\$2,869,244.95
Construcción edificio administrativo, caseta de vigilancia, laboratorio y estacionamiento.(muros 14 cms de esp.de tabicon pesado, castillos, cadenas, aplanado, losa de 10 cms de esp., pintura; Estacionamiento: guarnicion, losa de concreto hidraulico f'c=250 kg/cm2 con acero de refuerzo.	M2	543.43	\$5,574.42	\$3,029,307.06	\$3,513,996.19
Inst. generales en edificio administrativo, caseta de vigilancia, laboratorio, estacionamiento ( loseta en pisos, azulejo en baños, canceleria de aluminio.)	M2	376.17	\$5,257.67	\$1,977,777.72	\$2,294,222.16
Inst. hidráulicas y sanitarias en edificio administrativo y laboratorio (salida hidrosanitaria a base de tubería pvc y tuboplus para sanitarios )	SAL	6.00	\$104,138.14	\$624,828.84	\$724,801.45
Amueblado y equipamiento de laboratorio (mesas de trabajo de herreria y madera, instrumentacion)	PZA	30.00	\$15,725.01	\$471,750.30	\$547,230.35
Amueblado y equipamiento de oficinas (escritorios de herreria y madera, y sillas para oficina de plastico acoginadas)	PZA	10.00	\$122,467.48	\$1,224,674.80	\$1,420,622.77
Pintura en instalaciones (pintura vinilica base agua en muros,)	M2	376.17	\$227.55	\$85,597.48	\$99,293.08
Barda perimetral (muros 14 cms esp. tabicon pesado, castillos, cadenas, con zapata corrida, malla ciclonica galvanizada cal 11 aperturas de 63 mm)	ML	892.36	\$4,821.87	\$4,302,843.91	\$4,991,298.94
<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS SISTEMA DE FUERZA</b>					
Inst. Electrica (Transformador de 225kva trifasico relacion de transformacion 33,000-440/254 v tipo poste, inc: acometida, y centro de control de cargas	PZA	1.00	\$455,432.83	\$455,432.83	\$528,302.08

sistema de fuerza en el tratamiento de agua (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavacion, relleno)	ML	120.00	\$847.13	\$101,655.60	\$117,920.50
sistema de fuerza en el tratamiento de lodos (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavacion, relleno)	ML	240.00	\$224.39	\$53,853.60	\$62,470.18
sistema de fuerza en edificios (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavacion, relleno)	ML	380.00	\$192.78	\$73,256.40	\$84,977.42
sistema de fuerza en alumbrado público (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavacion, relleno)	ML	320.00	\$1,591.53	\$509,289.60	\$590,775.94
sistema de fuerza en el tratamiento de aguas (suministro de cable thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavacion, relleno)	ML	120.00	\$124.19	\$14,902.80	\$17,287.25
sistema de fuerza en el tratamiento de lodos. (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavacion, relleno)	ML	240.00	\$46.57	\$11,176.80	\$12,965.09
planta de emergencia ( Planta Eléctrica Diésel 50 kW trifásica)	PZA	1.00	\$842,658.60	\$842,658.60	\$977,483.98
<b>CENTRO DE CONTROL DE MOTORES</b>					
Suministro de materiales para Centro de Control de motores (CCM)	PZA	1.00	\$3,239,841.18	\$3,239,841.18	\$3,758,215.77
Instalacion de materiales para Centro de Control de motores (CCM)	PZA	1.00	\$87,328.37	\$87,328.37	\$101,300.91
<b>INSTRUMENTACIÓN</b>					
Suministro e instalación de instrumentación y control (sensores, electro niveles)	PZA	1.00	\$3,852,764.13	\$3,852,764.13	\$4,469,206.39
<b>CONTROL DE PROCESO</b>					
Suministro de PLC (Programmable Logic Control)	PZA	1.00	\$73,647.64	\$73,647.64	\$85,431.26
Suministro de tuberias, cableado y registro correspondientes	ML	630.00	\$23.10	\$14,553.00	\$16,881.48
Instalación de PLC, incluye software y tablero de control	PZA	1.00	\$74,963.69	\$74,963.69	\$86,957.88
Instalación de tuberias, cableado y registros correspondientes	ML	360.00	\$20.70	\$7,452.00	\$8,644.32
<b>PRUEBAS Y ARRANQUE</b>					
Pruebas pre-operativas a la obra eléctrica	PZA	1.00	\$327,832.16	\$327,832.16	\$380,285.31
Pruebas pre-operativas a la obra mecánica	PZA	1.00	\$238,655.00	\$238,655.02	\$276,839.82
Pruebas pre-operativas de capacidad hidráulica de la PTAR y sus interconexiones, incluyendo hermeticidad de la obra hidráulica	PZA	1.00	\$176,378.54	\$176,378.54	\$204,599.11
Pruebas pre-operativas de instrumentación y control de sensores de proceso	PZA	1.00	\$432,728.25	\$432,728.25	\$501,964.77
Pruebas pre-operativas de control de PLC y Centro de Control de Motores (CCM)	PZA	1.00	\$211,325.67	\$211,325.67	\$245,137.78
Etapas de estabilización de los procesos de tratamiento incluyendo análisis de laboratorio acreditado para evaluación del proceso	PZA	1.00	\$513,459.48	\$513,459.48	\$595,613.00
Etapas de operación y capacitación incluyendo análisis de laboratorio acreditado para evaluación del proceso	PZA	1.00	\$448,585.89	\$448,585.89	\$520,359.63
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$75,192,769.56</b>	<b>\$87,223,612.69</b>
				<b>IMPORTE SIN IVA</b>	\$75,192,769.56
				<b>IVA</b>	\$12,030,843.13
				<b>IMPORTE TOTAL CONSTRUCCION PTAR</b>	<b>\$87,223,612.69</b>
PREINVERSIÓN: ADECUACIÓN DEL PROYECTO EJECUTIVO					\$ 1,360,547.94
IMPORTE TOTAL POR GESTIONAR					\$ 88,584,160.63

Fuente: Elaborado de acuerdo al proyecto ejecutivo del H. Ayuntamiento.

## *II. Costos de Operación y Mantenimiento*

El buen funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la localidad de Santo Domingo Tehuantepec, municipio del mismo nombre, depende no solo del diseño y la construcción adecuada y óptima, y de la disponibilidad de una mano de obra competente, sino también de la protección del sistema de materiales dañinos que pueden ser descargados por la población. A continuación, se detallan actividades que se deberán desarrollar durante la vida útil del proyecto incluyendo los costos que implican el desarrollo de estos.

### **Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo, se proporciona a los diferentes sectores o áreas de la Planta de Tratamiento con el objetivo de prevenir posibles obstrucciones en el tren de procesos. Básicamente, el mantenimiento consiste en la limpieza general, mantenimiento de bombas y revisión preventiva de cada sector de la PTAR. El llevar un programa de mantenimiento preventivo disminuye considerablemente la posibilidad de problemas de obstrucción en el tren de procesos del tratamiento aguas negras; Dependiendo de la longitud, diámetros, material de la red que está conectada a la PTAR y las costumbres de la población servida, así deberá de ser la frecuencia de inspección y limpieza. El mantenimiento preventivo se realizará cada 3 meses, pero su valoración monetaria se presenta de forma anual.

### **Mantenimiento Correctivo**

El mantenimiento correctivo se da para corregir una situación anómala que se está dando en el tren de procesos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, la cual puede ser la obstrucción y/o fractura de alguna tubería que lleve el proceso de las aguas residuales. Este mantenimiento, consiste en la remoción de los sólidos que están obstruyendo la red o en la reparación de la fractura de la tubería y Rehabilitación con obra civil de alguna grieta en la infraestructura existente. El mantenimiento correctivo se realiza conforme se presenten las necesidades de corrección donde se identifican las anomalías, de manera general se realiza de forma anual.

Por otro lado, para la operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, son necesarios diferentes insumos, en este caso, energía eléctrica, personal, herramienta menor, insumos y productos químicos, así como pruebas de laboratorio.

A continuación, se detallan los costos de operación y mantenimiento del proyecto.

**TABLA 4 COSTOS DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN CON PROYECTO**

Tipo de costo	con Proyecto
Mantenimiento preventivo anual: Incluye: limpieza general, mtto de bombas y revisión de cada sector de la PTAR	\$159,125.00
Mantenimiento correctivo promedio anual: Incluye: Remoción de sólidos y rehabilitación de infraestructura	\$419,786.55
<b>Subtotal Mantenimiento (anual)</b>	<b>\$578,911.55</b>
Operación: Cargo Fijo CFE y Energía eléctrica	\$698,347.80
Operación: Mano de obra del Personal	\$285,600.00
Operación: Herramienta Menor y equipo de seguridad	\$72,780.00
Operación: Insumos y productos Químicos de control y de operación	\$60,000.00
Operación: Pruebas de laboratorio	\$75,000.00
<b>Subtotal Operación (anual)</b>	<b>\$1,191,727.80</b>
<b>Importe Total</b>	<b>\$1,770,639.35</b>

Fuente: Elaboración propia con información del proyecto ejecutivo del H. Ayuntamiento.

## j. Riesgos Asociados al Proyecto

- Riesgos en la etapa de construcción:
  - Variación en el costo de construcción.
  - Riesgos catastróficos por inundaciones y daños por agua.
  - Que el proveedor incurra en retrasos en la entrega de la obra.
  - No contar con los permisos correspondientes para las fechas estipuladas de inicio
- Riesgos en la etapa de operación
  - Incremento inesperado en los costos de mantenimiento y operación
  - Casos fortuitos o de fuerza mayor.

## k. Indicadores de Rentabilidad

**TABLA 5 INDICADORES DE RENTABILIDAD**

Valor Presente Neto (VPN) =	\$60,458,957.16
Tasa Interna de Retorno (TIR) =	22.42%
Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) =	23.16%

Fuente: Elaboración propia

## I. Conclusiones del Análisis del PPI

El presente documento Análisis Costo Beneficio identifica y describe la situación actual y la problemática en la que se enfrentan los habitantes existentes en la localidad de Santo Domingo Tehuantepec. Con la investigación documental y de campo llevada a cabo, se obtuvieron los insumos necesarios para realizar el análisis de evaluación socioeconómica. De igual forma, se llevó a cabo un análisis de la oferta para entender las características físicas y operativas del sistema actual de drenaje sanitario y las aguas residuales generadas. Posteriormente se realizó un análisis de la demanda actual y se observó la forma en que estos elementos interactúan entre sí para identificar, cuantificar y valorar los costos sociales actuales originados por las aguas residuales generadas.

Se identificaron, examinaron y compararon dos proyectos como alternativas de solución y se consideró que el proyecto presentada en este documento, resulta la mejor solución a la problemática actual, obteniendo un Costo Anual Equivalente (CAE) de \$11,656,516.76.

Se determinó la situación con proyecto. Donde se describen las características del proyecto, capacidad instalada, calendario de actividades, monto de inversión, diagrama de procesos de la PTAR y vida útil. Así como también se efectuó el análisis de la oferta, demanda y su interacción, para conocer si el proyecto eliminaría el déficit detectado.

Finalmente, se llevó a cabo la evaluación socioeconómica del proyecto. Comparando parte de la información manifestada en los apartados de Situación Sin Proyecto con la Situación Con Proyecto, evitando sobreestimar beneficios y subestimar los costos.

Con la información resultante de los apartados de los párrafos anteriores, se calcularon los indicadores de rentabilidad del proyecto, obteniendo los siguiente Valor Presente Neto \$60,458,957.18, la Tasa Interna de Retorno 22.42% y la Tasa de Rentabilidad Inmediata 23.16%.

De acuerdo con los indicadores de rentabilidad calculados para el proyecto, la Tasa Interna de Retorno es de mayor a la Tasa Social de Descuento.

La Tasa de Rentabilidad Inmediata es mayor a la tasa de descuento, por lo que no es recomendable postergar la realización del proyecto, e iniciar su ejecución en el ejercicio actual.

Adicionalmente, en el análisis de sensibilidad se encontró que el proyecto resiste incrementos significativos en el monto de inversión. Así como decrementos considerables en los beneficios identificados anualmente del proyecto. Por otro lado, en el análisis de riesgos no se identificaron riesgos que resulten catastróficos para la ejecución y operación del proyecto. De acuerdo con lo anterior, no se identificaron aspectos relevantes, por los cuales sea recomendable postergar o no realizar el proyecto.

El H. Ayuntamiento cuenta con la Validación técnica y Económica expedida por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), con el oficio No.B00.810.06-0781/2022 de fecha de 21 de diciembre de 2022, la cual tiene una vigencia de dos años, a partir de su fecha de emisión

El proyecto cuenta con los elementos legales para su construcción, cumple con las disposiciones jurídicas aplicables, con el documento Folio: BCS/20-D-003 , donde hace constar que la Honorable Asamblea General de Comuneros, celebrada con fecha 22 de marzo del 2020 , cede la posesión física y material de una fracción de terreno comunal, ubicado en el paraje denominado “LA PLAYA”, a favor del Municipio de Santo Domingo Tehuantepec, quien lo destinará exclusivamente para la Construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, con una superficie de 60,000 metros cuadrados. Con vigencia de 3 años.

Respecto al aspecto Ambiental, se cuenta con el oficio no. SEMARNAT-UGA-1586-2020 de fecha 01 de diciembre de 2020 emitido por la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) donde se determina que la Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, y de acuerdo al “DECRETO por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del impacto Ambiental, que entró en vigor a partir del 27 de abril del 2021, se encuentra dentro de dichas excepciones, por lo que no requiere previamente la autorización en materia de impacto ambiental

Por lo antes señalado, se concluye que el proyecto “Construcción y puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Etapa Única), genera mayores beneficios sociales que los costos atribuibles a éste para los habitantes de la localidad de Santo Domingo de Tehuantepec, por lo que su ejecución es viable.

## II. Situación Actual

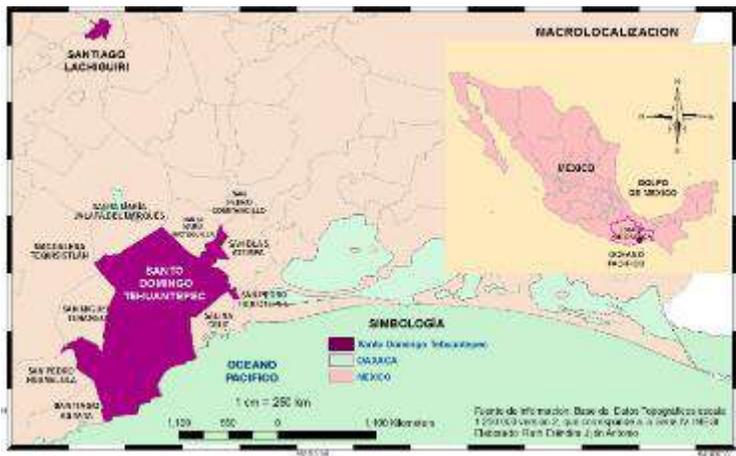
### a. Diagnóstico de la Situación Actual

El Municipio de Tehuantepec es uno de los 570 municipios en que se subdivide el estado de Oaxaca, México. Su cabecera es la ciudad de Santo Domingo Tehuantepec, ubicada en región del Istmo de Tehuantepec, en el distrito de Tehuantepec. Está ubicado al sureste de la capital de estado a 253 km, por la carretera federal n.º 190 hacia el Istmo.

Limita al suroeste con el municipio de Santiago Astata y el municipio de San Pedro Huamelula, al oeste limita con el municipio de Magdalena Tequisistlán y el municipio de San Miguel Tenango, al noroeste con el municipio de Santa María Jalapa del Marqués, al norte con el municipio de Santa María Mixtequilla y al noreste con el municipio de San Pedro Comitancillo; al este limita con el municipio de San Blas Atempa, el municipio de San Pedro Huilotepec y el municipio de Salina Cruz. Su extremo sur forma el litoral en el océano Pacífico y en particular en el golfo de Tehuantepec.

En el municipio de Santo Domingo Tehuantepec se localizan 84 localidades, de acuerdo al Censo de INEGI 2020, con una población estimada de 67,739 personas, 34,914 mujeres y 32,825 hombres.

**ILUSTRACIÓN 2 UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC**

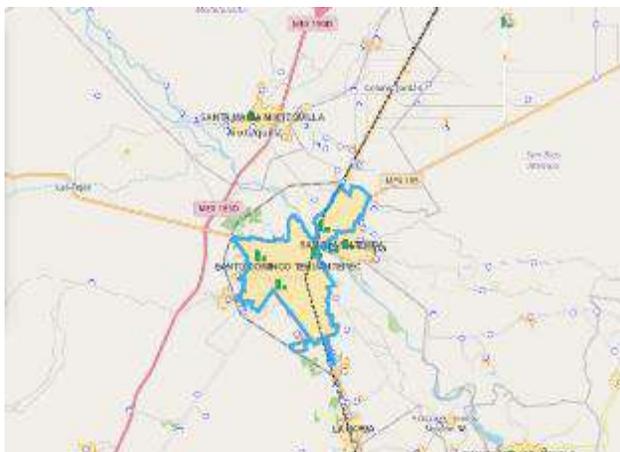


*Fuente: Elaboración propia*

La localidad de Santo Domingo Tehuantepec, área de influencia del proyecto es de 45,134 habitantes, 23,442 mujeres y 21,692 hombres. (INEGI 2020).

Las viviendas de la localidad de Santo Domingo Tehuantepec se estiman para 2020 en 16,405, según proyección, resultando un porcentaje promedio de cobertura de agua potable de 82.17% correspondiente a 13,480 viviendas con 35,795 habitantes y de cobertura de drenaje del 76.69% correspondiente a 12,581 viviendas con 33,408 habitantes (INEGI 2020).

### ILUSTRACIÓN 3 UBICACIÓN DE LA LOCALIDAD DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC

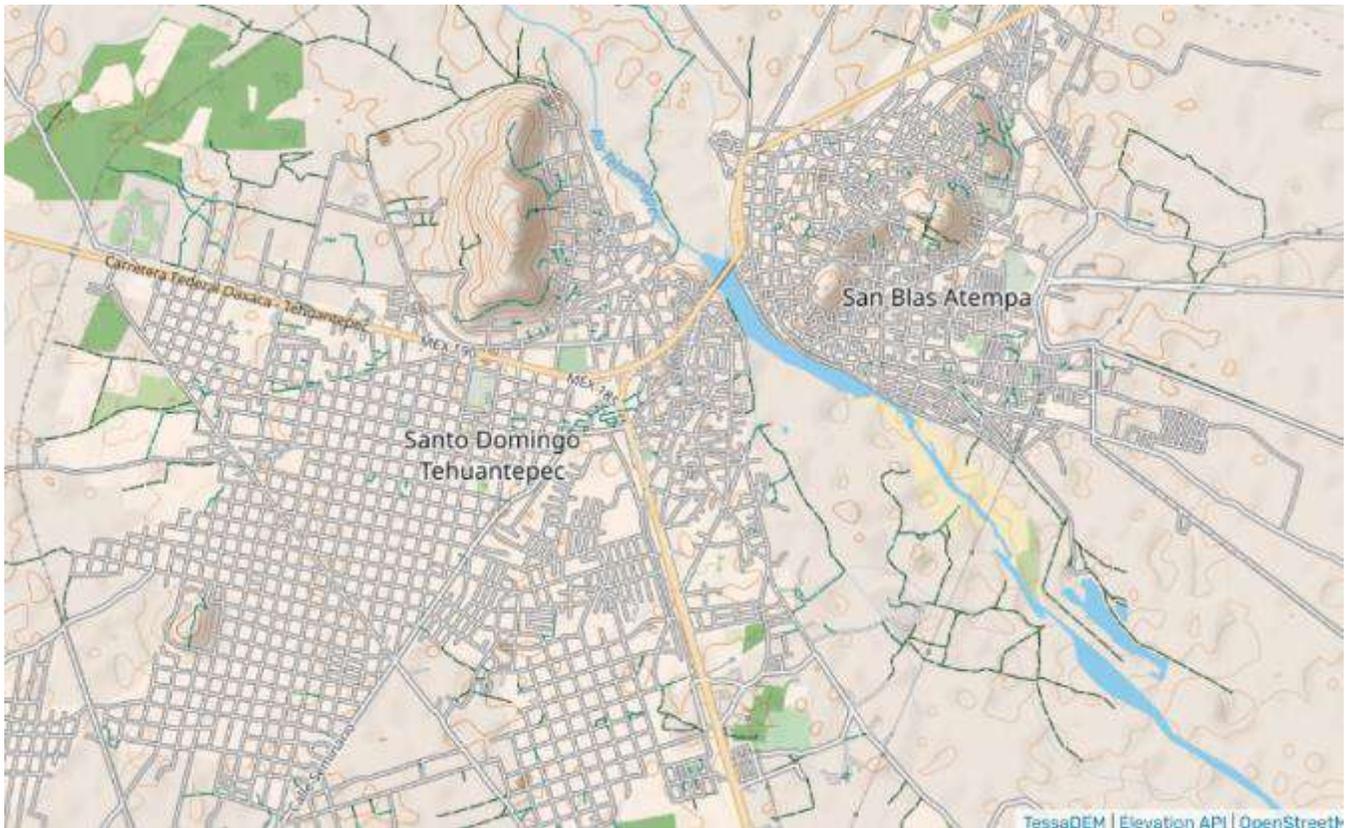


*Fuente: Elaboración propia.*

El análisis consiste en determinar la forma en que se relaciona la oferta de la situación actual, con la demanda de la población del área de estudio, identificando y definiendo la problemática que da origen al proyecto.

Su principal abastecedor de agua es el río Tehuantepec, tiene una longitud aproximada de 240 kilómetros, una cuenca de captación de 10 mil 90 kilómetros cuadrados y un escurrimiento anual promedio de mil 368 millones 700 mil metros cúbicos, sus principales, sus principales afluentes en el margen derecho son los ríos de la Virgen y Tequisistlán.

#### ILUSTRACIÓN 4 TRAZO DEL RÍO TEHUANTEPEC EN EL MUNICIPIO DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC



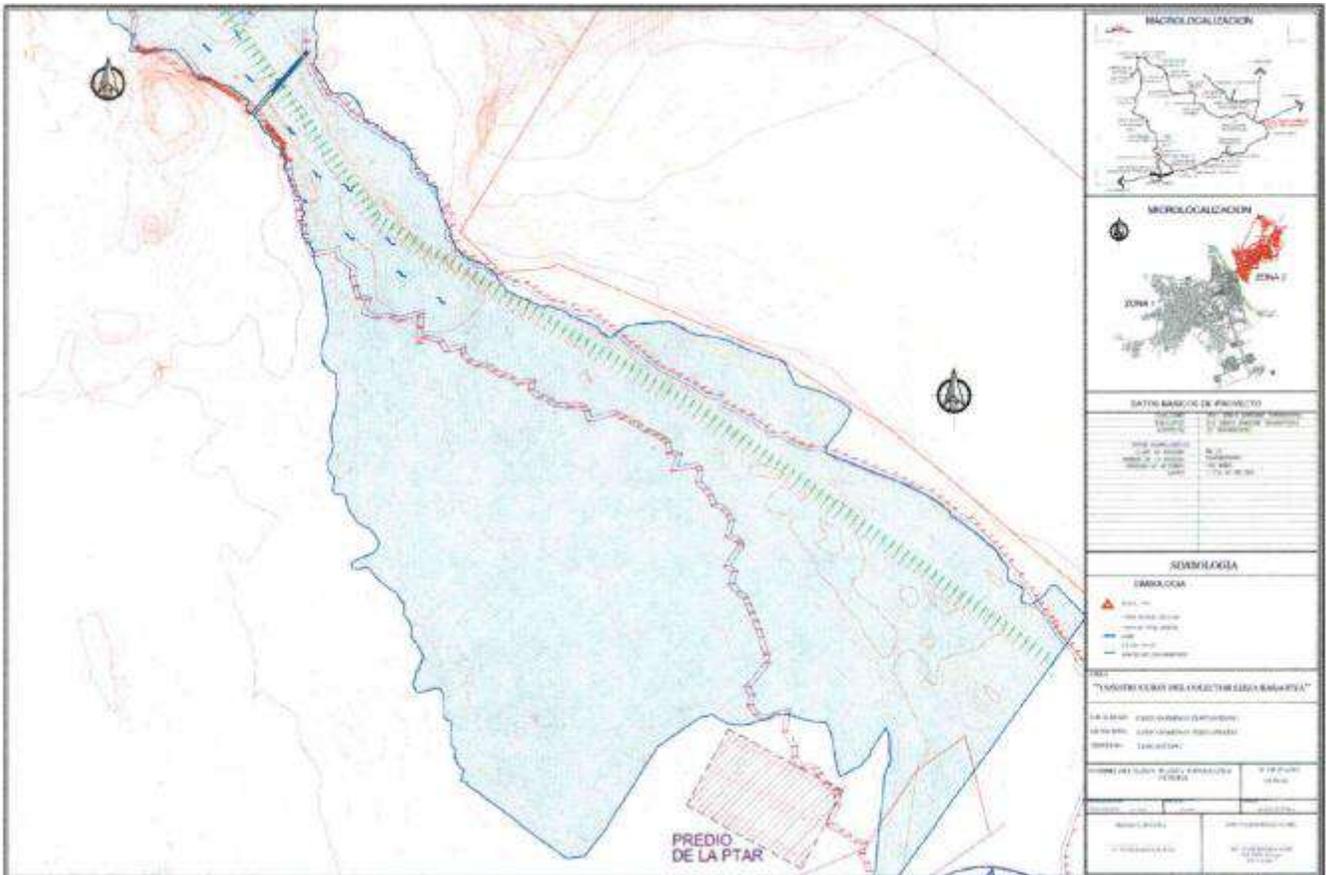
Fuente: Elaboración propia

Actualmente, la contaminación que prevalece en el río Tehuantepec por las descargas de aguas negras, basura y la falta de una planta tratadora de aguas residuales, están acabando con los mantos freáticos de ese importante afluente. La falta de un proyecto para rescatar el río que atraviesa el municipio de Santo Domingo Tehuantepec, está generando su devastación, propiciando por las descargas de aguas negras que realizan los habitantes de la localidad de Santo Domingo Tehuantepec, de más de 70% de las redes de drenaje existentes en la localidad.

El mal manejo del agua de riego provoca erosión del suelo, arrastrando y llevándose la materia orgánica, esto es debido a que los productores utilizan láminas de riego muy pesadas, provocando una inundación total de la superficie; repercutiendo en el problema de la infiltración y lixiviación de los nutrientes o provocando el incremento de la salinidad. Actualmente se desaprovecha la infraestructura hidráulica del módulo de riego de la localidad, pues existen varias parcelas de cultivo que están abandonadas y algunas que no tienen la conservación hidráulica necesaria, esto provoca que el potencial productivo del área de riego se deficiente, respecto a las aguas del río Tehuantepec, por motivo de que se desembocan las aguas negras en su cauce, estos se encuentran

altamente contaminados, no pudiéndose utilizar para consumo humano, ni tampoco efectivos para riego de cultivos, hasta la fecha no ha existido ningún programa, ni acción para rescatar el caudal del río.

### ILUSTRACIÓN 5 TRAZO DEL ILUSTRACIÓN ZONA DE INUNDACIÓN DEL RÍO TEHUANTEPEC, EN LA LOCALIDAD DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC



Fuente: Estudio de Control de Inundaciones realizado por el H. Ayuntamiento

En la localidad del municipio, los suelos presentan erosión tanto hídrica como eólica, también se han deteriorado por la contaminación proveniente del uso de fertilizantes deteriorándolos y reduciendo su fertilidad cada vez más, imposibilitándolos para la siembra o diferentes usos provechosos que se les pudiera dar. En el área temporal, se manifiesta una marcada erosión provocado por los vientos y la sequía, por motivo que se presenta una precipitación pluvial irregular, afectando principalmente a los cultivos anuales y son frecuentes los siniestros con pérdida parcial y total, como se presentó en el ciclo agrícola Primavera Verano 2002, por el efecto del fenómeno meteorológico "EL NIÑO", lo cual ha provocado ciertos cambios climáticos como es el caso de una sequía

prolongada y eso repercute en los cultivos directamente. En el área de riego en tiempo de lluvias, los suelos de textura pesada se vuelven fangosos, provocando excesos de humedad y al mismo tiempo la muerte de las plantas de los cultivos en la región. Esto puede mostrarse una incongruencia que los cultivos de la zona de temporal se siniestran por falta de agua y en la zona de riego por exceso de humedad. También cabe destacar que no toda la superficie potencialmente de uso agrícola, ganadera y forestado ha sido suficientemente aprovechada, por el mal manejo y el uso irracional de los recursos naturales. El Municipio tiene la fortuna de contar con producción de árboles frutales como son: el mango, chicozapote, naranja, papaya, melón, ciruela, plátano, sandía, cocoteros, tomates, chiles, zapote, aguacate, cacahuete, ajonjolí, sorgo, maíz, limón, guayaba, nopal, almendra, calabaza, frijol, anona y guanaba.

Actualmente, existen descargas de aguas residuales que aun cumpliendo con los parámetros establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 (Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales).

El 11 de marzo de 2022, el Gobierno de México publicó en el Diario Oficial de la Federación la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, en la cual se establecen los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de aguas nacionales. Esta norma actualiza a la NOM-001-SEMARNAT-1996, cuyos aspectos técnicos ya no eran concordantes con las necesidades actuales.

El principal objetivo de la actualización de la norma obedece a la necesidad de conservar y mejorar los cuerpos de agua; para ellos, se incluyen nuevos métodos de prueba, se especifica cómo llevar a cabo los muestreos, se establece el límite permisible de temperatura con la que se descargan los efluentes, incluye la medición de la toxicidad y establece el procedimiento para llevar a cabo la evaluación de la conformidad, la clasificación de los cuerpos receptores y el enfoque de usos posteriores para mejorar la gestión y protección de los cuerpos de agua, así como la concordancia con normas internacionales.

De acuerdo a lo anterior el Municipio de Santo Domingo de Tehuantepec, no cumple con la NOM-001-SEMARNAT-2021.

En México, los servicios públicos relacionados con los servicios de agua, se presentan en el artículo 115 constitucional y menciona lo siguiente:

III.- Los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes:

- a) Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales....

Esta facultad se ejerce en el marco de las leyes federales y estatales. Por lo que es apremiante, para esta autoridad municipal, cumplir en ese sentido las Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con el tratamiento de aguas residuales.

**TABLA 6 CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACION DE LA LOCALIDAD DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC**

Población	Total
Población total	45,134
Población femenina	23,442
Población masculina	21,692
Población de 0 a 14 años	11,171
Población de 15 a 29 años	10,168
Población de 30 a 59 años	17,530
Población de 60 años y más	6,216
Población con discapacidad	3,108
Grado promedio de escolaridad	9.61
Grado promedio de escolaridad de la población femenina	9.29
Grado promedio de escolaridad de la población masculina	9.98

FUENTE: INEGI, CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2020.

**TABLA 7 CARACTERÍSTICAS DE LAS VIVIENDAS DE LA LOCALIDAD DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC**

Viviendas	Total
Total de viviendas	16,405
Total de viviendas particulares	16,399
Total de viviendas particulares habitadas	12,753
Viviendas particulares no habitadas	3,646
Promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas	3.52
Promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas	1.16
Viviendas particulares habitadas con 3 o más ocupantes por cuarto	1,287
Viviendas particulares habitadas con piso de material diferente de tierra	11,538
Viviendas particulares habitadas que disponen de energía eléctrica	12,583
Viviendas particulares habitadas que disponen de excusado o sanitario	12,498
Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje	12,581

Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

### **Infraestructura de Agua potable**

El municipio de Santo Domingo Tehuantepec, cuenta con un sistema de agua para uso humano, administrado por el Estado, en la actualidad se cuenta con 8 pozos profundos de extracción, 2 galerías filtrantes, 5 tanques superficiales, 2 tanques elevados, 3 tanques de almacenamiento, así como un sistema de rebombeo y una red de distribución, que abastece a los barrios, colonias y fraccionamientos. Cabe mencionar que esta infraestructura tiene una antigüedad de entre 15 hasta 50 años, su estado es de regular a bueno, solo en algunas partes rurales, se abastecen de pozos artesanales, de ríos, arroyos y manantiales, sin ningún tratamiento de cloración para el consumo.

### **Infraestructura de Drenaje sanitario**

Actualmente Santo Domingo Tehuantepec, en la zona de estudio, la red del sistema de drenaje sanitario o red de atarjeas se encuentra en buenas condiciones de servicio, solo cabe mencionar que las descargas se hacen directamente en el arroyo Basaguya y en el Río Tehuantepec, con el permiso de SEMARNAT.

Así como también existe un colector, el cual inicia a la altura de la colonia López Portillo y termina aproximadamente a 600 metros antes de llegar al Río Tehuantepec, su trayectoria de este colector es sobre el cauce del arroyo Basaguya, arrojando las aguas negras en ese arroyo.

Las descargas de la red de atarjeas del Barrio Lieza y Barrio San Juanico, se hacen directamente al Río Tehuantepec. La red de atarjeas existe diámetros de tuberías de 20,25 y 30 cms, con material de PVC, el colector existente con tuberías de concreto PEAD y PVC de diámetros de 41, 61, 76 y 121 cms de diámetro.

La autoridad municipal con apoyo del gobierno estatal, trabajo en la construcción del colector Basaguya, el cual consta de 1,028.63 ml de tubería PEAD para alcantarillado de 1.22 de diámetro, del cual en el ejercicio 2020, se ejecutaron 464.06 ml, en una primera etapa y 564.57 ml en una segunda etapa, en el ejercicio 2021.

El colector Basaguya hace entronque con el proyecto ejecutado en 2023:

2,277.01 ml de tubería de PEAD de 20 cm de diámetro,

126.51 ml de tubería de PEAD de 25 cm de diámetro,

112.70 ml de tubería lisa de acero de 25 cm de diámetro,

179.92 ml de tubería lisa de acero de 30 cm de diámetro,

1,015.19 ml de tubería de PEAD de 30 cm de diámetro,

1,159.87 ml de tubería de PEAD de 61 cm de diámetro.

20 pozos de visita común de 1.01 a 1.25 m, 3 pozos de visita común de 1.26 a 1.50 m, 2 pozos de visita común de 1.51 a 1.75 m, 9 pozos de visita común de 1.76 a 2.00 m, 2 pozos de visita común de 2.01 a 2.25 m, 3 pozos de visita común de 2.26 a 2.50 m, 2 pozos de visita común de 2.51 a 2.75 m, 3 pozos de visita común de 2.76 a 3.00 m, 2 pozos de visita común de 3.01 a 3.25 m, 7 pozos de visita común de 3.26 a 3.50 m, 5 pozos de visita común de 3.51 a 3.75 m, 3 pozos de visita común de 3.76 a 4.00 m, 6 pozos de visita común de 4.01 a 4.25 m, 5 pozos de visita común de 4.26 a 4.50 m, 5 pozos de visita común de 4.51 a 4.75 m, 2 pozos de visita común de 4.76 a 5.00 m, 18 pozos de visita tipo especial de 5.01 a 7.25 m, 8 registros de visita de 1.01 a 2.00, todos los pozos de visita y registros incluyen brocales y tapas de PEAD.

Madrina 1: 923.70 ml de tubería de PEAD de 20 cm de diámetro.

12 pozos de visita común de 1.01 a 1.25 m, 2 pozos de visita común de 1.26 a 1.50 m, 2 pozos de visita común de 1.76 a 2.00 m, 2 pozos de visita común de 2.01 a 2.25 m, 1 caja de caída adosada al pozo de visita hasta 1.00 de profundidad.

Madrina 2: 702.87 ml. De tubería de PEAD de 20 cm. De diámetro.

3 Pozos de visita común de 1.01 a 1.25 m, 1 pozos de visita común de 1.26 a 1.50 m, 1 pozos de visita común de 1.51 a 1.75 m, 3 pozos de visita común de 1.76 a 2.00 m, 2 pozos de visita común de 2.01 a 2.25 m, 2 pozos de visita común de 2.26 a 2.50 m, 1 pozos de visita común de 2.51 a 2.75 m, 3 caja de caída adosada al pozo de visita hasta 1.00 m. De profundidad y 1 caja de caída adosada al pozo de visita hasta 1.50 m. de profundidad. Letrero de identificación de la obra.

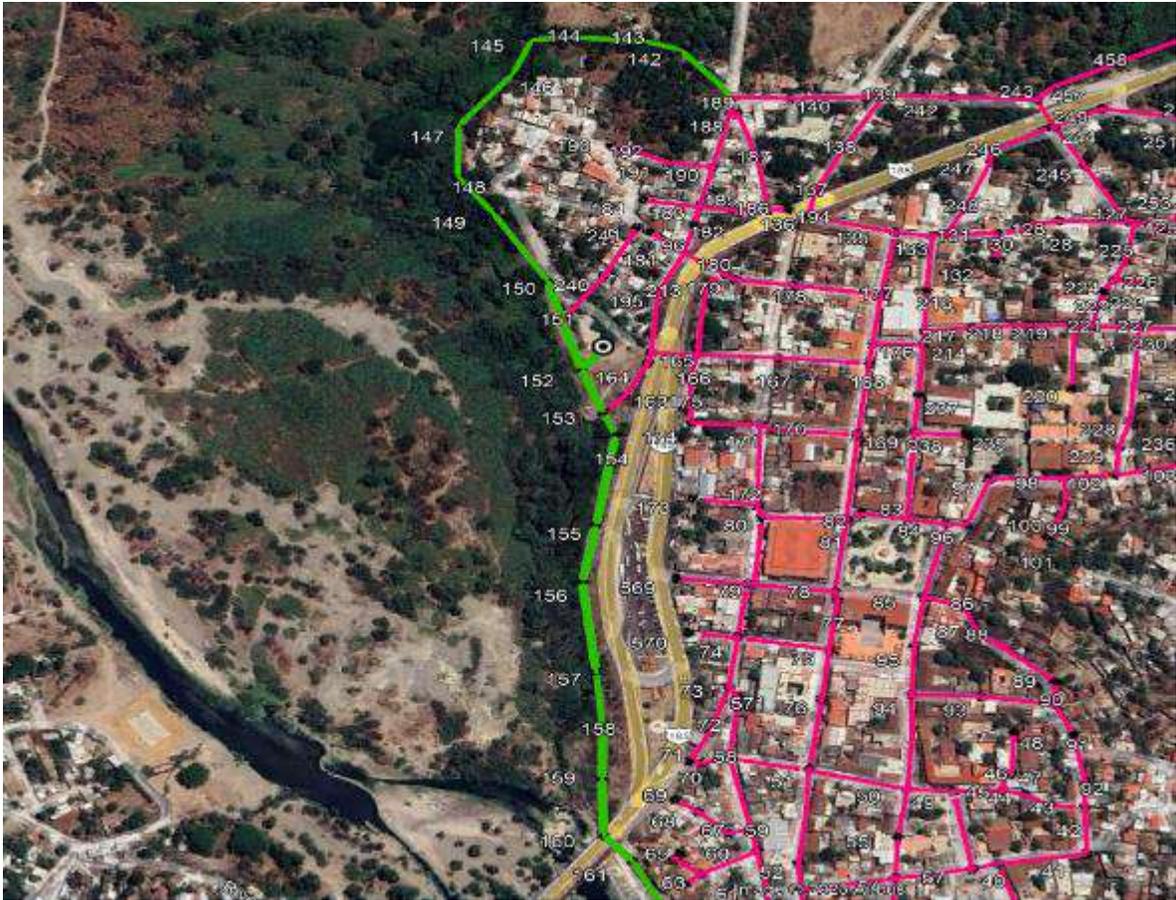


- Red de atarjeas: tubería de PEAD para alcantarillado de 25 cms. (10") de diámetro. 912.97 ml
- Red de atarjeas: tubería de PEAD para alcantarillado de 30 cms. (12") de diámetro. 1,562.69 ml
- Red de atarjeas: tubería de PEAD para alcantarillado de 38 cms. (15") de diámetro. 241.92 ml
- Construcción de pozos de visita en red de atarjea: tipo común "b" e 1.01 a 7.25 m. De profundidad de concreto  $f'c=150$  kg/cm<sup>2</sup>. Incluye brocales y tapas de polietileno para tráfico pesado. 509 pza.
- Reposición de concreto hidráulico de 15 cm de espesor  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup>. (12,621.09 m<sup>2</sup> en red de atarjeas, 482 m<sup>2</sup> en madrina lateral y 4,395.20 m<sup>2</sup> en descargas domiciliarias) 17,498.09 m<sup>2</sup>
- Construcción de un cárcamo de bombeo de concreto armado  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup>, incluye instalaciones y equipamiento de bombas sumergibles de 4 hp y 10 hp para agua residual, canal desarenador, instalaciones eléctricas y caseta de control. 46 m<sup>2</sup>
- Madrina lateral en red de atarjea: tubería de PEAD de 8" (20 cm) de diámetro. 689.19 ml
- Construcción de pozos de visita en madrina lateral de la red de atarjea: tipo común "b" de 1.01 a 3.50 m. De profundidad de concreto  $f'c=150$  kg/cm<sup>2</sup>. Incluye brocales y tapas de polietileno para tráfico pesado. 10 pzas.
- Descargas domiciliarias: incluye trazo, corte, demolición, excavación, tubería de pvc de 4", bota de inserción de PEAD de 4" y rellenos, 2,680 pzas
- Colector: tubería de PEAD para alcantarillado de 25 cms. (10") de diámetro. 693.73 ml
- Colector: tubería de PEAD para alcantarillado de 46 cms. (18") de diámetro. 643.71 ml
- Construcción de pozo de visita en colector: tipo común "b" de 2.01 a 5.25 m. De profundidad de concreto  $f'c=150$  kg/cm<sup>2</sup>. Incluye brocales y tapas de polietileno para tráfico pesado. 25 pzas

**ILUSTRACIÓN 7 UBICACIÓN DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE DRENAJE SANITARIO Y CONSTRUCCIÓN DE COLECTOR**







Fuente: Elaborado con información de CEABIEN.

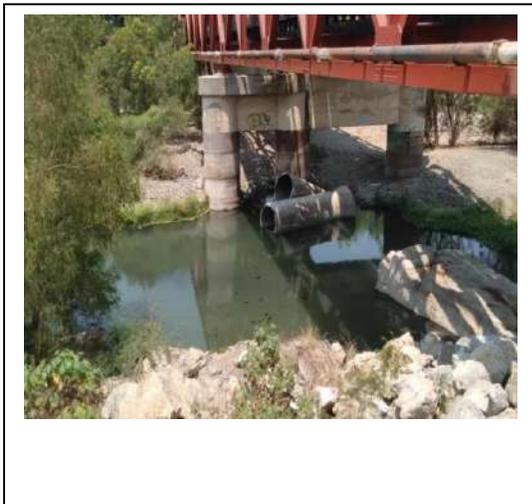
**ILUSTRACIÓN 8 REPORTE FOTOGRÁFICO DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL RÍO TEHUANTEPEC Y PROBLEMÁTICA GENERADA**



*Se visualiza inundaciones en época de lluvia, desbordamiento de arroyos. Lo que origina a los habitantes a exponerse y contagiar enfermedad hidrosanitarias. Calle Ixtaltepec Georreferencias: 16.339237, -95.224825*



*Contaminación visible del Rio Tehuantepec.  
Georreferencias 16.320701214, -95.23276414,*



*Se visualiza las aguas negras del Rio Atoyac  
Georreferencias 16.31158274, -  
95.2259033722*



*Rio de Tehuantepec, contaminado con olores  
fétidos para la población y medio ambiente.  
Georreferencias, 16.32910123, -95.23480605*



*Encharcamientos de aguas negras en el Rio Tehuantepec. Georreferencias: 16.330703584, -95.236595147*



*Al tener el rio contaminado, los habitantes vierten sus desechos de basura en este generando más contaminación ambiental. Georreferencias: 16.3283523, -95.2341999982*



*Daño al ecosistema que existe en las orillas del rio Tehuantepec. Georreferencias: 16.330301,-95.23648001*



*Agua residual desbordada, provocadas en época de lluvia, generando daños en muebles, contaminación y focos de infección viviendas. Georreferencias: 16.3352214,-95.2241739*



*Colector con desfogue directamente en el Rio Tehuantepec Georreferencias: 16.308276, -95.218050737*



*Rio Tehuantepec en época de lluvia, riesgo de desbordamiento. Puente que conecta Santo Domingo Tehuantepec con San Blas Atempa 16.329628, -95.234149483.*



*Inicio de obras en 2023 del Drenaje sanitario. Georreferencias: 16.3411462328,-95.2221423295*



*Tubería de PEAD, para construir el sistema de drenaje sanitario calle Zaragoza. Georreferencias: 16.3267035, -95.2306385*

*Fuente: Elaboración propia con Información recabada en coordinación con H. Ayuntamiento de Santo Domingo Tehuantepec.*

La situación antes descrita, tiene como consecuencia las siguientes problemáticas:

#### CAUSAS

- Infraestructura inexistente para el tratamiento de aguas residuales generadas.
- La población arroja basura, tierra y arena al sistema de drenaje sanitario
- Agua residual sin tratar
- Descargas directas del agua residual en arroyos y ríos
- Ríos, arroyos y mantos freáticos o acuíferos contaminados
- Desaprovechamiento del uso de agua tratada

#### EFFECTOS

- Fauna nociva que se reproduce en aguas negras.
- Daños a la salud de la población en contacto directo con el agua residual
- Desbordamientos de ríos y arroyos
- Deterioro del medio ambiente por contaminación del suelo y agua
- Fauna nociva y malos olores
- Déficit de aguas residuales tratadas del sistema de alcantarillado sanitario.
- Alto riesgo de contaminación, lo que genera malos olores, fauna nociva, así como posibles encharcamientos lo que sin duda se vería reflejado en la incidencia de enfermedades de origen hídrico y contaminación ambiental.
- Disminución de la producción agrícola por sequía.
- Generación de costos por tratamiento de enfermedades de origen hídrico. El déficit de aguas residuales tratadas provoca desbordamientos y contaminación, así como la proliferación de malos olores y fauna nociva. Por ello, se prevé una incidencia en la proliferación de enfermedades de origen hídrico. De acuerdo con la Tasa de morbilidad atribuible a enfermedades de origen hídrico publicada por SEMARNAT, para 2020 se reportó un indicador de morbilidad de 2.37% casos por cada 100 mil habitantes en contacto con alguna situación de riesgo, para el Estado de Oaxaca. Con base en ello, se aplicó el indicador a la población demandante del servicio.

## b. Análisis de la Oferta Actual

El análisis de la oferta se centra en identificar de qué manera se recolectan las aguas residuales generadas en el área de estudio, en la Localidad de Santo Domingo Tehuantepec. Actualmente, ya se cuenta con un sistema para recolección y desalojo, por lo que el análisis de la oferta se enfoca en las condiciones generales del sistema de agua potable y drenaje sanitario y sus principales características técnicas y operativas, el cual beneficia actualmente a 33,408 habitantes, en 12,581 viviendas.

### **Infraestructura de Agua potable**

El municipio de Santo Domingo Tehuantepec, cuenta con un sistema de agua para uso humano, administrado por el estado, en la actualidad se cuenta con 8 pozos profundos de extracción, 2 galerías filtrantes, 5 tanques superficiales, 2 tanques elevados, 3 tanques de almacenamiento, así como un sistema de rebombeo y una red de distribución, que abastece a los barrios, colonias y fraccionamientos. Cabe mencionar que esta infraestructura tiene una antigüedad de entre 15 hasta 50 años. Su estado de conservación es bueno a regular, por los trabajos de mantenimiento, rehabilitación que ha realizado el gobierno del Estado de Oaxaca en coordinación con el H. Ayuntamiento del Municipio.

### **Infraestructura de Drenaje sanitario**

Actualmente Santo Domingo Tehuantepec, en la localidad de esta municipio, la red del sistema de drenaje sanitario o red de atarjeas se encuentra en buenas condiciones de servicio, solo cabe mencionar que las descargas se hacen directamente en el arroyo Basaguya y en el Río Tehuantepec, con el permiso de SEMARNAT.

Así como también existe un colector, el cual inicia a la altura de la colonia López Portillo y termina aproximadamente a 600 metros antes de llegar al Río Tehuantepec, su trayectoria de este colector es sobre el cauce del arroyo Basaguya, arrojando las aguas negras en ese arroyo.

Las descargas de la red de atarjeas del Barrio Lieza y Barrio San Juanico, se hacen directamente al Río Tehuantepec. La red de atarjeas existe diámetros de tuberías de 20,25 y 30 cms, con material de PVC, el colector existente con tuberías de concreto PEAD y PVC de diámetros de 41, 61, 76 y 121 cms de diámetro.

La autoridad municipal con apoyo del gobierno estatal, trabajo en la construcción del colector Basaguya, el cual consta de 1,028.63 ml de tubería PEAD para alcantarillado de 1.22 de diámetro, del cual en el ejercicio 2022, se ejecutaron 464.06 ml, en una primera etapa y 564.57 ml en una segunda etapa, en el ejercicio 2021.

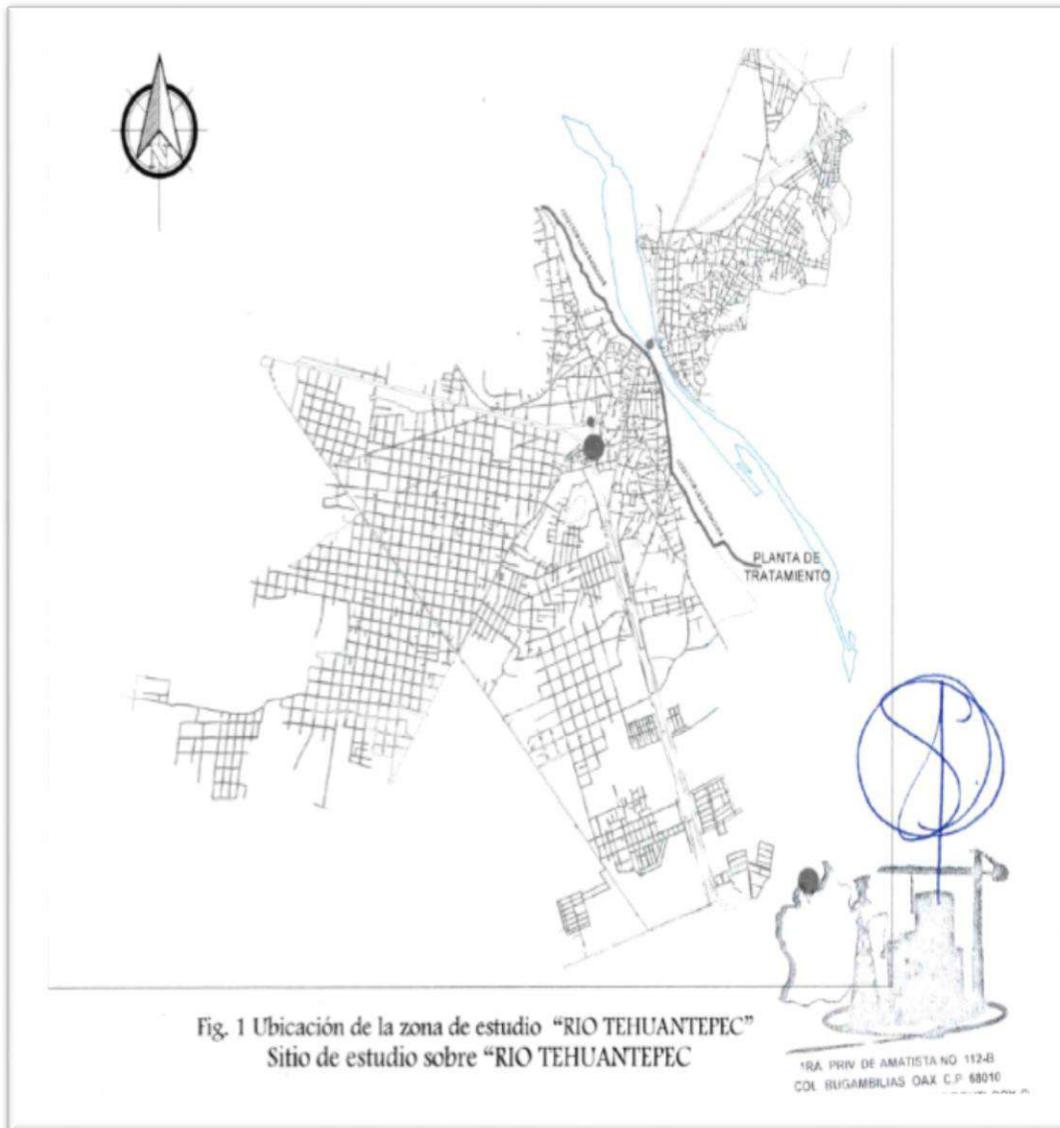
El colector Basaguya hace entronque con el proyecto ejecutado en 2023:

- 2,277.01 ml de tubería de PEAD de 20 cm de diámetro,
- 126.51 ml de tubería de PEAD de 25 cm de diámetro,
- 112.70 ml de tubería lisa de acero de 25 cm de diámetro,
- 179.92 ml de tubería lisa de acero de 30 cm de diámetro,
- 1,015.19 ml de tubería de PEAD de 30 cm de diámetro,
- 1,159.87 ml de tubería de PEAD de 61 cm de diámetro.
- 20 pozos de visita común de 1.01 a 1.25 m, 3 pozos de visita común de 1.26 a 1.50 m, 2 pozos de visita común de 1.51 a 1.75 m, 9 pozos de visita común de 1.76 a 2.00 m, 2 pozos de visita común de 2.01 a 2.25 m, 3 pozos de visita común de 2.26 a 2.50 m, 2 pozos de visita común de 2.51 a 2.75 m, 3 pozos de visita común de 2.76 a 3.00 m, 2 pozos de visita común de 3.01 a 3.25 m, 7 pozos de visita común de 3.26 a 3.50 m, 5 pozos de visita común de 3.51 a 3.75 m, 3 pozos de visita común de 3.76 a 4.00 m, 6 pozos de visita común de 4.01 a 4.25 m, 5 pozos de visita común de 4.26 a 4.50 m, 5 pozos de visita común de 4.51 a 4.75 m, 2 pozos de visita común de 4.76 a 5.00 m, 18 pozos de visita tipo especial de 5.01 a 7.25 m, 8 registros de visita de 1.01 a 2.00, todos los pozos de visita y registros incluyen brocales y tapas de PEAD.
- Madrina 1: 923.70 ml de tubería de PEAD de 20 cm de diámetro.
- 12 pozos de visita común de 1.01 a 1.25 m, 2 pozos de visita común de 1.26 a 1.50 m, 2 pozos de visita común de 1.76 a 2.00 m, 2 pozos de visita común de 2.01 a 2.25 m, 1 caja de caída adosada al pozo de visita hasta 1.00 de profundidad.
- Madrina 2: 702.87 ml. De tubería de PEAD de 20 cm. De diámetro.
- 3 pozos de visita común de 1.01 a 1.25 m, 1 pozos de visita común de 1.26 a 1.50 m, 1 pozos de visita común de 1.51 a 1.75 m, 3 pozos de visita común de 1.76 a 2.00 m, 2 pozos de visita común de 2.01 a 2.25 m, 2 pozos de visita común de 2.26 a 2.50 m, 1 pozos de visita común de 2.51 a 2.75 m, 3 caja de caída adosada al pozo de visita hasta 1.00 m. De profundidad y 1 caja de caída adosada al pozo de visita hasta 1.50 m. De profundidad.

En el 2023, el Gobierno del Estado, a través de la Comisión Estatal del Agua para el Bienestar, ejecutó el proyecto con el nombre 'CONSTRUCCIÓN DE DRENAJE SANITARIO Y CONSTRUCCIÓN DE COLECTOR EN ZONA CENTRO EN LA LOCALIDAD DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC, MUNICIPIO SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC, el cual consta de lo siguiente

- Red de atarjeas: tubería de pead para alcantarillado de 20 cms. (8") de diámetro. 23,077.83 ml
- Red de atarjeas: tubería de pead para alcantarillado de 25 cms. (10") de diámetro. 912.97 ml
- Red de atarjeas: tubería de pead para alcantarillado de 30 cms. (12") de diámetro. 1,562.69 ml
- Red de atarjeas: tubería de pead para alcantarillado de 38 cms. (15") de diámetro. 241.92 ml
- Construcción de pozos de visita en red de atarjea: tipo común "b" e 1.01 a 7.25 m. De profundidad de concreto  $f'c=150$  kg/cm<sup>2</sup>. Incluye brocales y tapas de polietileno para tráfico pesado. 509 pza
- Construcción de un cárcamo de bombeo de concreto armado  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup>, incluye instalaciones y equipamiento de bombas sumergibles de 4 hp y 10 hp para agua residual, canal desarenador, instalaciones eléctricas y caseta de control. 46 m<sup>2</sup>
- Madrina lateral en red de atarjea: tubería de pead de 8" (20 cm) de diámetro. 689.19 ml
- Construcción de pozos de visita en madrina lateral de la red de atarjea: tipo común "b" de 1.01 a 3.50 m. De profundidad de concreto  $f'c=150$  kg/cm<sup>2</sup>. Incluye brocales y tapas de polietileno para tráfico pesado. 10 pzas
- Descargas domiciliarias: incluye trazo, corte, demolición, excavación, tubería de pvc de 4", bota de inserción de pead de 4" y rellenos, 2,680 pzas
- Colector: tubería de pead para alcantarillado de 25 cms. (10") de diámetro. 693.73 ml
- Colector: tubería de pead para alcantarillado de 46 cms. (18") de diámetro. 643.71 ml
- Construcción de pozo de visita en colector: tipo común "b" de 2.01 a 5.25 m. De profundidad de concreto  $f'c=150$  kg/cm<sup>2</sup>. Incluye brocales y tapas de polietileno para tráfico pesado. 25 pzas

ILUSTRACIÓN 9 UBICACIÓN DE LA ZONA, SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EXISTENTE, COLECTORES Y LUGAR DONDE ESTA DESTINADO LA PTAR, QUE ACTUALMENTE NO EXISTE.



*Fuente: Información proporcionada por el H. Ayuntamiento*

De los recorridos a lo largo del trazo de red de atarjeas y del colector sanitario, se observaron diferentes características, y se describen a continuación:

**TABLA 8 ESTADO ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA DE DRENAJE SANITARIO, LOCALIDAD DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC**

No.	Infraestructura	Long. analizada (ml)	Diametro (")	Material	Pozos de visita	Antigüedad (años)	Descargas domiciliarias	Longitud modernizada	Diametro (")	Material	Antigüedad (años)	Pozos de visita	Material	Descargas domiciliarias	Estado	Capacidad Diseño lps
1	RED DE ATARJEAS DE DRENAJE SANITARIO, CENTRO DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	64,488.53	20,25,30, 38 cms	Tubería de Concreto Simple, PEAD	1,272	25	9,901	25,795.41	20,25,30, 38 cms	Tubería de Concreto Simple, PEAD	40	509	Tabique pesado, con registros, brocales y tapas PEAD	2,680	Estado Regular a Bueno	59.74
2	MADRINAS: RED DE ATARJEAS DE DRENAJE SANITARIO, CENTRO DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC	5,789.40	20 cm	Tub. PEAD	58	25		2,315.76	20 cm	Tub. PEAD	3	23	Tabique pesado, con registros, brocales y tapas PEAD		Estado Regular a Bueno	59.74
3	COLECTOR DE DRENAJE SANITARIO, CENTRO DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC							8,517.27	10", 1.22 m, 20,25, 30, cms 41, 46 cms, 61,76 121 cms	Tubería de Concreto Simple, lisa de acero, PEAD, PVC	3	122	Tabique pesado, con registros, brocales y tapas PEAD/Polietileno		Estado Regular a Bueno	59.74
4	CARCAMO DE BOMBEO BOMBAS SUMERGIBLES 4 HP Y 10 HP PARA AGUA RESIDUALA							46m2	Bomba Sumergible 4 HP Y 10 HP.	Instalacion electrica y caseta de control						
5	EMISORES - DESCARGAS DIRECTAS AL RIO TEHUANTEPEC	250.00	30 y 121 cms	Tub.de Concreto Simple, lisa de acero, PEAD, PVC		20										59.74
		70,527.93			1,330.00	70.00	9,901.00	36,628.44	-	-	46.00	654.00	-	2,680.00	-	

Fuente: Información recabada en campo en coordinación con el H. Ayuntamiento.

Por lo anterior, el sistema de drenaje Sanitario en la localidad de Santo Domingo, se encuentra en condiciones regulares, sin embargo, con los proyectos ejecutados en los últimos 3 años, este se encuentra trabajando óptimamente. De acuerdo con los datos recabados por la CEABIEN en coordinación con el H. Ayuntamiento, la población objetivo, la cual es la de toda la localidad, cuenta con una población con drenaje sanitario total de 33,408 habitantes y un total de 12,581 viviendas conectadas al servicio de drenaje.

**TABLA 9 USUARIOS DEL SISTEMA DE DRENAJE POBLACIÓN OBJETIVO, DE LA LOCALIDAD DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC**

LOCALIDAD	Viviendas totales		Viviendas Con Agua potable entubada		Viviendas Con Drenaje Sanitario	
	viviendas Totales	Población total	Viviendas Con Agua potable entubada servicio público	Población	viviendas Totales (con Drenaje Sanitario)	Población total (con Drenaje sanitario)
Santo Domingo Tehuantepec	16,405	45,134	13,480	35,795	12,581	33,408

Fuente: H. Ayuntamiento INEGI, Sistema para Consulta de Información Censal.

Particularmente el análisis de la oferta del presente proyecto se centra en la infraestructura de drenaje sanitario y las viviendas conectadas en las diferentes calles de la localidad de Santo Domingo Tehuantepec. De acuerdo a los datos recabados por el H. Ayuntamiento, se cuenta con 16,405 viviendas y 45,134 habitantes en toda la localidad, de las cuales 13,480 viviendas con 35,795 habitantes, cuenta con servicio público de agua potable, sin embargo, solo 12,581 viviendas con 33,408 habitantes, están conectados al sistema de drenaje sanitario de la localidad.

Los 33,408 habitantes que se encuentran conectados a la red de drenaje sanitario cuentan con una dotación de agua potable de 206 l/hab/día con una aportación al sistema de drenaje del 75% es decir, se generan 154.5 l/hab/día de aguas negras (equivalente a 5,161,536.00 litros al día) y 59.74 lps.

**TABLA 10 OFERTA ACTUAL DE USUARIOS DEL SISTEMA DE DRENAJE, GENERACIÓN Y DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS, DE LA LOCALIDAD DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC**

Población que aporta al gasto	Dotación l/hab/día	% Aportación	Aportación l/hab/día	Total de Aguas Residuales Generadas 2023 litros/día	Aportación de aguas residuales tratadas (l.p.s.) pob 2023	Total de Aguas Residuales Generadas 2023 M3/día	Total de Oferta de Agua Tratada (L.P.S)
33,408	206	75%	154.50	5,161,536.00	59.74	5,161.54	0

Fuente: H. Ayuntamiento INEGI, Sistema para Consulta de Información Censal.

Como se comentó en un inicio, el total de agua residual generada por la población que habita en la zona de influencia se vierte en el Arroyo Basaguya y en el Río Tehuantepec, por lo que ningún porcentaje de esta agua recibe un proceso de tratamiento para su reúso.

### c. Análisis de la Demanda Actual

Para la estimación de la demanda de los proyectos de tratamiento de agua residual es sustancial estimar los requerimientos de agua potable, ya que, mediante los cambios en las cantidades demandadas de agua, se afectará directamente el volumen de agua servida a evacuar y posteriormente a tratar. Por ello, primero se identificó la demanda de agua potable, en la localidad de Santo Domingo Tehuantepec, ubicada en el municipio del mismo nombre. De acuerdo con los datos del H. Ayuntamiento, la población que se abastece de agua potable entubada es de 35,795 habitantes y un total de 13,480 viviendas que se abastecen de agua potable mediante el servicio público. Para el caso particular de este estudio se tomará como población objetivo para la determinación de la demanda al número de habitantes que se encuentran conectados al sistema de drenaje sanitario.

**TABLA 11 USUARIOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE, LOCALIDADES, POBLACIÓN Y VIVIENDAS**

Nombre de la localidad	Población total	Total de viviendas
<b>Santo Domingo Tehuantepec</b>	45,134	16,405
<b>Santo Domingo Tehuantepec (viviendas con agua potable entubada)</b>	35,795	13,480
<b>Santo Domingo Tehuantepec (viviendas conectadas al sistema de drenaje sanitario) población objetivo</b>	33,408	12,581

Fuente: H. Ayuntamiento INEGI, Sistema para Consulta de Información Censal.

Teniendo en cuenta lo recomendado en la GUÍA GENERAL PARA LA PREPARACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS DE EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE URBANA, publicada por el CEPEP en 2006, es importante identificar el área de influencia y los diferentes usos del agua potable que se provee por el servicio público. En cuanto al área de influencia del sistema, ésta corresponde a la población y viviendas de la localidad que se encuentran conectados a la red de drenaje sanitario. En lo que respecta a los usos del agua potable, de acuerdo con los datos recabados por el organismo operador. El sistema en cuestión abastece agua potable un 10% de uso comercial y el 90% primordialmente de uso doméstico. El análisis será del 100% de las viviendas en la zona de influencia.

Para la determinación de las cantidades demandadas por habitante al día, se realizó conforme a lo publicado en el manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) se considera un consumo óptimo de agua potable medio de 206 litros por habitante al día. Cabe señalar que dicho manual, considera lo establecido en el estudio “Estimación de los factores y funciones de la demanda de agua potable en el sector doméstico en México”. En ese sentido, la dotación de 206 litros por habitante al día considera los factores

de tipo de clima Cálido Subhúmedo y niveles socioeconómicos de la región en donde se ubica el proyecto. Por ende, no se considera necesaria la desagregación de la demanda en otros grupos. A continuación, se muestra de manera resumida la demanda actual del sistema de agua potable.

**TABLA 12 DEMANDA TOTAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE**

<b>Demanda TOTAL, del Servicio de Agua Potable</b>	<b>Uso Doméstico</b>	<b>Número de Habitantes</b>	33,408
		<b>Promedio de hab / vivienda</b>	2.66
		<b>Viviendas Beneficiadas</b>	12,581
		<b>Lt/hab/día</b>	206
		<b>Lt/día</b>	6,882,048
		<b>Lt/seg</b>	79.65
		<b>M3/día</b>	6,882.05
		<b>Lt/año</b>	2,511,947,520
		<b>M3/año</b>	2,511,947.52

Fuente: INEGI, Sistema para Consulta de Información Censal, CONAGUA.

Como se mencionó anteriormente, particularmente el análisis del presente proyecto se centra en la demanda de los habitantes que cuentan con agua potable y servicio de drenaje Sanitario en la localidad.

Una vez estimada la demanda de agua potable se calculó la demanda de agua residual que se vierte al drenaje sanitario, considerando a los 33,408 habitantes, y el porcentaje de aguas servidas del 75% (**206 Lt/hab/día demanda de agua potable \* 75% = 154.5 Lt/hab/día, 59.74 lps aportación de agua al sistema de drenaje**).

**TABLA 13 ESTIMACIÓN DE DEMANDA DE AGUAS RESIDUALES GENERADAS, QUE DEBE SER TRATADAS.**

<b>Demanda del Servicio de Drenaje Sanitario</b>					
<b>Lt/día</b>	<b>Lt/seg</b>	<b>m3/día</b>	<b>Lt/año</b>	<b>M3/año</b>	<b>Lt/día</b>
5,161,536.00	59.74	5,161.54	1,883,960,640.00	1,883,960.64	5,161,536.00

Fuente: elaboración propia con información de CEABIEN, CONAGUA.

Finalmente, la demanda se define como la cantidad de agua residual vertida al sistema de drenaje sanitario y que no es tratada para su reutilización, siendo su destino final el Arroyo Basaguya y en el Río Tehuantepec.

## d. Interacción Oferta y Demanda Actual

El análisis consiste en determinar la forma en que se relaciona la oferta de la situación actual, con la demanda de la población del área de estudio, identificando y definiendo la problemática que da origen al proyecto, en este caso, teniendo en cuenta que no existe un sistema para el tratamiento de aguas residuales y que la totalidad de estas son vertidas al Arroyo Basaguya y en el Río Tehuantepec.

**TABLA 14 ANÁLISIS DE LA INTERACCIÓN OFERTA – DEMANDA ACTUAL DE AGUA TRATADA**

Año	OFERTA (L.P.S.)	OFERTA (M3)	DEMANDA (L.P.S.)	DEMANDA (M3/DIA)	INTERACCIÓN (L.P.S.)	INTERACCIÓN (M3/DIA)
2023	0	0	59.74	5,161.54	-59.74	-5,161.54

Fuente: elaboración propia con información de CEABIEN y CONAGUA.

Como se puede observar en la tabla, existe un déficit de servicio de tratamiento de agua residual para los 33,408 habitantes de la localidad de Sato Domingo Tehuantepec, de 59.74 l.p.s. equivalente a 5,161.54 M3/DÍA y 1,883,960.64 M3 al año.

De acuerdo al déficit identificado en el tratamiento de aguas residuales, existen

- Alto riesgo de contaminación, lo que podría generar malos olores, fauna nociva, así como posible contacto de la población con agua residual lo que sin duda se vería reflejado en la incidencia de enfermedades de origen hídrico y contaminación ambiental.
- Generación de costos por tratamiento de enfermedades de origen hídrico. El déficit del sistema propiciará la contaminación del arroyo Basaguya y el Río Tehuantepec, lo que generará la proliferación de malos olores y fauna nociva. Por ello, se prevé una incidencia en la proliferación de enfermedades de origen hídrico. De acuerdo con la Tasa de morbilidad atribuible a enfermedades de origen hídrico publicada por SEMARNAT, para 2020 se reportó un indicador de morbilidad de 2.37% casos por cada 100 mil habitantes en contacto con alguna situación de riesgo. Con base en ello, se aplicó el indicador a la población demandante del servicio. La valoración de los costos atribuibles al tratamiento de dichos casos se realizó tomando como referencia el precio social de una consulta de atención médica en medicina familiar de primer nivel de atención en consultorios privados y con acceso a la población en general en el año 2023. De acuerdo a los habitantes de la zona los 33,408, se estima que el 7% se enferma por esta razón al año, lo que equivale a 14,031 personas enfermas anualmente, que en promedio duran 2 días enfermas, equivale a 28,062 días promedio perdidos por enfermedad. Por lo que se identifica el valor del tiempo en trabajo, el cual en 2023 es de \$61.39, por

hora, si se consideran 8 horas laborales por 2 días, asciende a \$491.12, multiplicándolos por los días promedio perdidos (28,062), ascienda a monto por días al año perdidos por enfermedad por \$13,781,809.44. Ahora bien, se procede a identificar el monto que se gasta en consulta médica y medicamentos que son \$50 y \$150 respectivamente, que multiplicados por las personas que se enferman al año  $(50+150)*14,031$ , nos da un total de \$ 2,806,200. Sumando los dos montos calculados nos da \$13,781,809.14 +\$ 2,806,200 asciende a \$16,588,009.44, por costos generados por tratamiento de enfermedades de origen hídrico.

TABLA 15 DESGLOSE DE COSTOS GENERADOS POR TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES DE ORIGEN HÍDRICO

<b>Costos generados en tratamiento de enfermedades de origen hídrico</b>	
<b>Habitantes de la zona</b>	<b>33,408</b>
% de habitantes que se enferman	7%
Veces que se enferman al año	6
<b>No de personas enfermas al año</b>	<b>14,031</b>
Días de enfermedad	2
Días promedio perdidos por enfermedad	28,062
Valor del tiempo de las personas (\$*8 horas=día)	491.12
<b>Monto por días al año perdidos por enfermedad</b>	<b>\$ 13,781,809.44</b>
<b>Erogaciones en enfermedad</b>	
Consulta	\$ 50.00
Gasto en Medicamentos	\$ 150.00
<b>Erogaciones en medicamentos anualmente</b>	<b>\$ 2,806,200.00</b>
<b>SITUACIÓN ACTUAL</b>	
<b>Gasto Anual</b>	<b>\$ 16,588,009.44</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de Servicios de Salud de Oaxaca y H. Ayuntamiento.

### III. Situación Sin Proyecto

#### a. Optimizaciones

Las optimizaciones son inversiones de bajo costo (no mayor al 10% del costo de inversión del proyecto) que se llevarían a cabo en caso de no realizarse el proyecto, buscando a un corto plazo minimizar la problemática existente.

Sin embargo, por el tipo de proyecto y analizando medidas operativas y administrativas, no se encuentra alguna que minimice la problemática, para tratar aguas residuales y mitigar la problemática actual, reduciendo con esto la contaminación del Rio Tehuantepec.

Y no se cumpliría los lineamientos establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-2021. Como se mencionó anteriormente, dicha norma previene la contaminación de los cuerpos de agua y ecosistema en general. En resumen, las aguas residuales deben ser tratadas antes de ser descargadas al medio ambiente.

#### b. Oferta Optimizada

La oferta en la situación sin proyecto es igual a la situación actual debido a que ésta se encuentra optimizada, como se definió en la situación actual la oferta de agua tratada es de cero ya que no existe ningún sistema de tratamiento de aguas residuales. Tomando en consideración el horizonte de evaluación del presente proyecto, así como la proyección de aumento de los habitantes de la localidad acuerdo a CONAPO DE .4095%, partiendo en 2023 de 33,408 habitantes.

**TABLA 16 OFERTA SITUACIÓN SIN PROYECTO, DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS, DE ACUERDO A LOS USUARIOS DEL SISTEMA DE DRENAJE.**

			TOTAL DE OFERTA DE AGUA TRATADA (L.P.S)	
	AÑO	Población que aporta al gasto	OFERTA ACTUAL	OFERTA SIN PROYECTO
0	2023	33,408	-	-
1	2024	33,545	-	-
2	2025	33,682	-	-
3	2026	33,820	-	-
4	2027	33,958	-	-

			TOTAL DE OFERTA DE AGUA TRATADA (L.P.S)	
	AÑO	Población que aporta al gasto	OFERTA ACTUAL	OFERTA SIN PROYECTO
5	2028	34,097	-	-
6	2029	34,237	-	-
7	2030	34,377	-	-
8	2031	34,518	-	-
9	2032	34,659	-	-
10	2033	34,801	-	-
11	2034	34,943	-	-
12	2035	35,086	-	-
13	2036	35,230	-	-
14	2037	35,374	-	-
15	2038	35,519	-	-

Fuente: H. Ayuntamiento INEGI, Sistema para Consulta de Información Censal, CONAPO.

### c. Análisis de la Demanda sin Proyecto

Como se mencionó anteriormente, particularmente el análisis del presente proyecto se centra en la demanda de de los habitantes que cuentan con agua potable y servicio de drenaje Sanitario en la localidad.

Una vez estimada la demanda de agua potable se calculó la demanda de agua residual que se vierte al drenaje sanitario, considerando a los 33,408 habitantes, y el porcentaje de aguas servidas del 75% (**206 Lt/hab/día demanda de agua potable \* 75% = 154.5 Lt/hab/día, 59.74 lps aportación de agua al sistema de drenaje**).

La demanda de la situación sin proyecto es igual a la situación actual, la cual considera una demanda de 59.74 litros por segundo que se generan por la población, a partir del año 2023, que cuenta con drenaje sanitario ubicadas en el área de influencia del proyecto y que requiere ser tratada ya que actualmente desemboca en el Arroyo Basaguya y en el Río Tehuantepec.

Al igual que en la situación actual, la demanda de agua potable se calculó la demanda de agua residual que se vierte al drenaje sanitario, considerando a los 33,408 habitantes, y el porcentaje de aguas servidas del 75% (206 Lt/hab/día demanda de agua potable \* 75% = 154.5 Lt/hab/día, 59.74 lps aportación de agua al sistema de drenaje).

Tabla 17 Estimación de demanda de agua residual vertida al sanitario del proyecto

Demanda del Servicio de Drenaje Sanitario					
Lt/día	Lt/seg	m3/día	Lt/año	M3/año	Lt/día
5,161,536.00	59.74	5,161.54	1,883,960,640.00	1,883,960.64	5,161,536.00

Fuente: elaboración propia con información de CEABIEN, CONAGUA y CONAPO.

Tomando en consideración el horizonte de evaluación del presente proyecto, así como la proyección de aumento de los habitantes de la localidad acuerdo a CONAPO DE .4095%, partiendo en 2023 de 33,408 habitantes, se obtiene la siguiente estimación de la demanda.

TABLA 18 ESTIMACIÓN DE DEMANDA DE AGUAS RESIDUALES GENERADAS QUE DEBEN SER TRATADAS

	AÑO	Población que aporta al gasto	Total de aguas residuales generadas (litros/seg)	Total de aguas residuales generadas (litros/día)	Total M3/DÍA
0	2023	33,408	59.74	5,161,536	5,161.54
1	2024	33,545	59.98	5,182,703	5,182.70
2	2025	33,682	60.23	5,203,869	5,203.87
3	2026	33,820	60.48	5,225,190	5,225.19
4	2027	33,958	60.72	5,246,511	5,246.51
5	2028	34,097	60.97	5,267,987	5,267.99
6	2029	34,237	61.22	5,289,617	5,289.62
7	2030	34,377	61.47	5,311,247	5,311.25
8	2031	34,518	61.72	5,333,031	5,333.03
9	2032	34,659	61.98	5,354,816	5,354.82
10	2033	34,801	62.23	5,376,755	5,376.75
11	2034	34,943	62.48	5,398,694	5,398.69
12	2035	35,086	62.74	5,420,787	5,420.79
13	2036	35,230	63.00	5,443,035	5,443.04
14	2037	35,374	63.26	5,465,283	5,465.28
15	2038	35,519	63.51	5,487,686	5,487.69

Fuente: Elaboración propia con información de CEABIEN y CONAGUA. CONAPO.

## d. Interacción Oferta-Demanda sin Proyecto

Se mantiene la problemática descrita en la situación actual.

Recordando que actualmente no existe un sistema para el tratamiento de aguas residuales y que la totalidad de estas son vertidas al Arroyo Basaguya y en el Río Tehuantepec, la interacción oferta-demanda consiste en determinar la forma en que se relaciona la oferta de la situación sin proyecto, con la demanda proyectada, de la población del área de estudio, identificando y definiendo la problemática que da origen al proyecto.

Como se puede observar en la siguiente anterior, existe un déficit de servicio de tratamiento de agua residual de 59.74 l.p.s. equivalente a 5,161.54 m<sup>3</sup>., para los 33,408 habitantes de la localidad de Santo domingo Tehuantepec, a partir del año presente.

**TABLA 19 ANÁLISIS DE LA INTERACCIÓN OFERTA – DEMANDA SIN PROYECTO**

Año		Población	OFERTA SITUACIÓN SIN PROYECTO (l.p.s.)	DEMANDA SITUACIÓN SIN PROYECTO (l.p.s.)	INTERACCIÓN OFERTA - DEMANDA SIT. SIN PROYECTO (l.p.s.)	INTERACCIÓN OFERTA - DEMANDA SITUACIÓN SIN PROYECTO (m <sup>3</sup> /día)
2023	0	33,408	0.00	59.74	-59.74	-5,161.54
2024	1	33,545	0.00	59.98	-59.98	-5,182.70
2025	2	33,682	0.00	60.23	-60.23	-5,203.87
2026	3	33,820	0.00	60.48	-60.48	-5,225.19
2027	4	33,958	0.00	60.72	-60.72	-5,246.51
2028	5	34,097	0.00	60.97	-60.97	-5,267.99
2029	6	34,237	0.00	61.22	-61.22	-5,289.62
2030	7	34,377	0.00	61.47	-61.47	-5,311.25
2031	8	34,518	0.00	61.72	-61.72	-5,333.03
2032	9	34,659	0.00	61.98	-61.98	-5,354.82
2033	10	34,801	0.00	62.23	-62.23	-5,376.75
2034	11	34,943	0.00	62.48	-62.48	-5,398.69
2035	12	35,086	0.00	62.74	-62.74	-5,420.79
2036	13	35,230	0.00	63.00	-63.00	-5,443.04
2037	14	35,374	0.00	63.26	-63.26	-5,465.28
2038	15	35,519	0.00	63.51	-63.51	-5,487.69

Fuente: Elaboración propia con información de CONAPO.

De acuerdo al déficit identificado en el tratamiento de aguas residuales, se siguen conservando la siguiente problemática socioeconómica

- Alto riesgo de contaminación, lo que podría generar malos olores, fauna nociva, así como posible contacto de la población con agua residual lo que sin duda se vería reflejado en la incidencia de enfermedades de origen hídrico y contaminación ambiental.
- Generación de costos por tratamiento de enfermedades de origen hídrico. El déficit del sistema propiciará la contaminación del arroyo Basaguya y el Río Tehuantepec, lo que generará la proliferación de malos olores y fauna nociva. Por ello, se prevé una incidencia en la proliferación de enfermedades de origen hídrico. De acuerdo con la Tasa de morbilidad atribuible a enfermedades de origen hídrico publicada por SEMARNAT, para 2020 se reportó un indicador de morbilidad de 2.37% casos por cada 100 mil habitantes en contacto con alguna situación de riesgo. Con base en ello, se aplicó el indicador a la población demandante del servicio. La valoración de los costos atribuibles al tratamiento de dichos casos se realizó tomando como referencia el precio social de una consulta de atención médica en medicina familiar de primer nivel de atención en consultorios privados y con acceso a la población en general en el año 2023. De acuerdo a los habitantes de la zona los 33,408, se estima que el 7% se enferma por esta razón al año, lo que equivale a 14,031 personas enfermas anualmente, que en promedio duran 2 días enfermas, equivale a 28,062 días promedio perdidos por enfermedad. Por lo que se identifica el valor del tiempo en trabajo, el cual en 2023 es de \$61.39, por hora, si se consideran 8 horas laborales por 2 días, asciende a \$491.12, multiplicándolos por los días promedio perdidos (28,062), ascienda a monto por días al año perdidos por enfermedad por \$13,781,809.44 Ahora bien, se procede a identificar el monto que se gasta en consulta médica y medicamentos que son \$50 y \$150 respectivamente, que multiplicados por las personas que se enferman al año  $(50+150)*14,031$ , nos da un total de \$ 2,806,200. Sumando los dos montos calculados nos da \$13,781,809.14 +\$ 2,806,200 asciende a \$16,588,009.44, por costos generados por tratamiento de enfermedades de origen hídrico a partir de 2023.

**TABLA 20 DESGLOSE DE COSTOS GENERADOS POR TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES DE ORIGEN HÍDRICO**

<b>Costos generados en tratamiento de enfermedades de origen hídrico</b>	
<b>Habitantes de la zona</b>	<b>33,408</b>
% de habitantes que se enferman	7%
Veces que se enferman al año	6
<b>No de personas enfermas al año</b>	<b>14,031</b>
Días de enfermedad	2
Días promedio perdidos por enfermedad	28,062

Valor del tiempo de las personas (\$*8 horas=día)	491.12
<b>Monto por días al año perdidos por enfermedad</b>	<b>\$ 13,781,809.44</b>
<b>Erogaciones en enfermedad</b>	
Consulta	\$ 50.00
Gasto en Medicamentos	\$ 150.00
<b>Erogaciones en medicamentos anualmente</b>	<b>\$ 2,806,200.00</b>
<b>SITUACIÓN ACTUAL /SIN PROYECTO.</b>	
<b>Gasto Anual</b>	<b>\$ 16,588,009.44</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de Servicios de Saludos de Oaxaca.

Si se considera la proyección de estos costos, tomando de referencia la tasa de Crecimiento de CONAPO, la cual es de .4095%, el siguiente cuadro, se podrá identificar la proyección de estos costos anuales.

**TABLA 21 PROYECCIÓN DE COSTOS GENERADOS POR TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES DE ORIGEN HÍDRICO**

		COSTOS SITUACIÓN SIN PROYECTO	
Año		Costos por enfermedades hídricas	TOTAL
0	2023	\$16,588,009.44	\$16,588,009.44
1	2024	\$16,655,931.23	\$16,655,931.23
2	2025	\$16,724,131.14	\$16,724,131.14
3	2026	\$16,792,610.30	\$16,792,610.30
4	2027	\$16,861,369.86	\$16,861,369.86
5	2028	\$16,930,410.96	\$16,930,410.96
6	2029	\$16,999,734.76	\$16,999,734.76
7	2030	\$17,069,342.42	\$17,069,342.42
8	2031	\$17,139,235.09	\$17,139,235.09
9	2032	\$17,209,413.95	\$17,209,413.95
10	2033	\$17,279,880.16	\$17,279,880.16
11	2034	\$17,350,634.91	\$17,350,634.91
12	2035	\$17,421,679.37	\$17,421,679.37
13	2036	\$17,493,014.73	\$17,493,014.73
14	2037	\$17,564,642.19	\$17,564,642.19
15	2038	\$17,636,562.93	\$17,636,562.93

Fuente: Elaboración propio con datos de CONAPO.

## e. Alternativas de Solución

Con el propósito de identificar la mejor alternativa para resolver la problemática, con los mismos beneficios para la población objetivo del presente proyecto, se realizó un análisis de alternativas de solución. Así como la justificación de los criterios utilizados para la selección de la solución encontrada. Describiendo sus ventajas y desventajas de cada alternativa

### Alternativa A.

Como alternativa A se considera la implementación del proyecto que consiste en: Construcción y puesta en marcha, el monto total de inversión del proyecto asciende a \$88,584,160.63 (ochenta y ocho millones, quinientos ochenta y cuatro mil, ciento sesenta pesos, 63/100 M.N), de los cuales la construcción y puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Etapa Única), asciende a \$ 87,223,612.69 (Ochenta y siete millones, doscientos veintitrés mil, seiscientos doce pesos 69/100 M.N ). Con IVA Incluido; respecto al a Adecuación del Proyecto Ejecutivo el monto es de \$ 1,360,547.94 (un millón trescientos sesenta mil, quinientos cuarenta y siete pesos 94/100 M.N). Con IVA incluido.

#### Costos de Inversión

Los costos de inversión se describen en la siguiente tabla.

**TABLA 22 COMPONENTES DE LA ALTERNATIVA A (PROYECTO)**

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO SIN IVA	MONTO CON IVA
<b>PRETRATAMIENTO Y CÁRCAMO DE BOMBEO</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	167.22	\$17.34	\$2,899.59	\$3,363.52
Construcción de la obra civil (muros de 40 cms de espesor armado con varillas del 1/2, 5/8 y 3/8, con concreto premezclado con una resist. sulfatos de 350 kg/cm2)	M2	167.20	\$17,071.37	\$2,854,333.06	\$3,311,026.35
obra hidráulica (Tubería de FOFO de 6", conexiones especiales (tee, codo de 90, cruz, yee, válvula mariposa, medidor flujo electromagnético, codo reductor, válvula de vástago fijo, carretes) de FOFO de 6"	ML	40.00	\$39,576.92	\$1,583,076.80	\$1,836,369.09
obra mecánica (4 bombas sumergible de 20 hp de diámetro impulsor de 6", 3 rejillas de herrería de solera y Angulo de 1/4" x2", y 1 barandal )	PZA	4.00	\$460,125.40	\$1,840,501.60	\$2,134,981.86
<b>TRATAMIENTO PRIMARIO</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	231.09	\$12.03	\$2,780.01	\$3,224.81
Construcción de la obra civil (muros de 30 cms de espesor armado con varillas del 1/2, 5/8 con concreto premezclado con una resist. sulfatos de 350 kg/cm2)	M2	231.09	\$17,566.88	\$4,059,530.30	\$4,709,055.15
obra hidráulica (Tub. pvc industrial ced 80 de 6" y 8", pzas especiales (tee, codo de 90, valvula de mariposa, reducción de 8" a 6", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8"	ML	50.00	\$36,078.20	\$1,803,910.00	\$2,092,535.60
obra mecánica (Lotes de equipamiento inc: 8 desnatadores ABS, 1 cribas estáticas parabólicas de 93x1.50x 1.30m, 145 placas acero inox cal 10, 1 eq. electromecánico de limpieza de extracción de lodos barandal	PZA	3.00	\$300,868.03	\$902,604.09	\$1,047,020.74
<b>TRATAMIENTO SECUNDARIO</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	144.32	\$109.69	\$15,830.46	\$18,363.33
Construcción de la obra civil (muros de 30 y 20 cms de espesor armado con varillas del 1/2, 5/8 y 3/8 con concreto premezclado con una resist. sulfatos de 350 kg/cm2, malla electrosoldada 6/6-10/10)	M2	144.32	\$102,464.93	\$14,787,738.70	\$17,153,776.89
obra hidráulica (Tub. de pvc industrial ced 80 de 6" y 8", pzas especiales (tee, codo de 90, valvula de mariposa, reducción de 8" a 6", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8" y tub. PEAD de 6")	ML	65.00	\$6,863.46	\$446,124.90	\$517,504.88
obra mecánica (Lotes de equipamiento incluyen: agitadores, sopladores, difusores, bomba centrifuga, barandal)	PZA	3.00	\$3,328,879.02	\$9,986,637.06	\$11,584,498.99
<b>DESINFECCIÓN</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	246.65	\$12.83	\$3,164.52	\$3,670.84
Construcción de la obra civil (Caseta desinfección: muros 14 cms esp. tabicón, castillos, cadenas, aplanado, losa 10 cms esp, pintura, tanque de oxidación de muros de 30 y 20 cms de esp. armado con varillas con concreto premezclado resist. a los sulfatos 350 kg/cm2, )	M2	246.65	\$6,635.39	\$1,636,618.94	\$1,898,477.97
obra hidráulica (tubería de pvc industrial ced 80 de 6" y 8", pzas especiales (tee, brida ciega, codo de 90, valvula de mariposa, reducción de 8" a 6", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8" y tub. PEAD de 6")	ML	72.60	\$35,737.87	\$2,594,569.36	\$3,009,700.46
obra mecánica (10 lámparas UV de 200 gln por min, herrería para soporte de lámparas a base de ptr 3 x 3)	PZA	10.00	\$9,447.12	\$94,471.20	\$109,586.59
<b>TRATAMIENTOS DE LODOS</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	96.04	\$19.32	\$1,855.49	\$2,152.37

Construcción de la obra civil (muros de 30 cms de esp. armado con varillas con concreto premezclado con una resistencia a los sulfatos de 350 kg/cm <sup>2</sup> )	M2	96.04	\$20,605.88	\$1,978,988.72	\$2,295,626.92
obra hidráulica (Tub. industrial ced 80 de 8", pzas especiales (tee, codo de 90, valvula de mariposa, reducción de 8", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8" y tub. de PEAD de 6")	ML	280.00	\$3,288.68	\$920,830.40	\$1,068,163.26
obra mecánica (4 bombas sumergible de 40 hp)	PZA	4.00	\$46,400.79	\$185,603.16	\$215,299.67
<b>CONTROL DE INUNDACIONES</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	550.00	\$11.68	\$6,424.00	\$7,451.84
obra hidráulica (canal pluvial de concreto armado, tubería de pvc sanitario de 6", 4" y 2", conexiones ( tee, codos, reducciones y coples))	ML	550.00	\$1,532.22	\$842,721.00	\$977,556.36
<b>OBRA DE DEMASIÁS Y DESCARGA DE AGUA TRATADA</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	650.00	\$15.52	\$10,088.00	\$11,702.08
Construcción de la obra civil (medidor tipo parsall de concreto de 15 cms esp. con varillas acero con concreto premezclado, resis. sulfatos de 350 kg/cm <sup>2</sup> , registros drenaje.	M2	650.00	\$1,817.86	\$1,181,609.00	\$1,370,666.44
obra hidráulica (tubo de pvc y PEAD, excavación, cama de arena, relleno)	ML	650.00	\$342.94	\$222,911.00	\$258,576.76
<b>ACONDICIONAMIENTO DE CAMINOS DE ACCESO</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	2,640.00	\$61.14	\$161,409.60	\$187,235.14
Construcción de la obra civil (revestimiento de caminos, inc: movimiento de tierra, terraplén con material producto de la excavación.)	M2	2,640.00	\$420.81	\$1,110,938.40	\$1,288,688.54
<b>PROYECTO ARQUITECTÓNICO (URBANISMO)</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	376.17	\$6.89	\$2,591.81	\$3,006.50
Construcción de vialidades (rastreo de caminos, losa de concreto hidráulico f'c=250 kg/cm <sup>2</sup> con acero de refuerzo, sembrado de pasto y arboles de la región)	M2	376.17	\$6,575.45	\$2,473,487.03	\$2,869,244.95
Construcción edificio administrativo, caseta de vigilancia, laboratorio y estacionamiento.(muros 14 cms de esp. de tabicón pesado, castillos, cadenas, aplanado, losa de 10 cms de esp., pintura; Estacionamiento: guarnición, losa de concreto hidraulico f'c=250 kg/cm <sup>2</sup> con acero de refuerzo.	M2	543.43	\$5,574.42	\$3,029,307.06	\$3,513,996.19
Inst. generales en edificio administrativo, caseta de vigilancia, laboratorio, estacionamiento ( loseta en pisos, azulejo en baños, canceleria de aluminio.)	M2	376.17	\$5,257.67	\$1,977,777.72	\$2,294,222.16
Inst. hidráulicas y sanitarias en edificio administrativo y laboratorio (salida hidrosanitaria a base de tubería pvc y tuboplus para sanitarios )	SAL	6.00	\$104,138.14	\$624,828.84	\$724,801.45
Amueblado y equipamiento de laboratorio (mesas de trabajo de herrería y madera, instrumentación)	PZA	30.00	\$15,725.01	\$471,750.30	\$547,230.35
Amueblado y equipamiento de oficinas (escritorios de herrería y madera, y sillas para oficina de plástico acojinadas)	PZA	10.00	\$122,467.48	\$1,224,674.80	\$1,420,622.77
Pintura en instalaciones (pintura vinílica base agua en muros,)	M2	376.17	\$227.55	\$85,597.48	\$99,293.08
Barda perimetral (muros 14 cms esp. tabicón pesado, castillos, cadenas, con zapata corrida, malla ciclónica galvanizada cal 11 aperturas de 63 mm)	ML	892.36	\$4,821.87	\$4,302,843.91	\$4,991,298.94
<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS SISTEMA DE FUERZA</b>					
Inst. Eléctrica (Transformador de 225kva trifásico relación de transformación 33,000-440/254 v tipo poste, inc: acometida, y centro de control de cargas	PZA	1.00	\$455,432.83	\$455,432.83	\$528,302.08

sistema de fuerza en el tratamiento de agua (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno)	ML	120.00	\$847.13	\$101,655.60	\$117,920.50
sistema de fuerza en el tratamiento de lodos (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno)	ML	240.00	\$224.39	\$53,853.60	\$62,470.18
sistema de fuerza en edificios (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno)	ML	380.00	\$192.78	\$73,256.40	\$84,977.42
sistema de fuerza en alumbrado público (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno)	ML	320.00	\$1,591.53	\$509,289.60	\$590,775.94
sistema de fuerza en el tratamiento de aguas (suministro de cable thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno)	ML	120.00	\$124.19	\$14,902.80	\$17,287.25
Sistema de fuerza en el tratamiento de lodos. (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno)	ML	240.00	\$46.57	\$11,176.80	\$12,965.09
planta de emergencia ( Planta Eléctrica Diésel 50 kW trifásica)	PZA	1.00	\$842,658.60	\$842,658.60	\$977,483.98
<b>CENTRO DE CONTROL DE MOTORES</b>					
Suministro de materiales para Centro de Control de motores (CCM)	PZA	1.00	\$3,239,841.18	\$3,239,841.18	\$3,758,215.77
Instalación de materiales para Centro de Control de motores (CCM)	PZA	1.00	\$87,328.37	\$87,328.37	\$101,300.91
<b>INSTRUMENTACIÓN</b>					
Suministro e instalación de instrumentación y control (sensores, electro niveles)	PZA	1.00	\$3,852,764.13	\$3,852,764.13	\$4,469,206.39
<b>CONTROL DE PROCESO</b>					
Suministro de PLC (Programmable Logic Control)	PZA	1.00	\$73,647.64	\$73,647.64	\$85,431.26
Suministro de tuberías, cableado y registro correspondientes	ML	630.00	\$23.10	\$14,553.00	\$16,881.48
Instalación de PLC, incluye software y tablero de control	PZA	1.00	\$74,963.69	\$74,963.69	\$86,957.88
Instalación de tuberías, cableado y registros correspondientes	ML	360.00	\$20.70	\$7,452.00	\$8,644.32
<b>PRUEBAS Y ARRANQUE</b>					
Pruebas pre-operativas a la obra eléctrica	PZA	1.00	\$327,832.16	\$327,832.16	\$380,285.31
Pruebas pre-operativas a la obra mecánica	PZA	1.00	\$238,655.00	\$238,655.02	\$276,839.82
Pruebas pre-operativas de capacidad hidráulica de la PTAR y sus interconexiones, incluyendo hermeticidad de la obra hidráulica	PZA	1.00	\$176,378.54	\$176,378.54	\$204,599.11
Pruebas pre-operativas de instrumentación y control de sensores de proceso	PZA	1.00	\$432,728.25	\$432,728.25	\$501,964.77
Pruebas pre-operativas de control de PLC y Centro de Control de Motores (CCM)	PZA	1.00	\$211,325.67	\$211,325.67	\$245,137.78
Etapas de estabilización de los procesos de tratamiento incluyendo análisis de laboratorio acreditado para evaluación del proceso	PZA	1.00	\$513,459.48	\$513,459.48	\$595,613.00
Etapas de operación y capacitación incluyendo análisis de laboratorio acreditado para evaluación del proceso	PZA	1.00	\$448,585.89	\$448,585.89	\$520,359.63
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$75,192,769.56</b>	<b>\$87,223,612.69</b>
				<b>IMPORTE SIN IVA</b>	\$75,192,769.56
				<b>IVA</b>	\$12,030,843.13
				<b>IMPORTE TOTAL CONSTRUCCIÓN PTAR</b>	\$87,223,612.69
PREINVERSIÓN: ADECUACIÓN DEL PROYECTO EJECUTIVO					\$ 1,360,547.94
IMPORTE TOTAL POR GESTIONAR					\$ 88,584,160.63

*Fuente: Elaborado de acuerdo al proyecto ejecutivo del H. Ayuntamiento.*

### *Costos de Operación y Mantenimiento*

El buen funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la localidad de Santo Domingo Tehuantepec, municipio del mismo nombre, depende no solo del diseño y la construcción adecuada y óptima, y de la disponibilidad de una mano de obra competente, sino también de la protección del sistema de materiales dañinos que pueden ser descargados por la población. A continuación, se detallan actividades que se deberán desarrollar durante la vida útil del proyecto incluyendo los costos que implican el desarrollo de estos.

#### **Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo, se proporciona a los diferentes sectores o áreas de la Planta de Tratamiento con el objetivo de prevenir posibles obstrucciones en el tren de procesos. Básicamente, el mantenimiento consiste en la limpieza general, mantenimiento de bombas y revisión preventiva de cada sector de la PTAR. El llevar un programa de mantenimiento preventivo disminuye considerablemente la posibilidad de problemas de obstrucción en el tren de procesos del tratamiento aguas negras; Dependiendo de la longitud, diámetros, material de la red que está conectada a la PTAR y las costumbres de la población servida, así deberá de ser la frecuencia de inspección y limpieza. El mantenimiento preventivo se realizará cada 3 meses, pero su valoración monetaria se presenta de forma anual.

#### **Mantenimiento Correctivo**

El mantenimiento correctivo se da para corregir una situación anómala que se está dando en el tren de procesos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, la cual puede ser la obstrucción y/o fractura de alguna tubería que lleve el proceso de las aguas residuales. Este mantenimiento, consiste en la remoción de los sólidos que están obstruyendo la red o en la reparación de la fractura de la tubería y Rehabilitación con obra civil de alguna grieta en la infraestructura existente. El mantenimiento correctivo se realiza conforme se presenten las necesidades de corrección donde se identifican las anomalías, de manera general se realiza de forma anual.

Por otro lado, para la operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, son necesarios diferentes insumos, en este caso, energía eléctrica, personal, herramienta menor, insumos y productos químicos, así como pruebas de laboratorio.

A continuación, se detallan los costos de operación y mantenimiento del proyecto.

**TABLA 23 COSTOS DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN CON PROYECTO**

Tipo de costo	con Proyecto
Mantenimiento preventivo anual: Incluye: limpieza general, mtto de bombas y revisión de cada sector de la PTAR	\$159,125.00
Mantenimiento correctivo promedio anual: Incluye: Remoción de sólidos y rehabilitación de infraestructura	\$419,786.55
<b>Subtotal Mantenimiento (anual)</b>	<b>\$578,911.55</b>
Operación: Cargo Fijo CFE y Energía eléctrica	\$698,347.80
Operación: Mano de obra del Personal	\$285,600.00
Operación: Herramienta Menor y equipo de seguridad	\$72,780.00
Operación: Insumos y productos Químicos de control y de operación	\$60,000.00
Operación: Pruebas de laboratorio	\$75,000.00
<b>Subtotal Operación (anual)</b>	<b>\$1,191,727.80</b>
<b>Importe Total</b>	<b>\$1,770,639.35</b>

Fuente: Elaboración propia con información del proyecto ejecutivo del H. Ayuntamiento.

Una vez identificados y cuantificados todos los costos atribuibles a la alternativa A, se integró el flujo de costos durante el horizonte de evaluación para la estimación del CAE.

**TABLA 24 FLUJO DE COSTOS PARA EL CÁLCULO DEL CAE DE LA ALTERNATIVA A**

Datos	Monto sin IVA (\$)	Monto (\$)
Inversión de la Construcción	75,192,769.56	87,223,612.69
Tasa social de descuento	10%	
Años de Construcción	1	
Vida Util (años)	15	

Año	Inversión (\$)	Costos de Mantenimiento (\$)	Costos de Operación (\$)	Costo total (\$)	Costo a Valor Presente (\$)
0	75,192,769.56			\$75,192,769.56	\$75,192,769.56
1		\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35	\$1,609,672.14
2		\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35	\$1,463,338.31
3		\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35	\$1,330,307.55
4		\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35	\$1,209,370.50
5		\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35	\$1,099,427.73
6		\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35	\$999,479.75
7		\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35	\$908,617.96
8		\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35	\$826,016.32

9		\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35	\$750,923.93
10		\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35	\$682,658.12
11		\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35	\$620,598.29
12		\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35	\$564,180.26
13		\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35	\$512,891.15
14		\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35	\$466,264.68
15		\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35	\$423,876.98
				<b>VAC (\$)</b>	<b>\$88,660,393.23</b>
				<b>CAE (\$)</b>	<b>\$11,656,516.76</b>

Fuente: Elaboración propia con información

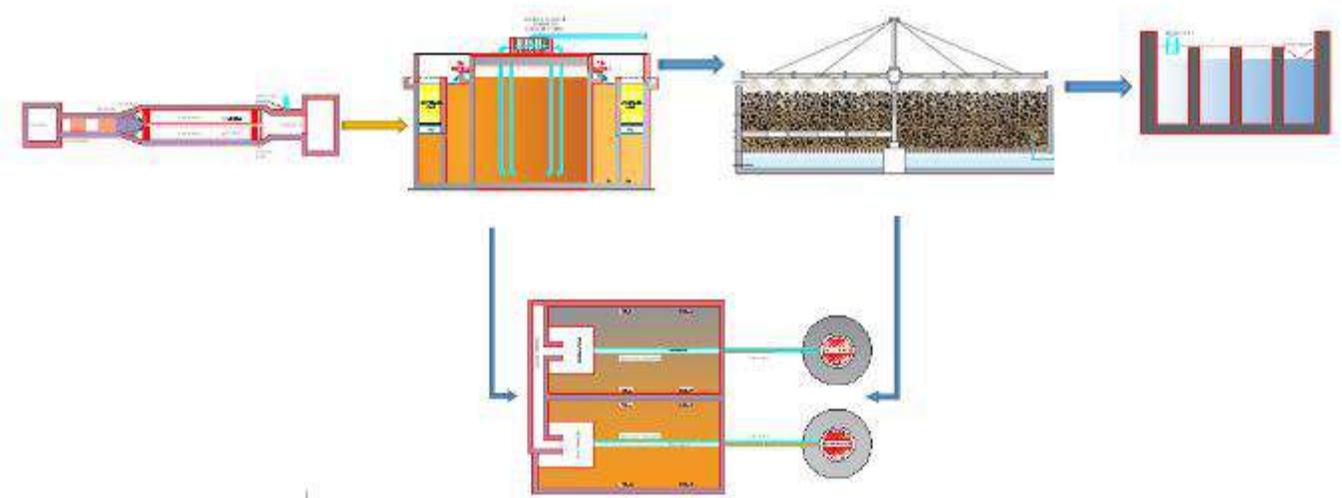
## Alternativa B

Como alternativa B, considera la implementación del proyecto que consiste en: Construcción y puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Etapa Única), en la localidad de Santo Domingo Tehuantepec, municipio Santo Domingo Tehuantepec, que consiste en tratamiento a base de degradación natural a base la sedimentación prolongada, y filtración doble., diferente estructura y operación de PTAR pero con mayor vida útil.

### Descripción del sistema

Este sistema tiene como principio de tratamiento la degradación a base de degradación natural a base la sedimentación prolongada, y filtración doble. A continuación, se detalla cada de las estructuras del tren de tratamiento

## ILUSTRACIÓN 10 SISTEMA COMPLETO DEL PTAR- ALTERNATIVA DESECHADA.

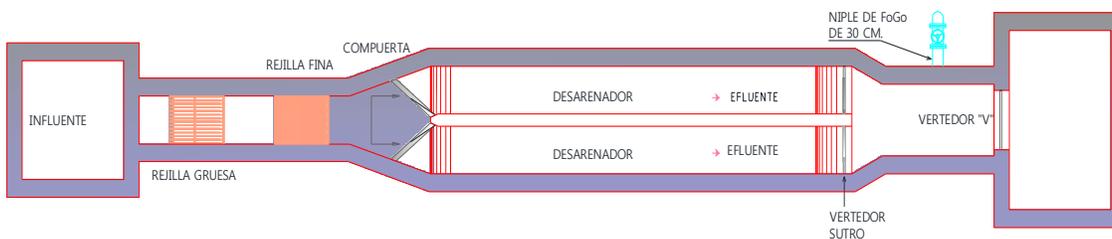


Fuente: Información propuesta del H. Ayuntamiento en coordinación con la CEABIEN.

### Pretratamiento

Su finalidad principal es extraer arenas que vienen en suspensión en el agua residual, así mismo su sistema de rejillas ayuda a la retención de sólidos gruesos y evitar que el sistema sea taponeado, de esta forma se mantienen el sistema de tuberías libres y trabajan de manera adecuada.

## ILUSTRACIÓN 11 PRETRATAMIENTO



Fuente: Información propuesta del H. Ayuntamiento en coordinación con la CEABIEN.

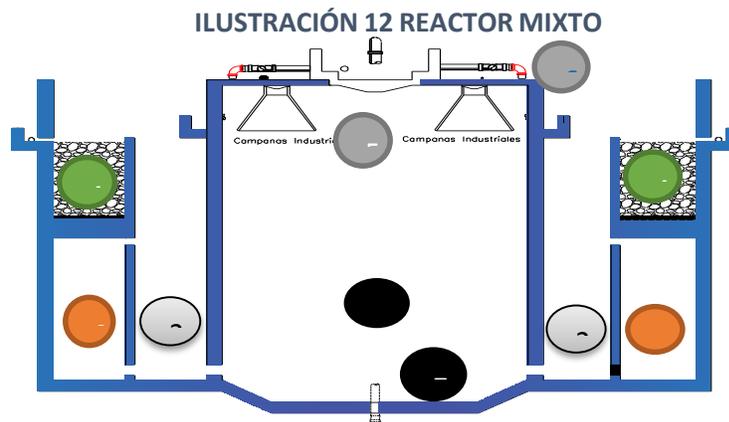
### Reactor mixto

El reactor mixto es una estructura conformada por varios confinamientos rectangulares, cuya finalidad principal es reducir la Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno, mediante un manto de lodos, así como estabilizar los lodos contenidos en el agua residual.

A continuación, se describe cada una de las partes de esta estructura que en base el tren de tratamiento es la estructura principal.

Partes que componen el estanque.

1. Sedimentador principal
2. Estanque regulador de nivel del agua
3. Sedimentador del filtro vertical
4. Filtro vertical a base de grava
5. Campanas industriales para extracción de gases
6. Tubería de distribución y caja colectora
7. Desfogue de lodos

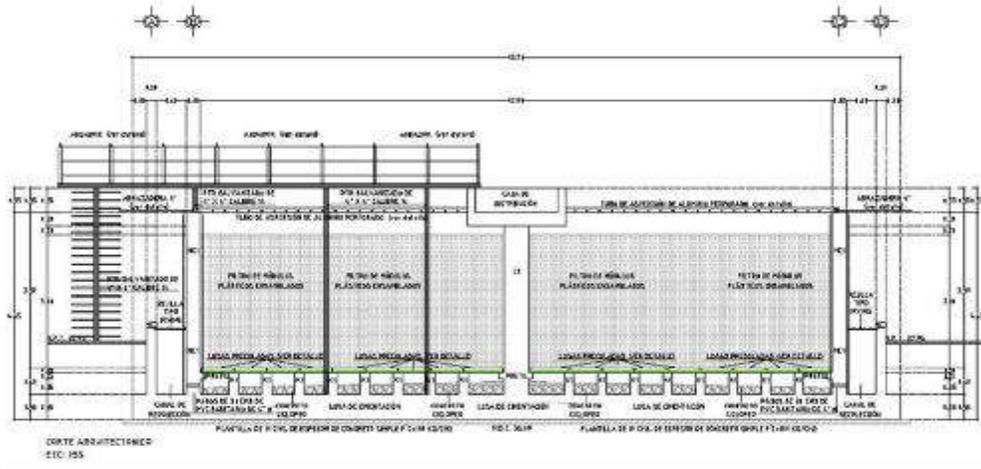


*Fuente: Información propuesta del H. Ayuntamiento en coordinación con la CEABIEN.*

### **Filtro percolador**

El filtro percolador es una unidad de tratamiento secundario utilizada en la depuración de aguas residuales, construidas de concreto y en cuyo interior se coloca un medio filtrante (anteriormente rocas, en la actualidad placas sintéticas que semejan un panal) a través del cual se rocía el agua residual (de allí el nombre de filtros rociadores como también se les conoce). El agua se depura al pasar a través de este medio por el contacto con la biopelícula que en él se forma. Los filtros de piedra tienen eficiencias de 65 al 75% y los de plástico de 80 al 90%.

### ILUSTRACIÓN 13 FILTRO PERCOLADOR

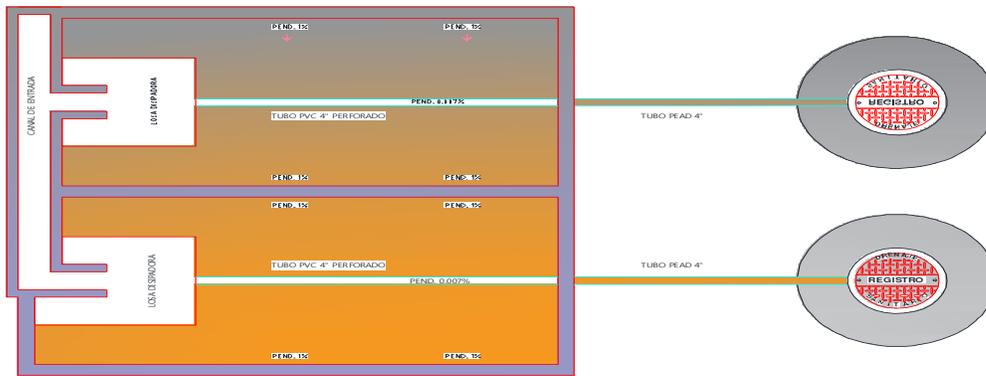


Fuente: Información propuesta del H. Ayuntamiento en coordinación con la CEABIEN.

### Lechos de secado de lodos

Este elemento tiene la tarea de deshidratar los lodos provenientes del reactor mixto y del filtro anaerobio. El tipo de filtro para la separación de las aguas es a través de agregados con una granulometría específica.

### ILUSTRACIÓN 14 LECHOS DE SECADO DE LODOS

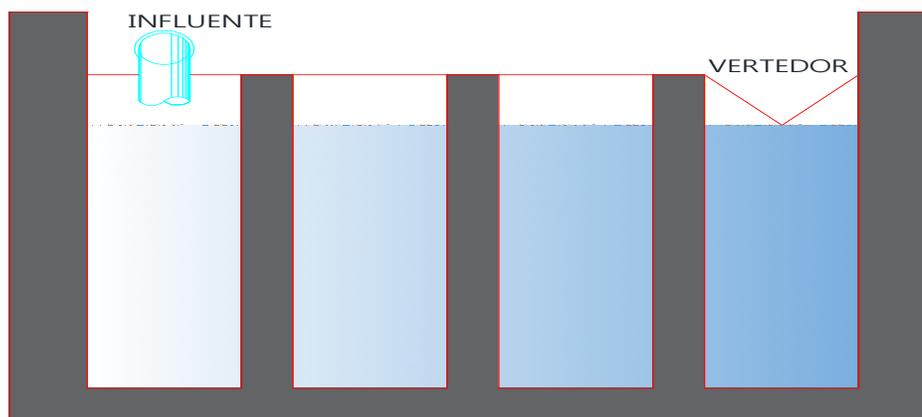


Fuente: Información propuesta del H. Ayuntamiento en coordinación con la CEABIEN.

### Tanque de cloración

Esta estructura es la final de proceso de tratamiento y su finalidad es eliminar los coliformes y bacterias residuales restantes y mismas que son susceptibles al cloro. A través de un serpentín construido a base de concreto armado y tiempo de retención que va de los 15 a 30 min. El agua es tratada como última instancia del sistema de depuración.

### ILUSTRACIÓN 15 TANQUE DE CLORACIÓN



Fuente: Información propuesta del H. Ayuntamiento en coordinación con la CEABIEN.

Lo anterior representa un monto de inversión que asciende a \$89,132,872.15 (Ochenta y nueve millones, ciento treinta y dos mil, ochocientos setenta y dos pesos 15/100 M.N). Con IVA Incluido.

### Costos de Inversión

Los costos de inversión incluyen regularmente materiales, maquinaria, equipo y todos los elementos requeridos para llevar a cabo la construcción del proyecto, los cuales integrados se presentan de la siguiente manera.

**TABLA 25 COMPONENTES DE LA ALTERNATIVA B**

Componente	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario (importe sin IVA) (\$)	Subtotal (importe sin IVA) (\$)	Total (importe con IVA) (\$)
PRELIMINARES	M2	2,560.00	180.00	460,800.00	534,528.00
TERRACERÍAS	M3	4,750.00	650.00	3,087,500.00	3,581,500.00
FILTRO PERCOLADOR A BASE DE CONCRETO PREMEZCLADO F'C=250KG/CM2 DE 2.52 X 5 MTS	M2	35.00	10,668.15	373,385.25	433,126.89
HIDROTAMIZ PARA TANQUE DE PRETRATAMIENTO, MINI PUSA DE 36" EN ACERO INOXIDABLE	PZA	3.00	469,515.10	1,408,545.30	1,633,912.55
SEDIMENTADOR PRINCIPAL A BASE DE CONCRETO PREMEZCLADO Y MURO DE TABICON DE 14 CMS)	M2	750.00	15,174.84	11,381,130.00	13,202,110.80
CARCAMO DE BOMBEO (39.69 m2, A BASE DE CONCRETO PREMEZCLADO F'C=250KG/CM2 DE 5.59 X 7.1 MTS)	M2	90.00	10,781.81	970,362.90	1,125,620.96
ESTANQUE REGULADOR DE NIVEL DEL AGUA CANAL DE DESINFECCION (A BASE DE CONCRETO F C=250 KG/CM2 DE 4 CM ESPESOR)	M2	120.00	7,055.00	846,600.00	982,056.00

Componente	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario (importe sin IVA) (\$)	Subtotal (importe sin IVA) (\$)	Total (importe con IVA) (\$)
TANQUE DE LODOS A BASE DE CONCRETO PREMEZCLADO F'C=250KG/CM2	M2	56.00	14,257.49	798,419.44	926,166.55
LECHO DE SECADO DE LODOS (PISO DE 8 CMS DE ESPESOR A BASE DE CONCRETO PREMEZCLADO F'C=250KG/CM2)	M2	55.00	7,116.14	391,387.70	454,009.73
POZO DE VISITA (MURO DE TABICON DE 28 CM A 1.8M Y VARILLA DEL 3 Y 2CM)	PZA	4.00	97,421.06	389,684.24	452,033.72
CERCADO CON REJA DE ACERO CAL. 6 Y HOJAS DE 2.50 x 2.50 MTS, RODAPIE DE 0.40 MTS DE ALTURA Y 0.20 MTS DE ESPESOR.	ML	970.00	6,065.75	5,883,777.50	6,825,181.90
CISTERNA (EFLUENTE) (3.24 m2 A BASE DE CONCRETO ARMADO F'C=250KG/CM2 DE 1.5 X 2.16 MTS)	PZA	2.00	242,198.61	484,397.22	561,900.78
SEDIMENTADOR A BASE DE GRAVA A BASE DE MUROS DE TABICON Y CONCRETO ARMADO (4.30 X4.0M)	M2	40.52	9,684.63	392,421.21	455,208.60
CASETA DE CONTROL Y ALMACENAMIENTO DE FILTRO PRENSA A BASE DE MUROS DE TABICON Y CONCRETO ARMADO (4.3 X 4.3)	M2	42.53	9,684.63	411,887.31	477,789.28
CONCRETO EN PASILLO (CONCRETO DE 17CM F=C'250, REDORZADO CON MAYA ELECTRO SOLDADO)	M2	2,040.91	686.54	1,401,166.35	1,625,352.97
CASETA DE VIGILANCIA A BASE DE MUROS DE TABICON Y CONCRETO ARMADO (4.3 X 7.61)	M2	75.26	7,684.63	578,345.25	670,880.49
CAMPANAS INDUSTRIALES PARA EXTRACCION DE GASES	PZA	575.00	4,708.42	2,707,341.50	3,140,516.14
INVERSOR SOLAR FRONIUS SYMO O SIMILAR 12.5 PARA INTERCONEXION A RED. MAXIMA POTENCIA DE SALIDA 12,500 WATTS	PZA	3.00	606,793.66	1,820,380.98	2,111,641.94
INTERRUPTOR DE SEGURIDAD CD, INTERRUPTOR DE SEGURIDAD CA EN CAJA CON PROTECCION PARA INTEMPERIE TIPO NEMA.	PZA	15.00	28,411.16	426,167.40	494,354.18
CABLE TIPO UV PARA INTERCONEXIÓN, CABLE THW PARA CONEXIÓN ELÉCTRICA DE INVERSOR A INTERRUPTOR	ML	3250.00	2,958.90	9,616,425.00	11,155,053.00
TANQUE DE CLORACION	M2	150.00	14,553.28	2,182,992.00	2,532,270.72
SISTEMA COMPLETO DE DIFUSIÓN DE AIRE (16" X 1 1/2 WYSS FLEX A TUBE)	PZA	4.00	951,594.23	3,806,376.92	4,415,397.23
EQUIPAMIENTO FIJO DE SISTEMA COMPLETO DE AERACIÓN (SOPLADOR ROTATORIO), INCLUYE: MOTOR ELECTRICO 15HP 220/440VOLT)	PZA	4.00	795,529.18	3,182,116.72	3,691,255.40
TUBERIA DE DISTRIBUCION N, INCLUYE: VÁLVULAS, DIFUSORES Y 20M TUBO PVC DE 4")	ML	420.00	13,442.88	5,646,009.60	6,549,371.14
10 DESNATADORES DE SUPERFICIE NEUMATICOS (ELIMINA GRASAS EN EL AGUA. INCLUYE: 5 M TUBO DE 2"; 5M DE 1/2" Y 3.5 DE 3/4")	ML	320.00	17,173.77	5,495,606.40	6,374,903.42
10 SISTEMAS DE DESFOGUE TIPO AIRLIFT (DESFOGUE DE LODOS, INCLUYE: 8 M DE TUBO DE PVC HIDRÁULICO DE 4", VÁLVULA DE ESFERA)	ML	220.00	39,990.78	8,797,971.60	10,205,647.06
TABLERO DE CONTROL ELECTRICO (INTEGRADO CON PROGRAMADORES DE ARRANQUE PARO AUTOMATICO, TRES FASES, 220 VOLTS, 60 CICLOS)	PZA	2.00	206,650.85	413,301.70	479,429.97
DISPOSITIVO DE CLORACION (BOMBA DE DIAFRAGMA DE 30 GPD O 2.37 LPH, MAXIMA DE 100 PSI)	PZA	3.00	134,683.22	404,049.66	468,697.61
FILTRO PRENSA DE CUADROS (DESHIDRATACION MODELO B. FABRICADO EN ACERO AL CARBON)	PZA	3.00	440,289.63	1,320,868.89	1,532,207.91

Componente	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario (importe sin IVA) (\$)	Subtotal (importe sin IVA) (\$)	Total (importe con IVA) (\$)
CASETA ACUSTICA (DE 0.80 MTS X 0.60 MTS, LAMINA DE ACERO ESTRUCTURAL CAL 14 CON FILTRO DE AIRE INTERIOR)	PZA	4.00	205,677.63	822,710.52	954,344.20
EQUIPAMIENTO FIJO DE CARCAMO DE BOMBEO: BOMBA SUMERGIBLE DE SUCCION LIBRE DE 5 HP	PZA	4.00	101,372.99	405,491.96	470,370.67
EQUIPAMIENTO FIJO DE CISTERNA: BOMBA SUMERGIBLE DE SUCCION LIBRE DE 2 HP	PZA	4.00	132,765.59	531,062.36	616,032.34
				76,838,682.89	89,132,872.15

Fuente: Elaborado con información del H. Ayuntamiento en coordinación con la CEABIEN

### Costos de Operación y Mantenimiento

El buen funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la localidad de Santo Domingo Tehuantepec, municipio del mismo nombre, con el tratamiento a base de degradación natural a base la sedimentación prolongada, y filtración doble, depende no solo del diseño y la construcción adecuada, y de la disponibilidad de una mano de obra competente, sino también de la protección del sistema de materiales dañinos que pueden ser descargados por la población. A continuación, se detallan actividades que se deberán desarrollar durante la vida útil del proyecto incluyendo los costos que implican el desarrollo de estos.

#### Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo, se proporciona a los diferentes sectores de la Planta de Tratamiento con el objetivo de prevenir posibles obstrucciones en el tren de procesos. Básicamente, el mantenimiento consiste en la limpieza general, mantenimiento de bombas y revisión preventiva de cada sector de la PTAR. El llevar un programa de mantenimiento preventivo disminuye considerablemente la posibilidad de problemas de obstrucción en el tren de procesos del tratamiento aguas negras; Dependiendo de la longitud, diámetros, material de la red que está conectada a la PTAR y las costumbres de la población servida, así deberá de ser la frecuencia de inspección y limpieza. El mantenimiento preventivo se realizará cada 3 meses, pero su valoración monetaria se presenta de forma anual.

#### Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo se da para corregir una situación anómala que se está dando en el tren de procesos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales tratamiento a base de degradación natural a base la

sedimentación prolongada, y filtración doble, la cual puede ser la obstrucción y/o fractura de alguna tubería que lleve el proceso de las aguas residuales. Este mantenimiento, consiste en la remoción de los sólidos que están obstruyendo la red o en la reparación de la fractura de la tubería y Rehabilitación con obra civil de alguna grieta en la infraestructura existente. El mantenimiento correctivo se realiza conforme se presenten las necesidades de corrección donde se identifican las anomalías, de manera general se realiza de forma anual.

Por otro lado, para la operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, son necesarios diferentes insumos, en este caso, energía eléctrica, personal, herramienta menor, insumos y productos químicos, así como pruebas de laboratorio.

A continuación, se detallan los costos de operación y mantenimiento del proyecto.

**TABLA 26 COSTOS DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN CON PROYECTO**

Tipo de costo	Monto Alternativa
Mantenimiento preventivo anual: Incluye: mtto de bombas y sectores de la PTAR	\$485,685.00
Mantenimiento correctivo promedio anual: Incluye: Rehabilitación de infraestructura	\$759,655.00
<b>Subtotal Mantenimiento (anual)</b>	<b>\$1,245,340.00</b>
Operación: Cargo Fijo CFE y Energía eléctrica	\$597,291.84
Operación: Mano de obra del Personal	\$285,600.00
Operación: Herramienta Menor y equipo de seguridad	\$72,780.00
Operación: Insumos y productos Químicos de control y de operación	\$60,000.00
Operación: Pruebas de laboratorio	\$75,000.00
<b>Subtotal Operación (anual)</b>	<b>\$1,090,671.84</b>
<b>Importe Total</b>	<b>\$2,336,011.84</b>

Fuente: Elaboración propia con información del proyecto ejecutivo del H. Ayuntamiento.

**TABLA 27 Matriz comparativas de sistemas anaerobios propuestos**

ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LOS TRENES PROPUESTOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
	No requiere energía eléctrica para trabajar	No cuenta con control o estabilizador de flujo

ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LOS TRENES PROPUESTOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PRETRATAMIENTO	Para su operación no se requiere de capacitación, especializada	La distribución uniforme del flujo es variable y dificulta su homogeneidad
	No se requiere de herramienta especializada para operación	
	No requiere estabilización a través de agentes químicos	
	El proceso constructivo es convencional	
	Los costos de mantenimiento son bajos	
REACTOR ANAEROBIO	No requiere energía eléctrica para trabajar	Es susceptible a ser afectado por metales pesados.
	La generación de lodos es menor	Las bajas temperaturas afectan el proceso de reacción
	Su proceso constructivo es común	El arranque y la estabilización del sistema son lentos (el tiempo de arranque puede disminuirse a 2-3 semanas, cuando se inocula 4 por ciento del volumen del reactor).
	Para su operación no se requiere de capacitación, especializada	Las líneas de condensación del gas causan mayores problemas de mantenimiento.
	La generación de olores y gas es controlada a través de Tuberías.	Requiere un seguimiento estricto del programa de mantenimiento ya que la identificación de inconvenientes se dificulta al ser un sistema cerrado.
	Los costos de mantenimiento son bajos	
	Requiere poca extensión de terreno	
	Pueden producir energía por medio del biogás, el cual puede emplearse para calentar el reactor	
FILTRO PERCOLADOR	Proceso biológico sencillo y confiable.	Puede ser necesario un tratamiento adicional para cumplir con las normas de descarga dependiendo del país.
	Requiere poca extensión de terreno.	De acuerdo al tipo de empaque su mantenimiento es completo o parcial
	En termino de oxigenación, los filtros percoladores no utilizan energía de ningún tipo para provocar la aireación, este proceso es totalmente natural, por tan razón se optimiza el factor financiero y el ambiental.	Posible acumulación de biomasa lo cual perjudica el rendimiento del sistema
	Eficaz para el tratamiento de altas concentraciones de sustancias orgánicas.	Las bajas temperaturas afectan el proceso de reacción
	Muy baja producción de lodos.	
	Los costos de mantenimiento son bajos.	
	Su proceso constructivo es común.	
	Es de fácil operación y mantenimiento.	
	Se pueden alcanzar eficiencias de remoción de DQO y DBO de entre 65 y 80 por ciento.	

ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LOS TRENES PROPUESTOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
FILTRO ANAEROBIO	No requiere energía eléctrica para trabajar	De acuerdo al tipo de empaque su mantenimiento es completo o parcial
	Los costos de mantenimiento son bajos	Las bajas temperaturas afectan el proceso de reacción
		El arranque y la estabilización del sistema son lentos (el tiempo de arranque puede disminuirse a 2-3 semanas, cuando se inocula 4 por ciento del volumen del reactor).
	Su proceso constructivo es común	Las líneas de condensación del gas causan mayores problemas de mantenimiento.
	Pueden producir energía por medio del biogás, el cual puede emplearse para calentar el reactor	Requiere un seguimiento estricto del programa de mantenimiento ya que la identificación de inconvenientes se dificulta al ser un sistema cerrado.
	El exceso de gas metano puede emplearse como gas combustible	El efluente requiere pos tratamiento
	Se pueden alcanzar eficiencias de remoción de DQO y DBO de entre 65 y 75 por ciento.	Baja tolerancia del sistema a la carga de tóxicos
	Alta concentración de sólidos suspendidos en el lodo. Buenas características de desaguado del lodo.	Ocupación de terreno, que es superior a la de otros métodos de tratamiento en zonas con mayor población.
CLORACIÓN	En la actualidad la cloración es más eficiente en términos de costo que la radiación UV o la desinfección con ozono (excepto cuando la descoloración y el cumplimiento con requisitos de prevención de incendios son requeridos).	El cloro residual, aún a bajas concentraciones, es tóxico a los organismos acuáticos y por ello puede requerirse la descloración
	El cloro residual que permanece en el efluente del agua residual puede prolongar el efecto de desinfección aún después del tratamiento inicial, y puede ser medido para evaluar su efectividad	Todas las formas de cloro son muy corrosivas y tóxicas. Como consecuencia, el almacenamiento, el transporte y el manejo presentan riesgos cuya prevención requiere normas más exigentes de seguridad industrial
	La desinfección con cloro es confiable y efectiva para un amplio espectro de organismos patógenos	El cloro oxida ciertos tipos de materiales orgánicos del agua residual generando compuestos más peligrosos (tales como los metanos trihalogenados
	La cloración permite un control flexible de la dosificación	El cloro residual es inestable en presencia de altas concentraciones de materiales con demanda de cloro, por lo cual pueden requerirse mayores dosis para lograr una desinfección adecuada
	El cloro es efectivo en la oxidación de ciertos compuestos orgánicos e inorgánicos	Algunas especies parásitas han mostrado resistencia a dosis bajas de cloro, incluyendo los oocistos de <i>Cryptosporidium parvum</i> , los quistes de <i>Entamoeba histolytica</i> y <i>Giardia lamblia</i> , y los huevos de gusanos parásitos

ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LOS TRENES PROPUESTOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
	El cloro puede eliminar ciertos olores molestos durante la desinfección	Se desconocen los efectos a largo plazo de la descarga de compuestos de la descloración al medio ambiente
LECHO DE SECADO DE LODOS	Método de bajo costo de capital donde la tierra está disponible	Requiere grandes extensiones de tierra
	Requiere poca atención y habilidades del operador	Requiere lodo estabilizado
	nulo consumo de energía	En el diseño requiere considerar los efectos del clima
	ningún consumo de productos químicos	
	mayor contenido de sólidos que los métodos mecánicos	

Fuente: Elaboración propia.

Una vez identificados y cuantificados todos los costos atribuibles a la alternativa B, se integró el flujo de costos durante el horizonte de evaluación para la estimación del CAE.

**TABLA 28 FLUJO DE COSTOS PARA EL CÁLCULO DEL CAE DE LA ALTERNATIVA B**

Datos	Monto SIN IVA (\$)	Monto (\$)
Inversión	76,838,682.89	89,132,872.15
Tasa social de descuento	10%	
Años de Construcción	1	
Vida Útil (años)	18	

Año	Inversión (\$)	Costos de Mantenimiento (\$)	Costos de Operación (\$)	Costo total (\$)	Costo a Valor Presente (\$)
0	\$76,838,682.89			\$76,838,682.89	\$76,838,682.89
1		\$1,245,340.00	\$1,090,671.84	\$2,336,011.84	\$2,123,647.13
2		\$1,245,340.00	\$1,090,671.84	\$2,336,011.84	\$1,930,588.30
3		\$1,245,340.00	\$1,090,671.84	\$2,336,011.84	\$1,755,080.27
4		\$1,245,340.00	\$1,090,671.84	\$2,336,011.84	\$1,595,527.52
5		\$1,245,340.00	\$1,090,671.84	\$2,336,011.84	\$1,450,479.56
6		\$1,245,340.00	\$1,090,671.84	\$2,336,011.84	\$1,318,617.78
7		\$1,245,340.00	\$1,090,671.84	\$2,336,011.84	\$1,198,743.44
8		\$1,245,340.00	\$1,090,671.84	\$2,336,011.84	\$1,089,766.76
9		\$1,245,340.00	\$1,090,671.84	\$2,336,011.84	\$990,697.06
10		\$1,245,340.00	\$1,090,671.84	\$2,336,011.84	\$900,633.69
11		\$1,245,340.00	\$1,090,671.84	\$2,336,011.84	\$818,757.90
12		\$1,245,340.00	\$1,090,671.84	\$2,336,011.84	\$744,325.36
13		\$1,245,340.00	\$1,090,671.84	\$2,336,011.84	\$676,659.42
14		\$1,245,340.00	\$1,090,671.84	\$2,336,011.84	\$615,144.93

Año	Inversión (\$)	Costos de Mantenimiento (\$)	Costos de Operación (\$)	Costo total (\$)	Costo a Valor Presente (\$)
15		\$1,245,340.00	\$1,090,671.84	\$2,336,011.84	\$559,222.66
16		\$1,245,340.00	\$1,090,671.84	\$2,336,011.84	\$508,384.24
17		\$1,245,340.00	\$1,090,671.84	\$2,336,011.84	\$462,167.49
18		\$1,245,340.00	\$1,090,671.84	\$2,336,011.84	\$420,152.26
				VAC	\$95,997,278.66
				CAE	\$11,704,969.52

Fuente: Elaboración propia con información del H. Ayuntamiento y CEABIEN.

### Selección de Alternativas

De acuerdo a la información previa, se evaluaron ambas alternativas mediante el cálculo del Costo Anual Equivalente (CAE), debido a que las alternativas son comparables, ya que ofrecen los mismos beneficios, respecto a la capacidad en L.P.S. de tratamiento de las aguas residuales generadas en la localidad de Santo Domingo Tehuantepec, municipio del mismo nombre.

En este escenario, la alternativa más adecuada es aquella que presenta el CAE menor, es decir, con la que se alcanzan los mismos beneficios a un menor costo.

De acuerdo con lo establecido en los Lineamientos elaboración y presentación de los Análisis Costo y Beneficio de los Programas y Proyectos de Inversión emitidos por la Secretaria de Hacienda y Crédito Público, el CAE de cada alternativa fue calculado con la siguiente fórmula:

$$CAE = (VPC) \frac{r(1+r)^m}{r(1+r)^m - 1}$$

Dónde:

*VPC*: Valor presente del costo total del proyecto de inversión

*r*: indica la tasa social de descuento

*m*: indica el número de años de vida útil del activo

El VPC se calculará mediante la siguiente fórmula, de acuerdo con lo establecido en los Lineamientos:

$$VPC = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Dónde:

$C_t$ : Costos totales en el año t

$r$ : Tasa social de descuento

$t$  : Año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

$n$  : Número de años del horizonte de evaluación.

De acuerdo con el resultado del Costo Anual Equivalente de ambas alternativas, se identificó que la alternativa con menor CAE es la Alternativa 1 (proyecto), por lo que ésta es la alternativa seleccionada, debido a que genera los mismos beneficios a un costo menor.

**TABLA 29 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA**

Alternativa	CAE	Alternativa Seleccionada
Construcción y puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Etapa Única)	\$ 11,656,516.76	
Construcción y puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Etapa Única). Tratamiento a base de degradación natural a base la sedimentación prolongada, y filtración doble.	\$ 11,704,969.52	

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 30 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ALTERNATIVAS COMPARADAS**

Alternativa	Ventajas	Desventajas
Alternativa A (Proyecto)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Soluciona totalmente la problemática identificada.</li> <li>✓ Menores costos de Inversión.</li> <li>✓ Menor Costo de mantenimiento.</li> <li>✓ Menor costo anual equivalente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Menor vida útil</li> </ul>
Alternativa B (Descartada)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Soluciona totalmente la problemática identificada.</li> <li>✓ Mayor Vida útil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Mayores costos de inversión.</li> <li>❖ Mayor costo de mantenimiento</li> <li>❖ Mayor Costo Anual Equivalente</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

## IV. Situación con Proyecto

### a. Descripción general

Tipo de PPI	
Proyecto de infraestructura económica	<input checked="" type="checkbox"/>
Proyecto de infraestructura social	<input type="checkbox"/>
Proyecto de infraestructura gubernamental	<input type="checkbox"/>
Proyecto de inmuebles	<input type="checkbox"/>
Programa de adquisiciones	<input type="checkbox"/>
Programa de mantenimiento	<input type="checkbox"/>
Otros proyectos de inversión	<input type="checkbox"/>
Otros programas de inversión	<input type="checkbox"/>

El proyecto consiste en la “Construcción y puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Etapa Única), en la localidad de Santo Domingo Tehuantepec, en el municipio de Santo Domingo Tehuantepec” La construcción de la PTAR, utiliza un proceso biológico conocido como aeración extendida o digestión aeróbica. El sistema tiene una capacidad de tratar de 63.51 lps de agua residual, repartido en ambos reactores, eso representa la capacidad total de tratamiento de 5,487.69 m<sup>3</sup> al día, está equipado con un motor de 25 H.P. (caballos de fuerza).

El dato que se considerará para la población beneficiaria es la de 2023, la cual son 12,581 viviendas, en las que habitan 33,408 personas en la localidad de Santo Domingo Tehuantepec

Los principales componentes a realizar son los siguientes:

#### PRETRATAMIENTO Y CÁRCAMO DE BOMBEO

167.22 M2 Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno); 167.2 M2 Construcción de la obra civil (muros de 40 cms de espesor armado con varillas del 1/2, 5/8 y 3/8, con concreto premezclado con una resist. sulfatos de 350 kg/cm<sup>2</sup>); 40 ML obra hidráulica (Tubería de FOFO de 6", conexiones especiales (tee, codo de 90, cruz, yee, válvula mariposa, medidor flujo electromagnético, codo reductor, válvula de vástago fijo, carretes) de FOFO de 6"; 4 PZA obra mecánica (4 bombas sumergible de 20 hp de diámetro impulsor de 6", 3 rejillas de herrería de solera y Angulo de 1/4" x2", y 1 barandal).

#### TRATAMIENTO PRIMARIO

231.09 M2 Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno); 231.09 M2 Construcción de la obra civil (muros de 30 cms de espesor armado con varillas del 1/2, 5/8 con concreto premezclado con una resist. sulfatos de 350 kg/cm<sup>2</sup>); 50 ML obra hidráulica (Tub. pvc industrial ced 80 de 6" y 8", pzas especiales (tee, codo de 90, valvula de mariposa, reducción de 8" a 6", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8"); 3 PZA obra mecánica (Lotes de equipamiento inc: 8 desnatadores ABS, 1 cribas estáticas parabólicas de 93x1.50x 1.30m, 145 placas acero inox cal 10, 1 eq. electromecánico de limpieza de extracción de lodos barandal).

#### TRATAMIENTO SECUNDARIO:

144.32 M2 Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno); 144.32 M2 Construcción de la obra civil (muros de 30 y 20 cms de espesor armado con varillas del 1/2, 5/8 y 3/8 con concreto premezclado con una resist. sulfatos de 350 kg/cm<sup>2</sup>, malla electrosoldada 6/6-10/10); 65 ML obra hidráulica (Tub. de pvc industrial ced 80 de 6" y 8", pzas especiales (tee, codo de 90, valvula de mariposa, reducción de 8" a 6", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8" y tub. PEAD de 6"); 3 PZA obra mecánica (Lotes de equipamiento incluyen: agitadores, sopladores, difusores, bomba centrifuga, barandal).

#### DESINFECCIÓN:

246.65 M2 Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno); 246.65 M2 Construcción de la obra civil (Caseta desinfección: muros 14 cms esp. tabicón, castillos, cadenas, aplanado, losa 10 cms esp, pintura, tanque de oxidación de muros de 30 y 20 cms de esp. armado con varillas con concreto premezclado resist. a los sulfatos 350 kg/cm<sup>2</sup>, ); 72.6 ML obra hidráulica (tubería de pvc industrial ced 80 de 6" y 8", pzas especiales (tee, brida ciega, codo de 90, valvula de mariposa, reducción de 8" a 6", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8" y tub. PEAD de 6"); 10 PZA obra mecánica (10 lámparas UV de 200 gln por min, herrería para soporte de lámparas a base de ptr 3 x 3).

#### TRATAMIENTOS DE LODOS:

96.04 M2 Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno); 96.04 M2 Construcción de la obra civil (muros de 30 cms de esp. armado con varillas con concreto premezclado con una resistencia a los sulfatos de 350 kg/cm<sup>2</sup>); 280 ML obra hidráulica (Tub. industrial ced 80 de 8", pzas especiales (tee, codo de 90, valvula de mariposa, reducción de 8", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8" y tub. de PEAD de 6"); 4 PZA obra mecánica (4 bombas sumergible de 40 hp).

#### CONTROL DE INUNDACIONES:

550 M2 Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno); 550 ML obra hidráulica (canal pluvial de concreto armado, tubería de pvc sanitario de 6", 4" y 2", conexiones (tee, codos, reducciones y coples)).

#### OBRA DE DEMASIAS Y DESCARGA DE AGUA TRATADA:

650 M2 Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno); 650 M2 Construcción de la obra civil (medidor tipo parsall de concreto de 15 cms esp. con varillas acero con concreto premezclado, resis. sulfatos de 350 kg/cm<sup>2</sup>, registros drenaje; 650 ML obra hidráulica (tubo de pvc y PEAD, excavación, cama de arena, relleno).

#### ACONDICIONAMIENTO DE CAMINOS DE ACCESO:

2,640 M2 Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno); 2,640 M2 Construcción de la obra civil (revestimiento de caminos, inc: movimiento de tierra, terraplén con material producto de la excavación).

#### PROYECTO ARQUITECTÓNICO (URBANISMO):

376.17M2 Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno); 376.17 M2 Construcción de vialidades (rastreo de caminos, losa de concreto hidráulico f'c=250 kg/cm<sup>2</sup> con acero de refuerzo, sembrado de pasto y árboles de la región); 543.43 M2 Construcción edificio administrativo, caseta de vigilancia, laboratorio y estacionamiento.(muros 14 cms de esp. de tabicón pesado, castillos, cadenas, aplanado, losa de 10 cms de esp., pintura; Estacionamiento: guarnición, losa de concreto hidráulico f'c=250 kg/cm<sup>2</sup> con acero de refuerzo; 376.17 M2 Inst. generales en edificio administrativo, caseta de vigilancia, laboratorio, estacionamiento ( loseta en pisos, azulejo en baños, cancelería de aluminio.); 6 SAL. Inst. hidráulicas y sanitarias en edificio administrativo y laboratorio (salida hidrosanitaria a base de tubería pvc y tuboplus para sanitarios ); 30 PZA Amueblado y equipamiento de laboratorio (mesas de trabajo de herrería y madera, instrumentación); 10 PZA Amueblado y equipamiento de oficinas (escritorios de herrería y madera, y sillas para oficina de plástico acojinadas); 376.17 M2 Pintura en instalaciones (pintura vinílica base agua en muros,); 892.36 ML Barda perimetral (muros 14 cms esp. tabicón pesado, castillos, cadenas, con zapata corrida, malla ciclónica galvanizada cal 11 aperturas de 63 mm).

#### INSTALACIONES ELÉCTRICAS SISTEMA DE FUERZA:

1 PZA Inst. Eléctrica (Transformador de 225kva trifásico relación de transformación 33,000-440/254 v tipo poste, inc: acometida, y centro de control de cargas; 120 ML sistema de fuerza en el tratamiento de agua (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno); 240 ML sistema de fuerza en el tratamiento de lodos (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno); 380 ML sistema de fuerza en edificios

(cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno); 320 ML sistema de fuerza en alumbrado público (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno); 120 ML sistema de fuerza en el tratamiento de aguas (suministro de cable thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno); 240 ML sistema de fuerza en el tratamiento de lodos. (Cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno); 1PZA planta de emergencia (Planta Eléctrica Diésel 50 kW trifásica).

#### CENTRO DE CONTROL DE MOTORES:

1 PZA Suministro de materiales para Centro de Control de motores (CCM); 1 PZA Instalación de materiales para Centro de Control de motores (CCM).

#### INSTRUMENTACIÓN:

1 PZA Suministro e instalación de instrumentación y control (sensores, electro niveles).

#### CONTROL DE PROCESO:

1 PZA Suministro de PLC (Programmable Logic Control), 630 ML Suministro de tuberías, cableado y registro correspondientes; 1 PZA Instalación de PLC, incluye software y tablero de control; 360 ML Instalación de tuberías, cableado y registros correspondientes.

#### PRUEBAS Y ARRANQUE:

1 PZA Pruebas pre-operativas a la obra eléctrica; 1 PZA Pruebas pre-operativas a la obra mecánica; 1 PZA Pruebas pre-operativas de capacidad hidráulica de la PTAR y sus interconexiones, incluyendo hermeticidad de la obra hidráulica; 1 PZA Pruebas pre-operativas de instrumentación y control de sensores de proceso; 1 PZA Pruebas pre-operativas de control de PLC y Centro de Control de Motores (CCM); 1 PZA Etapa de estabilización de los procesos de tratamiento incluyendo análisis de laboratorio acreditado para evaluación del proceso; 1 PZA Etapa de operación y capacitación incluyendo análisis de laboratorio acreditado para evaluación del proceso.

Una vez construirá y equipada la PTAR y sus conductos periféricos (sistema de captación, línea de conducción, tablero general de control eléctrico, generador eléctrico de emergencia, etc.), se propone probar el equipo de aeración y tablero de control eléctrico, así como sus líneas y válvulas de aire.

Se procede entonces al arranque de sistema de creación, dejándolo trabajar continuo durante 5 a 7 días, para que se inicie el desarrollo de la población bacteriana. Después de esos días, se procede a programar el reloj digital del tablero de control de la PTAR, con ciclos de aeración de 45 min. Seguidos de ciclos de sedimentación de 15 min.

En este proceso, las aguas residuales entran a un tanque de aeración cuyo contenido se mezcla extensivamente con grandes volúmenes de aire a presión inyectados al tanque por medio de difusores de burbuja fina ubicados en el fondo de la cámara, al ascender las burbujas de aire hacia la superficie, se efectúa una transferencia de oxígeno a los líquidos del tanque. Las bacterias aeróbicas que se encuentran presentes en los lodos activados del tanque utilizan oxígeno para convertir las aguas residuales en líquidos inofensivos claros e inodoros.

Se regulan las válvulas de las bombas de retorno de lodos aproximadamente a la mitad del caudal del tubo lleno. Una vez que el líquido abandona el tanque de aeración, es retenido en un tanque de sedimentación clarificador, el cual se encuentra en estado de reposo. Aquí se asientan en el fondo del tanque todas las partículas parcialmente tratadas desde donde pueden ser dirigidas hacia un tanque de almacenamiento de lodos después de cumplir ciertas condiciones específicas en su tratamiento, posteriormente de este tanque se tiene un lecho de secado de lodos donde la materia orgánica producto del sistema de tratamiento se extiende sobre una superficie compuesta de agregados de finos y gruesos de determinado espesor.

Mediante tuberías de agua que ha sido tratada, se dirige hacia un tanque de cloración con muros divisorios en forma de serpentín donde se aplica una dosificación de cloro para disminuir los parámetros de los contaminantes, con ello poder disponer del agua tratada.

Los lodos producidos por el proceso se disponen en un área determinada llamada Lecho de secado de lodos donde realiza la deshidratación de los mismos, a este lugar es dirigido el producto orgánico por medio de tuberías.

La descarga de agua tratada se realiza por medio de tuberías de PVC de 24" conectadas desde el tanque clorador hacia un arroyo existente o en su caso el tanque.

La estructura de descarga de las aguas tratadas será a base de muros de concreto hecho en obra  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ , la altura que tendrá será de 1.50 mts. Y 1.20 mts. de largo, el espesor de los muros será de 10 cm.

La tecnología propuesta es un sistema de tratamiento biológico de aguas residuales del tipo aeróbico, basa en el proceso de lodos activados en su variante de aeración extendida.

Las PTAR de aeración extendida pueden dividirse en los siguientes elementos principales:

- a) Pretratamiento
- b) Cárcamo de bombeo
- c) Sedimentación primaria
- d) Aireación
- e) Sedimentación Secundaria
- f) Tanque de Oxidación

- g) Infraestructura de comunicación inteligente de operación
- h) Manejo integral de los sólidos generados
- i) Operación integral con manejo certificado de resultados.

En las etapas constructivas, operativas y de mantenimiento de la PTAR, se seguirán los lineamientos de la NOM-001-SEMARNAT-2021 la principal. Como se mencionó anteriormente, dicha norma previene la contaminación de los cuerpos de agua y ecosistema en general. En resumen, las aguas residuales deben ser tratadas antes de ser descargadas al medio ambiente.

Ventajas del sistema propuesto:

1. Cumplimiento eficiente con la Norma Oficial Mexicana
2. Poca y/o mínima superficie para su construcción
3. Su construcción modular, permite la ampliación por modulo conforme crezca la población
4. Política de residuos sólidos “cero” de lodos
5. Ausencia total de olores sépticos y/o desagradables
6. Bajo costo de operación y mantenimiento por m2 de agua tratada.

Con estos parámetros se procedió a proponer un tren de tratamiento adecuado para cumplir con la NOM-001-SEMARNAT-2021, siendo el tratamiento adecuado la de Aireación extendida/Lodos activados, con el siguiente arreglo:

- Pretratamiento
- Cárcamo de bombeo
- Tratamiento Primario
- Reactor aerobio
- Tanque de contacto de Cloro

Característica: Aireación Extendida /Lodos activados.

La tecnología propuesta es un sistema de tratamiento biológico de aguas residuales del tipo aeróbico, basa en el proceso de lodos activados en su variante de aeración extendida.

La PTAR de aeración extendida puede dividirse en 4 elementos principales.

Pretratamiento

Aireación

Sedimentación

Cloración

### **Pretratamiento**

En esta primera etapa se utiliza un mecanismo de pretratamiento para desintegrar físicamente las aguas residuales y para atrapar materiales no biodegradables tales como plásticos y metales antes de que se introduzcan a la planta. El mecanismo básico para esto es un desarenador se emplea para remover gravillas, arenas, cenizas presentes en las aguas residuales municipales, que pueden causar abrasión o desgaste excesivo en los equipos mecánicos de una PTAR y con control de velocidad por medio de los canales "Parshall", rejilla y trampa basura. La desarenación se ubica generalmente después de cribado y antes de la sedimentación primaria.

### **Aireación**

En el tanque de aireación se lleva a cabo la digestión aeróbica. Es aquí donde las aguas residuales pretratadas se mezclan recibiendo aire por medio de difusores especiales de burbuja extrafina, localizados al fondo de tanque. Estos difusores, inyectan cantidades suficientes de aire para satisfacer la demanda de oxígeno necesaria para que se efectúe el proceso de digestión aeróbica al mismo tiempo que se mezclan íntegramente los contenidos del tanque. Con un tiempo de retención de 18 horas efectuándose la homogeneización que se logra al ascender las burbujas finas de los difusores hacia la superficie.

En el tanque de aireación, se produce una cantidad muy baja de lodos excedentes y estos se encuentran altamente mineralizados, por lo que no se considera ninguna extracción o purga de los mismos, ya que estos excedentes no son representativos para equipar la planta con otros mecanismos.

### **Sedimentación**

El siguiente paso en el proceso se lleva a cabo en el compartimiento de sedimentación. Aquí no existe ningún tipo de turbulencia provocando con esto que los sólidos remanentes, lodos, se asienten en el fondo del tanque a donde son revertidos a la cámara de aeración por medio de un mecanismo de retorno de lodos, que es básicamente un elevador neumático que bombea los lodos a tratamiento adicional.

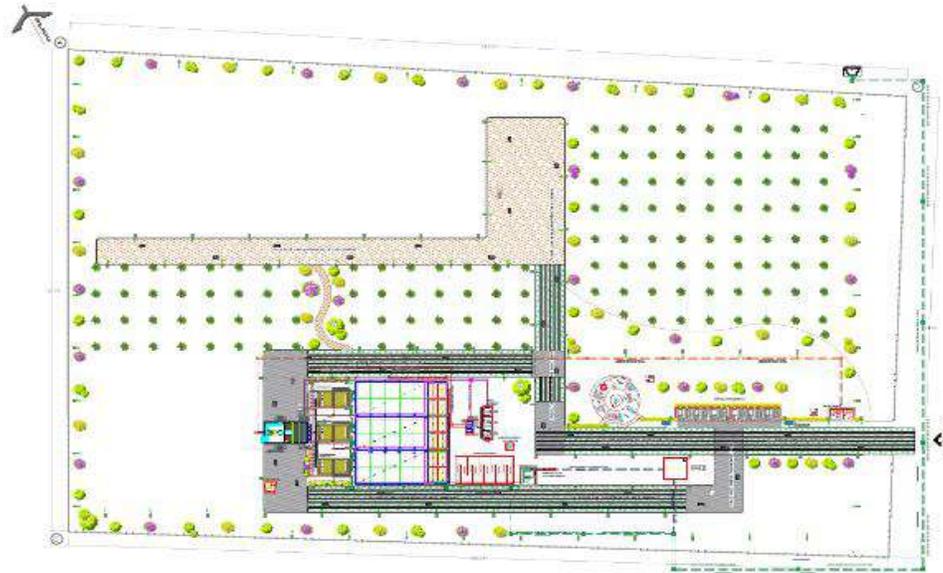
Al regresar íntegramente todos los lodos de la cámara de sedimentación no se generan exceso de lodos por lo que no es necesario contar con un sistema de estabilización y deshidratación de lodos excedentes, eventualmente y como parte del mantenimiento anual de la planta, algunas veces necesitara extraer pequeñas cantidades (100 kg/año) de lodo generalmente inorgánico (cenizas).

### **Cloración**

Las aguas tratadas abandonan el clarificador y son desinfectadas en un tanque de flujo turbulento, hipoclorito de sodio.

El sistema de desinfección es por medio de un dosificador de hipoclorito de sodio líquido que funciona por demanda, la cisterna de agua tratada sirve como cámara de contacto de cloración y debe tener un tiempo de mínimo de retención de 30 minutos.

**ILUSTRACIÓN 16 ESTRUCTURA GENERAL DE LA PTAR**

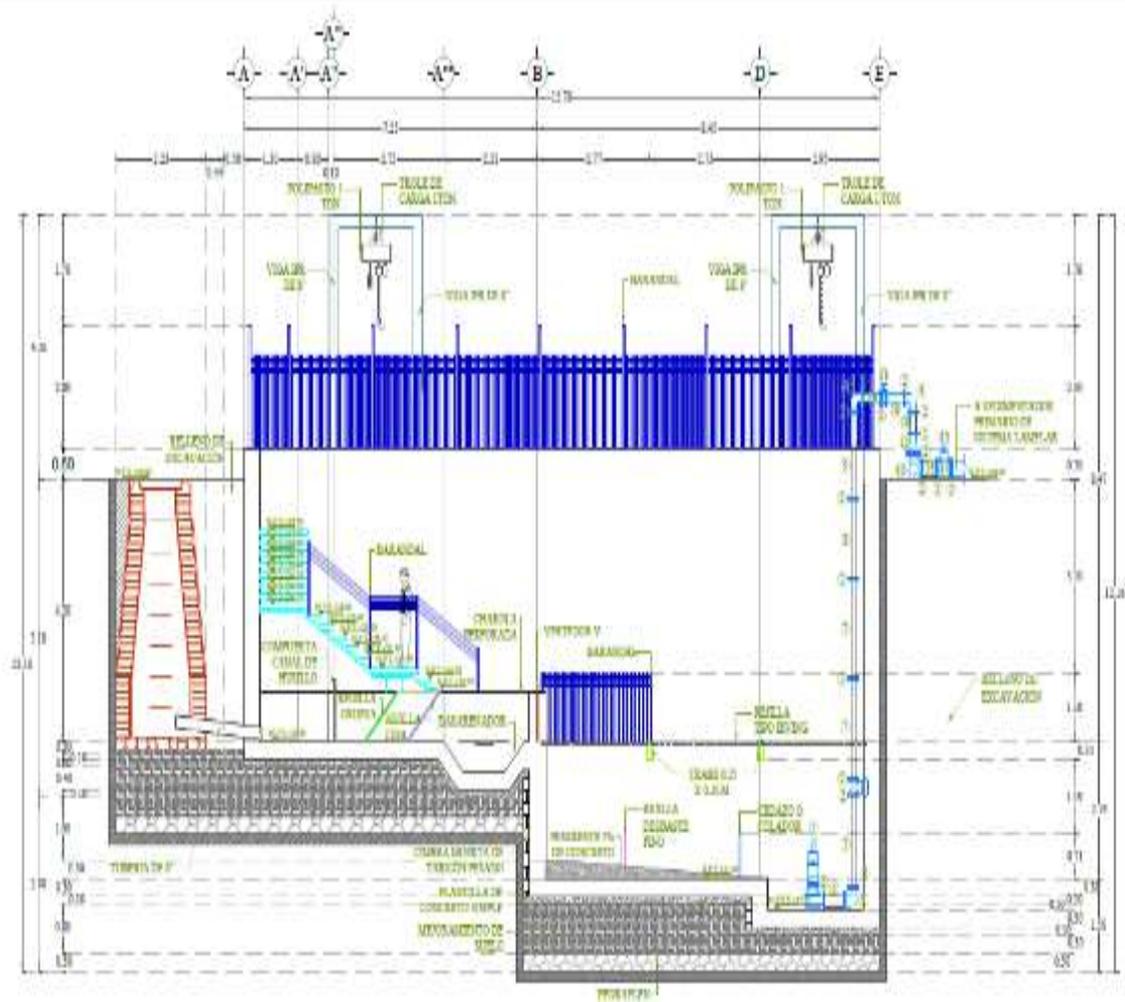


**NOTAS GENERALES / SIMBOLOGÍA**

-  ESTRUCTURA DE CONCRETO
-  ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO
-  PASEO
-  TUBERÍA DE 100 MM Ø
-  TUBERÍA DE 150 MM Ø
-  MANHOLE

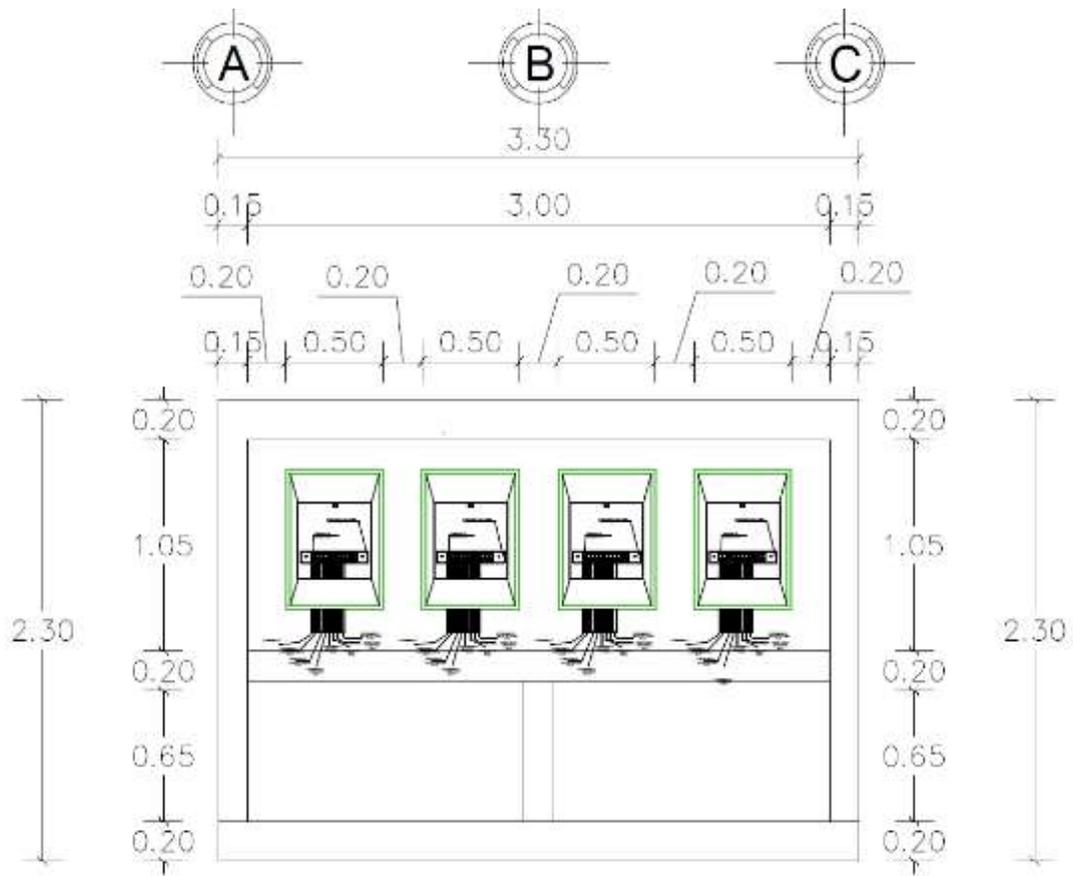
*Fuente: Proyecto ejecutivo proporcionado por el H. Ayuntamiento*

**ILUSTRACIÓN 17 PLANTA ARQUITECTÓNICA DEL CONJUNTO DESARENADOR Y CÁRCAMO DE BOMBEO.**



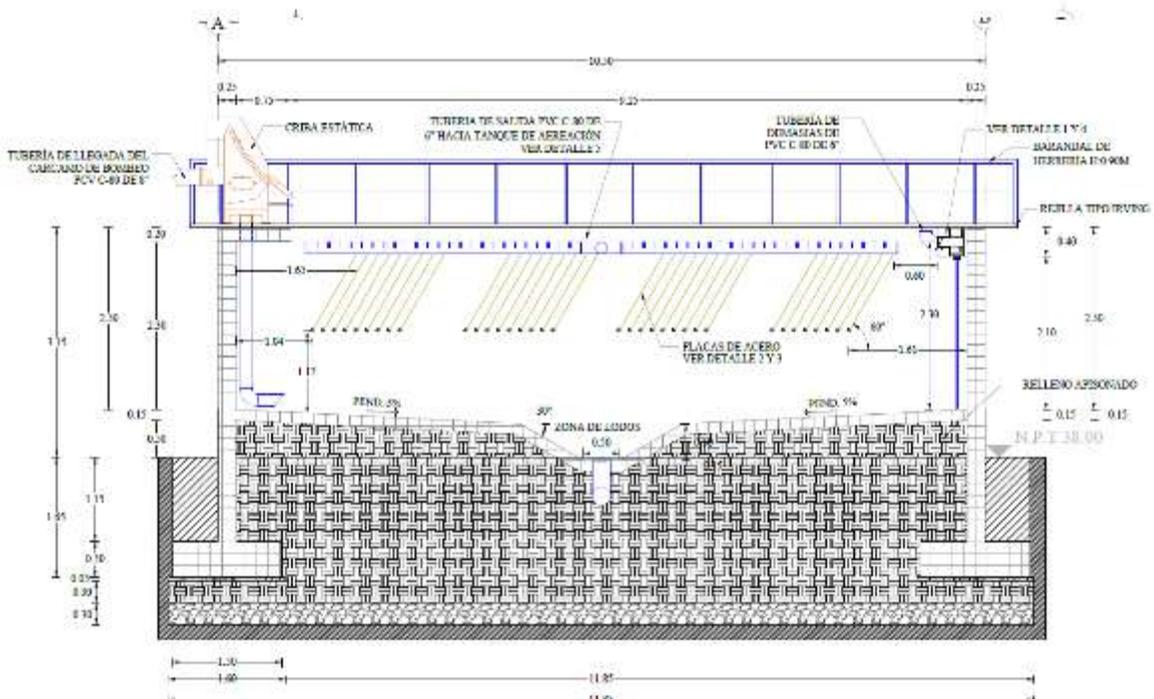
Fuente: Proyecto ejecutivo proporcionado por el H. Ayuntamiento

ILUSTRACIÓN 18 CORTE ARQUITECTÓNICO DE MAMPARA DE CONTROL



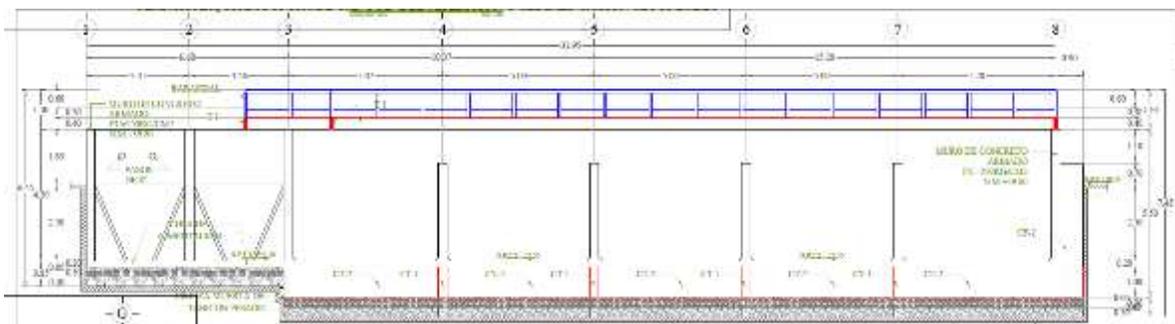
Fuente: Proyecto ejecutivo proporcionado por el H. Ayuntamiento

**ILUSTRACIÓN 19 PLANTA ARQUITECTÓNICA SEDIMENTADOR PRIMARIO DE FLUJO CONTINUO**



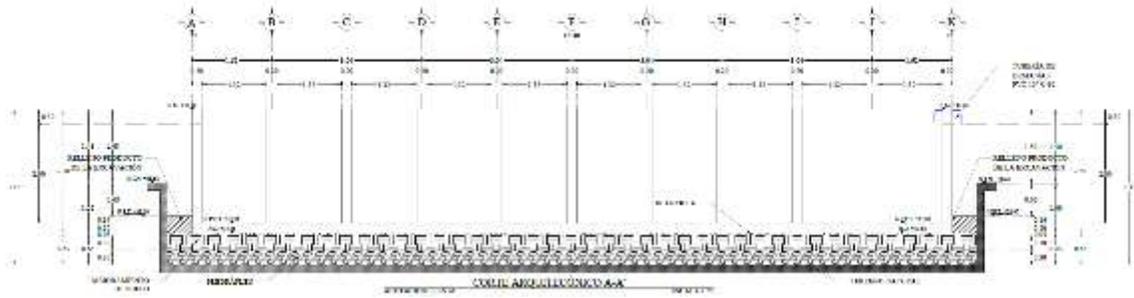
Fuente: Proyecto ejecutivo proporcionado por el H. Ayuntamiento

**ILUSTRACIÓN 20 PLANTA ARQUITECTÓNICA DEL TANQUE DE AIREACIÓN Y SEDIMENTACIÓN SECUNDARIO**



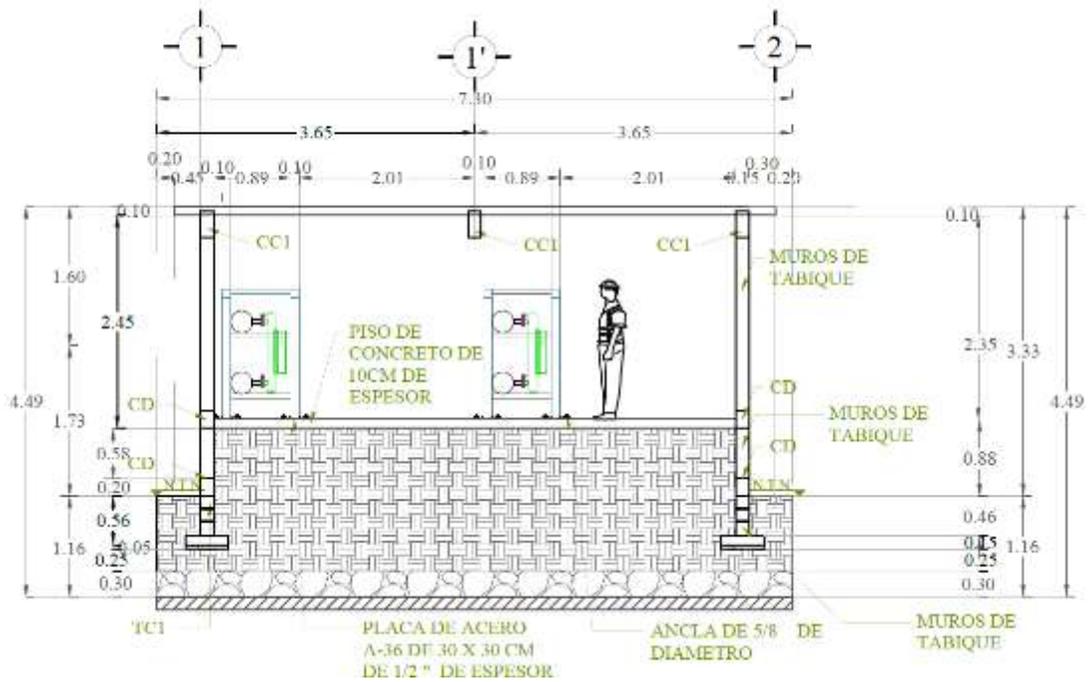
Fuente: Proyecto ejecutivo proporcionado por el H. Ayuntamiento

### ILUSTRACIÓN 21 PLANTA ESTRUCTURAL DE TANQUE DE OXIDACIÓN



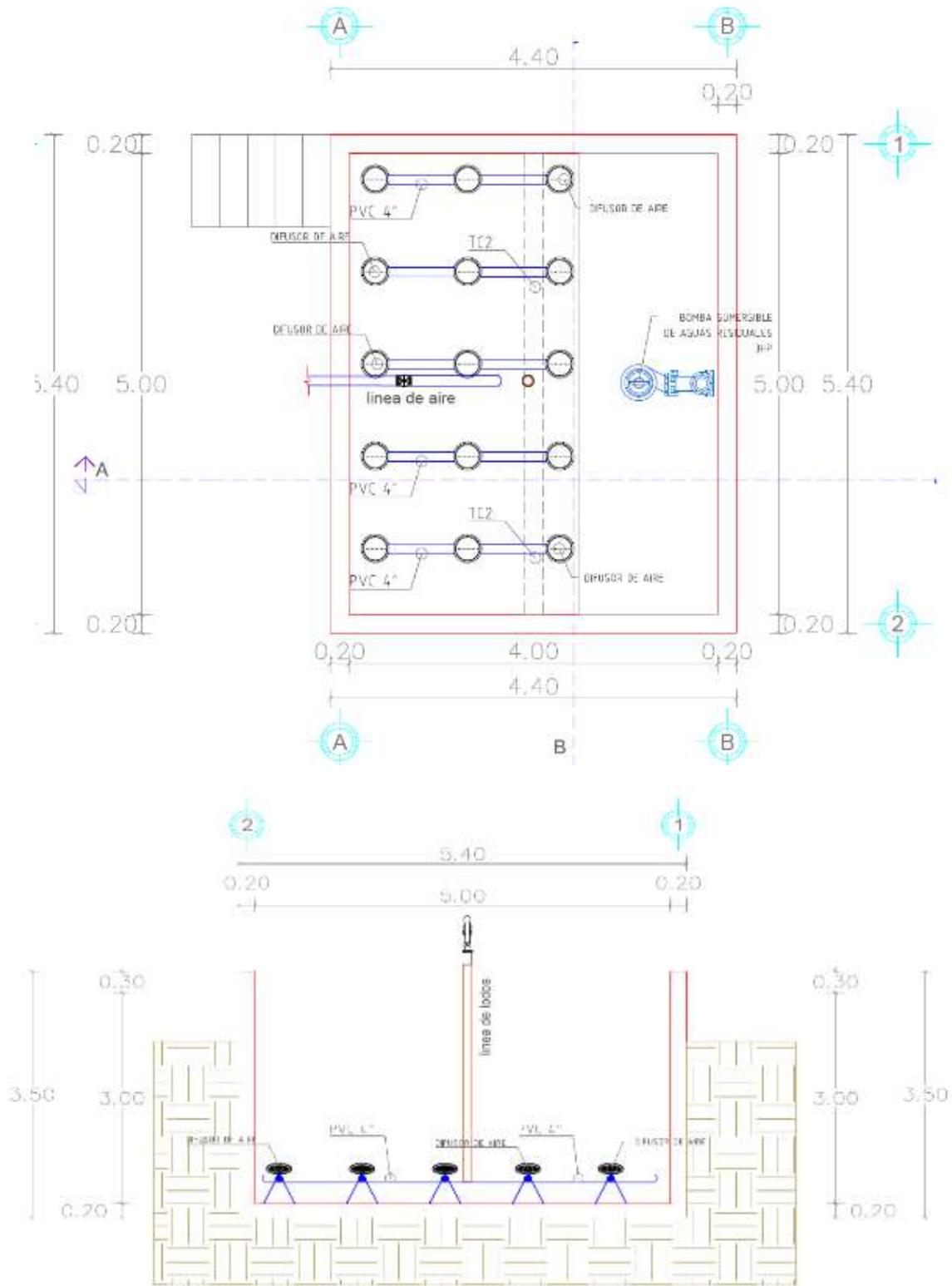
Fuente: Proyecto ejecutivo proporcionado por el H. Ayuntamiento

### ILUSTRACIÓN 22 PLANTA ARQUITECTÓNICA CASETA DE DESINFECCIÓN



Fuente: Proyecto ejecutivo proporcionado por el H. Ayuntamiento

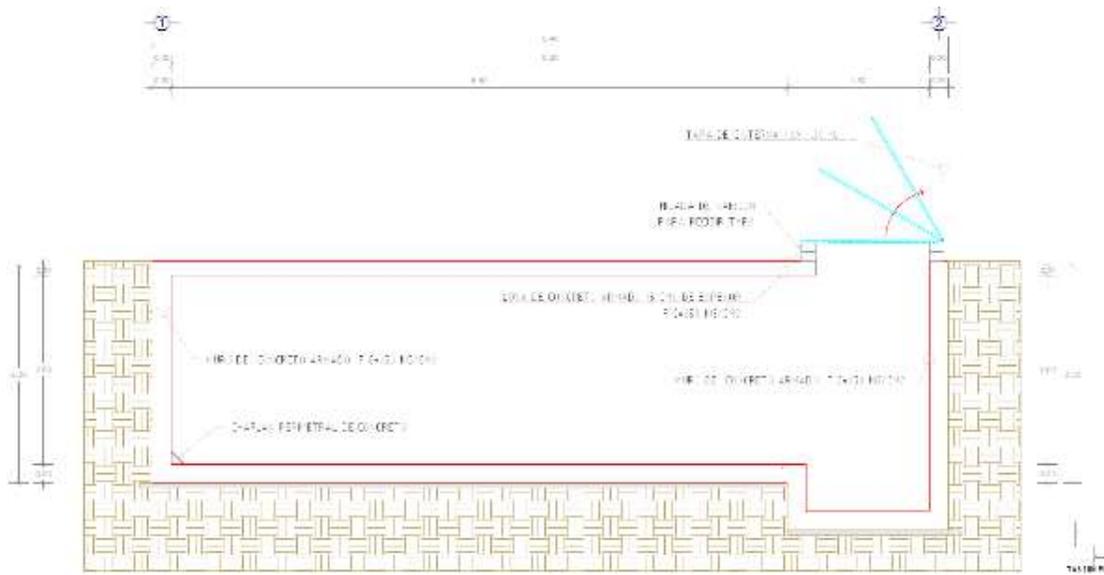
### ILUSTRACIÓN 23 PLANTA ARQUITECTÓNICA DIGESTOR DE LODOS



Fuente: Proyecto ejecutivo proporcionado por el H. Ayuntamiento

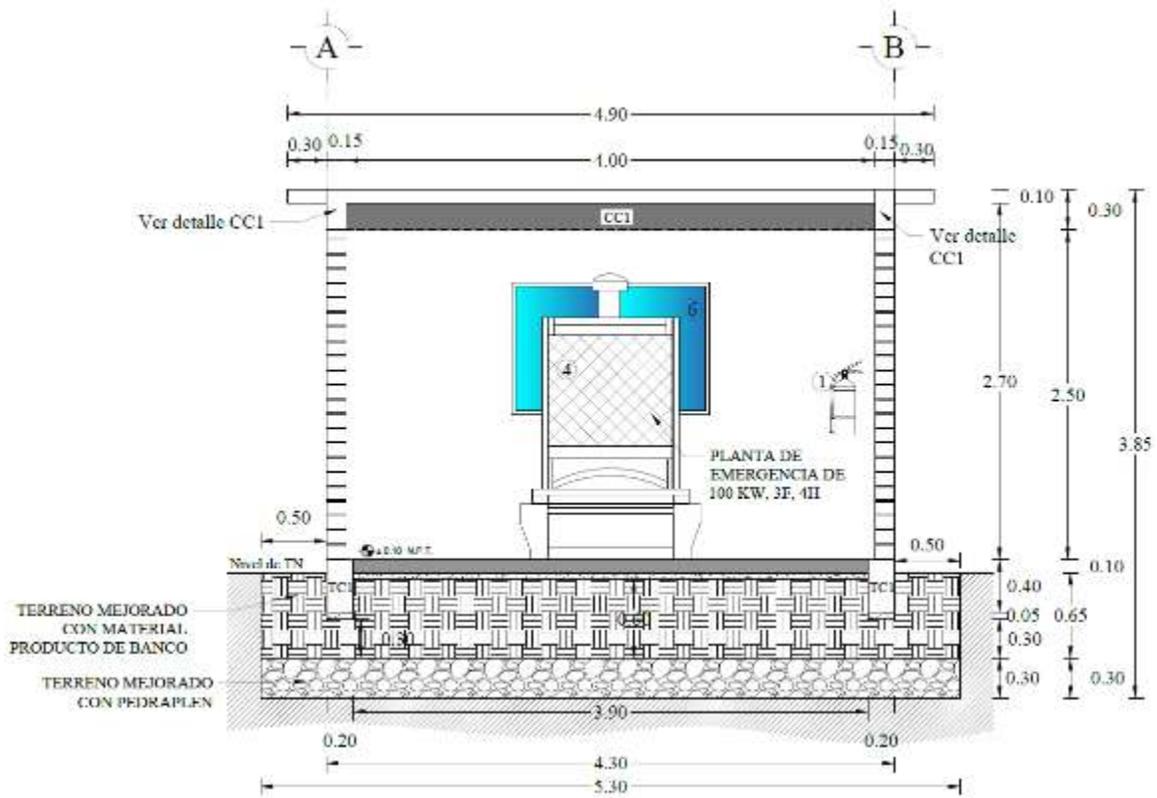


### ILUSTRACIÓN 25 PLANTA ARQUITECTÓNICA DE CISTERNA DE CAPACIDAD DE 100 M3



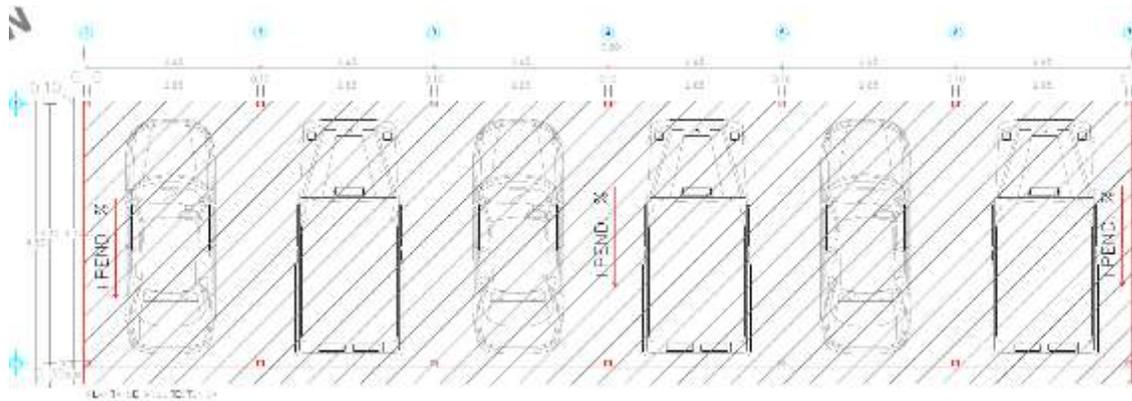
Fuente: Proyecto ejecutivo proporcionado por el H. Ayuntamiento

### ILUSTRACIÓN 26 PLANTA ARQUITECTÓNICA DE LA PLANTA DE EMERGENCIA



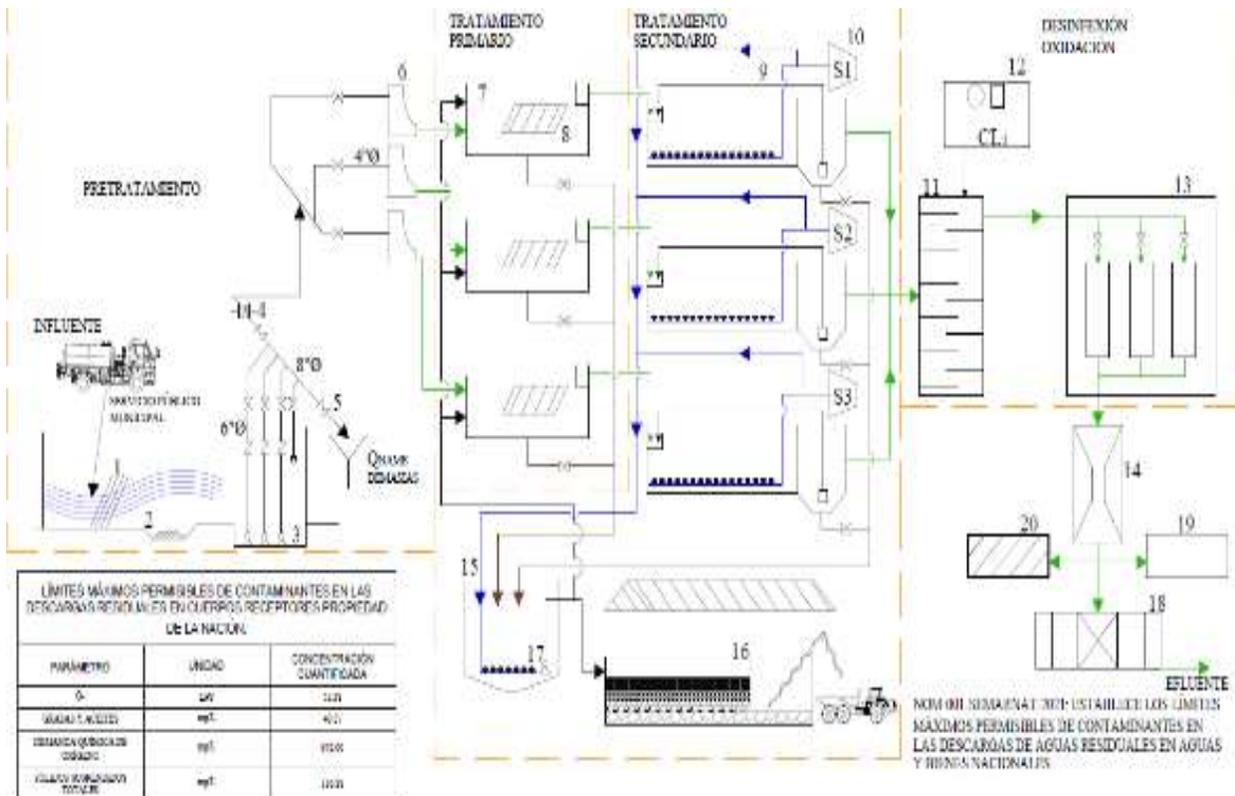
Fuente: Proyecto ejecutivo proporcionado por el H. Ayuntamiento

## ILUSTRACIÓN 27 PLANTA ARQUITECTÓNICA DEL ESTACIONAMIENTO



Fuente: Proyecto ejecutivo proporcionado por el H. Ayuntamiento

## ILUSTRACIÓN 28 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS POR DIGESTIÓN AEROBIA EXTENDIDA MODULAR (PLADAEM)- TREN DE PROCESOS.



Fuente: Proyecto ejecutivo proporcionado por el H. Ayuntamiento

**Identificación y selección de alternativas de reúso del agua tratada, considerando el repago de los costos de operación y mantenimiento.**

En relación al agua que se utiliza para el riego de los cultivos, este es abastecido a través de un sistema de riego (Distrito de Riego no. 19), administrado por la Asociación de Usuario de Riego Tehuantepec-mixtequilla compuesto de 800 usuarios, el agua se obtiene de la presa llamada "Benito Juárez", ubicada en la población de Jalapa del Marqués y de allí es derivada a una represa denominada la "cortina" y enviada a una infraestructura de canales de riego y estos las derivan a canales secundarios y de allí a las parcelas de los usuarios.

El reúso de agua tratada es una alternativa muy viable y real para el Distrito de Riego No. 19, además que permitirá a través de algún convenio el pago por el m<sup>3</sup> agua tratada para ese distrito, así como como el lodo tratado para generar abono orgánico, teniendo como beneficios generales

- a) Riego de áreas verdes
- b) Riego agrícola
- c) Mantener el flujo ambiental
- d) Recargar el acuífero

## b. Alineación Estratégica

El presente proyecto está alineado a los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2024, así como al Plan Estatal de Desarrollo de Oaxaca 2022-2028.

### **PLAN NACIONAL DE DESARROLLO PERIODO 2018 - 2024**

#### 2. POLÍTICA SOCIAL

##### Desarrollo sostenible

El gobierno de México está comprometido a impulsar el desarrollo sostenible, que en la época presente se ha evidenciado como un factor indispensable del bienestar. Se le define como la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Esta fórmula resume insoslayables mandatos éticos, sociales, ambientales y económicos que deben ser aplicados en el presente para garantizar un futuro mínimamente habitable y armónico. El hacer caso omiso de este paradigma no sólo conduce a la gestación de desequilibrios de toda suerte en el corto plazo, sino que conlleva una severa violación a los derechos de quienes no han nacido. Por ello, el Ejecutivo Federal considerará en toda circunstancia los impactos que tendrán sus políticas y programas en el tejido social, en la ecología y en los horizontes políticos y económicos del país.

### **PLAN ESTATAL DE DESARROLLO DE OAXACA 2022-2028**

#### EJE 5. INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS PÚBLICOS PARA EL DESARROLLO DE OAXACA

##### 5.4 AGUA Y SANEAMIENTO

###### Objetivo 5.4

Incrementar el acceso a los servicios de agua entubada y saneamiento en el estado, con especial atención a la población de mayor rezago.

###### Estrategia 5.4.3

Fortalecer la infraestructura de tratamiento de aguas residuales.

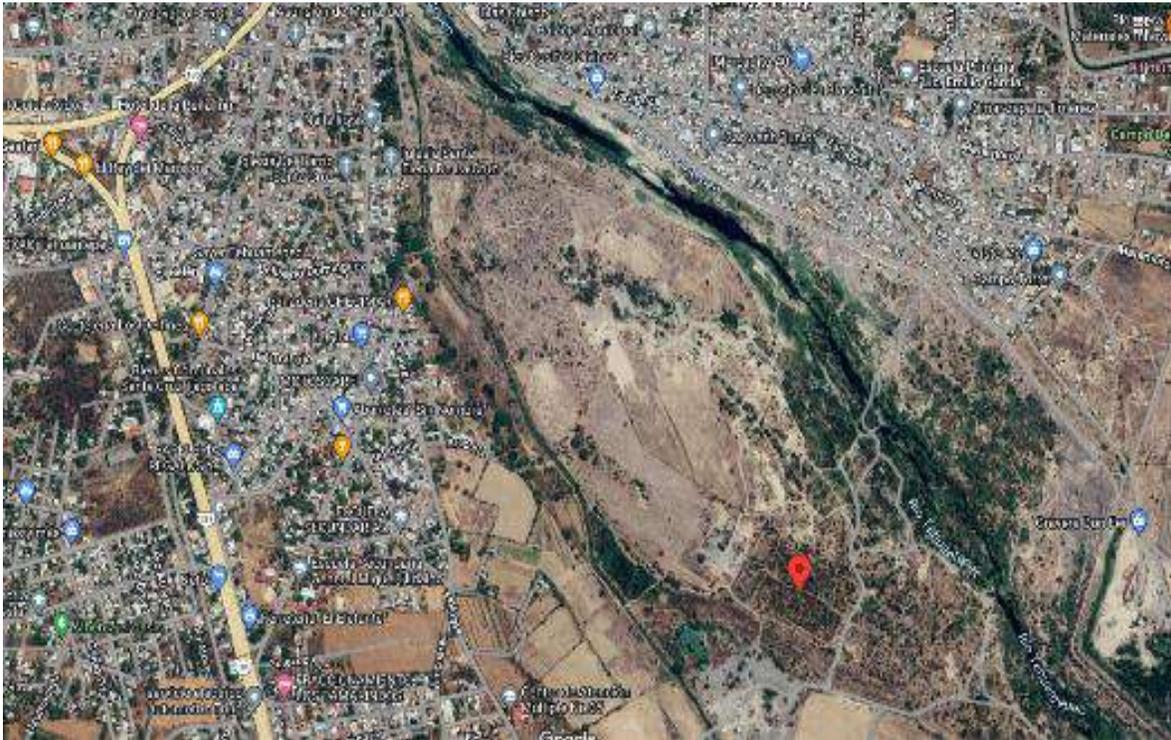
###### Líneas de acción

5.4.3.1 Construir plantas de tratamiento de aguas residuales.

### c. Localización geográfica

La construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, se localizará en un terreno conurbado ubicado en las colindancias del margen derecho del Rio Tehuantepec, teniendo las siguientes coordenadas geográficas:

**ILUSTRACIÓN 29 UBICACIÓN DEL PROYECTO**



Fuente: elaborado con información de H. Ayuntamiento.

**TABLA 31 UBICACIÓN DE LOS TRAMOS DEL PROYECTO**

N. Tramos	NOMBRE DE LA VIALIDAD ACUERDO AL MAPA DIGITAL DE INEGI	LOCALIZACION POR TRAMO DE ACUERDO A MAPA DIGITAL INEGI		ENTRE CALLES O CADENAMIENTOS		GEORREFERENCIAS.	
		MUNICIPIO	LOCALIDAD	INICIO	FIN	INICIO LATITUD - LONGITUD	FINAL LATITUD - LONGITUD
1	Paraje la Playa	Santo Domingo Tehuantepec	Santo Domingo Tehuantepec	Vereda sin nombre	Vereda sin nombre	16.31459	, -95.22387.

Fuente: Elaborado con información de H. Ayuntamiento.

## d. Calendario de actividades

**TABLA 32 CALENDARIO DE AVANCE FÍSICO Y FINANCIERO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA PTAR**

CONCEPTO	EJERCICIO 2023			
	Mes 1 (\$)	Mes 2 (\$)	Mes 3 (\$)	Total (\$)
<b>PRETRATAMIENTO Y CÁRCAMO DE BOMBEO</b>				-
Trabajos preliminares	\$372.82	\$1,242.67	\$1,284.10	\$2,899.59
Construcción de la obra civil	\$366,985.62	\$1,223,285.63	\$1,264,061.81	\$2,854,333.06
obra hidráulica	\$203,538.45	\$678,461.50	\$701,076.85	\$1,583,076.80
obra mecánica	\$236,635.92	\$788,786.40	\$815,079.28	\$1,840,501.60
<b>TRATAMIENTO PRIMARIO</b>				\$0.00
Trabajos preliminares	\$357.85	\$1,191.30	\$1,230.86	\$2,780.01
Construcción de la obra civil	\$521,939.52	\$1,739,798.87	\$1,797,791.91	\$4,059,530.30
obra hidráulica	\$231,931.18	\$773,104.34	\$798,874.48	\$1,803,910.00
obra mecánica	\$116,049.10	\$386,830.33	\$399,724.66	\$902,604.09
<b>TRATAMIENTO SECUNDARIO</b>				\$0.00
Trabajos preliminares	\$2,035.34	\$6,784.49	\$7,010.63	\$15,830.46
Construcción de la obra civil	\$1,901,280.71	\$6,337,602.33	\$6,548,855.66	\$14,787,738.70
obra hidráulica	\$57,358.95	\$191,196.31	\$197,569.64	\$446,124.90
obra mecánica	\$1,283,996.21	\$4,279,987.33	\$4,422,653.52	\$9,986,637.06
<b>DESINFECCIÓN</b>				\$0.00
Trabajos preliminares	\$406.74	\$1,355.91	\$1,401.87	\$3,164.52
Construcción de la obra civil	\$210,422.31	\$701,408.32	\$724,788.31	\$1,636,618.94
obra hidráulica	\$333,587.46	\$1,111,958.44	\$1,149,023.46	\$2,594,569.36
obra mecánica	\$12,146.30	\$40,487.66	\$41,837.24	\$94,471.20
<b>TRATAMIENTOS DE LODOS</b>				\$0.00
Trabajos preliminares	\$238.22	\$795.41	\$821.86	\$1,855.49
Construcción de la obra civil	\$254,441.43	\$848,137.84	\$876,409.45	\$1,978,988.72
obra hidráulica	\$118,392.75	\$394,641.75	\$407,795.90	\$920,830.40
obra mecánica	\$23,863.26	\$79,544.22	\$82,195.68	\$185,603.16
<b>CONTROL DE INUNDACIONES</b>				\$0.00
Trabajos preliminares	\$825.87	\$2,753.07	\$2,845.06	\$6,424.00
obra hidráulica	\$108,349.12	\$361,166.50	\$373,205.38	\$842,721.00
<b>OBRA DE DEMASIÁS Y DESCARGA DE AGUA TRATADA</b>				\$0.00
Trabajos preliminares	\$1,296.95	\$4,323.65	\$4,467.40	\$10,088.00
Construcción de la obra civil	\$151,920.54	\$506,403.14	\$523,285.32	\$1,181,609.00

obra hidráulica	\$28,659.87	\$95,532.71	\$98,718.42	\$222,911.00
<b>ACONDICIONAMIENTO DE CAMINOS DE ACCESO</b>				\$0.00
Trabajos preliminares	\$20,754.84	\$69,174.45	\$71,480.31	\$161,409.60
Construcción de la obra civil	\$142,836.91	\$476,116.02	\$491,985.47	\$1,110,938.40
<b>PROYECTO ARQUITECTÓNICO (URBANISMO)</b>				\$0.00
Trabajos preliminares	\$333.25	\$1,111.15	\$1,147.41	\$2,591.81
Construcción de vialidades	\$318,020.00	\$1,060,065.64	\$1,095,401.39	\$2,473,487.03
Construcción edificio administrativo, caseta de vigilancia, laboratorio y estacionamiento.	\$389,482.16	\$1,298,275.15	\$1,341,549.75	\$3,029,307.06
Inst. generales en edificio administrativo, caseta de vigilancia, laboratorio, estacionamiento	\$254,285.79	\$847,619.29	\$875,872.64	\$1,977,777.72
Inst. hidráulicas y sanitarias en edificio administrativo y laboratorio	\$80,335.14	\$267,783.79	\$276,709.91	\$624,828.84
Amueblado y equipamiento de laboratorio	\$60,653.69	\$202,178.69	\$208,917.92	\$471,750.30
Amueblado y equipamiento de oficinas	\$157,458.19	\$524,860.63	\$542,355.98	\$1,224,674.80
Pintura en instalaciones	\$11,005.76	\$36,683.49	\$37,908.23	\$85,597.48
Barda perimetral	\$553,222.81	\$1,844,076.01	\$1,905,545.09	\$4,302,843.91
<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS SISTEMA DE FUERZA</b>				\$0.00
Instalación Eléctrica	\$58,555.65	\$195,185.50	\$201,691.68	\$455,432.83
sistema de fuerza en el tratamiento de agua	\$13,070.08	\$43,566.38	\$45,019.14	\$101,655.60
sistema de fuerza en el tratamiento de lodos	\$6,924.07	\$23,080.22	\$23,849.31	\$53,853.60
sistema de fuerza en edificios	\$9,418.82	\$31,396.08	\$32,441.50	\$73,256.40
sistema de fuerza en alumbrado público	\$65,479.97	\$218,266.95	\$225,542.68	\$509,289.60
sistema de fuerza en el tratamiento de aguas	\$1,916.27	\$6,386.82	\$6,599.71	\$14,902.80
sistema de fuerza en el tratamiento de lodo	\$1,437.04	\$4,790.12	\$4,949.64	\$11,176.80
planta de emergencia	\$108,341.82	\$361,139.40	\$373,177.38	\$842,658.60
<b>CENTRO DE CONTROL DE MOTORES</b>				\$0.00
Suministro de materiales para Centro de Control de motores (CCM)	\$416,551.01	\$1,388,503.37	\$1,434,786.80	\$3,239,841.18
Instalación de materiales para Centro de Control de motores (CCM)	\$11,227.93	\$37,426.44	\$38,674.00	\$87,328.37
<b>INSTRUMENTACIÓN</b>				\$0.00
Suministro e instalación de instrumentación y control (sensores, electro niveles)	\$495,355.39	\$1,651,184.63	\$1,706,224.11	\$3,852,764.13
<b>CONTROL DE PROCESO</b>				\$0.00
Suministro de PLC (Programmable Logic Control)	\$9,468.98	\$31,563.27	\$32,615.39	\$73,647.64
Suministro de tuberías, cableado y registro correspondientes	\$1,871.70	\$6,236.70	\$6,444.60	\$14,553.00

Instalación de PLC, incluye software y tablero de control	\$9,638.19	\$32,127.30	\$33,198.20	\$74,963.69
Instalación de tuberías, cableado y registros correspondientes	\$958.02	\$3,194.21	\$3,299.77	\$7,452.00
<b>PRUEBAS Y ARRANQUE</b>				\$0.00
Pruebas pre-operativas a la obra eléctrica		\$101,992.23	\$225,839.93	\$327,832.16
Pruebas pre-operativas a la obra mecánica		\$74,248.23	\$164,406.79	\$238,655.02
Pruebas pre-operativas de capacidad hidráulica de la PTAR y sus interconexiones, incluyendo hermeticidad de la obra hidráulica		\$54,873.32	\$121,505.22	\$176,378.54
Pruebas pre-operativas de instrumentación y control de sensores de proceso		\$134,626.57	\$298,101.68	\$432,728.25
Pruebas pre-operativas de control de PLC y Centro de Control de Motores (CCM)		\$65,745.76	\$145,579.91	\$211,325.67
Etapa de estabilización de los procesos de tratamiento incluyendo análisis de laboratorio acreditado para evaluación del proceso		\$159,742.95	\$353,716.53	\$513,459.48
Etapa de operación y capacitación incluyendo análisis de laboratorio acreditado para evaluación del proceso		\$139,557.94	\$309,027.95	\$448,585.89
<b>AVANCE FINANCIERO SIN IVA</b>	<b>\$9,365,635.97</b>	<b>\$31,949,558.82</b>	<b>\$33,877,574.77</b>	<b>\$75,192,769.56</b>
<b>AVANCE FINANCIERO CON IVA</b>	<b>\$10,864,137.73</b>	<b>\$37,061,488.23</b>	<b>\$39,297,986.73</b>	<b>\$87,223,612.69</b>
<b>AVANCE FISICO</b>	<b>30.00%</b>	<b>35.00%</b>	<b>35.00%</b>	<b>100.00%</b>
Adecuación del Proyecto Ejecutivo				
<b>AVANCE FINANCIERO SIN IVA</b>	<b>1,172,886.16</b>			<b>1,172,886.16</b>
<b>AVANCE FINANCIERO CON IVA</b>	<b>1,360,547.94</b>			<b>1,360,547.94</b>
<b>AVANCE FISICO</b>	<b>100%</b>			<b>100%</b>

Fuente: Elaborado con información del proyecto ejecutivo del H. Ayuntamiento.

## e. Monto de inversión

El monto total de inversión del proyecto asciende a \$88,584,160.63 (ochenta y ocho millones, quinientos ochenta y cuatro mil, ciento sesenta pesos, 63/100 M.N), de los cuales la construcción y puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Etapa Única), asciende a \$ 87,223,612.69 (Ochenta y siete millones, doscientos veintitrés mil, seiscientos doce pesos 69/100 M.N ). Con IVA Incluido; respecto al a Adecuación del Proyecto Ejecutivo el monto es de \$1,360,547.94 (un millón trescientos sesenta mil, quinientos cuarenta y siete pesos 94/100 M.N), con IVA incluido.

Los costos de inversión para construcción del proyecto son los siguientes

**TABLA 33 COMPONENTES DEL PROYECTO**

CONCEPTO	Total (importe con IVA)	Total (importe con IVA)
ADECUACIÓN DEL PROYECTO EJECUTIVO	\$1,172,886.16	\$ 1,360,547.94
CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (ETAPA ÚNICA)	\$75,192,769.56	\$ 87,223,612.69
MONTO TOTAL DE INVERSIÓN	\$76,365,655.72	\$88,584,160.63

Fuente: Elaboración propia de acuerdo al proyecto ejecutivo del H. Ayuntamiento.

## f. Fuentes de Financiamiento

**TABLA 34 FINANCIAMIENTO**

Fuente de los recursos	Procedencia	Monto	Porcentaje
Recursos Federales	CONVENIO DE COORDINACIÓN ESPECÍFICO CONAGUA PARA EL EJERCICIO FISCAL 2023.	\$88,584,160.63	100%

Fuente: Elaborado con información del H. Ayuntamiento y CEABIEN.

## g. Capacidad Instalada

La capacidad instalada es la capacidad disponible para la infraestructura evaluada con el proyecto. Por lo anterior y teniendo en cuenta la naturaleza del proyecto que consiste en Construcción y puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Etapa Única), su implementación permite restablecer la capacidad instalada. La implementación del proyecto garantiza una correcta operación del sistema a lo largo del horizonte de evaluación, considerando el año de inicio de operación el cual es en el 2024.

**TABLA 35 CAPACIDAD INSTALADA DEL PROYECTO**

Oferta con Proyecto del Servicio de tratamiento de aguas residuales				
Lt/día	Lt/año	Lt/seg	Lt/hab/día	M3/año
5,487,685.50	2,003,005,207.50	63.51	5,161,536.00	2,003,005.21

Fuente: Proyecto ejecutivo proporcionado por el H. Ayuntamiento

**TABLA 36 CAPACIDAD INSTALADA DEL PROYECTO**

HE	Año	Población que aporta al gasto	Capacidad Instalada de la PTAR (l.p.s/día)	Capacidad Instalada de la PTAR (m3 al día)
0	2023	33,408	-	-
1	2024	33,545	63.51	5,487.69
2	2025	33,682	63.51	5,487.69
3	2026	33,820	63.51	5,487.69
4	2027	33,958	63.51	5,487.69
5	2028	34,097	63.51	5,487.69
6	2029	34,237	63.51	5,487.69
7	2030	34,377	63.51	5,487.69
8	2031	34,518	63.51	5,487.69
9	2032	34,659	63.51	5,487.69
10	2033	34,801	63.51	5,487.69
11	2034	34,943	63.51	5,487.69
12	2035	35,086	63.51	5,487.69
13	2036	35,230	63.51	5,487.69
14	2037	35,374	63.51	5,487.69
15	2038	35,519	63.51	5,487.69

Fuente: Proyecto ejecutivo proporcionado por el H. Ayuntamiento

## h. Metas Anuales y Totales

Con el proyecto se generarán las siguientes metas de infraestructura.

**TABLA 37 METAS DEL PROYECTO**

METAS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD
<b>PRETRATAMIENTO Y CÁRCAMO DE BOMBEO</b>		
Construcción de la obra civil (muros de 40 cms de espesor armado con varillas del 1/2, 5/8 y 3/8, con concreto premezclado con una resist. sulfatos de 350 kg/cm2)	M2	167.20
obra hidráulica (Tubería de FOFO de 6", conexiones especiales (tee, codo de 90, cruz, yee, válvula mariposa, medidor flujo electromagnético, codo reductor, válvula de vastago fijo, carretes) de FOFO de 6"	ML	40.00
obra mecánica (4 bombas sumergible de 20 hp de diámetro impulsor de 6", 3 rejillas de herrería de solera y ángulo de 1/4" x2", y 1 barandal )	PZA	4.00
<b>TRATAMIENTO PRIMARIO</b>		
Construcción de la obra civil (muros de 30 cms de espesor armado con varillas del 1/2, 5/8 con concreto premezclado con una resist. sulfatos de 350 kg/cm2)	M2	231.09
obra hidráulica (Tub. pvc industrial ced 80 de 6" y 8", pzas especiales (tee, codo de 90, válvula de mariposa, reducción de 8" a 6", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8"	ML	50.00
obra mecánica (Lotes de equipamiento inc: 8 desnatadores ABS, 1 cribas estáticas parabólicas de 93x1.50x 1.30m, 145 placas acero inox cal 10, 1 eq. electromecánico de limpieza de extracción de lodos barandal	PZA	3.00
<b>TRATAMIENTO SECUNDARIO</b>		
Construcción de la obra civil (muros de 30 y 20 cms de espesor armado con varillas del 1/2, 5/8 y 3/8 con concreto premezclado con una resist. sulfatos de 350 kg/cm2, malla electrosoldada 6/6-10/10)	M2	144.32
obra hidráulica (Tub. de pvc industrial ced 80 de 6" y 8", pzas especiales (tee, codo de 90, válvula de mariposa, reducción de 8" a 6", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8" y tub. PEAD de 6")	ML	65.00
obra mecánica (Lotes de equipamiento incluyen: agitadores, sopladores, difusores, bomba centrifuga, barandal)	PZA	3.00
<b>DESINFECCIÓN</b>		
Construcción de la obra civil (Caseta desinfección: muros 14 cms esp. tabicón, castillos, cadenas, aplanado, losa 10 cms esp, pintura, tanque de oxidación de muros de 30 y 20 cms de esp. armado con varillas con concreto premezclado resist. a los sulfatos 350 kg/cm2, )	M2	246.65
obra hidráulica (tubería de pvc industrial ced 80 de 6" y 8", pzas especiales (tee, brida ciega, codo de 90, válvula de mariposa, reducción de 8" a 6", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8" y tub. PEAD de 6")	ML	72.60
obra mecánica (10 lámparas UV de 200 gIn por min, herrería para soporte de lámparas a base de ptr 3 x 3)	PZA	10.00
<b>TRATAMIENTOS DE LODOS</b>		
Construcción de la obra civil (muros de 30 cms de esp. armado con varillas con concreto premezclado con una resistencia a los sulfatos de 350 kg/cm2)	M2	96.04
obra hidráulica (Tub. industrial ced 80 de 8", pzas especiales (tee, codo de 90, válvula de mariposa, reducción de 8", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8" y tub. de PEAD de 6")	ML	280.00
obra mecánica (4 bombas sumergible de 40 hp)	PZA	4.00
<b>CONTROL DE INUNDACIONES</b>		
obra hidráulica (canal pluvial de concreto armado, tubería de pvc sanitario de 6", 4" y 2", conexiones ( tee, codos, reducciones y coples))	ML	550.00
<b>OBRA DE DEMASIÁS Y DESCARGA DE AGUA TRATADA</b>		
Construcción de la obra civil (medidor tipo parsall de concreto de 15 cms esp. con varillas acero con concreto premezclado, resis. sulfatos de 350 kg/cm2, registros drenaje.	M2	650.00
obra hidráulica (tubo de pvc y PEAD, excavación, cama de arena, relleno)	ML	650.00
<b>ACONDICIONAMIENTO DE CAMINOS DE ACCESO</b>		
Construcción de la obra civil (revestimiento de caminos, inc: movimiento de tierra, terraplén con material producto de la excavación.)	M2	2,640.00
<b>PROYECTO ARQUITECTÓNICO (URBANISMO)</b>		
Construcción de vialidades (rastreo de caminos, losa de concreto hidráulico f'c=250 kg/cm2 con acero de refuerzo, sembrado de pasto y árboles de la región)	M2	376.17
Construcción edificio administrativo, caseta de vigilancia, laboratorio y estacionamiento.(muros 14 cms de esp. de tabicon pesado, castillos, cadenas, aplanado, losa de 10 cms de esp., pintura; Estacionamiento: guarnición, losa de concreto hidráulico f'c=250 kg/cm2 con acero de refuerzo.	M2	543.43

Inst. generales en edificio administrativo, caseta de vigilancia, laboratorio, estacionamiento ( loseta en pisos, azulejo en baños, cancelería de aluminio.)	M2	376.17
Inst. hidráulicas y sanitarias en edificio administrativo y laboratorio (salida hidrosanitaria a base de tubería pvc y tuboplus para sanitarios )	SAL	6.00
Amueblado y equipamiento de laboratorio (mesas de trabajo de herrería y madera, instrumentación)	PZA	30.00
Amueblado y equipamiento de oficinas (escritorios de herrería y madera, y sillas para oficina de plástico acoginadas)	PZA	10.00
Pintura en instalaciones (pintura vinilica base agua en muros,)	M2	376.17
Barda perimetral (muros 14 cms esp. tabicon pesado, castillos, cadenas, con zapata corrida, malla ciclónica galvanizada cal 11 aperturas de 63 mm)	ML	892.36
<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS SISTEMA DE FUERZA</b>		
Inst. Eléctrica (Transformador de 225kva trifásico relación de transformación 33,000-440/254 v tipo poste, inc: acometida, y centro de control de cargas	PZA	1.00
sistema de fuerza en el tratamiento de agua (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno)	ML	120.00
sistema de fuerza en el tratamiento de lodos (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno)	ML	240.00
sistema de fuerza en edificios (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno)	ML	380.00
sistema de fuerza en alumbrado público (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno)	ML	320.00
sistema de fuerza en el tratamiento de aguas (suministro de cable thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno)	ML	120.00
Sistema de fuerza en el tratamiento de lodos. (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno)	ML	240.00
planta de emergencia ( Planta Eléctrica Diésel 50 kW trifásica)	PZA	1.00
<b>CENTRO DE CONTROL DE MOTORES</b>		
Suministro de materiales para Centro de Control de motores (CCM)	PZA	1.00
Instalación de materiales para Centro de Control de motores (CCM)	PZA	1.00
<b>INSTRUMENTACIÓN</b>		
Suministro e instalación de instrumentación y control (sensores, electro niveles)	PZA	1.00
<b>CONTROL DE PROCESO</b>		
Suministro de PLC (Programmable Logic Control)	PZA	1.00
Suministro de tuberías, cableado y registro correspondientes	ML	630.00
Instalación de PLC, incluye software y tablero de control	PZA	1.00
Instalación de tuberías, cableado y registros correspondientes	ML	360.00

Fuente: Elaboración propia con información del H. Ayuntamiento.

## i. Vida útil del PPI

De acuerdo con el tipo de infraestructura y tipo de Planta de tratamiento de Aguas Residuales se considera una vida útil promedio de 15 años.

## j. Descripción de los Aspectos Técnicos, Legales y Ambientales más Relevantes para Determinar la Viabilidad del Proyecto

### Aspectos Técnicos

Teniendo en consideración que la obra a realizar consiste en la Construcción y puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (etapa única), en la localidad de Santo Domingo Tehuantepec, Municipio Santo Domingo Tehuantepec, la Unidad Responsable (UR), el H. Ayuntamiento cuenta con la Validación técnica y Económica expedida por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), con el oficio No.B00.810.06-0781/2022 de fecha de 21 de diciembre de 2022, la cual tiene una vigencia de dos años, a partir de su fecha de emisión.

### ILUSTRACIÓN 30 VALIDACIÓN TÉCNICA EXPEDIDA POR CONAGUA.

**Medio Ambiente** | **CONAGUA**

Oficio: No. B00.810.06-0781/2022  
Lugar: Oaxaca de Juárez, Oax.  
Fecha: 21 de diciembre de 2022

Organismo de Cuenca Pacífico Sur  
Dirección de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento

Asunto: VALIDACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA

Lic. Vilma Martínez Cortes  
Presidenta Municipal Constitucional de Santo Domingo Tehuantepec, Oax.  
Presente:

Con relación su oficio No. MSP15/15/08-85/2022 de fecha 22 de agosto de 2022 recibido en este Organismo de Cuenca Pacífico Sur de la CONAGUA, por medio del cual reingresa expediente con la salvación de observaciones solicitando la revisión para otorgar la validación del proyecto **"CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ZONA 1", en la localidad de Santo Domingo Tehuantepec, municipio de Santo Domingo Tehuantepec, Oax.** Como resultado de la revisión de la Información y documentación que nos fue enviada, este Organismo de Cuenca Pacífico Sur de la Comisión Nacional del Agua, otorga la **VALIDACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA** del expediente que presenta, cuyo proyecto tiene un monto total de \$ 89,933,197.24 (Ochenta y nueve millones novecientos treinta y tres mil ciento cincuenta y siete pesos: 24/100 M.N.) y con las metas principales de:

Gasto: medio de 53.38 Lp.s

- a) Pretratamiento
- b) Cárcamo de bombeo
- c) Tanque de estabilización
- d) Trampa de grasas
- e) Reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA)
- f) Filtro percolador
- g) Lecho de cenizas de sedos
- h) Tanque de cloración
- i) Obra de descarga
- j) Letrera de identificación de obra.

Así mismo es viable de ejecutarse, primero por ser técnicamente factible y segundo por contar al no requerimiento de autorización en materia de impacto ambiental emitido por la SEMARNAT mediante oficio **SEMARNAT-LIGA-1506-2021**, además de contar con el permiso de descarga número **610078** expedido por la Comisión Nacional del Agua, que le autoriza a descargar aguas residuales de la obra que se pretende ejecutar.

Avda. Calles de la Reforma, Oaxaca de Juárez, Oax. C.P. 68000  
Teléfono del gobierno: www.gob.mx/conagua

2022 **José López Magos**  
Secretario de Medio Ambiente



**MEDIO AMBIENTE**  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ENERGÍA



**CONAGUA**  
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

**Oficio**  
No. B00810.06-0781/2022

**Lugar**  
Oaxaca de Juárez, Oax.

**Fecha**  
21 de diciembre de 2022

Es importante señalar que la confiabilidad del proyecto queda en función de la calidad de la información utilizada por el responsable de su elaboración, (Ing. Brizzio Eleacid Mendoza Ruiz con cédula profesional 9435952)

De igual forma, se le hace saber que, durante la operación del sistema de drenaje sanitario, debe respetarse el volumen autorizado en su permiso de descarga, evitando infringir lo señalado en el artículo 139 fracción XV de la LEY DE AGUAS NACIONALES, que señala:

XV. No cumplir con las obligaciones consignadas en los títulos de concesión, asignación o permiso de descarga.

Por lo anterior, y una vez revisado el volumen de agua residual que tiene autorizado descargar (1,731,958.00 m<sup>3</sup>/año), y comparado con el requerido en la memoria de cálculo para la población de proyecto (1,683,391.68 m<sup>3</sup>/año), y no es necesario que solicite ante esta Comisión Nacional del Agua el incremento de volumen adicional para cubrir las necesidades de la localidad.

Se recomienda que en la ejecución de la obra se observen y apliquen las "Especificaciones Generales para la Construcción de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado" de la Comisión Nacional del Agua, siendo su responsabilidad la de aplicar y observar la normatividad vigente para la construcción, operación y mantenimiento de la obra en cuestión.

**Es importante señalar que será responsabilidad de la dependencia que otorgue los recursos y de la instancia ejecutora, verificar que dicha obra a la fecha no se encuentre concluida, o en periodo de ejecución. La presente validación tiene una vigencia de 2 (dos) años a partir de su fecha de emisión.**

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

Atentamente

  
**Arq. Armando López Santiz**  
Director de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento

C.C.P. Ing. Miguel Ángel Martínez Cordero - Director General del OCPS - Edificio  
ALS/eds/2022



Emilio Carranza No. 205, Col. Reforma, Oaxaca de Juárez, Oax., C.P. 68050  
Teléfono: 951 50 22450 - www.gob.mx/conagua



Fuente: Proyecto ejecutivo del H. Ayuntamiento.

## Aspectos Legales

El proyecto cuenta con los elementos legales para su construcción, cumple con las disposiciones jurídicas aplicables, con el documento Folio: BCS/20-D-003 , donde hace constar que la Honorable Asamblea General de Comuneros, celebrada con fecha 22 de marzo del 2020 , cede la posesión física y material de una fracción de terreno comunal, ubicado en el paraje denominado “LA PLAYA”, a favor del Municipio de Santo Domingo Tehuantepec, quien lo destinará exclusivamente para la Construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, con una superficie de 60,000 metros cuadrados. Con vigencia de 3 años.

### ILUSTRACIÓN 31 ACTA DE COMISARIADO DE BIENES COMUNALES DE SANTA CRUZ TAGOLABA TEHUANTEPEC, OAXACA 2019-2022



**COMISARIADO DE BIENES COMUNALES DE SANTA CRUZ TAGOLABA**  
TEHUANTEPEC, OAXACA 2019-2022 FOLIO: BCS/20-D-003

Los que suscriben **Joel Gutiérrez López**, **Guillermo Esteva Duran** y **Eneida Flores Villalana**, Presidente, Secretario y Tesorera del Comisariado de Bienes Comunales e **Hipólito Osorio**, **Román Montero Díaz** y **José Cruz Martínez Hernández**, Presidente, Primer Secretario y Segundo Secretario respectivamente del Consejo de Vigilancia, de la Comunidad de Santa Cruz Tagolaba, Municipio de Santo Domingo Tehuantepec, Estado de Oaxaca, electos en Asamblea General de Comuneros de fecha 07 de abril de 2019 y legalmente reconocidos ante el Registro Agrario Nacional, con folio número 2051501227041870R, de conformidad con los artículos 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 9, 10, 21, 32, 33, 107 y demás relativos de la Ley Agraria.

Hacemos constar que la Honorable Asamblea General de Comuneros, celebrada con fecha 22 de marzo de 2020, al interior de la comunidad que representamos, le cede la posesión física y material de una fracción de terreno comunal, ubicado en el lugar o paraje denominado **LA PLAYA**, a favor del **MUNICIPIO DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC**, quien lo destinará exclusivamente para la construcción de una Planta de tratamiento de aguas residuales, cuyas medidas y colindancias son las siguientes:

Norte:	300.00 Metros	Colinda con Terreno comunal.
Sur:	300.00 Metros	Colinda con Terreno comunal.
Oriente:	200.00 Metros	Colinda con Terreno comunal.
Occidente:	200.00 Metros	Colinda con Terreno comunal.

Haciendo una superficie de 60,000 metros cuadrados. Al reverso de la presente se inserta el plano topográfico con sus coordenadas correspondientes.

El inmueble antes descrito, forma parte de la totalidad de la superficie que le fue reconocida y titulada a la comunidad en comento, mediante resolución presidencial de fecha 09 de marzo de 1970, entregada mediante acta de posesión y destino de fecha 11 de febrero de 1986, el cual se ubica en el plano definitivo respectivo, por lo que, sigue siendo propiedad social del ente agrario que representamos; y una vez que dicho Ayuntamiento deje de darle el uso y destino por el cual se le otorga la posesión, o en su defecto, durante un plazo de 3 años no realiza la construcción de la obra por el que se le otorga dicha posesión, le devolverá la misma a su propietario para darle el destino adecuado y en beneficio común.

En representación de la referida Asamblea, y en acatamiento del acuerdo emanado de la misma, como lo establece el artículo 33 de la Ley Agraria, este Órgano de representación, expide la presente constancia de posesión, a favor de la citada Persona Moral, y quien la recibe para el uso estroamente antes mencionado, a los **veintidos** días del mes de **agosto** del año **dos mil veinte**.



ATENTAMENTE  
**COMISARIADO DE BIENES COMUNALES**

C. JOEL GUTIÉRREZ LÓPEZ  
PRESIDENTE

C. HIPÓLITO OSORIO  
PRESIDENTE



C. ENIEDA FLORES VILLALANA  
TESORERA SUPLENTE

EL CONSEJO DE VIGILANCIA

C. JOSÉ CRUZ MARTÍNEZ HERNÁNDEZ  
2º SECRETARIO

C. GUILLERMO ESTEVA DURAN  
SECRETARIO SUPLENTE

C. ROMÁN MONTERO DÍAZ  
1º SECRETARIO

ORIGINAL

Fuente: Proyecto ejecutivo del H. Ayuntamiento.

## Aspectos Ambientales

Para la ejecución del proyecto, se cuenta con el oficio no. SEMARNAT-UGA-1586-2020 de fecha 01 de diciembre de 2020 emitido por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) donde se determina que la Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, y de acuerdo al "DECRETO por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del impacto Ambiental, que entró en vigor a partir del 27 de abril del 2021, se encuentra dentro de dichas excepciones, por lo que no requiere previamente la autorización en materia de impacto ambiental

### ILUSTRACIÓN 32 OFICIO NO. SEMARNAT-UGA-1585-2020

DELEGACIÓN FEDERAL EN EL ESTADO DE OAXACA  
UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL  
NÚMERO DE DOCUMENTO: ZCDT-0259/2021  
OFICIO SEMARNAT-UGA-1585-2020  
ASUNTO: SE CONTESTA REQUERIMIENTO  
Oaxaca de Juárez, Oaxaca, a 01 de diciembre de 2020

MEDIO AMBIENTE  
SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

2020  
LEONA VICARIO  
SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Página Folio 2

**PRESIDENTA MUNICIPAL CONSTITUCIONAL  
DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC, TEHUANTEPEC, OAXACA.  
DOMINGO CONDEÑO, PALACIO MUNICIPAL  
SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC, TEHUANTEPEC, OAXACA.  
PRESENTE**

En atención a su escrito recibido en esta Delegación Federal el 24 de noviembre de 2020, a través del cual solicita se le informe si requiere de la autorización en Materia de Impacto Ambiental al proyecto denominado "Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Zona 1", con pretendida ubicación en la localidad de Santo Domingo Tehuantepec, Municipio del mismo nombre, Distrito de Tehuantepec, Oaxaca, al respecto me permito comunicarle que una vez analizada la información presentada esta Delegación determina lo siguiente:

1) Que según la información que proporciona en su solicitud el proyecto se encuentre en las coordenadas: 1. X:262600.00, Y:1804732.00; 2. X:262725.00, Y:1804671.00; 3. X:262642.00, Y:1804471.00; 4. X:262527.00, Y:1804525.00, y de acuerdo al "DECRETO por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental", que entró en vigor a partir del 27 de abril de 2021, en el que se señala que:

\* Artículo 5. Quiénes pretenden llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:

A) HIDRÁULICAS

VI. Plantas para el tratamiento de aguas residuales que descarguen líquidos o fodos en cuerpos receptores que constituyan bienes nacionales, excepto aquellas en las que se reúnan las siguientes características:

a) Descarguen líquidos hasta un máximo de 300 litros por segundo, incluyendo las obras de descarga en la zona federal;

b) En su tratamiento no realicen actividades consideradas altamente riesgosas, y

c) No le resulta aplicable algún otro supuesto del artículo 28 de la Ley.\* Sic. (El remarcado en negritas es nuestro).

Considerando que su proyecto "Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Zona 1", no incluye actividades consideradas altamente riesgosas y cuya descarga y gasto de diseño es de 3534 litros por segundo, **se determina que dicho proyecto se encuentra dentro de dichas excepciones, por lo que no requiere previamente la autorización en materia de impacto ambiental**

2) El presente documento no lo sirve de tramite y obtener las autorizaciones, concesiones, licencias o permisos necesarios para la realización de las obras motivo de este documento o para su operación, cuando así lo consideren las leyes y reglamentos que correspondan a otras autoridades federales, estatales o municipales.

3) En el caso de que por sus actividades se manejen sustancias en volúmenes iguales o superiores a las cantidades de reporte que se indican en el Primer y Segundo Listados de Actividades Altamente Riesgosas publicados en el Diario Oficial de la Federación el 28 de Marzo de 1990 y 4 de mayo de 1992, respectivamente, requerirá previamente de autorización en materia de impacto ambiental por parte de esta Secretaría y presentar el Estudio de Riesgo para empresas que realicen Actividades Altamente Riesgosas.

Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Zona 1

Calle Sali no. 413, Col. Reforma, C.P. 66250  
Oaxaca, Oax. Tel. (91) 5109620  
www.ugamh.semarnat



**MEDIO AMBIENTE**  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



DELEGACIÓN FEDERAL EN EL ESTADO DE OAXACA

UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL

NÚMERO DE DOCUMENTO: 20DF1-02579/2011

OFICIO: SEMARNAT-UGA-1586-2020

ASUNTO: SE CONTESTA PETICIÓN

Oaxaca de Juárez, Oaxaca, a 07 de diciembre de 2020.

Página 2 de 2

4) El presente Dictamen no autoriza la ejecución de obras o actividades en áreas que impliquen el cambio de uso de suelo en terrenos forestales en cuyo caso se encontrará en los supuestos establecidos en el artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable abrogada; y 120 y 121 de su Reglamento; 28 fracción VII (Cambio de uso del suelo en áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas) de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; y 5 inciso O) fracción II (Cambio de uso de suelo de áreas forestales a cualquier otro uso...) de su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

No omito manifestarle que la actuación de esta Secretaría en el análisis de su propuesta, se desarrolla con arreglo a los principios de economía, celeridad, eficacia, legalidad, publicidad y buena fe, por lo que si existe alguna omisión a la actividad propuesta, que cause desequilibrio ecológico o rebase los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, se procederá conforme a la normatividad ambiental establecida para tal efecto.

Lo anterior se hace de su conocimiento, en cumplimiento a lo establecido en los artículos 8 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 26 y 32 Bis de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 12, 13 y 16 de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo; 38, 39 y 40 del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES  
**ATENTAMENTE**  
**LA ENCARGADA DE DESPACHO**



*[Handwritten signature]*

**Lcda. MARÍA DEL SOCORRO ADRIANA PÉREZ GARCÍA**

"Con fundamento en lo dispuesto en el artículo 84 del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en su ausencia, por ausencia del Titular de la Delegación Federal de la SEMARNAT en el Estado de Oaxaca, previa designación, firma el presente la Subdelegada de Planeación y Fomento Sectorial."

*[Handwritten mark]*

*[Handwritten mark]*

\* En los términos del artículo 17 de la Ley en relación con los artículos Ocho y Décimo Tercero. Transitorios del Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2018.

C.c.p. Expediente y misceláneo

MSAPG/UPM/FOCS

"Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Zona 1"

Calle Sabinos Núm. 402, Col. Reforma, C.P. 68050  
Oaxaca, Oax. Tel. (957) 5125030  
www.gob.mx/SEMARNAT

## k. Análisis de la Oferta con Proyecto

La oferta en la situación con proyecto está determinada por la capacidad instalada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con la implementación del proyecto. La capacidad instalada es la capacidad disponible permanentemente para la infraestructura evaluada con el proyecto. Por lo anterior y teniendo en cuenta la naturaleza del proyecto que consiste en una construcción, su implementación permite establecer la capacidad instalada, lo que garantiza una correcta operación del sistema a lo largo del horizonte de evaluación.

Con lo anterior, se tendrá una capacidad de tratamiento de agua residual a partir del año 2024 de 2,003,005.21 M3 al año y 63.51 Litros por segundo 5,487.69 m3/día, beneficiando a la población y viviendas identificadas desde el 2023, sin embargo es importante aclarar que tendrá la capacidad para la proyección de la población para el año 2038, el cual se desglosa en las siguientes tablas.

**TABLA 38 USUARIOS DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN LA LOCALIDAD QUE APORTAN PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL**

Nombre de la localidad	Población Beneficiada con el Proyecto	Viviendas
Santo Domingo Tehuantepec	33,408	12,581

Fuente: Elaboración propia con datos del H Ayuntamiento.

**TABLA 39 ANÁLISIS DE LA OFERTA CON PROYECTO**

Oferta con Proyecto de Aguas Residuales Generadas y tratadas				
Lt/hab/día	Lt/seg	m3/ día	Lt/año	M3/año
5,487,685.50	63.51	5,487.69	2,003,005,207.50	2,003,005.21

Fuente: Proyecto ejecutivo proporcionado por el H. Ayuntamiento

**TABLA 40 ANÁLISIS DE LA OFERTA CON PROYECTO DURANTE EL HORIZONTE DE EVALUACIÓN**

HE	Año	Oferta (M3/día)	Oferta L.p.s.
0	2023	-	-
1	2024	5,487.69	63.51
2	2025	5,487.69	63.51
3	2026	5,487.69	63.51
4	2027	5,487.69	63.51
5	2028	5,487.69	63.51
6	2029	5,487.69	63.51
7	2030	5,487.69	63.51
8	2031	5,487.69	63.51
9	2032	5,487.69	63.51
10	2033	5,487.69	63.51
11	2034	5,487.69	63.51
12	2035	5,487.69	63.51
13	2036	5,487.69	63.51
14	2037	5,487.69	63.51
15	2038	5,487.69	63.51

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el H. Ayuntamiento

## I. Análisis de la Demanda con Proyecto

La demanda de la situación con proyecto es la misma que en la situación sin proyecto, ya que la ejecución del proyecto no modifica las necesidades de la población.

Como se mencionó anteriormente, particularmente el análisis del presente proyecto se centra en la demanda de de los habitantes que cuentan con agua potable y servicio de drenaje Sanitario en la localidad.

**TABLA 41 ESTIMACIÓN DE DEMANDA DE AGUAS RESIDUALES GENERADAS QUE DEBEN SER TRATADAS**

	AÑO	Población que aporta al gasto	Total de aguas residuales generadas (litros/seg)	Total de aguas residuales generadas (litros/día)	Total M3/DÍA
0	2023	33,408	59.74	5,161,536	5,161.54
1	2024	33,545	59.98	5,182,703	5,182.70
2	2025	33,682	60.23	5,203,869	5,203.87
3	2026	33,820	60.48	5,225,190	5,225.19
4	2027	33,958	60.72	5,246,511	5,246.51
5	2028	34,097	60.97	5,267,987	5,267.99
6	2029	34,237	61.22	5,289,617	5,289.62
7	2030	34,377	61.47	5,311,247	5,311.25
8	2031	34,518	61.72	5,333,031	5,333.03
9	2032	34,659	61.98	5,354,816	5,354.82
10	2033	34,801	62.23	5,376,755	5,376.75
11	2034	34,943	62.48	5,398,694	5,398.69
12	2035	35,086	62.74	5,420,787	5,420.79
13	2036	35,230	63.00	5,443,035	5,443.04
14	2037	35,374	63.26	5,465,283	5,465.28
15	2038	35,519	63.51	5,487,686	5,487.69

*Fuente: elaboración propia con información de CEABIEN y CONAPO.*

## m. Interacción Oferta y Demanda Con Proyecto

El análisis consiste en determinar la forma en que se relaciona la oferta de la situación con proyecto, con la demanda de la población del área de estudio, identificando cómo el proyecto soluciona la problemática que da origen al proyecto, ya que se elimina el déficit, del año 2024 al año 2038, iniciando con un superávit de 3.53 l.p.s. y disminuyendo hasta llegar a 0 en el año 2038. El superávit en los m<sup>3</sup> día y l.p.s, es porque la capacidad de la PTAR está considerado para la proyección de la población para el año 2038, en este caso, con la implementación del proyecto se resuelven las problemáticas identificadas en la situación actual y sin proyecto, ya que se garantiza la captación y tratamiento de aguas residuales que provienen del sistema de drenaje sanitario de la localidad, disminuyendo de esta manera las enfermedades por origen hídrico en un 30%, por lo que existe un ahorro de \$4,976,402.83, ya que ahora los costos por atención de enfermedades se estiman en \$11,611,606.61, dicho ahorro son atribuibles al PPI, información que se desglosa mas adelante.

**TABLA 42 ANÁLISIS DE LA INTERACCIÓN OFERTA – DEMANDA CON PROYECTO**

HE	Año	Oferta M3	Oferta Lps	Demanda M3	Demanda Lps	Interacción M3	Interacción Lps
0	2023	-	-	5,161.54	59.74	-5,161.54	-59.74
1	2024	5,487.69	63.51	5,182.70	59.98	304.98	3.53
2	2025	5,487.69	63.51	5,203.87	60.23	283.82	3.28
3	2026	5,487.69	63.51	5,225.19	60.48	262.50	3.04
4	2027	5,487.69	63.51	5,246.51	60.72	241.17	2.79
5	2028	5,487.69	63.51	5,267.99	60.97	219.70	2.54
6	2029	5,487.69	63.51	5,289.62	61.22	198.07	2.29
7	2030	5,487.69	63.51	5,311.25	61.47	176.44	2.04
8	2031	5,487.69	63.51	5,333.03	61.73	154.65	1.79
9	2032	5,487.69	63.51	5,354.82	61.98	132.87	1.54
10	2033	5,487.69	63.51	5,376.75	62.23	110.93	1.28
11	2034	5,487.69	63.51	5,398.69	62.49	88.99	1.03
12	2035	5,487.69	63.51	5,420.79	62.74	66.90	0.77
13	2036	5,487.69	63.51	5,443.04	63.00	44.65	0.52
14	2037	5,487.69	63.51	5,465.28	63.26	22.40	0.26
15	2038	5,487.69	63.51	5,487.69	63.52	0.00	-0.00

Fuente: elaboración propia con información de CEABIEN y CONAPO.

TABLA 43 DESGLOSE DE COSTOS GENERADOS POR TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES DE ORIGEN HÍDRICO

<b>Ahorro en Gastos de Salud</b>	
<b>Habitantes de la zona</b>	<b>33,408</b>
% de habitantes que se enferman	7%
Veces que se enferman al año	6
<b>No de personas enfermas al año</b>	<b>14,031</b>
Días de enfermedad	2
Días promedio perdidos por enfermedad	28,062
Valor del tiempo de las personas (\$*8 horas=día)	491.12
<b>Monto por días al año perdidos por enfermedades</b>	<b>\$ 13,781,809.44</b>
<b>Erogaciones en enfermedades</b>	
Consulta	\$ 50.00
Gasto en Medicamentos	\$ 150.00
<b>Erogaciones en medicamentos anualmente</b>	<b>\$ 2,806,200.00</b>
<b>SITUACIÓN ACTUAL Y SIN PROYECTO.</b>	
<b>Gasto Anual</b>	<b>\$ 16,588,009.44</b>

<b>SITUACIÓN CON PROYECTO (Días perdidos promedio de enfermedades)</b>	19,643
<b>% de disminución</b>	30%
<b>Gasto Anual</b>	<b>\$ 11,611,606.61</b>

<b>BENEFICIO POR AHORRO EN GASTOS DE ENFERMEDAD</b>	
	<b>\$ 4,976,402.83</b>

Fuente; Elaboración propia

## V. Evaluación del Proyecto

### a. Identificación, cuantificación y valoración de los costos del PPI

#### *I. Costos de Inversión*

Los costos de inversión para construcción del proyecto son los siguientes

**TABLA 44 COMPONENTES DEL PROYECTO**

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO SIN IVA	MONTO CON IVA
<b>PRETRATAMIENTO Y CÁRCAMO DE BOMBEO</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	167.22	\$17.34	\$2,899.59	\$3,363.52
Construcción de la obra civil (muros de 40 cms de espesor armado con varillas del 1/2, 5/8 y 3/8, con concreto premezclado con una resist. sulfatos de 350 kg/cm2)	M2	167.20	\$17,071.37	\$2,854,333.06	\$3,311,026.35
obra hidráulica (Tubería de FOFO de 6", conexiones especiales (tee, codo de 90, cruz, yee, válvula mariposa, medidor flujo electromagnético, codo reductor, válvula de vástago fijo, carretes) de FOFO de 6"	ML	40.00	\$39,576.92	\$1,583,076.80	\$1,836,369.09
obra mecánica (4 bombas sumergible de 20 hp de diámetro impulsor de 6", 3 rejillas de herrería de solera y ángulo de 1/4" x2", y 1 barandal )	PZA	4.00	\$460,125.40	\$1,840,501.60	\$2,134,981.86
<b>TRATAMIENTO PRIMARIO</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	231.09	\$12.03	\$2,780.01	\$3,224.81
Construcción de la obra civil (muros de 30 cms de espesor armado con varillas del 1/2, 5/8 con concreto premezclado con una resist. sulfatos de 350 kg/cm2)	M2	231.09	\$17,566.88	\$4,059,530.30	\$4,709,055.15
obra hidráulica (Tub. pvc industrial ced 80 de 6" y 8", pzas especiales (tee, codo de 90, válvula de mariposa, reducción de 8" a 6", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8"	ML	50.00	\$36,078.20	\$1,803,910.00	\$2,092,535.60
obra mecánica (Lotes de equipamiento inc: 8 desnatadores ABS, 1 cribas estáticas parabólicas de 93x1.50x 1.30m, 145 placas acero inox cal 10, 1 eq. electromecánico de limpieza de extracción de lodos barandal	PZA	3.00	\$300,868.03	\$902,604.09	\$1,047,020.74
<b>TRATAMIENTO SECUNDARIO</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	144.32	\$109.69	\$15,830.46	\$18,363.33
Construcción de la obra civil (muros de 30 y 20 cms de espesor armado con varillas del 1/2, 5/8 y 3/8 con concreto premezclado con una resist. sulfatos de 350 kg/cm2, malla electosoldada 6/6-10/10)	M2	144.32	\$102,464.93	\$14,787,738.70	\$17,153,776.89
obra hidráulica (Tub. de pvc industrial ced 80 de 6" y 8", pzas especiales (tee, codo de 90, válvula de mariposa, reducción de 8" a 6", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8" y tub. PEAD de 6")	ML	65.00	\$6,863.46	\$446,124.90	\$517,504.88
obra mecánica (Lotes de equipamiento incluyen: agitadores, sopladores, difusores, bomba centrifuga, barandal)	PZA	3.00	\$3,328,879.02	\$9,986,637.06	\$11,584,498.99
<b>DESINFECCIÓN</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	246.65	\$12.83	\$3,164.52	\$3,670.84
Construcción de la obra civil (Caseta desinfección: muros 14 cms esp. tabicón, castillos, cadenas, aplanado, losa 10 cms esp, pintura, tanque de oxidación de muros de 30 y 20 cms de esp. armado con varillas con concreto premezclado resist. a los sulfatos 350 kg/cm2, )	M2	246.65	\$6,635.39	\$1,636,618.94	\$1,898,477.97
Obra hidráulica (tubería de pvc industrial ced 80 de 6" y 8", pzas especiales (tee, brida ciega, codo de 90, válvula de mariposa, reducción de 8" a 6", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8" y tub. PEAD de 6")	ML	72.60	\$35,737.87	\$2,594,569.36	\$3,009,700.46
obra mecánica (10 lámparas UV de 200 gln por min, herrería para soporte de lámparas a base de ptr 3 x 3)	PZA	10.00	\$9,447.12	\$94,471.20	\$109,586.59
<b>TRATAMIENTOS DE LODOS</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	96.04	\$19.32	\$1,855.49	\$2,152.37
Construcción de la obra civil (muros de 30 cms de esp. armado con varillas con concreto premezclado con una resistencia a los sulfatos de 350 kg/cm2)	M2	96.04	\$20,605.88	\$1,978,988.72	\$2,295,626.92
obra hidráulica (Tub. industrial ced 80 de 8", pzas especiales (tee, codo de 90, válvula de mariposa, reducción de 8", carretes) de pvc industrial ced 80 de 6" y 8" y tub. de PEAD de 6")	ML	280.00	\$3,288.68	\$920,830.40	\$1,068,163.26

obra mecánica (4 bombas sumergible de 40 hp)	PZA	4.00	\$46,400.79	\$185,603.16	\$215,299.67
<b>CONTROL DE INUNDACIONES</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	550.00	\$11.68	\$6,424.00	\$7,451.84
obra hidráulica (canal pluvial de concreto armado, tubería de pvc sanitario de 6", 4" y 2", conexiones ( tee, codos, reducciones y coples))	ML	550.00	\$1,532.22	\$842,721.00	\$977,556.36
<b>OBRA DE DEMASIÁS Y DESCARGA DE AGUA TRATADA</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	650.00	\$15.52	\$10,088.00	\$11,702.08
Construcción de la obra civil (medidor tipo parsall de concreto de 15 cms esp. con varillas acero con concreto premezclado, resis. sulfatos de 350 kg/cm2, registros drenaje.	M2	650.00	\$1,817.86	\$1,181,609.00	\$1,370,666.44
obra hidráulica (tubo de pvc y PEAD, excavación, cama de arena, relleno)	ML	650.00	\$342.94	\$222,911.00	\$258,576.76
<b>ACONDICIONAMIENTO DE CAMINOS DE ACCESO</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	2,640.00	\$61.14	\$161,409.60	\$187,235.14
Construcción de la obra civil (revestimiento de caminos, inc: movimiento de tierra, terraplén con material producto de la excavación)	M2	2,640.00	\$420.81	\$1,110,938.40	\$1,288,688.54
<b>PROYECTO ARQUITECTÓNICO (URBANISMO)</b>					
Trabajos preliminares (limpieza, trazo, nivelación del terreno)	M2	376.17	\$6.89	\$2,591.81	\$3,006.50
Construcción de vialidades (rastreo de caminos, losa de concreto hidráulico f'c=250 kg/cm2 con acero de refuerzo, sembrado de pasto y árboles de la región)	M2	376.17	\$6,575.45	\$2,473,487.03	\$2,869,244.95
Construcción edificio administrativo, caseta de vigilancia, laboratorio y estacionamiento.(muros 14 cms de esp. de tabicón pesado, castillos, cadenas, aplanado, losa de 10 cms de esp., pintura; Estacionamiento: guarnición, losa de concreto hidráulico f'c=250 kg/cm2 con acero de refuerzo.	M2	543.43	\$5,574.42	\$3,029,307.06	\$3,513,996.19
Inst. generales en edificio administrativo, caseta de vigilancia, laboratorio, estacionamiento ( loseta en pisos, azulejo en baños, cancelaria de aluminio.)	M2	376.17	\$5,257.67	\$1,977,777.72	\$2,294,222.16
Inst. hidráulicas y sanitarias en edificio administrativo y laboratorio (salida hidrosanitaria a base de tubería pvc y tuboplus para sanitarios )	SAL	6.00	\$104,138.14	\$624,828.84	\$724,801.45
Amueblado y equipamiento de laboratorio (mesas de trabajo de herrería y madera, instrumentación)	PZA	30.00	\$15,725.01	\$471,750.30	\$547,230.35
Amueblado y equipamiento de oficinas (escritorios de herrería y madera, y sillas para oficina de plástico acojinadas)	PZA	10.00	\$122,467.48	\$1,224,674.80	\$1,420,622.77
Pintura en instalaciones (pintura vinílica base agua en muros,)	M2	376.17	\$227.55	\$85,597.48	\$99,293.08
Barda perimetral (muros 14 cms esp. tabicón pesado, castillos, cadenas, con zapata corrida, malla ciclónica galvanizada cal 11 aperturas de 63 mm)	ML	892.36	\$4,821.87	\$4,302,843.91	\$4,991,298.94
<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS SISTEMA DE FUERZA</b>					
Inst. Eléctrica (Transformador de 225kva trifásico relación de transformación 33,000-440/254 v tipo poste, inc: acometida, y centro de control de cargas	PZA	1.00	\$455,432.83	\$455,432.83	\$528,302.08
sistema de fuerza en el tratamiento de agua (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno)	ML	120.00	\$847.13	\$101,655.60	\$117,920.50
sistema de fuerza en el tratamiento de lodos (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno)	ML	240.00	\$224.39	\$53,853.60	\$62,470.18
sistema de fuerza en edificios (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno)	ML	380.00	\$192.78	\$73,256.40	\$84,977.42
sistema de fuerza en alumbrado público (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno)	ML	320.00	\$1,591.53	\$509,289.60	\$590,775.94
sistema de fuerza en el tratamiento de aguas (suministro de cable thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno)	ML	120.00	\$124.19	\$14,902.80	\$17,287.25
Sistema de fuerza en el tratamiento de lodos. (cable cobre thw cal 6 y tubo conduit pesado 1 1/2", excavación, relleno)	ML	240.00	\$46.57	\$11,176.80	\$12,965.09

planta de emergencia ( Planta Eléctrica Diésel 50 kW trifásica)	PZA	1.00	\$842,658.60	\$842,658.60	\$977,483.98
<b>CENTRO DE CONTROL DE MOTORES</b>					
Suministro de materiales para Centro de Control de motores (CCM)	PZA	1.00	\$3,239,841.18	\$3,239,841.18	\$3,758,215.77
Instalación de materiales para Centro de Control de motores (CCM)	PZA	1.00	\$87,328.37	\$87,328.37	\$101,300.91
<b>INSTRUMENTACIÓN</b>					
Suministro e instalación de instrumentación y control (sensores, electro niveles)	PZA	1.00	\$3,852,764.13	\$3,852,764.13	\$4,469,206.39
<b>CONTROL DE PROCESO</b>					
Suministro de PLC (Programmable Logic Control)	PZA	1.00	\$73,647.64	\$73,647.64	\$85,431.26
Suministro de tuberías, cableado y registro correspondientes	ML	630.00	\$23.10	\$14,553.00	\$16,881.48
Instalación de PLC, incluye software y tablero de control	PZA	1.00	\$74,963.69	\$74,963.69	\$86,957.88
Instalación de tuberías, cableado y registros correspondientes	ML	360.00	\$20.70	\$7,452.00	\$8,644.32
<b>PRUEBAS Y ARRANQUE</b>					
Pruebas pre-operativas a la obra eléctrica	PZA	1.00	\$327,832.16	\$327,832.16	\$380,285.31
Pruebas pre-operativas a la obra mecánica	PZA	1.00	\$238,655.00	\$238,655.02	\$276,839.82
Pruebas pre-operativas de capacidad hidráulica de la PTAR y sus interconexiones, incluyendo hermeticidad de la obra hidráulica	PZA	1.00	\$176,378.54	\$176,378.54	\$204,599.11
Pruebas pre-operativas de instrumentación y control de sensores de proceso	PZA	1.00	\$432,728.25	\$432,728.25	\$501,964.77
Pruebas pre-operativas de control de PLC y Centro de Control de Motores (CCM)	PZA	1.00	\$211,325.67	\$211,325.67	\$245,137.78
Etapas de estabilización de los procesos de tratamiento incluyendo análisis de laboratorio acreditado para evaluación del proceso	PZA	1.00	\$513,459.48	\$513,459.48	\$595,613.00
Etapas de operación y capacitación incluyendo análisis de laboratorio acreditado para evaluación del proceso	PZA	1.00	\$448,585.89	\$448,585.89	\$520,359.63
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$75,192,769.56</b>	<b>\$87,223,612.69</b>
				<b>IMPORTE SIN IVA</b>	\$75,192,769.56
				<b>IVA</b>	\$12,030,843.13
				<b>IMPORTE TOTAL CONSTRUCCIÓN PTAR</b>	<b>\$87,223,612.69</b>
PREINVERSIÓN: ADECUACIÓN DEL PROYECTO EJECUTIVO					\$ 1,360,547.94
IMPORTE TOTAL POR GESTIONAR					\$ 88,584,160.63

Fuente: Elaborado de acuerdo al proyecto ejecutivo de la H. Ayuntamiento.

## II. Costos de Operación y Mantenimiento

El buen funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la localidad de Santo Domingo Tehuantepec, municipio del mismo nombre, depende no solo del diseño y la construcción adecuada y optima, y de la disponibilidad de una mano de obra competente, sino también de la protección del sistema de materiales dañinos que pueden ser descargados por la población. A continuación, se detallan actividades que se deberán desarrollar durante la vida útil del proyecto incluyendo los costos que implican el desarrollo de estos.

## Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo, se proporciona a los diferentes sectores o áreas de la Planta de Tratamiento con el objetivo de prevenir posibles obstrucciones en el tren de procesos. Básicamente, el mantenimiento consiste en la limpieza general, mantenimiento de bombas y revisión preventiva de cada sector de la PTAR. El llevar un programa de mantenimiento preventivo disminuye considerablemente la posibilidad de problemas de obstrucción en el tren de procesos del tratamiento aguas negras; Dependiendo de la longitud, diámetros, material de la red que está conectada a la PTAR y las costumbres de la población servida, así deberá de ser la frecuencia de inspección y limpieza. El mantenimiento preventivo se realizará cada 3 meses, pero su valoración monetaria se presenta de forma anual.

## Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo se da para corregir una situación anómala que se está dando en el tren de procesos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, la cual puede ser la obstrucción y/o fractura de alguna tubería que lleve el proceso de las aguas residuales. Este mantenimiento, consiste en la remoción de los sólidos que están obstruyendo la red o en la reparación de la fractura de la tubería y Rehabilitación con obra civil de alguna grieta en la infraestructura existente. El mantenimiento correctivo se realiza conforme se presenten las necesidades de corrección donde se identifican las anomalías, de manera general se realiza de forma anual.

Por otro lado, para la operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, son necesarios diferentes insumos, en este caso, energía eléctrica, personal, herramienta menor, insumos y productos químicos, así como pruebas de laboratorio.

A continuación, se detallan los costos de operación y mantenimiento del proyecto.

**TABLA 45 COSTOS DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN CON PROYECTO**

Tipo de costo	con Proyecto
Mantenimiento preventivo anual: Incluye: limpieza general, mtto de bombas y revisión de cada sector de la PTAR	\$159,125.00
Mantenimiento correctivo promedio anual: Incluye: Remoción de sólidos y rehabilitación de infraestructura	\$419,786.55
<b>Subtotal Mantenimiento (anual)</b>	<b>\$578,911.55</b>
Operación: Cargo Fijo CFE y Energía eléctrica	\$698,347.80
Operación: Mano de obra del Personal	\$285,600.00
Operación: Herramienta Menor y equipo de seguridad	\$72,780.00
Operación: Insumos y productos Químicos de control y de operación	\$60,000.00

Operación: Pruebas de laboratorio	\$75,000.00
<b>Subtotal Operación (anual)</b>	<b>\$1,191,727.80</b>
<b>Importe Total</b>	<b>\$1,770,639.35</b>

Fuente: Elaboración propia con información del proyecto ejecutivo del H. Ayuntamiento.

**TABLA 46 COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO CON PROYECTO DURANTE EL HORIZONTE DE EVALUACIÓN**

Año	Costos de Mantenimiento (\$)	Costos de Operación (\$)	Costo total (\$)
0	\$0.00	\$0.00	\$0.00
1	\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35
2	\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35
3	\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35
4	\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35
5	\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35
6	\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35
7	\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35
8	\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35
9	\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35
10	\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35
11	\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35
12	\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35
13	\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35
14	\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35
15	\$578,911.55	\$1,191,727.80	\$1,770,639.35

Fuente: Elaboración propia con información del H. Ayuntamiento

## b. Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios

Los beneficios esperados del proyecto se pueden resumir en los cuatro rubros siguientes:

- Se oferta el servicio de tratamiento de aguas residuales, con lo que se logra eliminar el déficit identificado en la situación sin proyecto.
- Se mitigan completamente los riesgos de contaminación, lo evitando la generación de malos olores, fauna nociva y encharcamientos. Con lo que se evitan riesgos por contaminación ambiental.

□ Liberación de recursos al evitar costos por tratamiento de enfermedades de origen hídrico. Cabe aclarar que, para la valoración de este beneficio en específico, primero se cuantificó el número de casos evitados por enfermedades de origen hídrico, posteriormente, para su valoración se multiplicó el número de casos por el precio social de una consulta de atención médica en medicina familiar de primer nivel de atención en consultorios privados y con acceso a la población en general en el año 2023, con el proyecto, se estima que se disminuirán hasta un 30% con respecto a la situación sin proyecto, la cuantificación se presenta de la siguiente manera:

### **Beneficios por liberación de recursos derivados de enfermedades hídricas**

De acuerdo a los habitantes de la zona los 33,408 en 2023, se estima que el 7% se enferma por esta razón al año, lo que equivale a 14,031 personas enfermas anualmente, que en promedio duran 2 días enfermas, equivale a 28,062 días promedio perdidos por enfermedad. Por lo que se identifica el valor del tiempo en trabajo, el cual en 2023 es de \$61.39, por hora, si se consideran 8 horas laborales por 2 días, asciende a \$491.12, multiplicándolos por los días promedio perdidos (28,062), ascienda a monto por días al año perdidos por enfermedad por \$13,781,809.44 Ahora bien, se procede a identificar el monto que se gasta en consulta médica y medicamentos que son \$50 y \$150 respectivamente, que multiplicados por las personas que se enferman al año  $(50+150)*14,031$ , nos da un total de \$2,806,200. Sumando los dos montos calculados nos da  $\$13,781,809.14 + \$2,806,200$  asciende a \$16,588,009.44, por costos generados por tratamiento de enfermedades de origen hídrico,

En lo que se refiere a las enfermedades hídricas, con el proyecto se espera de acuerdo con pláticas con personal de la Secretaría de Salud, que éstas se vean disminuidas en un 30% con respecto a la situación sin proyecto.

Lo anterior derivado, a que algunas enfermedades hídricas se asocian al manejo inadecuado de los alimentos, así como los hábitos de higiene de la población.

Es por eso, que solo se identifica este porcentaje en una disminución, por lo tanto, habrá un ahorro de e \$4,976,402.83, en caso que el proyecto entrará en operación en 2023, sin embargo se identifica \$4,996,779.37 a partir que el proyecto entra en operación en 2024, considerando el incremento de los habitantes, de acuerdo a la proyección de CONAPO.. A continuación, se presenta un resumen de dichos efectos.

**TABLA 47 COSTOS POR ENFERMEDADES HÍDRICAS EN LA SITUACIÓN CON PROYECTO**

Ahorro en Gastos de Salud	
Habitantes de la zona	<b>33,408</b>
% de habitantes que se enferman	7%
Veces que se enferman al año	6
<b>No de personas enfermas al año</b>	<b>14,031</b>
Días de enfermedad	2
Días promedio perdidos por enfermedad	28,062
Valor del tiempo de las personas (\$/día)	491.12
	<b>\$13,781,809</b>
<b>Erogaciones en enfermedades</b>	
Consulta	\$50.00
Gasto en Medicamentos	\$150.00
<b>Erogaciones en medicamentos anualmente</b>	<b>\$2,806,200</b>
<b>SITUACIÓN ACTUAL</b>	
<b>Gasto Anual</b>	<b>\$16,588,009.44</b>
<b>SITUACIÓN CON PROYECTO</b>	19,643
<b>% de disminución</b>	30%
<b>Gasto Anual</b>	<b>\$11,611,606.61</b>
<b>BENEFICIO POR AHORRO EN GASTOS DE ENFERMEDAD</b>	
	<b>\$4,976,402.83</b>

Fuente: Elaboración propia con información de H. Ayuntamiento y datos de Servicios de Salud de Oaxaca.

**TABLA 48 AHORROS POR LIBERACIÓN DE RECURSOS POR TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES DE ORIGEN HÍDRICO**

HE	Año	Costos por enfermedades hidricas		Disminución de Costos por enfermedades hidricas (\$)
		SITUACIÓN SIN PROYECTO	SITUACIÓN CON PROYECTO	
0	2023	\$16,588,009.44	\$11,611,606.61	-
1	2024	\$16,655,931.23	\$11,659,151.86	\$4,996,779.37
2	2025	\$16,724,131.14	\$11,706,891.79	\$5,017,239.35
3	2026	\$16,792,610.30	\$11,754,827.20	\$5,037,783.10
4	2027	\$16,861,369.86	\$11,802,958.89	\$5,058,410.97

HE	Año	Costos por enfermedades hidricas		Disminución de Costos por enfermedades hidricas (\$)
		SITUACIÓN SIN PROYECTO	SITUACIÓN CON PROYECTO	
5	2028	\$16,930,410.96	\$11,851,287.66	\$5,079,123.30
6	2029	\$16,999,734.76	\$11,899,814.32	\$5,099,920.44
7	2030	\$17,069,342.42	\$11,948,539.68	\$5,120,802.74
8	2031	\$17,139,235.09	\$11,997,464.55	\$5,141,770.54
9	2032	\$17,209,413.95	\$12,046,589.75	\$5,162,824.20
10	2033	\$17,279,880.16	\$12,095,916.10	\$5,183,964.06
11	2034	\$17,350,634.91	\$12,145,444.42	\$5,205,190.49
12	2035	\$17,421,679.37	\$12,195,175.54	\$5,226,503.83
13	2036	\$17,493,014.73	\$12,245,110.29	\$5,247,904.44
14	2037	\$17,564,642.19	\$12,295,249.51	\$5,269,392.68
15	2038	\$17,636,562.93	\$12,345,594.03	\$5,290,968.90

Fuente: Elaboración propia con información de H. Ayuntamiento.

### Ingresos por venta de agua tratada

Una vez que se construya la PTAR en la zona de análisis, se espera que se generen ingresos para el H Ayuntamiento por la venta de agua tratada para riego de cultivos.

Se hizo un cálculo para determinar el monto del ingreso por venta de agua considerando los m<sup>3</sup>/año de agua tratada en la PTAR a lo largo del periodo de evaluación, se consideró que el 50% del total de líquido tratado será ofrecido para venta a un precio de \$15 por M<sup>3</sup> (el precio se estimó obteniendo un promedio de costos por m<sup>3</sup> de agua tratada publicados en internet).

Para dicho cálculo, se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

Se consideró el 50% de agua tratada en la PTAR a lo largo del horizonte de evaluación y se multiplicó por \$15 de valor estimado de M<sup>3</sup>, a partir del 2024, cuando entre en operación el proyecto, se estima un beneficio de venta de agua tratada por \$14,187,648.09, que aumentará de acuerdo a los m<sup>3</sup> de agua tratada que aumentará año con año, obteniendo los siguientes resultados:

**TABLA 49 VALOR ESTIMADO POR VENTA DE AGUA TRATADA EN EL HORIZONTE DE EVALUACIÓN**

Año		Lt/día	M3/año	M3/año (50% de agua tratada para venta)	Valor estimado de venta de agua tratada (\$*m3)	Valor estimado de venta de agua tratada (\$*m3)
2023	0			-	\$15.00	-
2024	1	5,182,702.50	1,891,686.41	945,843.21		\$14,187,648.09
2025	2	5,203,869.00	1,899,412.19	949,706.09		\$14,245,591.39
2026	3	5,225,190.00	1,907,194.35	953,597.18		\$14,303,957.63
2027	4	5,246,511.00	1,914,976.52	957,488.26		\$14,362,323.86
2028	5	5,267,986.50	1,922,815.07	961,407.54		\$14,421,113.04
2029	6	5,289,616.50	1,930,710.02	965,355.01		\$14,480,325.17
2030	7	5,311,246.50	1,938,604.97	969,302.49		\$14,539,537.29
2031	8	5,333,031.00	1,946,556.32	973,278.16		\$14,599,172.36
2032	9	5,354,815.50	1,954,507.66	977,253.83		\$14,658,807.43
2033	10	5,376,754.50	1,962,515.39	981,257.70		\$14,718,865.44
2034	11	5,398,693.50	1,970,523.13	985,261.56		\$14,778,923.46
2035	12	5,420,787.00	1,978,587.26	989,293.63		\$14,839,404.41
2036	13	5,443,035.00	1,986,707.78	993,353.89		\$14,900,308.31
2037	14	5,465,283.00	1,994,828.30	997,414.15		\$14,961,212.21
2038	15	5,487,685.50	2,003,005.21	1,001,502.60	\$15,022,539.06	

Fuente: Elaboración propia con información de H. Ayuntamiento.

### c. Cálculo de los Indicadores de Rentabilidad

Para determinar si el proyecto es rentable o no, se emplearon los indicadores de rentabilidad señalados por los LINEAMIENTOS para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión: Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Tasa de Rendimiento Inmediata (TRI).

La evaluación financiera permite determinar la rentabilidad de un proyecto de inversión considerando los costos y beneficios monetarios en atribuibles al proyecto. Permite determinar si el proyecto es capaz de generar un flujo de recursos suficiente para hacer frente a todos los costos que éste genera, incluyendo el monto de de inversión, operación y mantenimiento.

### Valor Presente Neto (VPN)

Para el cálculo del VPN se consideran los flujos netos del proyecto. Si el resultado del VPN es positivo, significa que los beneficios derivados del programa o proyecto de inversión son mayores a sus costos. Alternativamente, si el resultado del VPN es negativo, significa que los costos del programa o proyecto de inversión son mayores a sus beneficios. En este caso, el proyecto demuestra que los beneficios que genera son mayores a los costos en los que se incurre para realizar el mismo.

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + r)^t}$$

Donde:

$B_t$  beneficios totales en el año t

$C_t$  costos totales en el año t

$r$ : indica la tasa social de descuento

$t$ : año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

$n$ : número de años del horizonte de evaluación.

### Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR se define como la tasa de descuento que hace que el VPN de un programa o proyecto de inversión sea igual a cero. Esto es económicamente equivalente a encontrar el punto de equilibrio de un programa o proyecto de inversión, es decir, el valor presente de los beneficios netos del programa o proyecto de inversión es igual a cero y se debe comparar contra la tasa social de descuento. En la presente evaluación se observa que la TIR obtenida es mayor que la tasa social de descuento, lo que implica que los rendimientos generados por el proyecto son mayores al costo de oportunidad (tasa social de descuento), se pueden ocupar recursos públicos en la realización de este. La TIR se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

Dónde:

$B_t$ : beneficios totales en el año t

$C_t$ : costos totales en el año t

$B_t - C_t$ : flujo neto en el año t

*TIR*: Tasa Interna de Retorno

*t* : año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

*n* : número de años del horizonte de evaluación.

### Tasa de Rendimiento Inmediata (TRI)

Finalmente, TRI permite determinar el momento óptimo para la entrada en operación de un programa o proyecto de inversión con beneficios crecientes en el tiempo. Cuando la TRI es igual a la tasa de descuento es el momento óptimo de operación del proyecto, y si la TRI es menor a la tasa de descuento el proyecto debe postergarse, y si es mayor, entonces debe construirse a la brevedad, porque el momento óptimo ya pasó. En el caso del presente proyecto, la TRI es mayor a la tasa de descuento, por lo que es conveniente implementar el proyecto a la brevedad. La TRI se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$TRI_t = \frac{B_{t+1} - C_{t+1}}{I_t}$$

Dónde:

$B_{t+1}$ : es el beneficio total en el año t+1

$C_{t+1}$ : es el costo total en el año t+1

$I_t$ : monto total de inversión valuado al año t (inversión acumulada hasta el periodo t)

t: año anterior al primer año de operación

t+1: primer año de operación

La fórmula anterior asume que la inversión se lleva a cabo en 1 año, para los proyectos de inversión donde el periodo de ejecución tiene una duración mayor se deben actualizar los montos de inversión al año inmediato anterior a la puesta en operación utilizando la tasa social de descuento, conforme a la siguiente fórmula:

$$I_0 = I_1(1+r)^n + I_2(1+r)^{n-1} + I_3(1+r)^{n-2} + \dots + I_n$$

En caso de que el proyecto se ejecute en “n” años.

El momento óptimo para la entrada en operación de un proyecto, cuyos beneficios son crecientes en el tiempo, es el primer año en que la TRI es igual o mayor que la tasa social de descuento.

**TABLA 50 FLUJO DE COSTOS Y BENEFICIOS DURANTE EL HORIZONTE DE EVALUACIÓN**

Año		BENEFICIOS			COSTOS			FLUJO NETO (\$)	
		Disminución de Costos por enfermedades hídricas (\$)	Ingresos por venta de agua tratada (\$)	TOTAL BENEFICIOS (\$)	Inversión (\$)	Costos de Mantenimiento (\$)	Costos de Operación (\$)		TOTAL COSTOS (\$)
0	2023	-	-	-	75,192,769.58		-	75,192,769.58	-75,192,769.58

1	2024	4,996,779.37	14,187,648.09	<b>19,184,427.46</b>	-	578,911.55	1,191,727.80	<b>1,770,639.35</b>	<b>17,413,788.11</b>
2	2025	5,017,239.35	14,245,591.39	<b>19,262,830.74</b>	-	578,911.55	1,191,727.80	<b>1,770,639.35</b>	<b>17,492,191.39</b>
3	2026	5,037,783.10	14,303,957.63	<b>19,341,740.73</b>	-	578,911.55	1,191,727.80	<b>1,770,639.35</b>	<b>17,571,101.38</b>
4	2027	5,058,410.97	14,362,323.86	<b>19,420,734.83</b>	-	578,911.55	1,191,727.80	<b>1,770,639.35</b>	<b>17,650,095.48</b>
5	2028	5,079,123.30	14,421,113.04	<b>19,500,236.34</b>	-	578,911.55	1,191,727.80	<b>1,770,639.35</b>	<b>17,729,596.99</b>
6	2029	5,099,920.44	14,480,325.17	<b>19,580,245.61</b>	-	578,911.55	1,191,727.80	<b>1,770,639.35</b>	<b>17,809,606.26</b>
7	2030	5,120,802.74	14,539,537.29	<b>19,660,340.03</b>	-	578,911.55	1,191,727.80	<b>1,770,639.35</b>	<b>17,889,700.68</b>
8	2031	5,141,770.54	14,599,172.36	<b>19,740,942.90</b>	-	578,911.55	1,191,727.80	<b>1,770,639.35</b>	<b>17,970,303.55</b>
9	2032	5,162,824.20	14,658,807.43	<b>19,821,631.63</b>	-	578,911.55	1,191,727.80	<b>1,770,639.35</b>	<b>18,050,992.28</b>
10	2033	5,183,964.06	14,718,865.44	<b>19,902,829.50</b>	-	578,911.55	1,191,727.80	<b>1,770,639.35</b>	<b>18,132,190.15</b>
11	2034	5,205,190.49	14,778,923.46	<b>19,984,113.95</b>	-	578,911.55	1,191,727.80	<b>1,770,639.35</b>	<b>18,213,474.60</b>
12	2035	5,226,503.83	14,839,404.41	<b>20,065,908.24</b>	-	578,911.55	1,191,727.80	<b>1,770,639.35</b>	<b>18,295,268.89</b>
13	2036	5,247,904.44	14,900,308.31	<b>20,148,212.75</b>	-	578,911.55	1,191,727.80	<b>1,770,639.35</b>	<b>18,377,573.40</b>
14	2037	5,269,392.68	14,961,212.21	<b>20,230,604.89</b>	-	578,911.55	1,191,727.80	<b>1,770,639.35</b>	<b>18,459,965.54</b>
15	2038	5,290,968.90	15,022,539.06	<b>20,313,507.96</b>	-	578,911.55	1,191,727.80	<b>1,770,639.35</b>	<b>18,542,868.61</b>
	VA	<b>\$38,840,132.12</b>	<b>\$110,279,218.29</b>	<b>\$149,119,350.41</b>	<b>\$75,192,769.58</b>	<b>\$4,403,247.28</b>	<b>\$9,064,376.40</b>	<b>\$88,660,393.25</b>	<b>\$60,458,957.16</b>

Fuente: Elaboración propia con información.

Los indicadores obtenidos demuestran la rentabilidad del proyecto.

**TABLA 51 INDICADORES DE RENTABILIDAD**

<b>Valor Presente Neto (VPN) =</b>	<b>\$60,458,957.18</b>
<b>Tasa Interna de Retorno (TIR) =</b>	<b>22.42%</b>
<b>Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) =</b>	<b>23.16%</b>

Fuente: Elaboración propia con la Memoria de cálculo.

## d. Análisis de Sensibilidad

El estudio de la sensibilidad del proyecto se enfoca en analizar la variación en los costos de los insumos del proyecto para prevenir que represente un riesgo en su ejecución, construcción y/o operación. Un incremento significativo podría acarrear un impacto negativo en la evaluación.

Mediante este análisis se identifican los efectos que ocasionaría la modificación de las variables económicas más relevantes del proyecto sobre los indicadores de rentabilidad: el VPN, la TIR y la TRI.

Se considera el efecto que tendrían variaciones porcentuales en los montos más relevantes del proyecto, como es el monto total de inversión, así como el monto de los beneficios del proyecto. El análisis muestra que la rentabilidad del proyecto soporta incrementos de hasta el 80% en los costos de inversión con indicadores positivos. Asimismo, soporta el decremento del 50% en los beneficios.

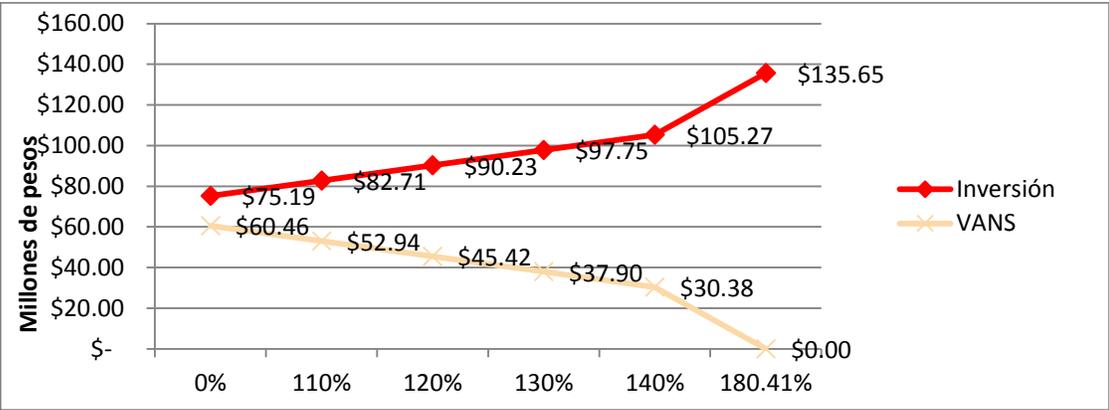
El VPN igual a cero (\$ 0.27) se obtiene con incrementos del 80.41% en la inversión. Asimismo, se requiere una disminución del 50.51% de los beneficios para obtener un VPN igual a \$0.49.

**TABLA 52 INDICADORES DE RENTABILIDAD CONSIDERANDO INCREMENTOS EN LA INVERSIÓN**

I. INCREMENTO DE INVERSIÓN DEL PROYECTO				
Inversión	Variación	VANS	TIR	TRI
\$ 75,192,769.56	0%	\$60,458,957.18	23.16%	22.42%
\$ 82,712,046.52	110%	\$52,939,680.20	20.05%	21.05%
\$ 90,231,323.47	120%	\$45,420,403.24	18.03%	19.30%
\$ 97,750,600.43	130%	\$37,901,126.31	16.28%	17.81%
\$ 105,269,877.38	140%	\$30,381,849.35	14.74%	16.54%
\$ 135,651,726.46	180.41%	\$0.27	10.00%	12.84%

Fuente: Elaboración propia.

**ILUSTRACIÓN 33 VANS CON VARIACIONES EN EL MONTO DE INVERSIÓN**



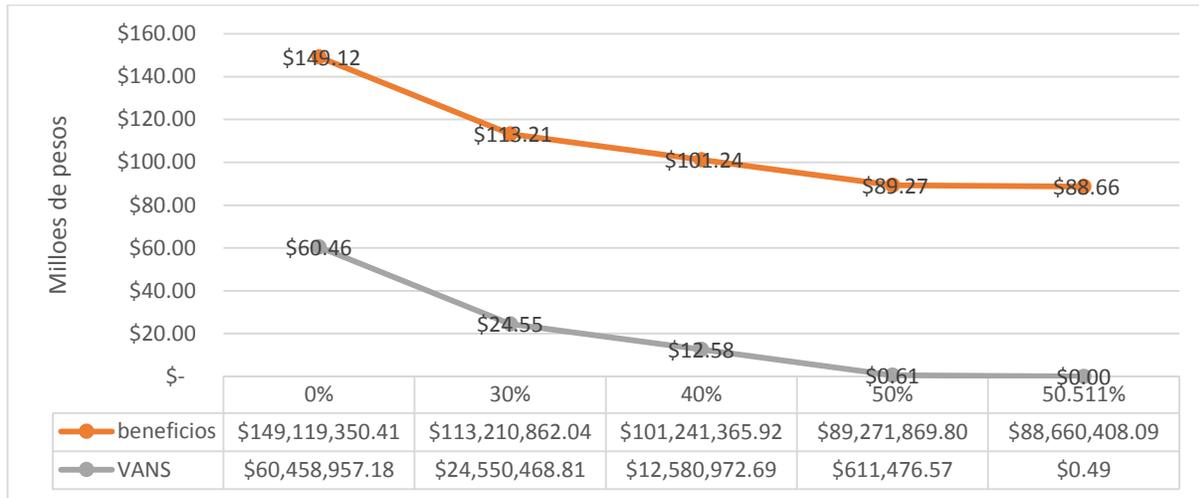
Fuente: Elaboración propia

**TABLA 53 INDICADORES DE RENTABILIDAD CONSIDERANDO INCREMENTOS EN LA INVERSIÓN**

II. DISMINUCIÓN DE BENEFICIOS				
Beneficios	Variación	VANS	TIR	TRI
\$ 149,119,350.41	0%	\$60,458,957.18	23.16%	22.42%
\$ 113,210,862.04	30%	\$24,550,468.81	14.87%	15.50%
\$ 101,241,365.92	40%	\$12,580,972.69	12.46%	12.95%
\$ 89,271,869.80	50%	\$611,476.57	10.12%	10.40%
\$ 88,660,408.09	50.511%	\$0.49	10.00%	10.27%

Fuente: elaboración propia.

ILUSTRACIÓN 34 VANS CON VARIACIONES EN BENEFICIOS



Fuente: Elaboración propia

## e. Análisis de Riesgos

TABLA 54 MATRIZ DE RIESGO

Matriz de Riesgo									
Riesgo	Causas (Factores internos y externos)	Efecto/Consecuencias	Probabilidad			Impacto			Mitigación del Riesgo
			Probable	Posible	Improbable	Leve	Moderado	Catastrófico	
Variación en el costo de construcción.	Se puede presentar por un incremento en los costos de los materiales o efectos inflacionarios.	Afectaría la rentabilidad del proyecto y se podría ver en la necesidad de gestionar más recurso para concluir la obra.	7				6		Se deben fijar los precios de construcción, para disminuir el riesgo de que incremente el costo del proyecto.
Riesgos catastróficos por inundaciones y daños por agua.	Se pueden presentar factores climatológicos atípicos durante el periodo de construcción.	El tiempo de entrega se retrasaría y existe la posibilidad de desperdicio de material	4			3			Contratar un seguro de Riesgos Catastróficos.
Que el proveedor incurra en retrasos en la entrega de la obra.	Se puede presentar por errores en la logística del proyecto o por inadecuada calificación de la mano de obra.	Retraso de la obra, por la incorrecta utilización de la maquinaria o el material a utilizar en el proyecto			3		5		Se deben estipular fechas específicas de entrega, detallando los tiempos de entrega de las diferentes etapas del proyecto.
No contar con los permisos correspondient	Demora en las licitaciones legales o	Que se concluya la obra en una fecha posterior			3	1			Entregar la documentación en tiempo con el

es para las fechas estipuladas de inicio	permisos de construcción.							área componente y darle seguimiento puntual para agilizar los trámites.
1-3	Poca probabilidad con poco impacto							
4-8	Media probabilidad con mediano impacto							
9-15	Alta probabilidad con alto impacto							

Fuente: *Elaboración propia.*

## VI. Conclusiones y Recomendaciones

El presente documento Análisis Costo Beneficio identifica y describe la situación actual y la problemática en la que se enfrentan los habitantes existentes en la localidad de Santo Domingo Tehuantepec. Con la investigación documental y de campo llevada a cabo, se obtuvieron los insumos necesarios para realizar el análisis de evaluación socioeconómica. De igual forma, se llevó a cabo un análisis de la oferta para entender las características físicas y operativas del sistema actual de drenaje sanitario y las aguas residuales generadas. Posteriormente se realizó un análisis de la demanda actual y se observó la forma en que estos elementos interactúan entre sí para identificar, cuantificar y valorar los costos sociales actuales originados por las aguas residuales generadas.

Se identificaron, examinaron y compararon dos proyectos como alternativas de solución y se consideró que el proyecto presentada en este documento, resulta la mejor solución a la problemática actual, obteniendo un Costo Anual Equivalente (CAE) de \$11,656,516.76.

Se determinó la situación con proyecto. Donde se describen las características del proyecto, capacidad instalada, calendario de actividades, monto de inversión, diagrama de procesos de la PTAR y vida útil. Así como también se efectuó el análisis de la oferta, demanda y su interacción, para conocer si el proyecto eliminaría el déficit detectado.

Finalmente, se llevó a cabo la evaluación socioeconómica del proyecto. Comparando parte de la información manifestada en los apartados de Situación Sin Proyecto con la Situación Con Proyecto, evitando sobreestimar beneficios y subestimar los costos.

Con la información resultante de los apartados de los párrafos anteriores, se calcularon los indicadores de rentabilidad del proyecto, obteniendo los siguiente Valor Presente Neto \$60,458,957.18, la Tasa Interna de Retorno 22.42% y la Tasa de Rentabilidad Inmediata 23.16%.

De acuerdo con los indicadores de rentabilidad calculados para el proyecto, la Tasa Interna de Retorno es de mayor a la Tasa Social de Descuento.

La Tasa de Rentabilidad Inmediata es mayor a la tasa de descuento, por lo que no es recomendable postergar la realización del proyecto, e iniciar su ejecución en el ejercicio actual.

Adicionalmente, en el análisis de sensibilidad se encontró que el proyecto resiste incrementos significativos en el monto de inversión. Así como decrementos considerables en los beneficios identificados anualmente del proyecto. Por otro lado, en el análisis de riesgos no se identificaron riesgos que resulten catastróficos para la ejecución y operación del proyecto. De acuerdo con lo anterior, no se identificaron aspectos relevantes, por los cuales sea recomendable postergar o no realizar el proyecto.

El H. Ayuntamiento cuenta con la Validación técnica y Económica expedida por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), con el oficio No.B00.810.06-0781/2022 de fecha de 21 de diciembre de 2022, la cual tiene una vigencia de dos años, a partir de su fecha de emisión

El proyecto cuenta con los elementos legales para su construcción, cumple con las disposiciones jurídicas aplicables, con el documento Folio: BCS/20-D-003 , donde hace constar que la Honorable Asamblea General de Comuneros, celebrada con fecha 22 de marzo del 2020 , cede la posesión física y material de una fracción de terreno comunal, ubicado en el paraje denominado “LA PLAYA”, a favor del Municipio de Santo Domingo Tehuantepec, quien lo destinará exclusivamente para la Construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, con una superficie de 60,000 metros cuadrados. Con vigencia de 3 años.

Respecto al aspecto Ambiental, se cuenta con el oficio no. SEMARNAT-UGA-1586-2020 de fecha 01 de diciembre de 2020 emitido por la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) donde se determina que la Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, y de acuerdo al “DECRETO por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del impacto Ambiental, que entró en vigor a partir del 27 de abril del 2021, se encuentra dentro de dichas excepciones, por lo que no requiere previamente la autorización en materia de impacto ambiental

Por lo antes señalado, se concluye que el proyecto “Construcción y puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Etapa Única), genera mayores beneficios sociales que los costos atribuibles a éste para los habitantes de la localidad de Santo Domingo de Tehuantepec, por lo que su ejecución es viable.

## VII. Responsable de la Información

### Responsable de la Información del Gobierno del Estado de Oaxaca

**Área Responsable: HONORABLE AYUNTAMIENTO DEL MUNICIPIO DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC.**

**Datos del Administrador de la obra:**

<b>Nombre</b>	<b>Cargo*</b>
VILMA MARTÍNEZ CORTES	PRESIDENTA MUNICIPAL DEL H. AYUNTAMIENTO DE SANTO DOMINGO TEHUANTEPEC
<b>R.F.C</b>	<b>CURP</b>
MACV8602126G3	MACV860212MOCRRL04
<b>Correo</b>	<b>Telefono</b>
sdtehuantepec.22@gmail.com	9711708802

<b>Versión</b>	<b>Fecha</b>
Versión Final	Octubre 2023

## VIII. Bibliografía

- Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Consultado en <https://www.planeandojuntos.gob.mx/#:~:text=El%20Plan%20Nacional%20de%20Desarrollo,estrategias%20prioritarias%20durante%20el%20sexenio>.
- Plan Estatal de Desarrollo 2022-2028. [https://www.finanzasoxaca.gob.mx/pdf/planes/Plan\\_Estatal\\_de\\_Desarrollo\\_2022-2028.pdf](https://www.finanzasoxaca.gob.mx/pdf/planes/Plan_Estatal_de_Desarrollo_2022-2028.pdf)
- CEPEP. (17 de 03 de 2021). *CEPEP*. Obtenido de [https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/documentos/Guia\\_General\\_Analisis\\_Costo\\_Beneficio\\_\(CEPEP\).pdf](https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/documentos/Guia_General_Analisis_Costo_Beneficio_(CEPEP).pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Sistema para la Consulta de Información Censal (SINCE). Consultado en <https://gaia.inegi.org.mx/scince2020/>
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). Indicadores demográficos 1950 – 2050. Obtenido de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico-y-de-las-entidades-federativas-2016-2050/resource/196aa2e5-4fb3-4f8a-ab0d-412d0173cd1e>
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Obtenido de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/148.pdf>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Consultado de <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro31.pdf>
- [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores\\_verdes16/indicadores/01\\_contexto/5.1.3.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores_verdes16/indicadores/01_contexto/5.1.3.html)
- CEPEP. (17 de 03 de 2021). *CEPEP*. Obtenido de [https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/boletines/boletin\\_alternativas\\_de\\_solucion.pdf](https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/boletines/boletin_alternativas_de_solucion.pdf)
- GUÍA GENERAL PARA LA PREPARACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS DE EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO. (2006). [https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/documentos/guia\\_alcantarillado.pdf](https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/documentos/guia_alcantarillado.pdf)
- Metodología para la evaluación socioeconómica de proyectos de construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) (DICIEMBRE 2010) CEPEP.