

***Consultoría para el Diseño de Modelos de
Asociación Público Privada
de Servicios Básicos
Agua Potable - Vivienda
Tratamiento de Residuos Sólidos
Tratamiento de Residuos Sólidos***

**“Estudio Análisis Costo Beneficio (ACB) de
una Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales Tequila – Jalisco”**

ENTREGABLE FINAL

Elaborado para:

CONSEJO DE DESARROLLO INTEGRAL DE TEQUILA

por:

**JULIO TORO CEPEDA
CONSULTOR**

Diciembre 2017



CONTENIDO

I. RESUMEN EJECUTIVO	1
I.1. PROBLEMÁTICA QUE ATIENDE EL PROYECTO	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Problemática identificada	2
I.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	3
1.2.1 Nombre y monto total de inversión.....	3
1.2.2 Objetivo	3
1.2.3 Localización.....	4
1.2.4 Descripción del proyecto	4
I.3. EVALUACIÓN DEL PROYECTO	5
1.3.1 Horizonte de evaluación.....	5
1.3.2 Descripción de los principales costos del PPI.....	5
1.3.3 Descripción de los principales beneficios del PPI	5
I.4. INDICADORES DE RENTABILIDAD.....	7
1.4.1 Indicadores	7
1.4.2 Sensibilidad	7
1.4.3 Riesgos asociados al PPI.....	7
I.5. CONCLUSIÓN.....	8
II. SITUACIÓN ACTUAL DEL PPI.....	10
II.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	10
II.2. INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE Y DRENAJE	11
II.3. PROBLEMÁTICA	17
II.4. ANÁLISIS DE LA OFERTA ACTUAL	20
II.5. ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL.....	20
II.6. INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA ACTUAL	21
III. SITUACIÓN SIN PROYECTO	23
III.1. OPTIMIZACIONES	23
III.2. PROYECTOS RELACIONADOS	24
III.3. ANÁLISIS DE LA OFERTA DE LA SITUACIÓN SIN PROYECTO	26
III.4. ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE LA SITUACIÓN SIN PROYECTO	26
III.5. INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA DE LA SITUACIÓN SIN PROYECTO	27
III.6. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	27

III.7.	DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	32
3.7.1	Construcción de colectores marginales y una PTAR de Lodos Activados.....	32
3.7.2	Construcción de colectores marginales y cuatro PTAR con Reactor Anaerobio – Lodos Activados	37
III.8.	ANÁLISIS TÉCNICO.....	45
III.9.	ANÁLISIS ECONÓMICO	47
III.10.	ALTERNATIVA SELECCIONADA	47
IV.	SITUACIÓN CON PROYECTO	48
IV.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL	48
IV.2.	ALINEACIÓN ESTRATÉGICA	55
4.2.1	Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.....	55
4.2.2	Plan Estatal de Desarrollo Jalisco 2013-2033.....	56
4.2.3	Plan Municipal de Desarrollo Tequila 2015-2018.....	57
4.2.4	Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales	58
4.2.5	Programa Nacional Hídrico 2013 – 2018	58
4.2.6	Diagnóstico de Competitividad y Sustentabilidad para los denominados Pueblos Mágicos de Jalisco. Estudio de Tequila.....	59
4.2.7	Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria: Mecanismo de planeación de programas y proyectos de inversion	60
IV.3.	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	61
IV.4.	CALENDARIO DE ACTIVIDADES	61
IV.5.	MONTO TOTAL DE INVERSIONES	62
IV.6.	FINANCIAMIENTO	63
IV.7.	CAPACIDAD INSTALADA.....	64
IV.8.	METAS ANUALES Y TOTALES.....	65
IV.9.	VIDA ÚTIL.....	65
IV.10.	ASPECTOS DE VIABILIDAD Y FACTIBILIDADES.....	66
4.10.1	Estudios técnicos	66
4.10.2	Estudios legales	73
4.10.3	Estudios ambientales	74
4.10.4	Estudios de Mercado.....	75
IV.11.	ANÁLISIS DE LA OFERTA DE LA SITUACIÓN CON PROYECTO	75
IV.12.	ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE LA SITUACIÓN CON PROYECTO	76
IV.13.	INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA DE LA SITUACIÓN CON PROYECTO	77
V.	EVALUACIÓN DEL PROYECTO	78

V.1.	COSTOS DEL PROYECTO	78
V.2.	BENEFICIOS DEL PROYECTO	80
5.2.1	Identificación de beneficios	80
5.2.2	Cuantificación y valoración de beneficios	82
V.3.	INDICADORES DE RENTABILIDAD	86
V.4.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	87
5.4.1	Incremento en los montos de inversión.....	88
5.4.2	Incremento en costos de operación y mantenimiento.....	88
5.4.3	Reducción en la generación de beneficios.....	88
V.5.	ANÁLISIS DE RIESGOS.....	89
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
VII.	ANEXOS	92
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	93

I. RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio tiene como objetivo identificar los costos y beneficios atribuibles al proyecto **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Tequila-Jalisco**, cuantificarlos y valorarlos a lo largo de su vida útil, con el fin de emitir un juicio sobre la conveniencia para el país de realizar este proyecto. Los resultados nos indicarán la rentabilidad del proyecto.

I.1. PROBLEMÁTICA QUE ATIENDE EL PROYECTO

1.1.1 ANTECEDENTES

El municipio de Tequila se localiza al margen del centro del estado de Jalisco ligeramente al poniente, en la región conocida como “Valles”. Desde el año 2003 recibió la categoría de “Pueblo Mágico” otorgada por la Secretaría de Turismo del Gobierno Federal.

La población de Tequila, Cabecera Municipal, se localiza al sur de la extensión municipal, y del río Santiago, de donde se deriva también su nombre, y al norte del volcán de Tequila, en el valle de Amatitán, entre los poblados de Amatitán, al este, y Magdalena, al oeste.

En la actualidad la responsabilidad de los servicios de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Tequila es de la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado (DAPA) que forma parte de la Administración Municipal.

Conforme a la información de la DAPA, a diciembre de 2016 en la Cabecera Municipal de Tequila se tiene una cobertura de agua potable de 98.95%; alcantarillado 96.67% y 0% en saneamiento.

Para abastecer de agua potable a la localidad se cuenta con siete (7) pozos profundos en operación y tres (3) manantiales, con los cuales se tiene una capacidad instalada de 179 l/s y caudal medio de producción de 129 l/s.

Se estima que en 2016 las pérdidas físicas en el sistema de agua fueron del 30% (DAPA, 2017). Entre la problemática identificada se incluye la necesidad de nuevas fuentes de abastecimiento, el cambio de válvulas y tuberías, así como la falta de un estudio de sectorización que permita mejorar la distribución del agua aprovechada.

En cuanto a la red de alcantarillado, esta funciona como un sistema combinado, que capta y conduce tanto las aguas residuales como las pluviales en época de lluvias. No existen sistemas de tratamiento de aguas residuales.

En la red de colectores y subcolectores se tienen algunas fallas importantes como son los tramos de tubería que funciona de manera ahogada por no tener la

capacidad suficiente, tramos de colectores pluviales conectados a colectores residuales sin cajas derivadoras, tramos de tuberías azolvadas, entre otras fallas. En cuanto al saneamiento, en la localidad la DAPA no tiene registrada ninguna infraestructura de saneamiento de aguas residuales.

1.1.2 PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA

En cuanto al desalojo y saneamiento de aguas residuales en la localidad de Tequila, Jalisco, la problemática que se presenta es la contaminación de los cuerpos receptores que atraviesan la zona urbana, debido a la falta de saneamiento de las aguas residuales vertidas. Lo anterior es consecuencia de los siguientes factores.

- Red de colectores insuficiente. No se cuentan con colectores suficientes para interceptar las descargas que actualmente son vertidas a los cuerpos receptores, por lo cual las aguas residuales circulan por la localidad originando un impacto visual negativo, malos olores y fauna nociva, y la contaminación de los cauces.
- Red de alcantarillado combinado. Actualmente la red de alcantarillado existente funciona de manera combinada, es decir conduce simultáneamente las aguas residuales, domésticas e industriales, y las aguas de lluvia. Lo anterior origina que en temporada de lluvias la red de colectores sufra taponamientos en zonas deprimidas, ocasionando encharcamientos o inundaciones, y en ocasiones desbordamientos de los arroyos en donde se hace la descarga.
- No existen sistemas de tratamiento de aguas residuales. Como ya fue comentado, en la localidad no se cuenta con ningún tipo de infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales (PTARs), antes de ser descargadas a los cuerpos receptores, lo cual origina un impacto visual negativo, malos olores y fauna nociva, y la contaminación de los cauces.

Los efectos o impactos de la problemática se pueden resumir de la siguiente manera:

- Población y viviendas afectadas por las descargas de aguas residuales. Los cuerpos de agua por donde circula el agua residual sin tratamiento, atraviesan la ciudad de Tequila, principalmente de Norte a Sur; estos cauces se encuentran a cielo abierto, por lo cual la generación de malos olores y propagación de fauna nociva, ocasionan molestias a los transeúntes o personas que viven en las márgenes de dicho cauces. Lo anterior afecta también la plusvalía de las viviendas que se encuentran en las zonas cercanas a los cauces.

- Impacto sobre actividades económicas. Como ya se señaló, la localidad de Tequila es considerado “Pueblo Mágico”, por lo cual una de las actividades económicas importantes en la zona es el turismo. La contaminación de los cauces, puede afectar la afluencia de visitantes, ya sea por el impacto visual, malos olores generados, fauna nociva o contaminación en sí. Un ejemplo notable al respecto es el sitio histórico de Los Lavaderos, localizado sobre el afluente Atizcoa; el atractivo sufre los estragos de un arroyo contaminado que además, expide olores desagradables de fácil percepción para los turistas.
- Impacto en la salud de la población. Si bien es cierto que en la localidad no se cuenta con estadísticas para concluir que las aguas residuales vertidas a los cauces sin tratamiento, han originado enfermedades entre la población de la localidad, se tienen diversos estudios que señalan que la exposición prolongada al aire sucio y los vapores que emergen del agua sin tratamiento, origina problemas de salud como cáncer y enfermedades renales, además de infecciones en la piel y ojos.
- Impacto ambiental. La descarga de aguas residuales crudas al medio ambiente afecta a la flora y fauna propias de la región; por otra parte se generan malos olores y la propagación de fauna nociva, como son ratas, ratones, cucarachas, entre otros.

Un actor importante en la contaminación ambiental de los cuerpos receptores, es la industria tequilera que se asienta en la localidad; de manera cotidiana, los residuos líquidos generados en el proceso de producción de esta bebida son descargados de manera directa y sin un previo tratamiento hacia los cuerpos de agua receptores. Estos residuos, mejor conocidos como vinazas, son considerados altamente contaminantes pues concentran componentes tales como sales, alcoholes y azúcares, que combinados con las altas temperaturas en las que son vertidos, provocan una elevada demanda bioquímica de oxígeno en el agua.

I.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.2.1 NOMBRE Y MONTO TOTAL DE INVERSIÓN

El proyecto de inversión que se presenta se denomina “**Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Tequila – Jalisco**” y el monto de inversión, incluyendo el Impuesto al Valor Agregado y expresado en precios de 2017 es de 191.907 millones de pesos.

1.2.2 OBJETIVO

El objetivo principal del proyecto es desarrollar la infraestructura necesaria para alcanzar un saneamiento integral del agua residual generada en Cabecera Municipal de Tequila, evitando que se viertan las aguas residuales a los cauces de

los arroyos que atraviesan la localidad e impidiendo la contaminación de los mismos.

1.2.3 LOCALIZACIÓN

Los colectores irán por la margen de arroyos Atizcua, Virgen y El Rosario, mientras que el colector y subcolector internacional se construirán de manera paralela a la carretera Tepic-Guadalajara. La PTAR y Laboratorio se construirán en un predio localizado en la zona norte de la localidad, en las siguientes coordenadas geográficas: longitud norte 20.902056 y longitud oeste 103.829958.

1.2.4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste básicamente en:

- a) **Construcción colectores marginales.** Se propone la construcción de 5 colectores marginales en los arroyos Atizcua, Virgen y El Rosario, un colector general y un subcolector en la colonia donde está el rastro, así como ampliaciones al colector y subcolector Internacional para anexar las zonas de crecimiento futuro.
- b) **Cajas derivadoras o separadoras de caudal residual y pluvial.** Considera las obras de las cajas derivadoras o separadoras de caudal residual y pluvial, para que en época de lluvias solo se conduzca por el colector interceptor el gasto medio o de diseño de la PTAR, sin que se cause taponamientos hidráulicos, remanses e inundaciones en zonas deprimidas.
- c) **PTAR de Lodos Activados.** La disposición final de las aguas residuales municipales será en una PTAR centralizada, es decir se ubica hacia al final de todas las descargas. Esta PTAR tendrá una capacidad de diseño en una primera etapa de 100 l/s, para lo cual se proponen dos módulos de 50 l/s cada uno para dar flexibilidad a la operación de la PTAR. Con esta capacidad no se cubrirá al 100% la demanda actual de saneamiento, por lo cual se dejará espacio en el predio para construir a futuro otro módulo con una capacidad de 40 l/s para cubrir la demanda futura de saneamiento. El proceso empleado en esta PTAR será Lodos activados.
- d) **Emisor de aguas tratadas.** Las aguas una vez tratadas, se descargarán mediante un emisor al arroyo Atizcua, que está a un lado de la PTAR. El emisor tendrá una longitud aproximada de 134 metros con un diámetro de 61 cm.
- e) **Laboratorio de control de calidad de la PTAR.** Considera la construcción y equipamiento de un laboratorio de control de calidad de la PTAR para que se lleven a cabo los ensayos necesarios para asegurar el cumplimiento de

las Condiciones Particulares de Descarga (CPD) fijadas por la Norma Oficial Mexicana (NOM). Este laboratorio será construido en la zona sur del predio donde se construirá la PTAR.

1.3. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1 HORIZONTE DE EVALUACIÓN

Para fines de evaluación, se establece una vida útil de 20 años, a partir de que se termina el proyecto. El año “0” del Proyecto será el año 2017 y el periodo de construcción está contemplado en dos ejercicios fiscales (2 años), por lo que el horizonte de evaluación es de 23 años.

1.3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES COSTOS DEL PPI

Los costos sociales de inversión del proyecto son de 165.437 millones de pesos sin incluir IVA, conforme a lo que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1. Costos sociales de inversión (\$) a precios de 2017)

Componente	2018	2019	Total
Colectores marginales	37,298,171	33,923,242	71,221,412
Cajas derivadoras	3,189,300		3,189,300
Planta de Tratamiento	59,533,600	25,514,400	85,048,000
Emisor de aguas tratadas		663,300	663,300
Laboratorio		5,315,500	5,315,500
Total	78,263,507	87,174,005	165,437,512

Fuente: Anteproyecto de la PTAR de Tequila. Consejo de Desarrollo Integral de Tequila. 2016

En cuanto a los costos de operación y mantenimiento, estos se estimaron del orden de 9.84 millones de pesos anuales sin incluir el IVA, conforme se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2. Costos sociales de operación y mantenimiento (\$) a precios de 2017)

Componente/concepto	Importe
Colectores marginales	2,028,214
PTAR	6,309,198
Laboratorio	1,509,735
Total	9,847,147

Fuente: Elaboración propia. 2017

1.3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES BENEFICIOS DEL PPI

La naturaleza del proyecto evaluado es la de evitar la descarga de aguas residuales municipales en los cauces de los arroyos que a traviesan la localidad y encauzarlas a una PTAR donde se sanearan para ser vertidas al arroyo Atizcua con un contenido orgánico dentro de los límites permisibles por la normatividad.

Por lo anterior, los principales beneficios se relacionan con el mejoramiento de la calidad de los cuerpos receptores, identificándose los siguientes.

- **Incremento de plusvalía de viviendas y terrenos.** En la situación con proyecto, se reducirán los problemas de fauna nociva y malos olores ocasionados por la descargas de aguas residuales sin tratamiento a los cauces de los arroyos, lo cual mejorará la imagen de la zona y el nivel de vida de los habitantes. Este beneficio fue cuantificado y valorado, obteniéndose que para el año 2020 la utilidad será de 406,065,532 pesos.
- **Ahorro de recursos por reducir o eliminar la necesidad de potabilización, aguas abajo de la descarga de la PTAR.** Con la PTAR proyectada, se tendrá un efluente cuyo contenido orgánico estará dentro de los límites permisibles de descarga establecidos por la normatividad, el cual se verterá al arroyo Atizcua. Posteriormente se espera que con la capacidad de autopurificación natural del cuerpo receptor y la distancia que recorrerá antes de llegar a una zona poblada o agrícola, se tendrán aguas superficiales que podrían ser utilizadas con condiciones que reducirán notablemente la necesidad de aplicar el proceso de potabilización. Este beneficio no fue cuantificado ni valorado.
- **Ahorro de recursos por evitar el saneamiento de cauces.** Con la construcción de los colectores marginales del proyecto, se evitara descargas municipales a los arroyos que atraviesan la localidad. Lo anterior evitara que se le de limpieza periódica a los cauces de los arroyos ya que al no acumularse nutrientes en el agua no se generará maleza o flora nociva o el dragado por el exceso de material orgánico sedimentado. Este beneficio no fue cuantificado ni valorado.
- **Disminución de la mortandad de flora y fauna propia de la región.** Si bien no se tiene información estadística que permita valorar este beneficio, al evitar descargar aguas residuales sin tratamiento a los cauces de los arroyos se evita una afectación al ecosistema de la región, lo cual puede disminuir la mortandad de flora y fauna propia de la región. Este beneficio no fue cuantificado ni valorado.
- **Reducción del impacto negativo en el sector turístico.** Con el proyecto se reducirán los problemas de impacto visual, fauna nociva y malos olores, lo cual incrementará el nivel de satisfacción del turista y puede ser un catalizador para incrementar el número de visitantes. Este beneficio no fue cuantificado ni valorado.
- **Aprovechamiento de los lodos residuales de la PTAR.** En los últimos años, el avance en el conocimiento de tecnologías ha originado que lo que antes era una gran problemática: manejo de lodos, se convierta en un

beneficio para la propia PTAR y la población. Los lodos pueden ser aprovechados como:

- **Fuente** de energía durante la etapa de digestión anaerobia en la que se produce biogás como subproducto del proceso;
- **Reductor** de la emisión de gases de efecto invernadero al ambiente;
- **Mejoradores** de suelo en la agricultura
- **Recubrimiento** de materiales de decoración, materia prima para la producción de cemento, material para lechos de construcción de carreteras, cinta asfáltica y construcción de materiales prefabricados.¹

I.4. INDICADORES DE RENTABILIDAD

1.4.1 INDICADORES

De acuerdo al flujo del proyecto, éste resultó rentable socialmente al tener un Valor Presente Neto Social (VPNS) de 91,988,776 pesos y una relación Beneficio - Costo (B/C) de 1.43.

Cabe comentar que no se considera la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Tasa de Rendimiento Inmediato (TRI) como indicadores relevantes, debido a que presentan una situación de inconsistencia porque en el flujo de proyecto hay más de un cambio de signo.

1.4.2 SENSIBILIDAD

En el análisis de sensibilidad se concluyó que el proyecto tiene baja sensibilidad a los incrementos de costos de inversión y operación, ya que es necesario un incremento mayor al 63 y 132% respectivamente, para que el proyecto deje de ser rentable. La variable que mayor impacto podría tener es la de beneficios, ya que una reducción mayor al 33.3% haría el VANS menor a cero.

1.4.3 RIESGOS ASOCIADOS AL PPI

Se identificaron riesgos antes y durante la construcción del proyecto, así como durante la etapa de operación, siendo los más relevantes por presentar una mediana probabilidad de ocurrencia los siguientes:

- No se liberan los recursos presupuestales en tiempo y forma, por lo que las obras pueden sufrir retrasos considerables, debido a que la empresa o

¹ Este beneficio no fue cuantificado ni valorado.

empresas que están ejecutando los trabajos no tengan la capacidad para financiar los trabajos. Medida de mitigación: Considerar como parte de los términos de contratación de las obras, que la o las empresas ganadoras, tenga la capacidad financiera para cubrir las erogaciones del proyecto en caso de un retraso en la liberación de los recursos.

- Insuficientes recursos para la operación y mantenimiento de la PTAR, lo cual puede ocasionar el paro temporal o permanente de la operación de la PTAR. Medida de mitigación: Implementar proyectos que permitan aprovechar el agua tratada, así como los lodos generados, con la finalidad de recuperar parte de los costos operativos.

I.5. CONCLUSIÓN

Se concluye que el proyecto de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Tequila-Jalisco, debe realizarse, ya que presenta las siguientes condiciones e indicadores favorables para su realización:

- Se evitará la descarga de aguas residuales municipales en los cauces de los arroyos que atraviesan la localidad y encauzándolas a una PTAR donde se sanearan para ser vertidas al arroyo Atizcua con un contenido orgánico dentro de los límites permisibles por la normatividad.
- Los beneficios por la implementación del proyecto pueden ser diversos, tales como: Incremento de plusvalía de viviendas y terrenos; ahorro de recursos por reducir o eliminar la necesidad de potabilización, aguas abajo de la descarga de la PTAR; ahorro de recursos por evitar el saneamiento de cauces; disminución de la mortandad de flora y fauna propia de la región; reducción del impacto negativo en el sector turístico; y retribución económica por el aprovechamiento de los lodos residuales de la PTAR.
- Los beneficios netos por incrementar la plusvalía de las viviendas y terrenos, se valoró por única vez en 406.065 millones de pesos para el año 2020.
- El proyecto resultó rentable socialmente, al presentar un Valor Actual Neto Social (VANS) de 91,988,776 pesos y una relación Beneficio - Costo (B/C) de 1.43.
- En el análisis de sensibilidad se concluyó que el proyecto tiene baja sensibilidad a los incrementos de costos de inversión y operación, siendo la variable que mayor impacto podría tener es la de beneficios, ya que una reducción mayor al 33.3% haría el VANS menor a cero.
- Los riesgos identificados no se consideran relevantes para que pudiera existir un escenario en donde se tenga que cancelar de manera definitiva el

proyecto, ya sea en su etapa de ejecución u operación, toda vez que se cuenta con la aceptación social dada la situación de contaminación.

- La implementación del proyecto no tiene limitantes técnicos, ambientales y legales para su planeación, ejecución u operación.
- Sin perjuicio de que el proyecto puede ser realizado a través de alguna modalidad de Asociación Público Privada, existen programas de apoyo a través de CONAGUA, mediante el cual el proyecto puede acceder a recursos públicos, los cuales pueden ser combinados con el pago de usuarios como fuente de fondeo para impulsarlo a través de un esquema de Asociación Público Privada.

II. SITUACIÓN ACTUAL DEL PPI

En este capítulo se presenta una descripción de la situación actual que motiva la realización del proyecto, resaltando la problemática que se pretende resolver en función de la interacción de oferta y demanda actual.

II.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El municipio de Tequila se localiza al margen del centro del estado de Jalisco ligeramente al poniente, en la región conocida como “Valles”. Desde el año 2003 recibió la categoría de “Pueblo Mágico” otorgada por la Secretaria de Turismo del Gobierno Federal.

Se localiza en las coordenadas 20°25'00" a 21°12'30" de latitud norte y los 103°36'00" a los 104°03'30" longitud oeste, con alturas de entre los 700 a 2,900 metros sobre el nivel del mar.

Limita al norte con el estado de Zacatecas y San Martín de Bolaños, al sur con los municipios de Ahualulco de Mercado, Teuchitlán y Amatitán, al este con San Cristóbal de la Barranca, Zapopan y Amatitán, al oeste con el municipio de Hostotipaquillo, Magdalena y San Juanito de Escobedo.

El municipio tiene una extensión territorial de 1,364.14 kilómetros cuadrados. En sus aspectos hidrográficos destacan los ríos Grande o Santiago, Chico y Bolaños; cuenta con los arroyos de Balcones, Picacho de Balcones, Joyas de las Tablas, El Maguey, Tejón, Barranco, Carrizal, Tequesquite, San Bartolo, Las Higueras, Piedras Grandes, Arroyo Hondo y Mirador. También cuenta con los manantiales de La Fundación, El Aguacatillo, La Gloria, La Toma y Los Azules; y la presa de Santa Rosa.

La población de Tequila, Cabecera Municipal, se localiza al sur de la extensión municipal, y del río Santiago, de donde se deriva también su nombre, y al norte del volcán de Tequila, en el valle de Amatitán, entre los poblados de Amatitán, al este, y Magdalena, al oeste.

Tequila y las poblaciones mencionadas se ubican al borde de la carretera federal N° 15 y a la vía de ferrocarril que enlazan a Guadalajara, Jalisco con Nogales, Sonora. La autopista de cuota, que sustituye a la carretera libre, se ubica al sur de Tequila, y se enlaza mediante una derivación de aproximadamente 8 kilómetros. La ubicación de la localidad de Tequila corresponde a los 103°50'08" longitud Oeste y a los 20° 52'46" latitud Norte, a una altura de 1,199 metros sobre el nivel del mar.

Figura 1. Localización del municipio de Tequila, Jalisco



Fuente: Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Tequila 2012.

Según el Censo de Población y Vivienda 2010, el municipio de Tequila, contaba con una población total de 40,697 habitantes, de la cual el 71% habitaba en la Cabecera Municipal, es decir un total de 29,203 personas, las cuales habitaban en 6,692 viviendas. La mancha urbana creció 153 hectáreas y la población en la localidad se centraliza en 494 hectáreas, promediando 59 hab/ha, lo cual revela gran dispersión, muchos vacíos urbanos y una densidad muy baja.

Tabla 3. Características socioeconómicas municipio de Tequila y su Cabecera Municipal

Indicador	Municipio	Localidad
Población total	40,697	29,203
Población femenina	20,549	14,863
Población masculina	20,148	14,340
PEA	14,802	11,114
PEA ocupada	14,278	10,666
Viviendas particulares habitadas	9,195	6,692
Promedio de ocupantes en VPH	4.41	4.35
VPH con electricidad	8,956	6,651
VPH con agua dentro de vivienda	8,608	6,555
VPH con drenaje	8,787	6,623

Fuente: Principales Resultados por Localidad. Censo de Población y Vivienda 2010. INEGI

Conforme los datos señalados en la tabla anterior, en el año 2010 se tenían las siguientes coberturas de servicios en la localidad de Tequila: Energía eléctrica 99.4%; agua potable 98% y drenaje 99%.

II.2. INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE Y DRENAJE

En la actualidad la responsabilidad de los servicios de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Tequila es de la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado (DAPA) que forma parte de la Administración Municipal.

Conforme a la información de la DAPA, a diciembre de 2016 en la Cabecera Municipal de Tequila se tiene una cobertura de agua potable de 98.95%; alcantarillado 96.67% y 0% en saneamiento.

Agua Potable

Para abastecer de agua potable a la localidad se cuenta con siete (7) pozos profundos en operación y tres (3) manantiales, con los cuales se tiene una capacidad instalada de 179 l/s y caudal medio de producción de 129 l/s, de acuerdo a la información de la siguiente tabla.

Tabla 4. Fuentes de abastecimiento de agua potable en la Cabecera Municipal de Tequila

Nombre de la fuente	Año de construcción	de Profundidad (m)	Capacidad bomba (Hp)	Gasto (l/s)	Horas de operación al día	Caudal medio (l/s)
Pozo del Indio	1945	300	200	54.0	16	36.0
Pozo Los Sauces	1940	200	60	22.0	16	14.7
Pozo Texcalame	1925	240	125	32.0	16	21.3
Pozo Medineño	1922	200	75	17.0	24	17.0
Pozo La Cofradía		150	55	18.0	16	12.0
Pozo Portales	2010	156	15	13.0	16	8.7
Pozo Iprovipe	2010	120	75	12.0	24	12.0
Manantial Aguacatillo				1.5	16	1.0
Manantial La Fundición				8.0	16	5.3
Manantial La Gloria				1.5	16	1.0
				179.0		129.0

Fuente: DAPA de Tequila, Jalisco. 2017

Figura 2. Ubicación de pozos para abastecimiento de agua potable



Fuente: DAPA de Tequila, Jalisco. 2017

El subsistema de almacenamiento está compuesto por 10 tanques de mampostería y un aljibe, con los cuales se tiene una capacidad de almacenamiento de 1,255 m³.

En la localidad se tienen registradas 9,498 tomas de agua potable, con una cobertura de medición del 19%, que cuentan con medidores y que se realiza la lectura de los mismos. El restante 81% de las tomas no cuenta con medidores por lo que se aplica cuota fija.

Tabla 5. Tomas de agua potable

Tipo de servicio	Con medidor y lectura		Sin medidor	Suma
Domésticas	1,098		7,262	8,360
Comerciales	716		422	1,138
Industriales	0		0	0
Servicios	0		0	0
Otras	0		0	0
Total	1,814		7,684	9,498

Fuente: DAPA de Tequila, Jalisco. 2017

Se estima que en 2016 las pérdidas físicas en el sistema de agua fueron del 30% (DAPA, 2017). Entre la problemática identificada se incluye la necesidad de nuevas fuentes de abastecimiento, el cambio de válvulas y tuberías, así como la falta de un estudio de sectorización que permita mejorar la distribución del agua aprovechada.

Alcantarillado y Saneamiento

Conforme a la información del “Diagnóstico Integral de Planeación (DIP) de la Cabecera Municipal de Tequila, Jalisco” se tiene poco más de 13 kilómetros de red de subcolectores y colectores, con la que se recolecta una parte del agua residual que se genera en la localidad.

Esta red funciona como un sistema combinado, que capta y conduce tanto las aguas residuales como las pluviales en época de lluvias. En la siguiente tabla se presentan los subcolectores y colectores por sitio de disposición final.

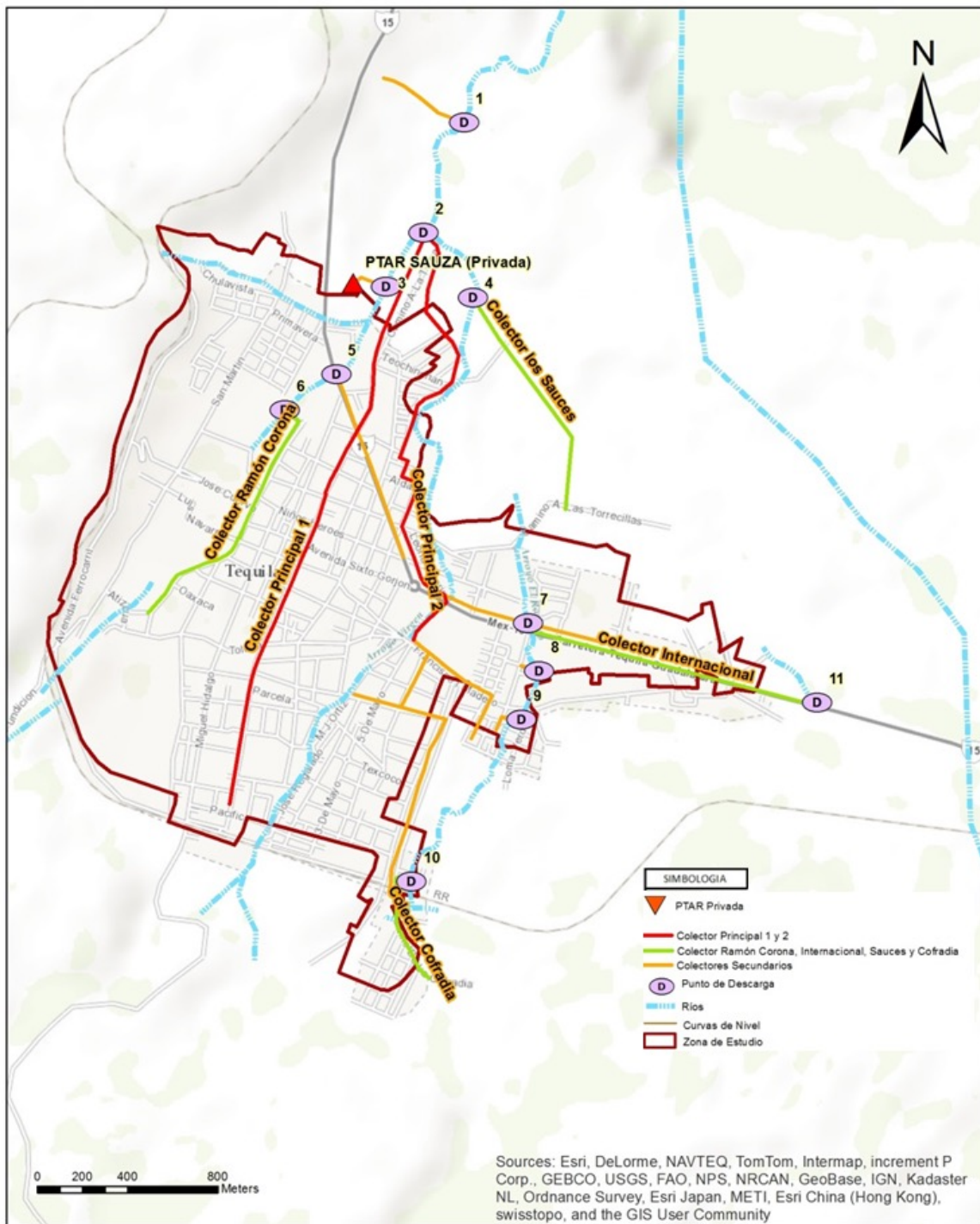
Tabla 6. Sistema de colectores y subcolectores, red de alcantarillado de la localidad de Tequila

Nombre	Destino	Longitud (Km) conforme diámetro de tubería (cm)					Suma
		20	25	30	38	61	
Colector Principal 1	Descarga 2				2.70		2.7
Colector Principal 2	Descarga 2	0.52	0.21		1.06	0.43	2.21
Colector Ramón Corona	Descarga 6	0.35	0.16	0.45		0.31	1.27
Colector Los Sauces	Descarga 4			1.08			1.08
Colector Internacional	Descarga 7		1.31				1.31
Colector Cofradía	Descarga 10		0.56				0.56
Otros colectores	Descarga 1, 3, 5, 6,7, 8, 9 y 10	0.51	2.05	0.41	0.70	0.86	4.53
Total		1.38	4.28	1.94	4.46	1.60	13.65

Fuente: DIP de la Cabecera Municipal de Tequila, Jalisco

En la siguiente figura se señalan los colectores y subcolectores mencionados en la tabla 6.

Figura 3. Colectores y subcolectores en la localidad de Tequila, Jalisco



Fuente: DIP de la Cabecera Municipal de Tequila, Jalisco

Por las características topográficas del terreno de la localidad de Tequila, no se requiere de sistemas de bombeo para desalojar las aguas residuales generadas en las diferentes colonias.

En la red de colectores y subcolectores se tienen algunas fallas importantes como son los tramos de tubería que funciona de manera ahogada por no tener la capacidad suficiente, tramos de colectores pluviales conectados a colectores residuales sin cajas derivadoras, tramos de tuberías azolvadas, entre otras fallas. En la localidad se tienen registradas 9,220 conexiones a la red de alcantarillado, destacando que el número de descargas de servicio comercial es el mismo que el de tomas de agua potable.

Tabla 7. Descargas conectadas a la red

Tipo de servicio	Descargas
Domésticas	8,082
Comerciales	1,138
Industriales	0
Servicios	0
Otras	0
Total	9,220

Fuente: DAPA de Tequila, Jalisco. 2017

En cuanto al saneamiento, en la localidad la DAPA no tiene registrada ninguna infraestructura de saneamiento de aguas residuales, situación que fue corroborada a través de la consulta del “*Catálogo de plantas de tratamiento de aguas residuales en operación*”, publicado por la Comisión Nacional del Agua.

Cabe señalar que se dice que la empresa Tequilera Sauza, cuenta con una PTAR, sin embargo no se ha encontrado información sobre las características de la misma, sin embargo en la figura 3, se señala la probable la ubicación de esta planta.

En las fotos siguientes se muestran cauces de aguas naturales contaminados por no disponer la ciudad de un sistema de saneamiento de las aguas residuales.

Figura 4. Cauces naturales contaminados por la descarga de aguas residuales





Fuente: DAPA Tequila, Jalisco

II.3. PROBLEMÁTICA

En cuanto al desalojo y saneamiento de aguas residuales en la localidad de Tequila, Jalisco, la problemática que se presenta es la contaminación de los cuerpos receptores que atraviesan la zona urbana, debido a la falta de saneamiento de las aguas residuales vertidas. Lo anterior es consecuencia de los siguientes factores.

- Red de colectores insuficiente. Conforme a las conclusiones del DIP de la Cabecera Municipal de Tequila, no se cuentan con colectores suficientes para interceptar las descargas que actualmente son vertidas a los cuerpos receptores, por lo cual las aguas residuales circulan por la localidad originando un impacto visual negativo, malos olores y fauna nociva, y la contaminación de los cauces.
- Red de alcantarillado combinado. Actualmente la red de alcantarillado existente funciona de manera combinada, es decir conduce simultáneamente las aguas residuales, domésticas e industriales, y las aguas de lluvia. Lo anterior origina que en temporada de lluvias la red de colectores sufra taponamientos en zonas deprimidas, ocasionando encharcamientos o inundaciones, y en ocasiones desbordamientos de los arroyos en donde se hace la descarga.

- No existen sistemas de tratamiento de aguas residuales. Como ya fue comentado, en la localidad no se cuenta con ningún tipo de infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales (PTARs), antes de ser descargadas a los cuerpos receptores, lo cual origina un impacto visual negativo, malos olores y fauna nociva, y la contaminación de los cauces.

Los efectos o impactos de la problemática se pueden resumir de la siguiente manera:

- Población y viviendas afectadas por las descargas de aguas residuales. Como se puede ver en las figuras 3 y 4, los cuerpos de agua por donde circula el agua residual sin tratamiento, atraviesan la ciudad de Tequila, principalmente de Norte a Sur; estos cauces se encuentran a cielo abierto, por lo cual la generación de malos olores y propagación de fauna nociva, ocasionan molestias a los transeúntes o personas que viven en las márgenes de dicho cauces. Lo anterior afecta también la plusvalía de las viviendas que se encuentran en las zonas cercanas a los cauces.
- Impacto sobre actividades económicas. Como ya se señaló, la localidad de Tequila es considerado “Pueblo Mágico”, por lo cual una de las actividades económicas importantes en la zona es el turismo. La contaminación de los cauces, puede afectar la afluencia de visitantes, ya sea por el impacto visual, malos olores generados, fauna nociva o contaminación en sí. Un ejemplo notable al respecto es el sitio histórico de Los Lavaderos, localizado sobre el afluente Atizcoa; el atractivo sufre los estragos de un arroyo contaminado que además, expide olores desagradables de fácil percepción para los turistas.
- Impacto en la salud de la población. Si bien es cierto que en la localidad no se cuenta con estadísticas para concluir que las aguas residuales vertidas a los cauces sin tratamiento, han originado enfermedades entre la población de la localidad, se tienen diversos estudios que señalan que la exposición prolongada al aire sucio y los vapores que emergen del agua sin tratamiento, origina problemas de salud como cáncer y enfermedades renales, además de infecciones en la piel y ojos.
- Impacto ambiental. La descarga de aguas residuales crudas al medio ambiente afecta a la flora y fauna propias de la región; por otra parte se generan malos olores y la propagación de fauna nociva, como son ratas, ratones, cucarachas, entre otros.

Un actor importante en la contaminación ambiental de los cuerpos receptores, es la industria tequilera que se asienta en la localidad; de manera cotidiana, los residuos líquidos generados en el proceso de producción de esta bebida son descargados de manera directa y sin un previo tratamiento hacia los cuerpos de agua receptores. Estos residuos, mejor conocidos como vinazas, son considerados altamente contaminantes pues concentran componentes

tales como sales, alcoholes y azúcares, que combinados con las altas temperaturas en las que son vertidos, provocan una elevada demanda bioquímica de oxígeno en el agua.

En mayo de 2016, para la realización del Anteproyecto de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Tequila, se realizaron muestreos en 11 puntos de descarga, donde había clara evidencia de vinazas; en las mediciones de parámetros de campo, se detectó ligero olor a vinazas en todas las muestras simples, así como incrementos puntuales, en ciertos horarios, en los valores de algunos parámetros como Sólidos Disueltos Totales y Conductividad.

Asimismo, en las 3 muestras compuestas analizadas en el Laboratorio, los valores obtenidos de Demanda Bioquímica de Oxígeno (890, 670 y 710 mg/l) y de Demanda Química de Oxígeno (1613, 1226 y 1074 mg/l) son significativamente superiores a los valores típicos de aguas residuales municipales que son: Demanda Bioquímica de Oxígeno < 400 mg/l y Demanda Química de Oxígeno < 1000 mg/l.

Lo anterior confirma la observación de que existe contaminación de las aguas residuales municipales con descargas industriales con alta carga orgánica, como son las vinazas.

En los arroyos cercanos a las descargas de los Colectores Principales 1 y 2 se realizaron mediciones de parámetros de campo para verificar la caracterización puntual de las aguas residuales de los arroyos de la Cabecera Municipal de Tequila.

La contaminación del agua residual municipal con descargas industriales de vinazas se vuelve muy evidente cuando los siguientes parámetros medidos en campo alcanzan los siguientes valores:

- Disminución de pH a valores 3 a 5 UpH
 - Incremento de la temperatura del agua por arriba de 40°C
 - Incremento de Sólidos disueltos totales (SDT) por arriba de 500 mg/l
 - Incremento de Conductividad por arriba de 1000 microS/cm
 - Adicionalmente se percibe un fuerte olor a vinaza y un color naranja intenso del agua.
- Incumplimiento de la normatividad. De acuerdo a los resultados de los muestreos referidos en el punto anterior, se está rebasando los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, conforme a lo establecido en la NOM-001-ECOL-1996, por lo cual se deberán pagar multas y sanciones conforme a lo establecido en la Ley Federal de Derechos.

Considerando los aspectos anteriores, es necesario la construcción de colectores marginales a los cauces y sistemas de tratamiento de aguas residuales, con la finalidad de sanear los cauces receptores y mitigar los efectos de la contaminación de las descargas municipales.

Cabe señalar que se recomienda que las descargas industriales de vinazas no sean incorporadas a los colectores de aguas residuales municipales, para que la PTAR sólo trate las aguas municipales.

II.4. ANÁLISIS DE LA OFERTA ACTUAL

La oferta se define como la capacidad de saneamiento de aguas residuales que se tiene en la localidad.

Al respecto en la situación actual la oferta es nula, ya que actualmente no se cuenta con ninguna infraestructura que permita sanear las aguas residuales municipales generadas en la localidad, por lo que toda el agua residual que se genera es descargada a los cuerpos receptores sin previo tratamiento.

II.5. ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL

La demanda se identifica como el caudal de aguas residuales colectada, es decir la aportación de agua residual entregado a la red de alcantarillado. La aportación de aguas residuales se considera como un porcentaje del valor del consumo de agua potable, ya que existe un volumen que ya no regresa a la red de alcantarillado, como el utilizado para el consumo humano, riego de jardines, lavado de coches, entre otros. Este porcentaje puede estar considerado entre el 80 y el 75 por ciento².

El agua residual colectada será el resultado de multiplicar el agua residual generada por la cobertura de alcantarillado o en el caso de esta localidad se utilizará la cobertura de drenaje, lo anterior en función de que se considera que las viviendas que no están conectadas al sistema de alcantarillado, hacen su descarga de manera directa a los cauces.

Como ya se señaló en la tabla 4, la producción actual del sistema de agua potable es de 129 l/s, por lo cual considerando que el DAPA señala que existe un porcentaje de pérdidas físicas del 30%, el consumo de agua potable es de 90.3 l/s. Este último valor multiplicado por 80% y después por 99%, que es la cobertura actual de drenaje, indica que el caudal de aguas residuales colectadas es de 69.8 l/s, tal y como se indica en la tabla siguiente.

² Metodologías de Evaluación Socioeconómica para Proyectos de Agua Potable, Alcantarillado, Saneamiento y Protección a Centros de Población. Edición 2008. CONAGUA.

Tabla 8. Caudal aguas residuales colectadas, Cabecera Municipal de Tequila, situación actual

Año	Aguas residuales generadas (l/s)	Aguas residuales colectadas (l/s)		Año	Aguas residuales generadas (l/s)	Aguas residuales colectadas (l/s)
2017	72.2	71.5		2029	72.2	71.5
2018	72.2	71.5		2030	72.2	71.5
2019	72.2	71.5		2031	72.2	71.5
2020	72.2	71.5		2032	72.2	71.5
2021	72.2	71.5		2033	72.2	71.5
2022	72.2	71.5		2034	72.2	71.5
2023	72.2	71.5		2035	72.2	71.5
2024	72.2	71.5		2036	72.2	71.5
2025	72.2	71.5		2037	72.2	71.5
2026	72.2	71.5		2038	72.2	71.5
2027	72.2	71.5		2039	72.2	71.5
2028	72.2	71.5				

Fuente: Elaboración propia. 2017

Cabe mencionar que en las proyecciones de la tabla anterior, no se consideran las descargas industriales, las cuales no deberán descargarse en la red municipal de alcantarillado.

II.6. INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA ACTUAL

Como se puede observar en la tabla siguiente, durante el horizonte de evaluación, todo el caudal de agua residual que se aporta a la red de alcantarillado de la localidad, será descargado a los cuerpos receptores sin haberse sometido a ningún tipo de tratamiento, por lo que la contaminación de los cauces se seguirá presentando.

Tabla 9. Interacción Oferta-Demanda aguas residuales tratadas, Cabecera Municipal de Tequila, Situación actual

Año	Oferta Capacidad saneamiento (l/s)	Demanda de Aguas residuales colectadas (l/s)	Interacción de la oferta-demanda (l/s)
2017	0	71.5	-71.5
2018	0	71.5	-71.5
2019	0	71.5	-71.5
2020	0	71.5	-71.5
2021	0	71.5	-71.5
2022	0	71.5	-71.5
2023	0	71.5	-71.5
2024	0	71.5	-71.5
2025	0	71.5	-71.5
2026	0	71.5	-71.5
2027	0	71.5	-71.5
2028	0	71.5	-71.5
2029	0	71.5	-71.5

2030	0	71.5	-71.5
2031	0	71.5	-71.5
2032	0	71.5	-71.5
2033	0	71.5	-71.5
2034	0	71.5	-71.5
2035	0	71.5	-71.5
2036	0	71.5	-71.5
2037	0	71.5	-71.5
2038	0	71.5	-71.5
2039	0	71.5	-71.5

Fuente: Elaboración propia. 2017

III. SITUACIÓN SIN PROYECTO

A partir del análisis de la situación actual, en este capítulo se identifica la existencia de proyectos aprobados o en ejecución que la modifiquen, así como las propuestas de acciones de optimización.

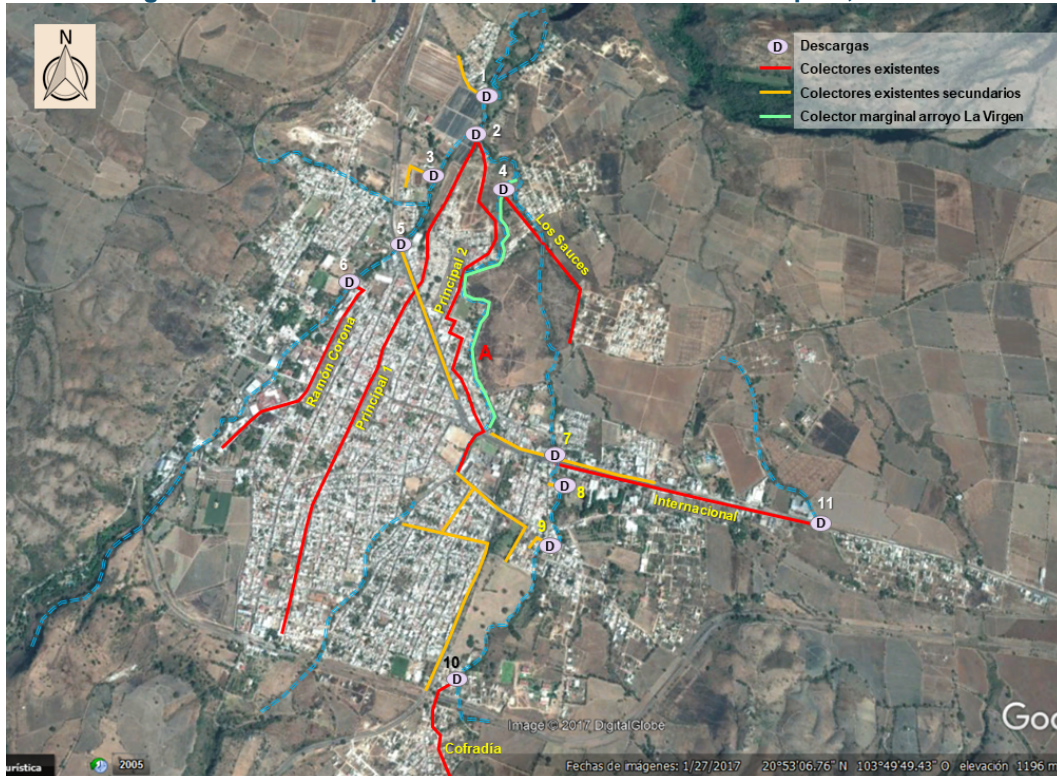
Una optimización representa un conjunto de medidas, inversiones o gastos administrativos que se pueden llevar a cabo antes de optar por proyectos cuyos costos de inversión son considerables, y con lo cual se puede mejorar el manejo de las descargas de aguas residuales o mejorar la eficiencia de la infraestructura de saneamiento.

La optimización permitirá cuantificar adecuadamente los beneficios legítimamente atribuibles a las obras del proyecto, es decir, para evitar que “con el proyecto” se asignen beneficios que se pueden obtener sin una gran inversión o que no sean atribuibles a su realización.

III.1. OPTIMIZACIONES

Como medida de optimización para mitigar los efectos de los malos olores y fauna nociva por la contaminación de los cauces, se considera la construcción del colector La Virgen, el cual tiene un costo de \$3,684,817. Este colector se proyecta en la margen derecha del arroyo, con una longitud aproximada de 1,578.08 m y un diámetro de 25 cm, y permitirá captar también la zona futura de la colonia Obrera 1.

Figura 5. Obra de optimización en la localidad de Tequila, Jalisco



Fuente: DIP de la Cabecera Municipal de Tequila, Jalisco

Otra medidas de bajo costo que optimizará la situación actual, es que la DAPA de Tequila implemente las acciones administrativas que correspondan, para que la industria, principalmente la tequilera, vierta al sistema de alcantarillado aguas residuales que cumplan con la normatividad vigente o bien, pagar multas por exceder los parámetros mínimos establecidos.

III.2. PROYECTOS RELACIONADOS

Un factor relevante en el sistema de agua potable y alcantarillado de la localidad de Tequila, es la producción de agua potable. Al respecto, en los últimos tres años, la producción ha disminuido considerablemente, ya que de acuerdo a la información del DIP del año 2013, la producción de agua potable era de 165.2 l/s, misma que disminuyó a 129 l/s en el año 2016. Lo anterior significa que actualmente la población tiene una dotación más baja, tal y como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 10. Dotaciones en 2013 y 2016

Parámetro	Unidad	DIP 2013	Cédula 2016	Diferencia
Población	habitante	29,733	31,199	+ 1,426
Dotación	l/hab/día	479.7	357.2	- 122.50

Fuente: DAPA de Tequila, Jalisco. 2017

Con la dotación actual, el consumo doméstico es de apenas 158 l/hab/día, cuando en el año 2013 era de 184.8 l/hab/día.

Para poder seguir proporcionando la dotación que se tenía en el año 2013, la DAPA ha considerado el incrementar la producción media anual, lo que significa desarrollar nuevas fuentes de abastecimiento para ir cubriendo la demanda de los siguientes años.

Cabe comentar que la localidad se encuentra localizada en el Acuífero 1437 “Tequila”, cuyos últimos estudios técnicos determinaron que del volumen de recarga total media anual, se tiene disponible casi un 27.4% para otorgar nuevas concesiones³.

Como referencia, en 2010 se pusieron en operación los pozos Portales e Iprovepe, que en conjunto incrementaron la producción media en 25 l/s.

En la tabla siguiente, se muestra la demanda de agua potable para proporcionar a los habitantes de la localidad una dotación per cápita de 480 l/hab/día, con lo cual se garantizaría un consumo a nivel doméstico de 185 l/hab/día.

Cabe mencionar que para la proyección de población, se tomó como base los últimos datos reportados de población y tasa de crecimiento del censo de población del INEGI del 2015 (31,091 habitantes y 1.26% respectivamente), manteniendo la tendencia de crecimiento establecida en las proyecciones de CONAPO.

Tabla 11. Demanda de agua potable, Cabecera Municipal de Tequila, situación sin proyecto

Año	Población (hab)	Producción de agua (l/s)		Año	Población (hab)	Producción de agua (l/s)
2017	31,913	129.0		2029	37,355	207.5
2018	32,342	179.7		2030	37,804	210.0
2019	32,778	182.1		2031	38,258	212.5
2020	33,219	184.6		2032	38,710	215.1
2021	33,665	187.0		2033	39,162	217.6
2022	34,121	189.6		2034	39,614	220.1
2023	34,581	192.1		2035	40,066	222.6
2024	35,044	194.7		2036	40,517	225.1
2025	35,511	197.3		2037	40,969	227.6
2026	35,977	199.9		2038	41,421	230.1
2027	36,441	202.5		2039	41,873	232.6
2028	36,900	205.0				

Fuente: Elaboración propia con información del Anteproyecto de la PTAR y la DAPA.2017

Para atender la demanda de agua potable del año 2018, la DAPA contempla incrementar las horas de operación de las fuentes actuales; a partir del año 2019 se incorporarán nuevas fuentes de abastecimiento con las cuales se ira cubriendo los requerimientos de agua de la población futura.

³ Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Tequila (1437), Estado de Jalisco. Publicado DOF 20 de abril de 2015. CONAGUA.

A la par con el desarrollo de nuevas fuentes de abastecimiento, también se consideran acciones para el control de pérdidas, ya que como es sabido, en un sistema que no cuenta con sectorización, el incremento de agua en el sistema de distribución, aumenta las presiones en las tuberías, generando un mayor número de fugas de agua.

III.3. ANÁLISIS DE LA OFERTA DE LA SITUACIÓN SIN PROYECTO

Con la construcción del colector propuesto, se evitará el impacto visual, malos olores generados y fauna nociva de las descargas de aguas residuales en las zonas aledañas al arroyo La Virgen, sin embargo no se estará saneando las aguas residuales vertidas por lo cual la contaminación será visible aguas abajo.

Por otra parte, con las medidas administrativas propuestas, se podrían reducir los niveles de concentración de contaminantes en los cuerpos receptores al evitar que las industrias tequileras viertan sus aguas con vinazas, sin embargo no se evitará que los cauces sean contaminados por las aguas residuales municipales.

Por lo anterior, en la situación sin proyecto la oferta sigue siendo inexistente, ya que no se tendrá infraestructura que permita sanear las aguas residuales municipales generadas en la localidad.

III.4. ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE LA SITUACIÓN SIN PROYECTO

La demanda en la situación sin proyecto con las medidas de optimización no se modifica, sin embargo al considerar que la DAPA desarrollará nuevas fuentes de abastecimiento para incrementar la dotación per cápita de agua, el volumen de agua residual generada y por consiguiente en el volumen captado se incrementará, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 12. Caudal aguas residuales colectadas, Cabecera Municipal de Tequila, situación sin proyecto

Año	Aguas residuales generadas (l/s)	Aguas residuales colectadas (l/s)		Año	Aguas residuales generadas (l/s)	Aguas residuales colectadas (l/s)
2017	72.2	71.5		2029	116.2	115.1
2018	100.6	99.6		2030	117.6	116.4
2019	102.0	101.0		2031	119.0	117.8
2020	103.3	102.3		2032	120.4	119.2
2021	104.7	103.7		2033	121.8	120.6
2022	106.2	105.1		2034	123.2	122.0
2023	107.6	106.5		2035	124.6	123.4
2024	109.0	107.9		2036	126.1	124.8
2025	110.5	109.4		2037	127.5	126.2
2026	111.9	110.8		2038	128.9	127.6
2027	113.4	112.2		2039	130.3	129.0
2028	114.8	113.7				

Fuente: Elaboración propia con información de la DAPA.2017

El porcentaje de pérdidas físicas de agua potables (30%), el factor de aportación (80%) y la cobertura de drenaje (99%), se consideran constantes a lo largo del horizonte de evaluación.

III.5. INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA DE LA SITUACIÓN SIN PROYECTO

Como se puede observar en la tabla siguiente, durante el horizonte de evaluación, todo el caudal de agua residual que se aporta al sistema de drenaje de la localidad, será descargado a los cuerpos receptores sin haberse sometido a ningún tipo de tratamiento, por lo que la contaminación de los cauces se seguirá presentando.

Tabla 13. Interacción Oferta-Demanda aguas residuales tratadas, Cabecera Municipal de Tequila, situación sin proyecto

Año	Oferta Capacidad de saneamiento (l/s)	Demanda Aguas residuales colectadas (l/s)	Interacción de la oferta-demanda (l/s)
2017	0	71.5	-71.5
2018	0	99.6	-99.6
2019	0	101.0	-101.0
2020	0	102.3	-102.3
2021	0	103.7	-103.7
2022	0	105.1	-105.1
2023	0	106.5	-106.5
2024	0	107.9	-107.9
2025	0	109.4	-109.4
2026	0	110.8	-110.8
2027	0	112.2	-112.2
2028	0	113.7	-113.7
2029	0	115.1	-115.1
2030	0	116.4	-116.4
2031	0	117.8	-117.8
2032	0	119.2	-119.2
2033	0	120.6	-120.6
2034	0	122.0	-122.0
2035	0	123.4	-123.4
2036	0	124.8	-124.8
2037	0	126.2	-126.2
2038	0	127.6	-127.6
2039	0	129.0	-129.0

Fuente: Elaboración propia. 2017

III.6. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Con el fin de evitar que las aguas residuales contaminen los cuerpos receptores en cualquier localidad, de manera general se puede considerar el desarrollo de

proyectos como la construcción de fosas sépticas, colectores marginales a los cauces y plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

En el primer caso, con las fosas sépticas se hace un tratamiento primario de las aguas residuales domésticas, es decir el tratamiento no es tan completo como en una planta de tratamiento de aguas residuales. La construcción de este tipo de sistema a nivel domiciliario, requiere de un terreno lo suficientemente grande para albergar tanto la fosa séptica como el sistema de filtración complementario.

En la Cabecera Municipal de Tequila, Jalisco, el crecimiento de la población en la mancha urbana ha ocasionado que los predios cada vez reduzcan sus áreas libres, por lo cual es casi imposible llevar a cabo la construcción de una fosa séptica a nivel domiciliario o de manera colectiva.

En cuanto a los colectores marginales, este tipo de infraestructura sirven para evitar el impacto visual, malos olores generados y fauna nociva de las descargas de aguas residuales en los cauces, sin embargo no eliminan la contaminación en el punto de descarga final, por lo cual se debe considerar como complemento la construcción de una o varias PTAR.

Una PTAR, es un sistema en donde los contaminantes contenidos en el agua residual son removidos o transformados por diversos procesos, dando por resultado un agua de mejor calidad, apta para descarga o para reutilización.

Por lo anterior la opción viable en la localidad de Tequila, Jalisco, es la siguiente:

- Para evitar la contaminación de los cauces que a traviesan la localidad se construirán colectores marginales a dichos cauces para que reciban las descargas municipales;
- Esta propuesta se complementará con la construcción de uno o varios sistemas de saneamiento para eliminar o reducir al máximo la carga de contaminantes en los puntos de descarga seleccionados.

Con base en lo anterior, se plantean las siguientes alternativas de solución:

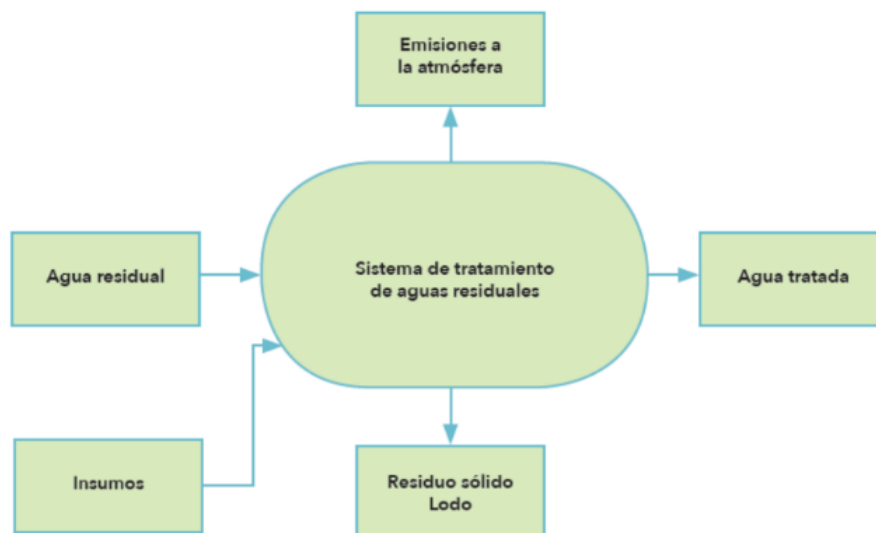
- 1) Construcción de colectores marginales y una PTAR centralizada
- 2) Construcción de colectores marginales y cuatro PTARs

Cabe señalar que el proyecto de colectores marginales en ambas alternativas es la misma, por lo cual la variante es la construcción de una PTAR centralizada o cuatro en diferentes puntos de descarga.

Para determinar el tipo de tratamiento a utilizar, a continuación se mencionan las generalidades de los sistemas de saneamiento.

En la siguiente figura, se presenta un esquema conceptual de un sistema de tratamiento de aguas residuales. El objetivo de depurar un agua residual se logra mediante la integración de operaciones (físicas) y procesos (químicos y biológicos) unitarios, que serán seleccionados en función de las características del agua residual a tratar y de la calidad deseada del agua tratada. Dependiendo de ello, es posible generar emisiones gaseosas a la atmósfera e, invariablemente, la producción de material de desecho que puede ser un residuo sólido, como la materia retenida en las rejas o tamices, o semisólido en forma de lodos⁴.

Figura 6. Esquema conceptual de un sistema de tratamiento de aguas residuales



Fuente: Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. UNAM. 2103

En un sistema de tratamiento de aguas residuales, la ley de la conservación de la materia hace que al retirar de alguna forma el material contaminante del agua residual, éste solo se transforme o transfiera. Por esta simple razón, siempre se producirán residuos, tales como los lodos, en los sistemas de tratamiento de aguas residuales, acompañados por la generación de emisiones gaseosas. Las cantidades y calidad de estos residuos dependerán de las características del agua residual a tratar y evidentemente de la configuración del sistema de tratamiento.

Como ya se comentó existen diversas operaciones y procesos para el tratamiento del agua residuales. Los componentes individuales de tratamiento se clasifican en operaciones físicas unitarias, procesos químicos o biológicos unitarios. Estas operaciones y procesos unitarios se combinan en los sistemas de depuración de aguas residuales, dando lugar a un tren de tratamiento, tal y como se puede ver en la siguiente figura.

⁴ Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. Guía de Apoyo para Ciudades Pequeñas y Medianas. Instituto de Ingeniería. UNAM. 2103

Figura 7. Ejemplos de integración de trenes de tratamiento de aguas residuales



Fuente: Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. UNAM. 2103

Por otra parte, existen diferentes niveles de tratamiento para un agua residual, el cual depende del uso o disposición final que se le dará al agua tratada; los niveles de tratamiento que se pueden aplicar son los siguientes¹.

- **Tratamiento preliminar.** El tratamiento preliminar de un agua residual, se refiere a la eliminación de aquellos componentes que puedan provocar problemas operacionales y de mantenimiento en el proceso de tratamiento o en los sistemas auxiliares. Ejemplo de ello, es la eliminación de componentes de gran y mediano volumen como ramas, piedras, animales muertos, plásticos, o bien problemáticos, como arenas, grasas y aceites. El tratamiento se efectúa por medio de cribas o rejillas, desarenadores, flotadores o desgrasadores. En ciertas ocasiones se emplean trituradores para reducir el tamaño de ciertos desechos y reincorporarlos al tratamiento.
- **Tratamiento Primario.** En este nivel de tratamiento, una porción de sólidos y materia orgánica suspendida es removida del agua residual utilizando la fuerza de gravedad como principio. Las cifras de remoción comúnmente alcanzadas en aguas residuales municipales son del 60% en sólidos suspendidos y de 30% en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5). Esta remoción generalmente se lleva a cabo por sedimentación y es considerada como la antesala para el tratamiento secundario.
- **Tratamiento Secundario.** En esta etapa de tratamiento se elimina la materia orgánica biodegradable (principalmente soluble) por medios preferentemente biológicos debido a su bajo costo y alta eficacia de remoción.

Básicamente, los contaminantes presentes en el agua residual son transformados por los microorganismos en materia celular, energía para su metabolismo y en otros compuestos orgánicos e inorgánicos. Estas células microbianas forman flóculos, los cuales son separados de la corriente de agua tratada, normalmente por sedimentación. De esta forma, una sustancia

orgánica soluble se transforma en flóculos que son fácilmente retirados del agua. En el caso del agua residual doméstica o municipal, el objetivo principal es reducir el contenido orgánico y, en ciertos casos, los nutrientes tales como el nitrógeno y el fósforo.

Los procesos biológicos se dividen en dos grupos; los anaerobios y los aerobios. El proceso anaerobio se caracteriza por tener una baja tasa de síntesis bacteriana, es decir, una baja producción de lodos de desecho. Por lo contrario, en el tratamiento aerobio, una mayor cantidad de energía del sustrato es utilizada para la síntesis celular, por lo que hay una mayor generación de biomasa como lodo no estabilizado, cuyo tratamiento y disposición incrementa la dificultad técnica y el costo del tratamiento.

Tratamiento Terciario o Avanzado. Este tipo de tratamiento se refiere a todo tratamiento hecho después del tratamiento secundario con el fin de eliminar compuestos tales como sólidos suspendidos, nutrientes y la materia orgánica remanente no biodegradable.

Por lo general, el tratamiento terciario es necesario cuando deben cumplirse condiciones de descarga estrictas (remoción de nutrientes) o cuando el agua tratada está destinada a un uso en específico. En tal caso, el arreglo de tratamiento terciario debe ser el necesario para alcanzar esa calidad específica, lo cual implica una gran diversidad de posibles combinaciones de operaciones y procesos unitarios.

Tratamiento y disposición del Lodo. La generación de lodo en cualquier tipo de tratamiento es inevitable y es un factor muy importante que debe ser considerado para una buena elección del proceso de tratamiento. Algunos procesos para el tratamiento del lodo son la digestión anaerobia, la digestión aerobia, el composteo mezclado con residuos celulósicos, la estabilización con cal, la incineración y la pasteurización. Como destino final podrán ser desechados en lugares especialmente acondicionados para ello (mono-relleno sanitario) o si la legislación ambiental lo permite, en rellenos sanitarios municipales. Una opción atractiva para la disposición final es el aprovecharlos como mejoradores de suelos o fertilizantes agrícolas, siempre y cuando cumplan con la normatividad asociada a la producción de biosólidos, nombre como se les conoce a los lodos tratados y acondicionados para su aprovechamiento en tierras.

Para determinar el nivel de tratamiento, así como las operaciones y procesos unitarios que se utilizarán en los sistemas de saneamiento propuestos para la Cabecera Municipal de Tequila, es necesario tomar en cuenta la calidad del agua residual de entrada y la calidad de agua tratada (salida).

En el primer caso, se considera que el agua residual de entrada no contiene descargas industriales de alta carga orgánica como son las vinazas. La calidad de entrada es el promedio obtenido en la campaña de muestreo, excepto los valores

de DBO5 y DQO, los cuales se tomarán de la caracterización típica indicada por CONAGUA para aguas residuales municipales con alta concentración.

El agua tratada a la salida de la PTAR será descargada en el arroyo Atizcua, que está clasificado como un cuerpo receptor Tipo A, por lo tanto se deberá cumplir con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-001- SEMARNAT-1996 sobre los límites máximos permisibles de contaminantes para descarga en ríos para uso en riego agrícola.

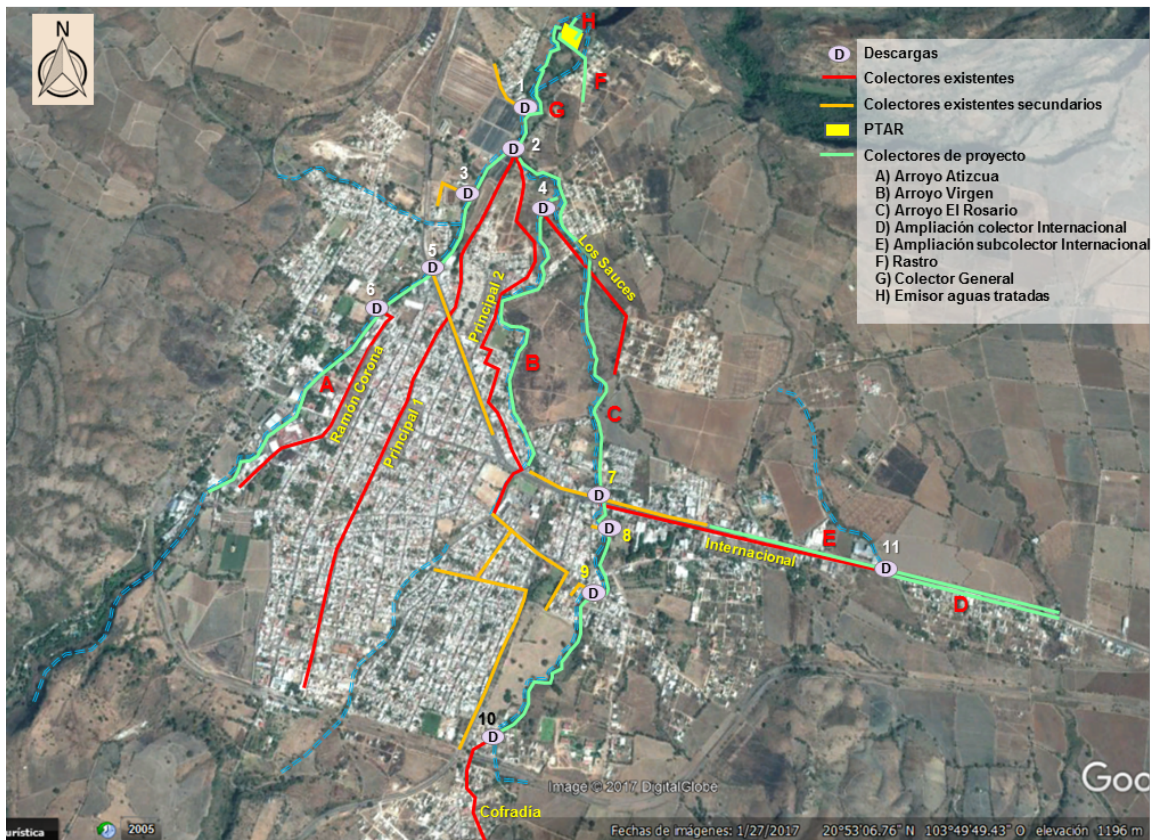
Considerando todos los antecedentes anteriores, las alternativas planteadas se describen a continuación.

III.7. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

3.7.1 CONSTRUCCIÓN DE COLECTORES MARGINALES Y UNA PTAR DE LODOS ACTIVADOS

En la siguiente figura se señalan los colectores marginales y la ubicación de la PTAR que se consideran en esta alternativa y posteriormente se hace una descripción de los mismos, y de otros componentes complementarios.

Figura 8. Ubicación de los colectores y PTAR de la Alternativa 1



Fuente: Elaboración propia con base en la información del Anteproyecto de la PTAR de Tequila Jalisco. 2016

a) Colectores marginales

Se propone la construcción de 5 colectores marginales en los arroyos Atizcua, Virgen y El Rosario, un colector general y un subcolector en la colonia donde está el rastro, así como ampliaciones al colector y subcolector Internacional para anexar las zonas de crecimiento futuro. (Ver figura 8)

En el arroyo Atizcua se proyectan dos colectores marginales con una longitud total aproximada de 5,015.42 m, con diámetros de 25, 30 y 61 cm, que interceptan las descargas en los puntos 3, 5, 6 y 12; también capta el colector Ramón Corona (61 cm), y un subcolector de la Av. Internacional.

En el arroyo Virgen se proyecta un colector en la margen derecha del arroyo con una longitud aproximada de 1,578.08 m y un diámetro de 25 cm, para captar la zona futura de la colonia Obrera 1.

En el arroyo El Rosario, se proyectan dos colectores marginales con una longitud total aproximada de 7,701.95 m, con diámetros de 25, 30, 38 y 45 cm, para interceptar los colectores Cofradía, los Sauces, Internacional y subcolector internacional, Principal 1 y Principal 2 y las descargas aisladas de la red de atarjeas y los puntos de descarga 2, 4, 7, 8, 9 y 10.

También se propone la ampliación del colector Internacional con una longitud aproximada de 897.33 m y un diámetro de 25 cm, para captar las descargas futuras de la zona sur de la carretera y de la colonia Malvaste (descarga 11), así como ampliar también el subcolector Internacional de lado Norte de la carretera, con una longitud aproximada de 1,980.49 m con un diámetro de 25 cm, para captar las descargas aisladas y de la zona de futura ampliación.

Se proyecta un subcolector en la colonia donde está el rastro con una longitud aproximada de 377.78 m de 25 cm, para captar las descargas y conducir las directamente a la PTAR. La descarga del rastro, al igual que las demás descargas industriales, deberá ser tratada de manera independiente de la PTAR Municipal y no se deberá conectar a los colectores de aguas residuales municipales.

El colector general que capta las aguas residuales de todos los colectores y subcolectores antes descritos (excepto el de la colonia del Rastro) comienza en el punto de descarga 2, donde descargan los colectores principales 1 y 2 y continúa por las calles prolongación Mariano Abasolo y luego por la calle Felipe Ángeles, para finalmente llegar a la PTAR; el colector tendrá una longitud aproximada de 865.23 m. y un diámetro de 61 cm.

b) Cajas derivadoras o separadoras de caudal residual y pluvial

Considera las obras de las cajas derivadoras o separadoras de caudal residual y pluvial, para que en época de lluvias solo se conduzca por el colector interceptor el

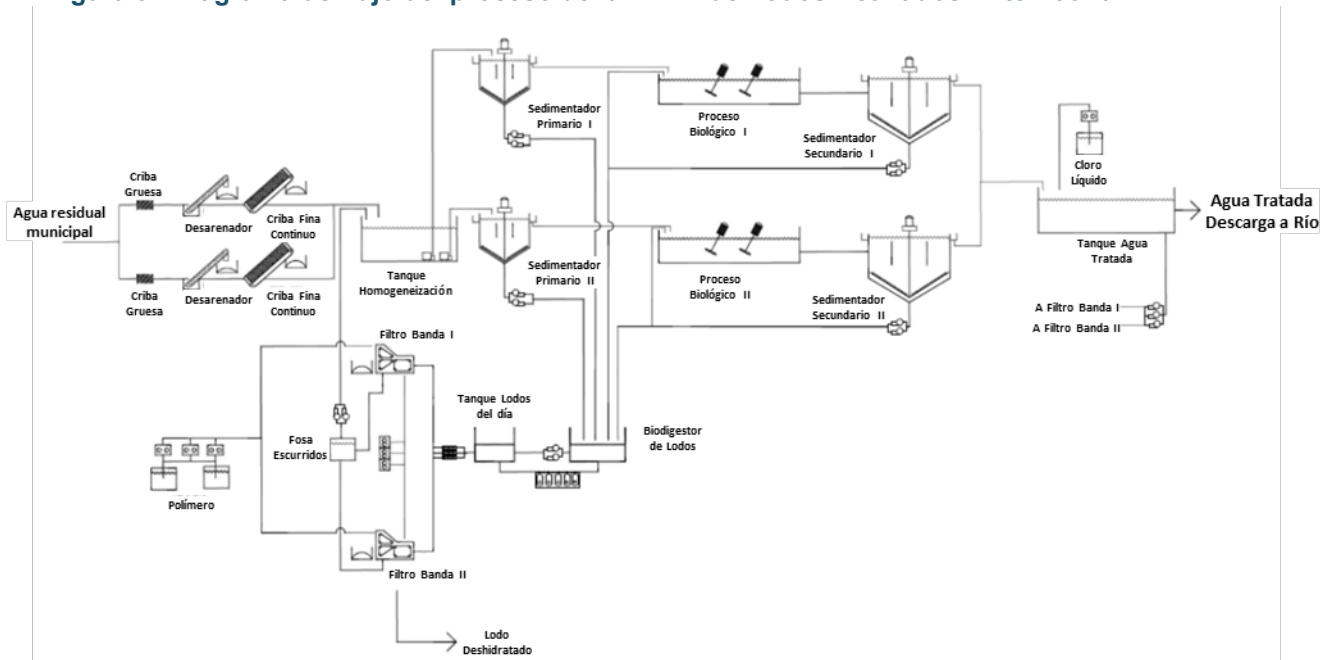
gasto medio o de diseño de la PTAR, sin que se cause taponamientos hidráulicos, remanses e inundaciones en zonas deprimidas.

c) PTAR de Lodos Activados

La disposición final de las aguas residuales municipales será en una PTAR centralizada, es decir se ubica hacia al final de todas las descargas. Esta PTAR tendrá una capacidad de diseño en una primera etapa de 100 l/s, para lo cual se proponen dos módulos de 50 l/s cada uno para dar flexibilidad a la operación de la PTAR. Con esta capacidad se cubre la demanda actual de saneamiento y hasta el año 2025. Se dejará espacio en el predio para construir a futuro otro módulo con una capacidad de 40 lps para cubrir la demanda de saneamiento hasta el año 2037.

El proceso empleado en esta PTAR será Lodos activados, el cual es uno de los más utilizados en el mundo para el tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico o municipal. La gran ventaja de este sistema es que se lleva a cabo en un solo tanque, el cual cuenta con dispositivos para proveer aeración, mezclado y sedimentación.

Figura 9. Diagrama de flujo del proceso de la PTAR de Lodos Activados. Alternativa 1



Fuente: Anteproyecto de la PTAR de Tequila. Consejo de Desarrollo Integral de Tequila. 2016

El sistema de tratamiento corregirá los siguientes parámetros independientes:

DQO: Se requiere de un proceso biológico para consumir la materia orgánica analizada como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), que es parte de la Demanda Química de Oxígeno. El proceso biológico elimina la DBO5, el

Nitrógeno y el Fósforo como elementos dependientes de la Demanda Química de Oxígeno.

Sólidos suspendidos totales (SST): Se requiere de un sistema de sedimentación primaria (principalmente se eliminan los sólidos sedimentables y en su camino arrastran sólidos suspendidos) y sedimentación secundaria donde se separan los sólidos biológicos del agua y parte de esos sólidos son retornados al proceso biológico para operar a SSV constantes y el resto son sacados para su deshidratación y disposición.

Grasas y aceites: Las grasas y aceites deben ser eliminados antes del proceso biológico para evitar que éstas lleguen a las bacterias a las cuales les hace mucho daño. En un sedimentador primario se eliminan mediante desnatado de la parte superficial.

Materia flotante: La materia flotante debe ser eliminada por cribas al inicio del tratamiento.

Desinfección. El agua salida del sedimentador secundario tiene microorganismos del proceso biológico y es desinfectada para eliminar los microorganismos que puedan ser patógenos (coliformes fecales).

d) Emisor de aguas tratadas

Las aguas después de ser tratadas, se descargarán mediante un emisor al arroyo Atizcua, que está a un lado de la PTAR. El emisor tendrá una longitud aproximada de 134 metros con un diámetro de 61 cm.

e) Laboratorio de control de calidad de la PTAR

Considera la construcción y equipamiento de un laboratorio de control de calidad de la PTAR para que se lleven a cabo los ensayos necesarios para asegurar el cumplimiento de las Condiciones Particulares de Descarga (CPD) fijadas por la Norma Oficial Mexicana (NOM). Este laboratorio será construido en la zona sur del predio donde se construirá la PTAR.

El proyecto planteado, tendrá un costo total de 165.44 millones de pesos de 2017, sin IVA incluido, el cual será ejecutado en dos ejercicios fiscales, tal y como se señala en la siguiente tabla.

Tabla 14. Costos de inversión Alternativa 1 (\$ a precios de 2017 sin IVA)

Componente	2018	2019	Costo total
Colectores marginales			
Colectores arroyo Atizcua	17,362,239	5,787,413	23,149,652
Colector arroyo Virgen	3,684,817	0	3,684,817
Colectores arroyo El Rosario	16,251,115	16,251,115	32,502,229
Ampliación colector Internacional	0	2,095,266	2,095,266
Ampliación subcolector Internacional	0	4,624,444	4,624,444
Subcolector colonia El Rastro	0	882,116	882,116
Colector General	0	4,282,888	4,282,888
Cajas derivadoras	797,325	2,391,975	3,189,300
Planta de Tratamiento	47,626,880	37,421,120	85,048,000
Emisor de aguas tratadas	0	663,300	663,300
Laboratorio	0	5,315,500	5,315,500
Total	85,722,376	79,715,137	165,437,512

Fuente: Anteproyecto de la PTAR de Tequila. Consejo de Desarrollo Integral de Tequila. 2016

En cuanto a los costos de operación y mantenimiento, estos se estimaron del orden de 9.84 millones de pesos anuales sin incluir el IVA, conforme se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 15. Costos de operación y mantenimiento Alternativa 1 (\$ a precios de 2017 sin IVA)

Componente/concepto	Costo
Colectores marginales	
Personal	540,000
Mantenimiento General	1,488,214
Suma	2,028,214
PTAR	
Personal	884,550
Manejo de lodos	292,725
Reactivos físico-químicos	1,102,847
Energía eléctrica	3,808,254
Mantenimiento General	220,822
Suma	6,309,198
Laboratorio	
Personal	540,000
Reactivos físico-químicos	475,960
Energía eléctrica	153,000
Mantenimiento General	265,775
Suma	1,509,735
Total Operación y Mantenimiento	9,847,147

Fuente: Elaboración propia. 2017

Los costos de mantenimiento en los colectores marginales reflejan básicamente el costo del personal que se requiere para inspeccionar periódicamente el funcionamiento y conservación de la infraestructura, así como de las cajas derivadoras. Considera también los costos de los mantenimientos básicos como desazolves y acciones preventivas.

En cuanto a la planta de tratamiento, el costo mayor es el de la energía eléctrica, debido al tipo de procesos y equipos que son utilizados durante el saneamiento de las aguas residuales. El rubro de mantenimiento general, se refiere a las acciones de conservación preventiva a la obra civil y equipamiento.

En cuanto al laboratorio, se deben llevar a cabo el análisis de 15 parámetros y en el caso de seis de ellos, el análisis se realizará diariamente. El rubro de mantenimiento general, se refiere a las acciones de conservación preventiva a la obra civil y el equipo de laboratorio.

El periodo de vida útil de esta alternativa está limitado principalmente por la duración de los equipos que deben operar durante los procesos que sean utilizados para el tratamiento de las aguas residuales. De acuerdo a las especificaciones de los fabricantes, la vida útil de los equipos en instalaciones de tratamiento es de 10 a 20 años. Otros componentes de infraestructura de la alternativa, pueden tener una vida útil de 20 a 40 años, tal es el caso de la obra civil y los colectores marginales.

Con base a lo anterior, se determina que los componentes de la alternativa pueden operar adecuadamente al menos por un periodo de 20 años.

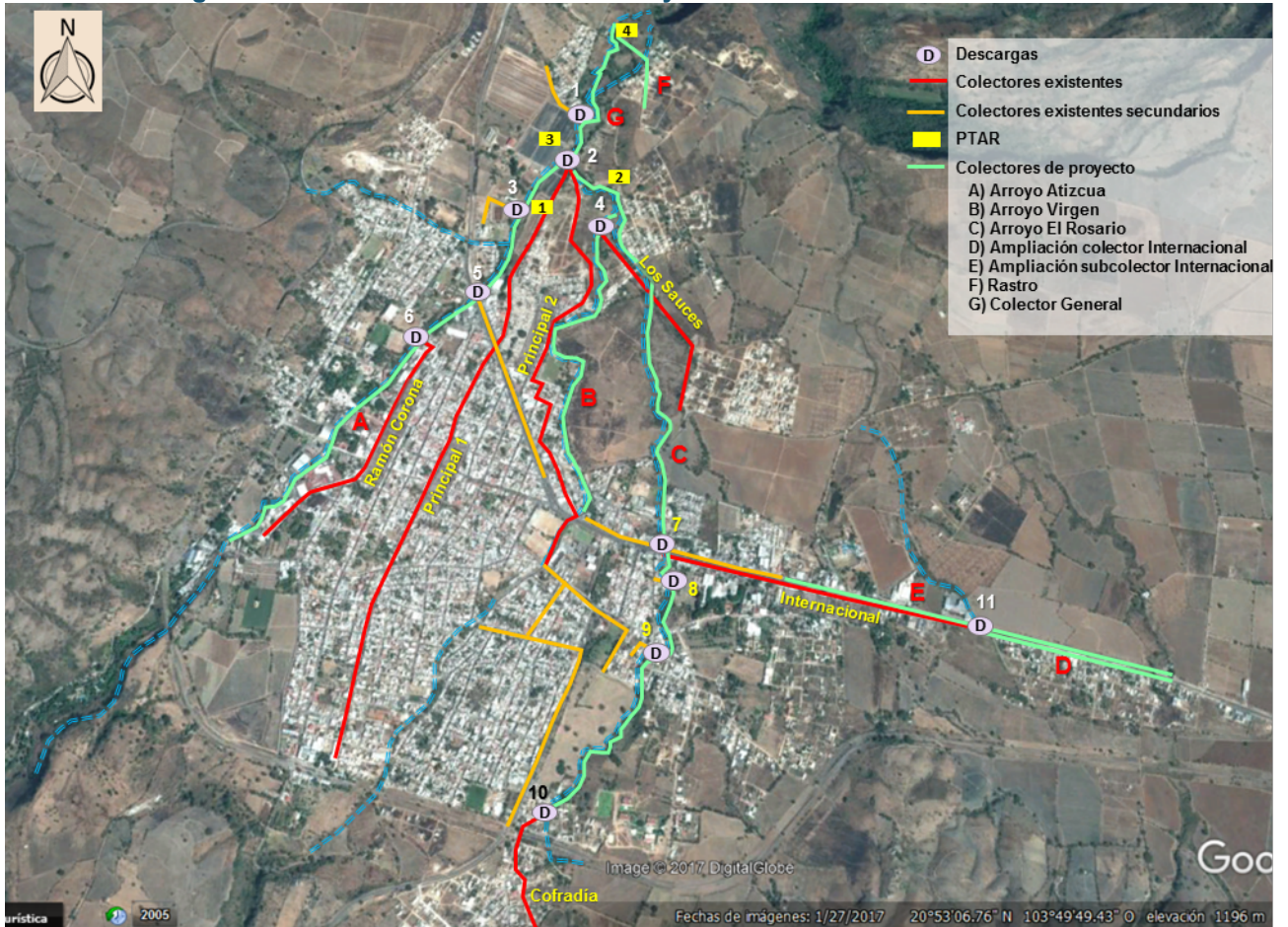
3.7.2 CONSTRUCCIÓN DE COLECTORES MARGINALES Y CUATRO PTAR CON REACTOR ANAEROBIO – LODOS ACTIVADOS

En la figura 10 se señalan los colectores marginales y la ubicación de las cuatro PTAR que se consideran en esta alternativa. A continuación se hace una descripción de los mismos, y de otros componentes complementarios.

a) Colectores marginales

Se propone la construcción de 5 colectores marginales en los arroyos Atizcua, Virgen y El Rosario, un colector general y un subcolector en la colonia donde está el rastro, así como ampliaciones al colector y subcolector Internacional para anexar las zonas de crecimiento futuro. (Ver figura 10)

Figura 10. Ubicación de los colectores y PTARs de la Alternativa 2



Fuente: Elaboración propia con base en la información del Anteproyecto de la PTAR de Tequila Jalisco. 2017

En el arroyo Atizcua se proyectan dos colectores marginales con una longitud total aproximada de 5,015.42 m, con diámetros de 25, 30 y 61 cm, que interceptan las descargas en los puntos 3, 5, 6 y 12; también capta el colector Ramón Corona (61 cm), y un subcolector de la Av. Internacional.

En el arroyo Virgen se proyecta un colector en la margen derecha del arroyo con una longitud aproximada de 1,578.08 m y un diámetro de 25 cm, para captar la zona futura de la colonia Obrera 1.

En el arroyo El Rosario, se proyectan dos colectores marginales con una longitud total aproximada de 7,701.95 m, con diámetros de 25, 30, 38 y 45 cm, para interceptar los colectores Cofradía, los Sauces, Internacional y subcolector internacional, Principal 1 y Principal 2 y las descargas aisladas de la red de atarjeas y los puntos de descarga 2, 4, 7, 8, 9 y 10.

También se propone la ampliación del colector Internacional con una longitud aproximada de 897.33 m y un diámetro de 25 cm, para captar las descargas futuras de la zona sur de la carretera y de la colonia Malvaste (descarga 11), así

como ampliar también el subcolector Internacional de lado Norte de la carretera, con una longitud aproximada de 1,980.49 m con un diámetro de 25 cm, para captar las descargas aisladas y de la zona de futura ampliación.

Se proyecta un subcolector en la colonia donde está el rastro con una longitud aproximada de 377.78 m de 25 cm, para captar las descargas y conducir las directamente a la PTAR. La descarga del rastro, al igual que las demás descargas industriales, deberá ser tratada de manera independiente de la PTAR Municipal y no se deberá conectar a los colectores de aguas residuales municipales.

El colector general, comienza en el punto de descarga 2, donde descargan los colectores principales 1 y 2 y continua por las calles prolongación Mariano Abasolo y luego por la calle Felipe Ángeles, para finalmente llegar a la PTAR; el colector tendrá una longitud aproximada de 865.23 m. y un diámetro de 61 cm.

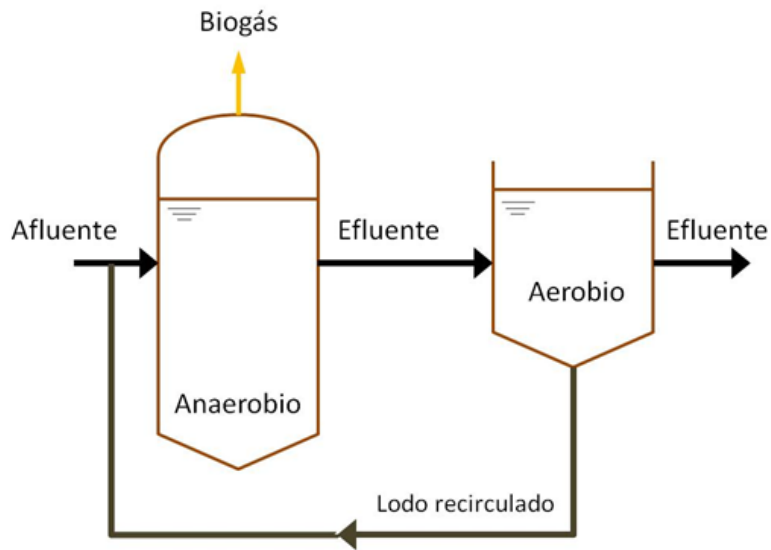
b) Cajas derivadoras o separadoras de caudal residual y pluvial

Considera las obras de las cajas derivadoras o separadoras de caudal residual y pluvial, para que en época de lluvias solo se conduzca el gasto medio o de diseño a las PTARs, sin que se cause taponamientos hidráulicos, remanses e inundaciones en zonas deprimidas.

c) PTAR con Reactor Anaerobio-Lodos Activados

Para lograr la misma degradación de la materia orgánica remanente, nutrientes y patógenos del efluente en reactores anaerobios que en un sistema de lodos activados, normalmente se necesita un tratamiento posterior, que puede referirse a sistemas convencionales aerobios. En el caso de la Cabecera Municipal de Tequila, se consideró un postratamiento a través de lodos activados (aerobio). De forma general cada planta de tratamiento tendrá el siguiente proceso.

Figura 11. Esquema de la planta de tratamiento con Reactor Anaerobio–Lodos Activados



Fuente: Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales (Trabajo final 1). Mariano Ramos

A continuación se menciona la capacidad de diseño de cada una de las PTAR propuestas, así como será la operación con los colectores marginales (ver figura 10):

PTAR 1. Esta planta tendrá una capacidad de diseño de 15 l/s. Se ubicará cerca de la descarga 3 y recibirá las aguas residuales provenientes de los colectores marginales al arroyo Atizcua, colector Ramón Corona y un subcolector de la Av. Internacional. El agua tratada se descargará nuevamente al cauce del arroyo Atizcua.

PTAR 2. Esta planta tendrá una capacidad de diseño de 20 l/s. Se localizará cerca de la descarga 4, y tratará las aguas residuales provenientes del colector Cofradía, arroyo La Virgen, arroyo El Rosario, colector Los Sauces y el colector Internacional. Las aguas una vez saneadas serán vertidas al arroyo El Rosario. Cabe señalar que se dejará espacio en el predio para construir a futuro otro módulo con una capacidad de 30 lps para cubrir la demanda de saneamiento, ya que es en esta zona donde se prevé el crecimiento de la población.

PTAR 3. La planta tendrá una capacidad de diseño de 35 l/s. Se construirá en las cercanías del punto de descarga 2 y recibirá el caudal de aguas residuales proveniente del colector Principal 1. Las aguas una vez saneadas, serán vertidas al cauce del arroyo Atizcua.

PTAR 4. Esta estructura tendrá una capacidad de 30 l/s. Recibirá el agua proveniente del colector Principal 2, el arroyo Atizcua, una parte del arroyo El Rosario y del subcolector de la colonia donde se encuentra el Rastro. El agua tratada se descargará nuevamente al cauce del arroyo Atizcua.

Las PTAR tendrán de manera general los siguientes componentes:

Pretratamiento

El sistema de pretratamiento es una estructura auxiliar que debe preceder a cualquier sistema de tratamiento. Esta estructura persigue principalmente los objetivos de reducir los sólidos en suspensión de distintos tamaños que traen consigo las aguas.

La mayoría de las fuentes superficiales de agua tienen un elevado contenido de materia en estado de suspensión, siendo necesaria su remoción previa, especialmente en temporada de lluvias.

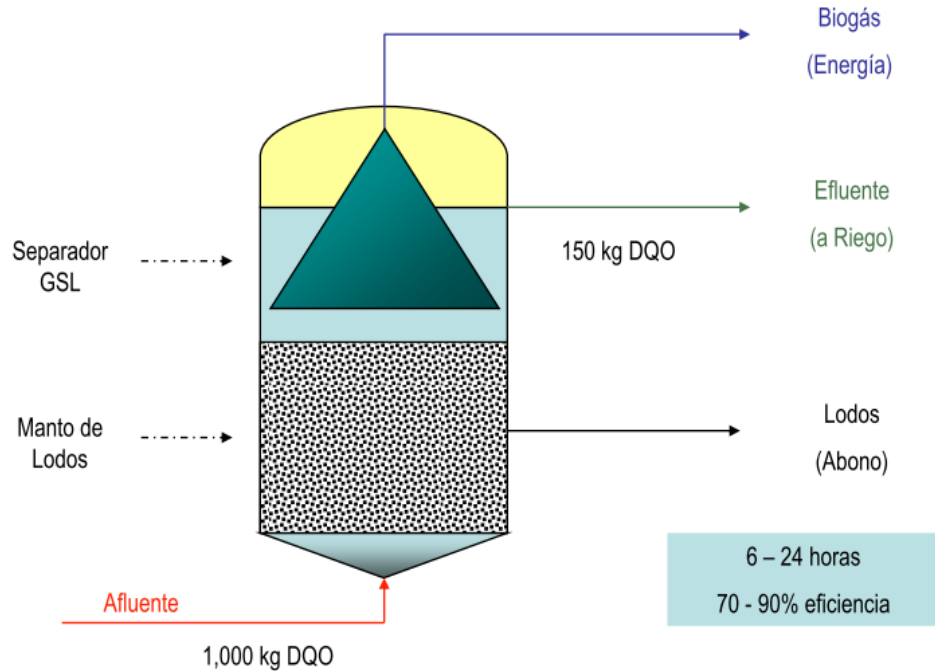
Los procedimientos de separación de material muy grueso (rejillas: gruesas y finas) se realizan o están relacionados a las captaciones. Se considera como pretratamientos y acondicionamientos previos en la planta a unidades como desarenadores y sedimentadores.

Reactor anaerobio.

El Reactor UASB, por definición es: Upflow (flujo ascendente), Anaerobic (anaeróbico), Sludge (lodo) y Blanket (manto). En la figura 12 se muestra su esquema básico.

En el Reactor UASB el afluente es bombeado hacia el sistema de distribución interno entrando en contacto con el manto de lodos anaeróbico; el afluente recorre todo el fondo del reactor. La reducción del DQO provoca expansión/fluidización de la cama de lodo que es elevada la velocidad ascendente, producto de la generación de biogás (mezcla de gases entre el CO₂ de la respiración anaeróbica de las bacterias y el metano producto de la combustión y degradación del DQO) y la velocidad del líquido. Cuando el gránulo libera el biogás a su superficie, el lodo se deposita en la zona inferior del reactor, el biogás es colectado y el agua residual tratada abandona al reactor por rebose (esta dinámica ocurre continuamente dentro del reactor). El biogás generado da lugar a una agitación interior que interviene en la formación y mantenimiento de los gránulos, removiendo la cama de lodos y permitiendo el intercambio de éstos con el agua residual. El separador trifásico es el elemento en donde se separan biogás, agua residual tratada y el lodo, el cual consta de varias cámaras separadas por deflectores, en las que el gas es recolectado.

Figura 12. Esquema básico de un Reactor Anaerobio



Fuente: Universidad Nacional de Costa Rica. Foro de Tecnologías de Tratamiento de Aguas Residuales. 2009

Sedimentador secundario

La función del sedimentador secundario es la de separar los lodos activados del líquido-mezcla. Esta separación de sólidos es el último paso antes de la descarga requerida para la producción de un efluente estable, bien clarificado y con bajo contenido en DBO, DQO y sólidos totales.

Para el diseño correcto de los tanques de sedimentación secundaria se deben tomar en cuenta los siguientes factores: tipos de tanques, características de sedimentabilidad de los lodos en relación con las necesidades de espesamiento para la correcta operación de la planta, cargas de superficie y cargas de sólidos, profundidad de agua, reparto del caudal, diseño de la entrada de agua, situación y carga sobre el vertedero y eliminación de espumas.

Tanque de aireación

Estructura donde el desagüe y los microorganismos (incluyendo retorno de los lodos activados) son mezclados. El sistema de aireación, alimentado por soplador, dispersa el aire en el fondo de la cámara de aireación por medio de una serie de difusores de alto rendimiento y están diseñados de tal manera que son inobstruibles, impidiendo el retorno del líquido por la cañería al cesar el flujo de aire.

En esta etapa se eliminan todos los elementos que provocan olores y también las grasas y detergentes.

Tanque de contacto de cloro

El agua clara que se obtiene de la superficie de los tanques de sedimentación pasa a un tanque cuyo diseño es de forma de serpentín. Este tanque se conoce como tanque de contacto de cloro, cuyo objetivo es clorar el agua para desinfectarla, manteniendo siempre una cantidad adecuada de cloro residual para asegurar que el agua limpia o tratada se encuentre completamente libre de bacterias patógenas. Esta agua ya tratada puede ser utilizada para riego de áreas verdes, lavar pisos, carros, o bien descargarse a cualquier cuerpo receptor, como un río, sin que ésta contamine.

Lecho de secado de lodos.

El lodo sobre los lechos de arena pierde el agua por medio de drenado y evaporación. Primero, el agua se drena a través del lodo hacia la arena y se remueve por los bajo drenes, normalmente dura unos cuantos días y continúa hasta que la arena se tapona o hasta que toda el agua libre se ha drenado. Una vez que se ha formado una capa de lodo sobrenadante, la decantación remueve el agua superficial, especialmente agua pluvial. La decantación también puede ser necesaria para la remoción de agua liberada mediante el tratamiento químico de los lechos de secado. El agua que permanece después del drenado inicial y decantación es removida por evaporación.

Cada lecho está diseñado para contener, en una o más secciones, el volumen completo de lodo a ser removido del digestor o reactor aerobio en una sola purga. Los elementos estructurales del lecho incluyen las paredes laterales, bajo drenes, capas de arena y grava, particiones, decantadores, canal de distribución de lodo, rampas y pasillos y, posiblemente, cubiertas de lechos.

d) Emisores de aguas tratadas

Las aguas después de ser tratadas, se descargarán mediante un emisor a los cauces que se localizaran a un lado de la PTAR. El emisor tendrá longitudes menores a los 150 metros con un diámetro de 61 cm.

e) Laboratorio de control de calidad de la PTAR

Considera la construcción y equipamiento de un laboratorio de control de calidad de la PTAR para que se lleven a cabo los ensayos necesarios para asegurar el cumplimiento de las Condiciones Particulares de Descarga (CPD) fijadas por la Norma Oficial Mexicana (NOM). Este laboratorio será construido en el predio donde se construirá la PTAR No 4.

El proyecto planteado, tendrá un costo total de 179.11 millones de pesos de 2017, sin IVA incluido, el cual será ejecutado en dos ejercicios fiscales, tal y como se señala en la siguiente tabla.

Tabla 16. Costos de inversión Alternativa 2 (\$ a precios de 2017 sin IVA)

Componente	2018	2019	Costo total
Colectores marginales			
Colectores arroyo Atizcua	18,577,596	6,192,532	24,770,128
Colector arroyo Virgen	3,684,817		3,684,817
Colectores arroyo El Rosario	17,551,204	17,551,204	35,102,407
Ampliación colector Internacional		2,095,266	2,095,266
Ampliación subcolector Internacional		4,624,444	4,624,444
Subcolector colonia El Rastro		882,116	882,116
Colector General		4,282,888	4,282,888
Cajas derivadoras	797,325	2,391,975	3,189,300
Planta de Tratamiento			
PTAR 1	12,670,027		12,670,027
PTAR 2	16,724,436		16,724,436
PTAR 3	34,969,275		34,969,275
PTAR 4		28,507,561	28,507,561
Emisor de aguas tratadas		2,288,385	2,288,385
Laboratorio		5,315,500	5,315,500
Total	104,974,680	74,131,871	179,106,550

Fuente: Elaboración propia. 2017

En cuanto a los costos de operación y mantenimiento, estos se estimaron del orden de 11.31 millones de pesos anuales sin incluir el IVA, conforme se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 17. Costos de operación y mantenimiento Alternativa 2 (\$ a precios de 2017 sin IVA)

Componente/concepto	Importe
Colectores marginales	
Personal	540,000
Mantenimiento General	1,488,214
Suma	2,028,214
PTAR	
Personal	1,584,000
Manejo de lodos	495,178
Reactivos físico-químicos	1,102,847
Energía eléctrica	1,213,560
Mantenimiento General	1,336,419
Suma	5,732,005
Laboratorio	
Personal	1,020,000
Reactivos físico-químicos	1,665,860
Energía eléctrica	206,550
Mantenimiento General	664,163
Suma	3,556,573
Total Operación y Mantenimiento	11,316,791

Fuente: Elaboración propia. 2017

Los costos de los colectores marginales reflejan básicamente el costo del personal que se requiere para inspeccionar periódicamente el funcionamiento y conservación de la infraestructura, así como de las cajas derivadoras. Considera también los costos de los mantenimientos básicos como desazolves y acciones preventivas.

En cuanto a las planta de tratamiento, el costo mayor es el del personal, debido a que se requiere contar con personal operativo en las cuatro PTAR. El rubro de mantenimiento general, se refiere a las acciones de conservación preventiva a la obra civil y equipamiento.

En cuanto al laboratorio, se deben llevar a cabo el análisis de 15 parámetros en cada uno de los efluentes de las PTAR y en el caso de seis de ellos, el análisis se realizará diariamente. El rubro de mantenimiento general, se refiere a las acciones de conservación preventiva a la obra civil y el equipo de laboratorio; también se incluye en este apartado el costo del traslado para la toma de las muestras en las otras tres PTAR.

El periodo de vida útil de esta alternativa está limitado principalmente por la duración de los equipos que deben operar durante los procesos que sean utilizados para el tratamiento de las aguas residuales. De acuerdo a las especificaciones de los fabricantes, la vida útil de los equipos en instalaciones de tratamiento es de 10 a 20 años. Otros componentes de infraestructura de la alternativa, pueden tener una vida útil de 20 a 40 años, tal es el caso de la obra civil y los colectores marginales.

Con base a lo anterior, se determina que los componentes de la alternativa pueden operar adecuadamente al menos por un periodo de 20 años.

III.8. ANÁLISIS TÉCNICO

Desde el punto de vista técnico, las dos alternativas propuestas son factibles ya que existe la tecnología y mano de obra con la cual se puedan construir los componentes, así como para llevar a cabo su operación.

El proyecto de los colectores marginales en ambas alternativas es similar, sin embargo en la Alternativa 2 se deberá hacer las adecuaciones necesarias en los colectores de los arroyos Atizcua y El Rosario, para realizar las derivaciones correspondientes hacia las plantas de tratamiento.

Los diseños propuestos para los sistemas de saneamiento en la Cabecera Municipal de Tequila, Jalisco, cumplen con las especificaciones publicadas por la CONAGUA para los sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales y, de igual manera, cumplen con los requerimientos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997.

En términos de tecnología, se estima que las plantas de tratamiento anaerobio cuestan menos para construir, operar y mantener; además, generan menos lodo y representan una fuente de energía sustentable, generan energéticos y producen menos lodos. En el tratamiento anaerobio, alrededor del 70% de la materia orgánica es transformada en biogás (gas metano y CO₂). Estas plantas ocupan menos espacio y requieren de poca maquinaria y energía; pueden ser subterráneas y pueden llevar canchas deportivas u otra infraestructura en su superficie. Los pocos lodos generados por el proceso anaerobio ya están estabilizados y pueden ser utilizados para el mejoramiento de suelos.

Por otra parte, un Reactor Anaerobio tiene una baja eficacia para la remoción de contaminantes a comparación de los procesos aerobios, requiere temperaturas por debajo de los 35 °C para que la actividad de las bacterias sea óptima, el comienzo del proceso es lento y requiere de un período de 8 a 12 semanas, ocasiona malos olores, para lo cual se requiere de un sistema simple de control.

La alternativa de Lodos activados tiene la ventaja de que su tecnología es el más conocido y estudiado desde el punto de vista de ingeniería, es altamente eficiente para remover los contaminantes, es versátil y minimiza la presencia de olores y ausencia de insectos. De sus desventajas más notorias, es que requiere una cantidad moderada de área para su construcción, tiene un alto consumo de energía eléctrica en la aireación y mezcla, así como en la recirculación de lodos, alta producción de lodos y requiere un control permanente, tanto operativo como de análisis de laboratorio.

Como se puede concluir al revisar la tecnología de los sistemas de saneamiento, un Reactor anaerobio por sí solo, es más económico en su inversión y operación, pero es menos eficiente que el tratamiento de Lodos activado, es por ello que en la Alternativa 2 se decidió combinar ambas tecnologías para obtener resultados similares en cuestión de la degradación de los contaminantes de las aguas residuales.

Al aplicar la combinación de tecnologías en la Alternativa 2, se reducen los espacios de los predios que se requieren para la construcción de los sistemas de saneamiento, pero los costos de la obra civil y equipamiento se incrementan al aplicar un postratamiento a través de lodos activados.

Si bien los costos de operación para la tecnología de saneamiento de la Alternativa 2, de manera global esta diferencia se reduce al compararla con la Alternativa 1, debido a que se requiere de mayor personal porque serán cuatro inmuebles que requieren supervisión y operación; a pesar de que en teoría se produce un menor volumen de lodos, su manejo se encarece por el traslado del mismo al sitio de disposición de lodos.

Para la operación del laboratorio, también se debe incrementar el personal, reactivos físico-químicos, energía eléctrica y el mantenimiento, ya que las muestras a analizar se incrementan cuatro veces a comparación de la alternativa 1

y estas se deben tomar en lugares distantes al sitio donde se encuentra el inmueble.

Cabe señalar que para la Alternativa 1, ya se cuenta con un Anteproyecto de la PTAR.

III.9. ANÁLISIS ECONÓMICO

El criterio económico aplicado fue el de seleccionar la alternativa con el menor costo anual equivalente (CAE), ya que las alternativas propuestas brindan los mismos beneficios, pero poseen distintos costos. Para el cálculo del CAE se utilizó una tasa social de descuento de 10%, establecida por la Unidad de Inversiones con el Oficio Circular No. 400.1.410.14.009, de fecha 13 de enero de 2014, así como una vida útil de 20 años para ambas alternativas.

Debido al monto de inversión y las características técnicas de las alternativas, la ejecución en un solo ejercicio presupuestal no es factible por lo que dichas inversiones se programaron para ejecutarse en dos (2) años.

Considerando los costos de inversión y operación+mantenimiento de cada Alternativa propuesta, se obtuvo el siguiente CAE.

Tabla 18. CAE Alternativas (\$ a precios de 2017)

Alternativa 1: Construcción colectores marginales y PTAR Lodos Activados	VP _{Costos}	213,094,269	pesos
	Vida útil	20	años
	CAE	25,029,973	pesos
Alternativa 2: Construcción de colectores marginales y cuatro PTAR Reactor Anaerobio-Lodos Activados	VP _{Costos}	236,322,514	pesos
	Vida útil	20	años
	CAE	27,758,354	pesos
Diferencia entre alternativas A y B		10.9%	

Fuente: Elaboración propia. 2017

III.10. ALTERNATIVA SELECCIONADA

El análisis técnico de las alternativas hace ver que la principal desventaja de la Alternativa 2, es la operatividad desde el punto de vista administrativo de los sistemas de saneamiento, ya que a pesar de ser más económica la tecnología, se requerirá una mayor coordinación para la supervisión de cuatro inmuebles, además de los traslados de los lodos activados al sitio de descarga y el incremento de costos por la toma de muestras de laboratorio. Por otra parte, desde el punto de vista económico, la alternativa 1 es más económica. Por lo anterior, se considera que la Alternativa 1. Construcción colectores marginales y PTAR Lodos Activados, es el proyecto más conveniente de realizar.

IV. SITUACIÓN CON PROYECTO

De conformidad a lo establecido en los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, el presente proyecto se califica como Proyecto de Infraestructura Económica, debido a que se trata de la construcción de activos fijos para la provisión de servicios en el sector hidráulico.

En este caso, el Proyecto tiene como propósito fundamental, desarrollar la infraestructura necesaria para alcanzar un saneamiento integral del agua residual generada en Cabecera Municipal de Tequila, evitando que se viertan las aguas residuales a los cauces de los arroyos que atraviesan la localidad e impidiendo la contaminación de los mismos; con lo cual se eliminarán las afectaciones a los residentes de la ciudad y los turistas que la visitan constantemente.

El proyecto de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Tequila-Jalisco, consiste básicamente en la construcción de colectores marginales y una PTAR de Lodos Activados.

IV.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Los componentes principales del proyecto se señalan en la siguiente tabla.

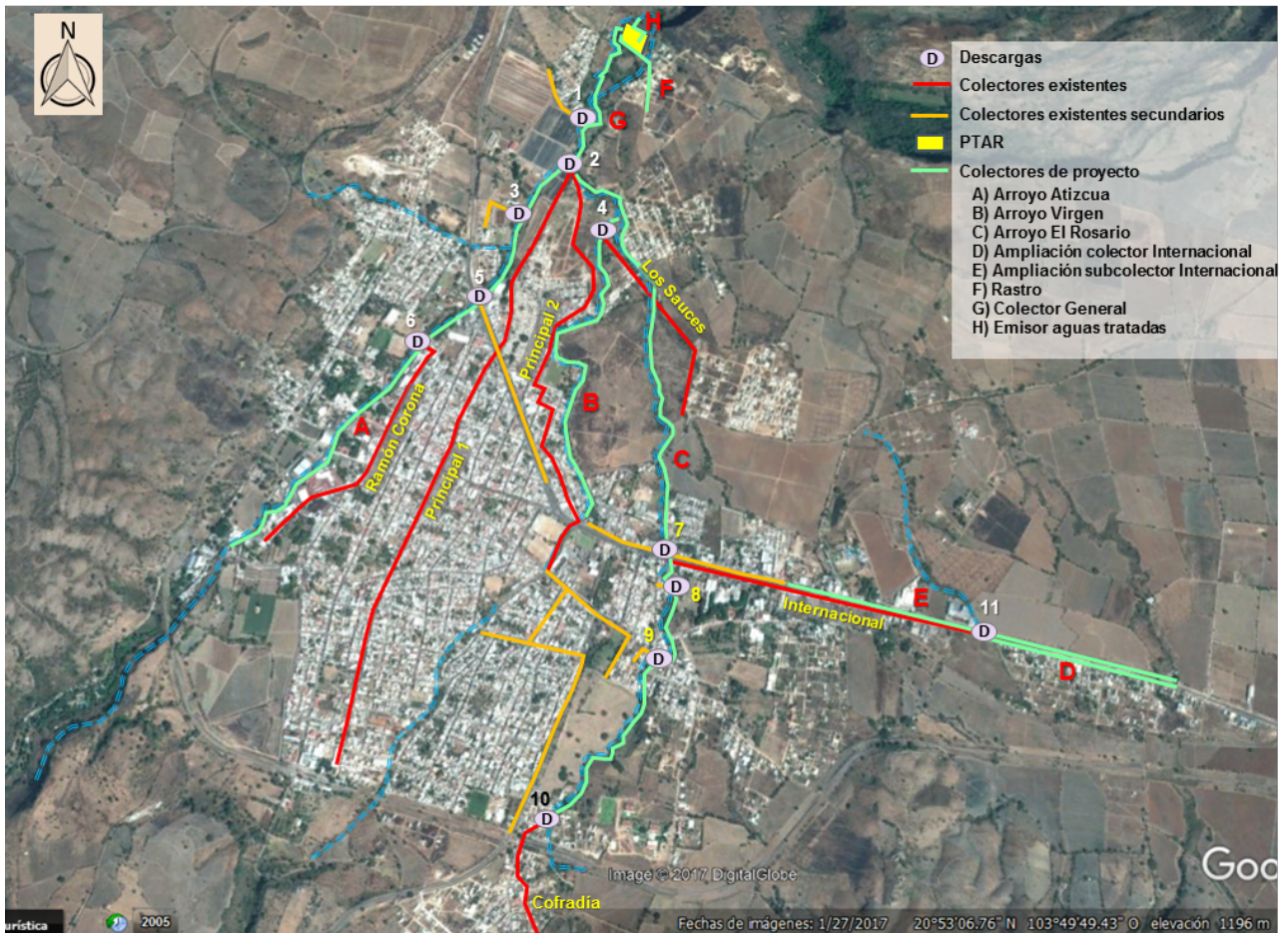
Tabla 19. Costos de inversión Alternativa 1 (\$ a precios de 2017 sin IVA)

Componente	Unidad	Cantidad	PU	Total
Colectores marginales				
Colectores arroyo Atizcua	m	5,015	4,616	23,149,652
Colector arroyo Virgen	m	1,578	2,335	3,684,817
Colectores arroyo El Rosario	m	7,702	4,220	32,502,229
Ampliación colector Internacional	m	897	2,335	2,095,266
Ampliación subcolector Internacional	m	1,980	2,335	4,624,444
Subcolector colonia El Rastro	m	378	2,335	882,116
Colector General	m	865	4,950	4,282,888
Cajas derivadoras	Caja	6	531,550	3,189,300
Planta de Tratamiento	Planta	1	85,048,000	85,048,000
Emisor de aguas tratadas	m	134	4,950	663,300
Laboratorio	Lote	1	5,315,500	5,315,500
Total				165,437,512

Fuente: Anteproyecto de la PTAR de Tequila. Consejo de Desarrollo Integral de Tequila. 2016

En la siguiente figura se señalan los colectores marginales y la ubicación de la PTAR que se consideran en el proyecto y posteriormente se hace una descripción de los mismos, y de otros componentes complementarios.

Figura 13. Ubicación de los colectores y PTAR del proyecto



Fuente: Elaboración propia con base en la información del Anteproyecto de la PTAR de Tequila Jalisco. 2017

a) Colectores marginales

Se propone la construcción de 5 colectores marginales en los arroyos Atizcua, Virgen y El Rosario, un colector general y un subcolector en la colonia donde está el rastro, así como ampliaciones al colector y subcolector Internacional para anexar las zonas de crecimiento futuro.

En el arroyo Atizcua se proyectan dos colectores marginales con una longitud total aproximada de 5,015.42 m, con diámetros de 25, 30 y 61 cm, que interceptan las descargas en los puntos 3, 5, 6 y 12; también capta el colector Ramón Corona (61 cm), y un subcolector de la Av. Internacional.

En el arroyo Virgen se proyecta un colector en la margen derecha del arroyo con una longitud aproximada de 1,578.08 m y un diámetro de 25 cm, para captar la zona futura de la colonia Obrera 1.

En el arroyo El Rosario, se proyectan dos colectores marginales con una longitud total aproximada de 7,701.95 m, con diámetros de 25, 30, 38 y 45 cm, para

interceptar los colectores Cofradía, los Sauces, Internacional y subcolector internacional, Principal 1 y Principal 2 y las descargas aisladas de la red de atarjeas y los puntos de descarga 2, 4, 7, 8, 9 y 10.

También se propone la ampliación del colector Internacional con una longitud aproximada de 897.33 m y un diámetro de 25 cm, para captar las descargas futuras de la zona sur de la carretera y de la colonia Malvaste (descarga 11), así como ampliar también el subcolector Internacional de lado Norte de la carretera, con una longitud aproximada de 1,980.49 m con un diámetro de 25 cm, para captar las descargas aisladas y de la zona de futura ampliación.

Se proyecta un subcolector en la colonia donde está el rastro con una longitud aproximada de 377.78 m de 25 cm, para captar las descargas y conducir las directamente a la PTAR. La descarga del rastro, al igual que las demás descargas industriales, deberá ser tratada de manera independiente de la PTAR Municipal y no se deberá conectar a los colectores de aguas residuales municipales.

El colector general que capta las aguas residuales de todos los colectores y subcolectores antes descritos (excepto el de la colonia del Rastro) comienza en el punto de descarga 2, donde descargan los colectores principales 1 y 2 y continúa por las calles prolongación Mariano Abasolo y luego por la calle Felipe Ángeles, para finalmente llegar a la PTAR; el colector tendrá una longitud aproximada de 865.23 m. y un diámetro de 61 cm.

b) Cajas derivadoras o separadoras de caudal residual y pluvial

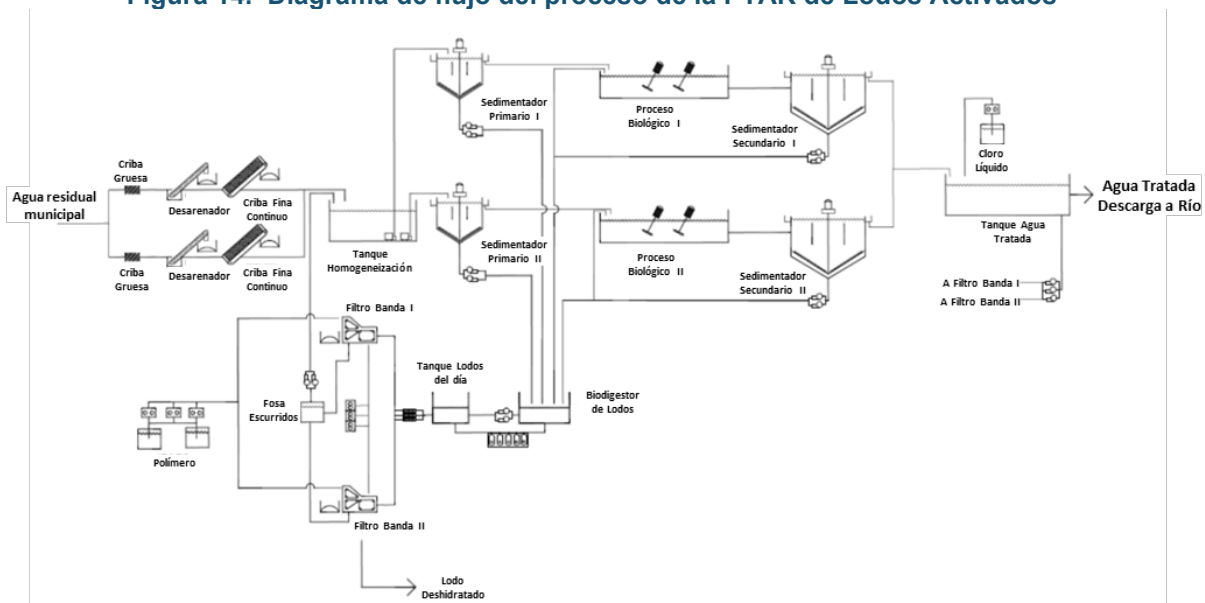
Considera las obras de las cajas derivadoras o separadoras de caudal residual y pluvial, para que en época de lluvias solo se conduzca por el colector interceptor el gasto medio o de diseño de la PTAR, sin que se cause taponamientos hidráulicos, remanses e inundaciones en zonas deprimidas.

c) PTAR de Lodos Activados

La disposición final de las aguas residuales municipales será en una PTAR centralizada, es decir se ubica hacia al final de todas las descargas. Esta PTAR tendrá una capacidad de diseño en una primera etapa de 100 l/s, para lo cual se proponen dos módulos de 50 l/s cada uno para dar flexibilidad a la operación de la PTAR. Con esta capacidad no se cubrirá al 100% la demanda actual de saneamiento, por lo cual se dejará espacio en el predio para construir a futuro otro módulo con una capacidad de 40 l/s para cubrir la demanda futura de saneamiento.

El proceso empleado en esta PTAR será Lodos activados, el cual es uno de los más utilizados en el mundo para el tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico o municipal. En la siguiente figura se muestra el proceso que se llevará a cabo en la PTAR y en la figura 15 se señala el desplante de la PTAR en el predio seleccionado.

Figura 14. Diagrama de flujo del proceso de la PTAR de Lodos Activados



Fuente: Anteproyecto de la PTAR de Tequila. Consejo de Desarrollo Integral de Tequila. 2016

El sistema de tratamiento corregirá los siguientes parámetros independientes:

DQO: Se requiere de un proceso biológico para consumir la materia orgánica analizada como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), que es parte de la Demanda Química de Oxígeno. El proceso biológico elimina la DBO5, el Nitrógeno y el Fósforo como elementos dependientes de la Demanda Química de Oxígeno.

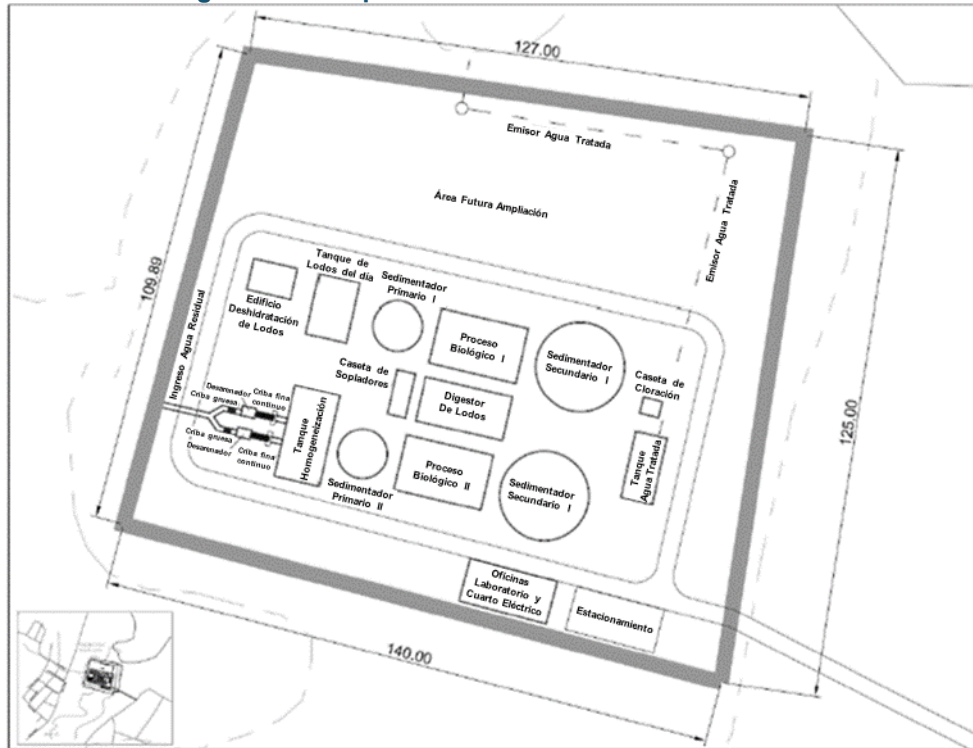
Sólidos suspendidos totales (SST): Se requiere de un sistema de sedimentación primaria (principalmente se eliminan los sólidos sedimentables y en su camino arrastran sólidos suspendidos) y sedimentación secundaria donde se separan los sólidos biológicos del agua y parte de esos sólidos son retornados al proceso biológico para operar a SSV constantes y el resto son sacados para su deshidratación y disposición.

Grasas y aceites: Las grasas y aceites deben ser eliminados antes del proceso biológico para evitar que éstas lleguen a las bacterias a las cuales les hace mucho daño. En un sedimentador primario se eliminan mediante desnatado de la parte superficial.

Materia flotante: La materia flotante debe ser eliminada por cribas al inicio del tratamiento.

Desinfección. El agua salida del sedimentador secundario tiene microorganismos del proceso biológico y es desinfectada para eliminar los microorganismos que puedan ser patógenos (coliformes fecales).

Figura 15. Desplante la PTAR de Lodos Activados



Fuente: Anteproyecto de la PTAR de Tequila. Consejo de Desarrollo Integral de Tequila. 2016

Los equipos que conforman la PTAR, de acuerdo a lo señalado en las figuras 14 y 15, son los siguientes:

- a) Criba gruesa. Se seleccionó una criba de desbaste grueso de 25 mm a 45° para facilitar su limpieza manual. Son dos cribas para 50 l/s cada una.
- b) Desarenador tipo Vortex. Consiste en un Equipo Vortex Marca Naiper modelo 40 o similar, para un gasto de máximo de 46 lps (4,000 m³/d) con un diámetro de 1.9 m con agitador de 0.5 hp, un air lift para extraer los sólidos con un flujo de aire de 5 scfm, y un deshidratador de sólidos marca Hi Tech o similar con motor de gusano de 0.5 hp. Son dos sistemas desarenadores para 50 l/s cada uno.
- c) Criba fina. Se consideró una criba continua OR-TEC o similar de 3 mm. Ancho 40", largo 19" y alto 61". Son dos cribas para 50 l/s cada una.
- d) Tanque de homogeneización. Se construirá un solo tanque de homogeneización para los dos módulos, el cual se calculó para 10 horas de retención y maneje un volumen útil de 1,250 m³, con las siguientes dimensiones: Ancho 10 m, largo 21 m y profundidad 6 m + profundidad de drenaje. Para enviar el agua al sedimentador primario, se instalarán dos

bombas sumergibles de 5 HP para cada sedimentador, más una bomba de reserva en común.

- e) Sedimentador primario. Se calcularon las dimensiones de este sedimentador estimando un tiempo de residencia de 2 horas, resultando un tanque de 396 m^3 , con altura de 11.23 m. Se extraerán de este sedimentador un promedio de 864 kilogramos de lodos secos al día. Son dos sedimentadores primarios para 50 l/s cada uno.
- f) Proceso biológico. El reactor donde se desarrollará el proceso biológico tendrá un ancho de 12.5 m, largo 20.15 m y profundidad de 6 m. Se producirán 1,129 kg de lodos al día. Para la aereación mecánica se utilizarán aereadores de superficie asistidos de 20 HP en cada reactor. Son dos reactores biológicos para 50 l/s cada uno.
- g) Sedimentador secundario. El tanque donde se realizará la sedimentación secundaria tendrá un área de 292.95 m^2 . Se equipará con una bomba sumergible de lodos de 1 HP de potencia. Son dos sedimentadores secundarios para 50 l/s cada uno.
- h) Equipo de desinfección. Se requerirá de un tanque de 10 m^3 de capacidad para el almacenamiento del cloro líquido con el que se hará el proceso de desinfección; el tanque será de polietileno de alta densidad reforzado para los dos módulos. Se dosificará el hipoclorito de sodio directo usando una bomba de 0.5 HP para una dosificación de 11 ppm.
- i) Tanque de agua tratada. El tanque de agua tratada se calculó con un tiempo de residencia de 30 minutos únicamente para hacer la desinfección; las dimensiones de este tanque son largo 12 m, ancho 8 m y profundidad de 2 m.
- j) Tanque de digestión de lodos. El tanque en donde se realizará la digestión de los lodos generados en los módulos de tratamiento tendrá las siguientes dimensiones: Largo 20 m, ancho 10 m y alto 6 m. Se instalarán cinco sopladores o difusores de polipropileno de burbuja fina, de 75 Hp, para que cuatro operen y el otro queda de reserva. Se utilizarán dos bombas sumergibles para la transferencia de lodos de 15 HP, una en operación y una de reserva.
- k) Tanque de lodos del día. El tanque de día para dos módulos de tratamiento de 50 l/s será de 236 m^3 y los sólidos serán de 1,854.5 kg/día a deshidratar. Las dimensiones del tanque son: largo 13.5 m, ancho 9 m y alto 2 m. Para enviar los lodos a deshidratar a los filtros, se instalarán tres bombas de tornillo, dos en operación (una para cada filtro banda) y una de reserva.

- l) Prensa de lodos. Este proceso estará integrado por dos filtros banda de 1 m de ancho; tres bombas dosificadoras, una para cada filtro banda y una de reserva; dos tanques de polímero para los dos filtros banda de 3,750 litros cada uno; tres bombas de lavado de tela (una para cada filtro banda y una de reserva) y tres compresores de aire de 2 cabezas de 1 HP (uno para cada filtro banda y uno de reserva); una fosa de agua recuperada de 22 m³ para un tiempo de residencia de 1 hora; dos bombas sumergibles para la recirculación del agua recuperada, una en operación y otra de reserva.

- m) Equipo de control. En la PTAR se instalarán dos tipos de equipos de control: electrónico y analítico. El control electrónico se hace en los cárcamos de bombeo con electroniveles operando y parando las bombas de acuerdo al nivel que se tiene o por temporizadores, en el control del flujo para mantener el registro de flujos y en el control de oxígeno disuelto para ahorro de energía; esto es, si baja el flujo sube el oxígeno y el control baja la frecuencia y de esa manera se ahorra energía.

El control analítico se hace al operar la planta y realizar análisis del agua tratada. Si algún parámetro está fuera de la norma, entonces se realizarán las acciones necesarias para su control.

d) Emisor de aguas tratadas

Las aguas una vez tratadas, se descargarán mediante un emisor al arroyo Atizcua, que está a un lado de la PTAR. El emisor tendrá una longitud aproximada de 134 metros con un diámetro de 61 cm.

e) Laboratorio de control de calidad de la PTAR

Considera la construcción y equipamiento de un laboratorio de control de calidad de la PTAR para que se lleven a cabo los ensayos necesarios para asegurar el cumplimiento de las Condiciones Particulares de Descarga (CPD) fijadas por la Norma Oficial Mexicana (NOM).

Este laboratorio será construido en la zona sur del predio donde se construirá la PTAR (Figura 15).

En este inmueble se llevará a cabo el control analítico de la PTAR, conforme a los requerimientos señalados en la siguiente tabla.

Tabla 20. Tipo y periodicidad de las muestras para el control analítico de sistema de tratamiento

Parámetro	Unidad	Frecuencia
DBO5	mg/l	1/semana
SST	mg/l	1/semana
pH	U pH	1/día
Grasas y aceites	mg/l	1/mes
Sólidos Sedimentables.	ml/L	1/día
Temperatura	°C	1/día
Color	Unidades Pt-Co	1/semana
Conductividad	microsiemens/c	1/semana
Fósforo	mg/l	1/semana
Nitrógeno	mg/l	1/semana
SAAM	mg/l	1/mes
Materia Flotante	Adimensional	1/día
Coliformes Totales	NMP/100 ml	1/mes
Coliformes	NMP/100ml	1/mes
Cloro Total	mg/l	1/día
Oxígeno Disuelto	mg/l	1/día

Fuente: Anteproyecto de la PTAR de Tequila. Consejo de Desarrollo Integral de Tequila. 2016

IV.2. ALINEACIÓN ESTRATÉGICA

El principal objetivo del proyecto de construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Tequila Jalisco, es lograr alcanzar un saneamiento integral del agua residual de la localidad.

En este sentido el proyecto concuerda con los siguientes planes y programas:

4.2.1 PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2013-2018

En el Plan Nacional de Desarrollo se establecen 5 Ejes Rectores, en los cuales se enmarcan los grandes objetivos de las políticas públicas, establece las acciones específicas para alcanzarlos y precisa indicadores que permitirán medir los avances obtenidos. El documento destaca la importancia de acelerar el crecimiento económico para construir un México Próspero, ubicando al desarrollo de la infraestructura como pieza clave para incrementar la competitividad de la nación entera.

El Proyecto contribuye al cumplimiento del Eje Rector 4. México Próspero, específicamente a los siguientes objetivos y estrategias:

Objetivo 4.4 Impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo.

Estrategia 4.4.2 Implementar un manejo sustentable del agua, haciendo posible que todos los mexicanos tengan acceso a ese recurso.

Líneas de acción:

- Incrementar la cobertura y mejorar la calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- Sanear las aguas residuales con un enfoque integral de cuenca que incorpore a los ecosistemas costeros y marinos.

4.2.2 PLAN ESTATAL DE DESARROLLO JALISCO 2013-2033

El Plan Estatal precisa objetivos generales, directrices, estrategias y líneas de acción que contribuirán al desarrollo integral del estado a corto, mediano y largo plazo; establece los lineamientos para el desarrollo estatal, sectorial y regional; sus previsiones se refieren al conjunto de la actividad económica y social, y rige la orientación de los programas de gobierno, considerando las propuestas del ámbito municipal, conteniendo un análisis social, demográfico y económico del estado, así como el criterio para establecer objetivos y una prospectiva anual de alcance de metas y objetivos.

La propuesta del Plan Estatal de Desarrollo 2013-2033 ordena las acciones bajo los ejes Territorio y medio ambiente sustentable, Economía próspera, Equidad de oportunidades, Educación de calidad, Estado de derecho, y Temas transversales. En el primer eje mencionado, se tienen los siguientes temas y objetivos a los que el proyecto de la PTAR contribuye para su cumplimiento:

Tema: Medio ambiente y acción climática

Objetivo 01 Incrementar la sostenibilidad del medio ambiente y reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático, con las siguientes estrategias.

Estrategia O1E8 Reducir la contaminación de acuíferos y aguas superficiales.

Tema: Desarrollo regional y urbano

Objetivo 03 Promover un desarrollo urbano sostenible, equitativo y ordenado.

Estrategia O3E7 Reducir la contaminación del agua y aire, así como la visual y auditiva.

Tema: Agua y reservas hidrológicas

Objetivo O4 Garantizar el suministro sostenible y la calidad del agua para la población y las actividades productivas.

Estrategia O4E2 Incrementar los niveles de tratamiento de aguas residuales y su reutilización.

4.2.3 PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO TEQUILA 2015-2018

En el Plan Municipal se encuentran delineados los problemas que se tienen que atender con objetivos y estrategias en el corto plazo, pero su impacto se encuentra enmarcado en una visión de mediano y largo plazo congruente y alineado al desarrollo del bienestar gestionado en el ámbito estatal y nacional.

El proceso de planeación del Plan, se desarrolló con una visión incluyente, democrática y participativa y en congruencia con el proceso de planeación estatal, se identifican los siguientes objetivos a los cuales el proyecto contribuye en su cumplimiento.

Eje 2. Agua y reservas hidrológicas

Objetivo de Desarrollo OD2. Reestructurar las políticas y estrategias de aprovechamiento sostenible de reservas acuíferas, para hacer más eficiente el suministro, consumo, tratamiento y saneamiento de los recursos acuíferos.

Objetivo sectorial OD2O1. Aprovechar sustentablemente los recursos hídricos.

Estrategia OD2O1E3. Fomentar las prácticas de reutilización de aguas residuales tratadas promovidas por el Plan Estatal de Desarrollo Jalisco 2013-2033.

Objetivo sectorial OD2O2. Disminuir los índices de contaminación de agua producida en el municipio.

Estrategia OD2O2E1. Instalar cárcamos y ductos que conecten a las instalaciones de las tequileras que lo requieran para dar el tratamiento primario necesario a sus descargas³⁰.

Estrategia OD2O2E2. Mejorar la infraestructura de los servicios de alcantarillado y saneamiento.

Estrategia OD2O2E3. Alinear los programas, políticas, iniciativas y organismos orientados a la gestión integral de los recursos naturales acuíferos bajo una perspectiva de sustentabilidad.

Estrategia OD2O2E4. Establecer procesos efectivos municipales de inspección, regulación, evaluación y sanción a quienes contaminen los recursos hídricos locales.

Estrategia OD2O2E5. Incrementar el tratamiento de aguas residuales para mejorar el 75% actual.

4.2.4 PROGRAMA SECTORIAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Mediante el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018 se atiende fundamentalmente las cuatro estrategias del objetivo 4.4 del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, a través del establecimiento de 6 objetivos.

El presente Proyecto tiene impacto en los siguientes Objetivos:

Objetivo 3. Fortalecer la gestión integrada y sustentable del agua, garantizando su acceso a la población y a los ecosistemas, el cual especifica las siguientes estrategias y líneas de acción.

Estrategia 3.2 Fortalecer el abastecimiento de agua y acceso a servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, así como para la agricultura.

Líneas de acción:

- 3.2.1 Incrementar la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado.
- 3.2.7 Vigilar el cumplimiento de los términos de las condiciones particulares de descarga y la normatividad aplicable.

Objetivo 5. Detener y revertir la pérdida de capital natural y la contaminación del agua, aire y suelo.

Estrategia 5.1 Proteger los ecosistemas y el medio ambiente y reducir los niveles de contaminación en los cuerpos de agua.

Líneas de acción

- 5.1.6 Sanear las aguas residuales municipales e industriales con un enfoque integral de cuenca y acuífero.
- 5.1.7 Mejorar el funcionamiento de la infraestructura de tratamiento de aguas residuales existente.
- 5.1.8 Construir nueva infraestructura de tratamiento de aguas residuales y colectores e impulsar el saneamiento alternativo en comunidades rurales.

4.2.5 PROGRAMA NACIONAL HÍDRICO 2013 – 2018

El Programa Nacional Hídrico 2013-2018 forma parte del sistema de protección y gestión sustentable de nuestros recursos hídricos establecido por el actual Gobierno Federal y viene a integrarse y a fortalecer el aparato institucional para la protección y administración sustentable del agua. Este programa cuenta con seis objetivos y cada uno de ellos incluye varias estrategias y líneas de acción para dar cumplimiento a las metas establecidas.

El proyecto impactará en el cumplimiento del Objetivo 3. Fortalecer el abastecimiento de agua y el acceso a los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, específicamente en las siguientes estrategias y líneas de acción.

Estrategia 3.1 Incrementar la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado.

3.1.1 Incrementar las coberturas de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas y rurales privilegiando a la población vulnerable.

Estrategia 3.3 Sanear las aguas residuales municipales e industriales con un enfoque integral de cuenca hidrológica y acuífero.

3.3.1 Mejorar el funcionamiento de la infraestructura de tratamiento de aguas residuales.

3.3.2 Construir nueva infraestructura de tratamiento de aguas residuales y colectores e impulsar el saneamiento alternativo en comunidades rurales.

3.3.3 Impulsar el uso y manejo de fuentes de energía alternativas para el autoconsumo en procesos de tratamiento de aguas residuales.

4.2.6 DIAGNÓSTICO DE COMPETITIVIDAD Y SUSTENTABILIDAD PARA LOS DENOMINADOS PUEBLOS MÁGICOS DE JALISCO. ESTUDIO DE TEQUILA

Desde el año 2003, el municipio de Tequila fue galardonado con el nombramiento de Pueblo Mágico, el cual ha logrado consolidar la vocación del municipio como uno de los destinos de turismo más representativos en Jalisco.

Con la finalidad de planificar de manera oportuna el crecimiento del sector turístico, la Secretaría de Turismo realizó un diagnóstico para detectar las potencialidades desconocidas del destino turístico en cuestión, así como proponer estrategias, proyectos y acciones viables para contribuir al desarrollo sustentable de este Pueblo Mágico.

El diagnóstico determinó que la actividad turística comienza a verse afectada por la contaminación de las aguas residuales municipales, por lo cual se planteó como objetivo el “Prevenir y, en su caso, revertir el proceso de contaminación de las aguas municipales” para lo cual se planteó la siguiente estrategia, dentro de la cual se consideró la construcción del proyecto en cuestión.

Estrategia: Creación de un Plan de Manejo de Aguas Residuales.

Líneas de acción:

- Exigir a los propietarios de las industrias, que introduzcan mecanismos aptos para sanear las aguas contaminadas.

- Reunir mesas de trabajo para la creación de un Plan de Manejo de Aguas Residuales y, posteriormente, apoyar la construcción de una PTAR a nivel municipal.
- Establecer sanciones económicas para aquellos empresarios que no cubran los requisitos de operación establecidos en la legislación vigente.

4.2.7 LEY FEDERAL DE PRESUPUESTO Y RESPONSABILIDAD HACENDARIA: MECANISMO DE PLANEACIÓN DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE INVERSION

El Mecanismo de Planeación (MECAPLAN) de los programas y proyectos de inversión, incluye aquellas acciones que impulsa el Gobierno Federal, a través de asociaciones público privadas, para la prestación de servicios al sector público o al usuario final y en los que se utilice infraestructura provista total o parcialmente por el sector privado con objetivos que aumenten el bienestar social y los niveles de inversión en el país; es el instrumento por medio del cual las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal definen los objetivos, estrategias y prioridades de Corto Plazo, Mediano Plazo y Largo Plazo en materia de inversión, conforme a lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo y en los programas sectoriales, institucionales, regionales y especiales que de él se desprendan; así como en aquellos documentos de análisis, prospectiva, planes de negocios o programas multianuales, que de manera normal o recurrente elaboran.

El proyecto de la PTAR de Tequila Jalisco ha sido concebido para dar cumplimiento a los objetivos definidos en la planeación municipal, regional, estatal y nacional tal y como se describió anteriormente, además de que está considerado como proyecto tanto por la SEMARNAT como SECTUR.

IV.3. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

En la siguiente figura, se muestra la localización de los colectores marginales y la PTAR que comprenden el presente proyecto.

Figura 16. Localización del proyecto de la PTAR de Tequila, Jalisco



Fuente: Anteproyecto de la PTAR de Tequila. Consejo de Desarrollo Integral de Tequila. 2016

Como se aprecia en la figura anterior, 4 de los colectores irán por la margen de arroyos, mientras que el colector y subcolector internacional se construirán de manera paralela a la carretera Tepic-Guadalajara. La PTAR y Laboratorio se construirán en un predio localizado en la zona norte de la localidad, en las siguientes coordenadas geográficas: longitud norte 20.902056 y longitud oeste 103.829958.

IV.4. CALENDARIO DE ACTIVIDADES

A continuación se presenta la programación de ejecución de los principales componentes del Proyecto. La ejecución del proyecto se hará en dos ejercicios fiscales y el calendario considera el tiempo que incluye las pruebas de arranque

para asegurar el funcionamiento adecuado de los equipos, así como la capacitación a operadores y personal operativo y de mantenimiento.

Tabla 21. Calendario de actividades del proyecto (\$ a precios de 2017 con IVA)

Componente	2018			2019			Total
	2	3	4	Trimestre			
				1	2	3	4
Colectores marginales							
Colectores arroyo Atizcua	8,056,079	5,370,719	6,713,399	6,713,399			
Colector arroyo Virgen			4,274,388				
Colectores arroyo El Rosario		11,310,776	7,540,517	9,425,646	9,425,646		
Ampliación colector Internacional				850,678	850,678	729,153	
Ampliación subcolector Internacional				1,877,524	1,877,524	1,609,307	
Subcolector colonia El Rastro				1,023,255			
Colector General					3,726,113	1,242,038	
Cajas derivadoras			924,897	2,404,732	369,959		
Planta de Tratamiento	22,690,806	16,771,466	15,784,909	14,798,352	13,811,795	9,865,568	4,932,784
Emisor de aguas tratadas					769,428		
Laboratorio				3,699,588	2,466,392		
Total	30,746,885	33,452,961	35,238,110	40,793,175	33,297,535	13,446,065	4,932,784

Fuente: Anteproyecto de la PTAR de Tequila. Consejo de Desarrollo Integral de Tequila. 2016

IV.5. MONTO TOTAL DE INVERSIONES

Se estimó que el proyecto requiere inversiones por un monto de 199.907 millones de pesos a precios constantes de junio de 2017, incluyendo IVA, conforme a lo presentado en la siguiente tabla.

Tabla 22. Monto de inversión del proyecto (\$ a precios de 2017 con IVA)

Componente	2018	2019	Total
Colectores marginales			
Colectores arroyo Atizcua	8,056,079	18,797,517	26,853,596
Colector arroyo Virgen	0	4,274,388	4,274,388
Colectores arroyo El Rosario	7,540,517	30,162,069	37,702,586
Ampliación colector Internacional	2,430,509	0	2,430,509
Ampliación subcolector Internacional	0	5,364,355	5,364,355
Subcolector colonia El Rastro	0	1,023,255	1,023,255
Colector General	0	4,968,150	4,968,150
Cajas derivadoras	3,699,588	0	3,699,588
Planta de Tratamiento	69,058,976	29,596,704	98,655,680
Emisor de aguas tratadas	0	769,428	769,428
Laboratorio	0	6,165,980	6,165,980
Total	90,785,669	101,121,845	191,907,514

Fuente: Anteproyecto de la PTAR de Tequila. Consejo de Desarrollo Integral de Tequila. 2016

IV.6. FINANCIAMIENTO

El proyecto puede acceder a diferentes fuentes de apoyo público mediante programas federalizados de la CONAGUA, cuyos requisitos y montos de apoyo varían de acuerdo a cada modalidad, de acuerdo a lo presentado en las Reglas de Operación correspondientes.

Las dos mejores opciones de apoyo de recursos públicos que podría tener el proyecto con apoyo federal, se presentan en los siguientes cuadros resumen.

1. PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PROSANEAR)

Objetivo:

Asignación de recursos federales provenientes del pago de derechos por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales, en términos de lo dispuesto en el artículo 279 de la Ley Federal de Derechos, concatenado con el diverso 277-B, fracción I de ese mismo ordenamiento.

Requisitos:

- a) Solicitud de adhesión al PROSANEAR;
- b) Programa de Acciones anualizado, en los términos previstos en el presente Instructivo;
- c) Copia del Registro Federal de Contribuyentes y constancia de la institución bancaria de la cuenta de cheques abierta a nombre del beneficiario y CLABE interbancaria, para efecto de la radicación de los recursos federales, y
- d) Registrar y mantener actualizados los datos solicitados en el Padrón Único de Usuarios y Contribuyentes (PUUC).

Estructura financiera:

Recurso federal: Hasta por el monto de los derechos cubiertos del 1o. de enero, a más tardar al día 15 de noviembre del ejercicio fiscal de que se trate, por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales, en términos del artículo 277-B, fracción I de la Ley Federal de Derechos.

Beneficiario: 30% en proporción al monto federal asignado. Los recursos de inversión por parte del beneficiario, podrán estar integrados por recursos estatales, municipales, o de generación interna de caja de éste y deberán ser aplicados en el ejercicio fiscal de que se trate.

2. PROGRAMA DE AGUA POTABLE, DRENAJE Y TRATAMIENTO (PROAGUA) - Apartado PTAR

Objetivo:

Apoyar financiera y técnicamente a los organismos operadores de los municipios y de las entidades federativas, para el incremento y fortalecimiento de su capacidad instalada y para tratamiento de sus aguas residuales de origen municipal.

Requisitos:

1. Los estudios y proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales, incluirán en los términos de referencia la identificación y selección de alternativas de reúso del agua tratada con objeto de apoyar el repago de los costos de operación y mantenimiento.
2. Que cuente con la posesión legal del terreno en el que se realizarán las obras y los respectivos permisos para su ejecución.
3. Presentar carta compromiso del organismo operador que realizará la operación y mantenimiento.
4. Avances físicos y financieros en el caso de obras iniciadas y apoyadas en ejercicios anteriores que requieran continuidad, acorde a los apoyos otorgados.

Estructura financiera:

Recurso federal: Podrá ser hasta el 50% y se tendrá un porcentaje adicional de hasta el 15% si se destina al menos el 60% del agua residual tratada como agua liberada (intercambio).

Los montos máximos en inversión de las obras requeridas para hacer llegar el agua residual a la planta de tratamiento no podrán ser superior al 20% de la inversión asignada a la PTAR y sólo aplicará para aquellas que hayan sido incluidas en el anexo y en el mismo ejercicio fiscal. La aportación de contraparte estatal podrá ser hasta la requerida.

Como propuesta inicial, se plantea la ejecución con la aplicación de recursos del Programa de Saneamiento de Aguas Residuales (PROSANEAR), cuya estructura financiera permite que el monto de origen federal sea de hasta el 70%; el otro 30% podrá ser podrán estar integrados por recursos estatales y/o municipales, tal y como se señala en la siguiente tabla.

Tabla 23. Monto de inversión del proyecto (\$ a precios de 2017 con IVA)

Origen del recurso	Participación	2018	2019	Total
Federal	70%	69,606,569	64,728,691	134,335,260
Estatal y/o municipal	30%	29,831,387	27,740,868	57,572,254
Total		99,437,956	92,469,558	191,907,514

Fuente: Elaboración propia con base en las Reglas de Operación de PROSANEAR. 2017

Como ya se mencionó, las reglas de operación del PROSANEAR señalan que los recursos federales serán hasta por el monto de los derechos cubiertos del 1o. de enero, a más tardar al día 15 de noviembre del ejercicio fiscal de que se trate, por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales, en términos del artículo 277-B, fracción I de la Ley Federal de Derechos.

IV.7. CAPACIDAD INSTALADA

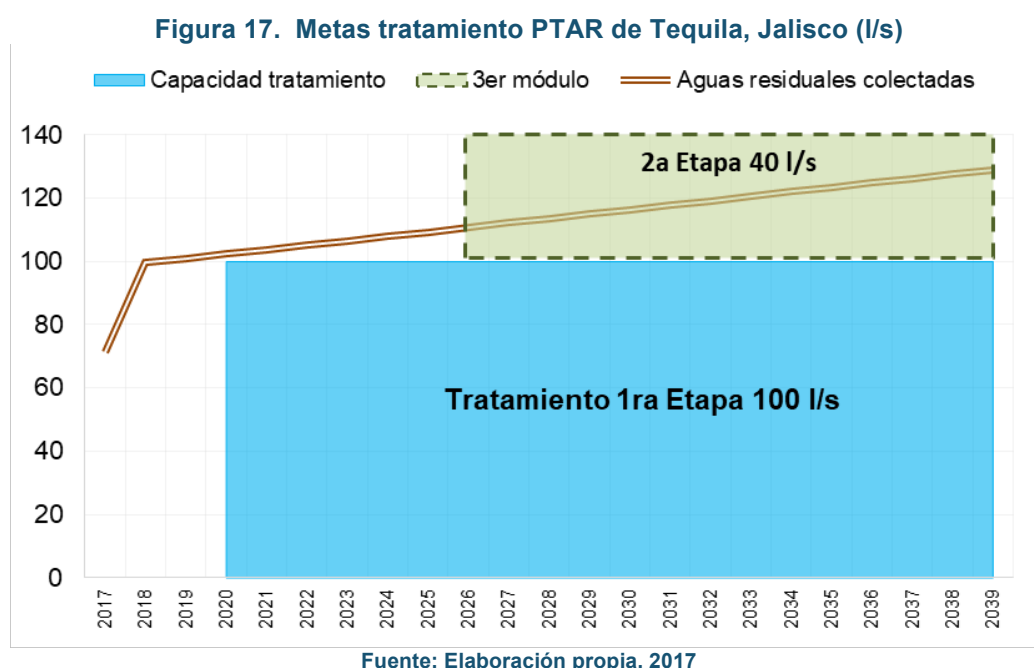
El proyecto considera la construcción de una PTAR que tendrá dos módulos de tratamiento con una capacidad instalada de 50 l/s cada uno, es decir se tendrá una capacidad total de saneamiento de aguas residuales de 100 l/s.

Cabe comentar que se dejará espacio en el predio para construir otro módulo con una capacidad de 40 l/s para cubrir la totalidad de demanda de saneamiento a futuro.

En cuanto a los colectores marginales, se instalarán aproximadamente 18.5 kilómetros de tuberías en diámetros de 25 a 70 cm, para conducir la totalidad del agua residual municipal hacia la PTAR.

IV.8. METAS ANUALES Y TOTALES

Con la construcción de la PTAR, a partir del año 2020 se podrá dar tratamiento a un caudal de aguas residuales igual a los 100 l/s, misma que se mantendrá constante durante todo el horizonte de evaluación.



Como se observa en la figura anterior, a la entrada en operación de la PTAR no se podrá atender la demanda total de aguas residuales colectadas, sin embargo el déficit en los primeros años será mínimo y a lo largo del horizonte de planeación se incrementará debido al crecimiento de la población. Para atender el déficit, se podrá construir el tercer módulo de tratamiento de la Planta para que a partir del año 2026 entre en operación, cuando el déficit sea superior a los 10 l/s.

IV.9. VIDA ÚTIL

El periodo de vida útil de esta alternativa está limitado principalmente por la duración de los equipos que deben operar durante los procesos que sean utilizados para el tratamiento de las aguas residuales. De acuerdo a las especificaciones de los fabricantes, la vida útil de los equipos en instalaciones de

tratamiento es de 10 a 20 años. Otros componentes de infraestructura de la alternativa, pueden tener una vida útil de 20 a 40 años, tal es el caso de la obra civil y los colectores marginales.

Con base a lo anterior, para fines de evaluar los beneficios del proyecto, se determina que los componentes del proyecto pueden operar adecuadamente al menos por un periodo de 20 años, a partir de que entra en operación. El año “0” del Proyecto será el año 2017 y el periodo de construcción está contemplado en el periodo 2018-2019 (dos años), por lo que el horizonte de evaluación es de 23 años.

IV.10. ASPECTOS DE VIABILIDAD Y FACTIBILIDADES

A continuación se detallan los resultados y recomendaciones relevantes de los estudios realizados con relación a la PTAR de Tequila Jalisco.

4.10.1 ESTUDIOS TÉCNICOS

En cuanto a los estudios técnicos realizados, en el año 2016 se llevó a cabo el “Anteproyecto Planta de Tratamiento Aguas Residuales Tequila (PTAR)”, con el cual se elaboró la propuesta de para la construcción, mantenimiento y explotación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y los colectores interceptores que conducirán las aguas residuales a esta planta.

Para llevar a cabo el objetivo anterior, se desarrollaron los siguientes trabajos:

A. Diagnóstico integral para el saneamiento de los cauces y río de Tequila

Como conclusiones del diagnóstico del sector sanitario y saneamiento en la localidad se tienen las siguientes:

- La Dirección de Agua Potable y Alcantarillado de Tequila cuenta con una red de colectores y subcolectores que en conjunto tienen poco más de 13 Km de longitud con la que se recolecta una parte del agua residual que se genera en la localidad. Esta red funciona como un sistema combinado, que capta y conduce tanto las aguas residuales como las pluviales en época de lluvias.
- El principal problema de la recolección y alejamiento del agua residual es que no se han construido los colectores necesarios para interceptar las descargas que actualmente son vertidas a los cuerpos receptores que atraviesan a la localidad de Norte a SUR sin tratamiento alguno. Ocasionando un serio problema de contaminación ambiental que pone en riesgo la salud de los habitantes asentados en las inmediaciones a los arroyos mencionados.

- Otro problema que la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado tiene es la falta de algunos colectores pluviales que requieren para desalojar el agua a los arroyos en temporada de lluvias y aliviar de esta manera a los colectores residuales. Por las características topográficas del terreno de la localidad de Tequila no se requiere del bombeo el agua residual generada en las diferentes colonias para hacerla llegar hacia el punto de disposición final. (PTAR de proyecto).
- En la red de colectores y subcolectores se tienen algunas fallas importantes como son los tramos de tubería que funciona de manera ahogada por no tener la capacidad suficiente, tramos de colectores pluviales conectados a colectores residuales sin cajas derivadoras, tramos de tuberías azolvadas, entre otras fallas.
- En la localidad de Tequila no se cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, por lo que toda el agua residual que se genera es descargada a los cuerpos receptores sin previo tratamiento, incumpliendo los límites máximos permisibles para descargas de aguas residuales a cuerpos de aguas nacionales según la NOM -001 –ECOL - 1996.9
- Actualmente solo existe una PTAR de propiedad privada de la Tequilera Sauza, de la cual no se obtuvo ningún tipo de registro o dato del proceso, gasto de operación, calidad del agua y otros parámetros.

B. Campañas de Aforo para el desarrollo de curvas de gasto

Se llevó a cabo el aforo en 11 puntos de descarga. Los aforos y muestreos se realizaron cada 4 horas durante 24 horas, en tres días alternados, en el periodo del 3 al 7 de mayo de 2016. Los horarios de los aforos fueron: 6:00 h, 10:00 h, 14:00 h, 18:00 h, 22:00 h, y 2:00 h.

El aforo de las descargas de aguas residuales se realizó por dos métodos: a) Medición directa. Método volumen / tiempo y b) Método Velocidad por área. El gasto promedio diario obtenido de aguas residuales fue de 60.68 l/s.

C. Caracterización de las descargas de aguas residuales para determinar la calidad del agua del influente.

Para la caracterización de las descargas, se realizaron los muestreos en los mismos 11 puntos de descarga que tenían condiciones adecuadas para realizar los aforos y en los que no se observaba contaminación evidente por descargas industriales, en particular de vinazas.

El procedimiento de muestreo consistió en tomar muestras simples cada 4 horas, durante 24 horas, en cada uno de los 11 puntos de descarga. Los horarios de los muestreos fueron: 6:00 h, 10:00 h, 14:00 h, 18:00 h, 22:00 h, y 2:00 h. Se tomaron

100 ml por cada litro por segundo aforado en cada punto de descarga y se mezclaron para obtener una muestra simple combinada de los 11 puntos de muestreo, en cada horario de muestreo.

A cada muestra simple combinada se le hicieron las siguientes determinaciones de campo:

- PH
- Temperatura ambiente
- Temperatura del agua
- Sólidos disueltos totales
- Conductividad
- Olor
- Materia flotante

Una vez recolectadas las 6 muestras simples combinadas del día, éstas se mezclaron para obtener la muestra compuesta del día. De esta manera, se obtuvo una muestra compuesta, a partir de mezclar muestras simples en volúmenes proporcionales al gasto de descarga aforado en el momento del muestreo. El proceso se aplicó para obtener una muestra compuesta en cada uno de los tres días en que se realizaron los muestreos.

Adicionalmente, en algunos días de los muestreos, se realizaron determinaciones de campo a muestras simples, tomadas en la confluencia de los arroyos cercanos al Punto de descarga 2 de los Colectores Principales 1 y 2. Dichos puntos de muestreo en los arroyos fueron los siguientes:

- A. Arroyo del lado poniente de la descarga de Colectores principales 1 y 2
- B. Arroyo del lado oriente de la descarga de Colectores principales 1 y 2
- C. Arrollo de descarga de los Colectores principales 1 y 2
- D. Arroyo después de la mezcla de los tres arroyos anteriores

Los resultados de laboratorio obtenidos en los 11 puntos de descarga fueron:

- A pesar de que no se realizaron muestreos en los puntos de descarga donde había clara evidencia de vinazas, en las mediciones de parámetros de campo, se detectó ligero olor a vinazas en todas las muestras simples, así como incrementos puntuales, en ciertos horarios, en los valores de algunos parámetros como Sólidos Disueltos Totales y Conductividad.
- Asimismo, en las 3 muestras compuestas analizadas en el Laboratorio, los valores obtenidos de Demanda Bioquímica de Oxígeno (890, 670 y 710 mg/l) y de Demanda Química de Oxígeno (1613, 1226 y 1074 mg/l) son significativamente superiores a los valores típicos de aguas residuales municipales que son:

Demanda Bioquímica de Oxígeno < 400 mg/l
Demanda Química de Oxígeno < 1000 mg/l

- Lo anterior confirma la observación de que existe contaminación de las aguas residuales municipales con descargas industriales con alta carga orgánica, como son las vinazas.

En cuanto a la caracterización de los arroyos, se obtuvieron los siguientes resultados:

La contaminación del agua residual municipal con descargas industriales de vinazas se vuelve muy evidente cuando los siguientes parámetros medidos en campo alcanzan los siguientes valores:

- Disminución de pH a valores 3 a 5 UpH
- Incremento de la temperatura del agua por arriba de 40°C
- Incremento de Sólidos disueltos totales (SDT) por arriba de 500 mg/l
- Incremento de Conductividad por arriba de 1000 microS/cm
- Adicionalmente se percibe un fuerte olor a vinaza y un color naranja intenso del agua

D. Cálculo de proyecciones de crecimiento de descargas

Para determinar las proyecciones de crecimiento de descargas se realizó un actualización de las proyecciones de población tomando como base los últimos datos reportados de población y tasa de crecimiento del conteo de población del INEGI del 2015 (31,091 habitantes y 1.26% respectivamente), manteniendo la tendencia de crecimiento establecida en las proyecciones de CONAPO.

Para determinar la aportación de aguas residuales per cápita, se consideraron los consumos de agua potable que se determinaron durante la elaboración del “Diagnóstico Integral de Planeación (DIP) de la Cabecera Municipal de Tequila, Jalisco”, elaborado por la Comisión Estatal del Agua de Jalisco, en el año 2013.

De acuerdo con la proyección de descargas de aguas residuales municipales obtenidas, para el 2015 el gasto de aguas residuales municipales fue de 101.92 lps y para el año 2040 sería de 138.75 lps, por lo cual se propone mantener el proyecto de la PTAR para una capacidad de 100 lps y en el año 2020 construir una ampliación de 40 lps para cubrir los requerimientos de saneamiento de la Localidad de Tequila hasta el año 2040.

E. Cálculo y dimensionamiento de colectores conductores a la PTAR

Se propone la construcción de colectores marginales en algunos arroyos que atraviesan la localidad de Sur a Norte, para interceptar las descargas de aguas residuales de atarjeas, colectores y subcolectores y conducirlos por gravedad

hacia la PTAR. El agua tratada a la salida de la PTAR, con calidad dentro de los parámetros establecidos en la normativa correspondiente, será descargada por medio de un emisor al arroyo Atizcua. También se propone la extensión de algunos colectores y subcolectores existentes para captar las aguas residuales en zonas de crecimiento futuro.

Es importante mencionar que se deben cancelar las descargas industriales hacia la red de colectores de aguas residuales municipales, para que dichas descargas industriales sean tratadas de manera independiente al tratamiento de las aguas residuales municipales. Asimismo, también se debe separar la captación pluvial del sistema de colectores de aguas residuales municipales.

Para elaborar la propuesta de los colectores requeridos, se utilizó información indicada en el informe del DIP y la obtenida de imágenes satelitales de la localidad. Una vez analizada la información se propuso la construcción de cinco colectores marginales en los arroyos Atizcua, Virgen y El Rosario, un colector general y un subcolector en la colonia donde está el rastro, así como ampliaciones al colector y subcolector Internacional para anexar las zonas de crecimiento futuro. En la elaboración del anteproyecto de Colectores y Emisores, el criterio de cálculo se basó en las normas de proyecto para obras de alcantarillado sanitario en localidades urbanas de la República Mexicana, Manual de Diseño de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) de la CONAGUA y los Criterios y Lineamientos del Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA) de la zona metropolitana de Guadalajara.

Los parámetros de cálculo utilizados fueron los siguientes:

a) Velocidades

Velocidad mínima = 0.30 m/seg. Para gasto mínimo.

Velocidad máxima = 3.0 m/seg. Para concreto con el gasto máximo extraordinario.

b) Diámetros

Diámetro mínimo para sistema sanitario es de 20 cm pero en colectores se propuso de 25 cm.

Diámetro máximo es igual para cualquier caso, la selección del diámetro depende de las velocidades permisibles y las pérdidas de carga aprovechando al máximo la capacidad hidráulica del tubo trabajando a superficie libre.

c) Pendientes

Pendiente mínima será igual a 0.003 (tres al millar) y la pendiente de la tubería debe ser tan semejante a la del terreno como sea posible, con objeto de tener excavaciones mínimas.

Pendiente máxima depende de la velocidad máxima permisible de acuerdo al material para evitar erosiones a la tubería.

F. Determinación del emplazamiento de la PTAR

Las descargas de aguas residuales municipales que se recolecten en toda el área de la cabecera municipal de Tequila se conducirán a través de colectores hasta el sitio donde se ubicará la PTAR, por lo que se buscó un predio que estuviera en la parte más baja de la localidad para que toda la conducción de aguas residuales municipales fuera por gravedad y se evitaran sistemas de bombeo para este fin.

De acuerdo con la topografía de la cabecera municipal de Tequila, la parte más baja queda en la parte norte de la localidad, donde se buscó un predio que con una superficie mínima de 1.5 Ha (15,000 m²) para poder emplazar la PTAR. Dicha superficie de predio considera el área necesaria para la construcción de la PTAR para una capacidad de 100 l/s y también el área para la construcción de un módulo adicional para tratar 40 l/s a futuro. El predio se encuentra en la coordenada 20°54' 7.40" N – 103°49' 47.85" W, con una elevación entre 1156 y 1161 msnm.

Asimismo, el agua tratada a la salida de la PTAR se descarga por medio de un emisor por gravedad al arroyo Atizcua, que pasa a un lado del predio donde se ubica la PTAR.

G. Determinación de los parámetros de diseño de la PTAR

Se propone que la capacidad de diseño será compuesta por dos módulos de 50 l/s cada uno para dar flexibilidad a la operación de la PTAR. Con esta capacidad se cubre la demanda actual de saneamiento y hasta el año 2020. Se dejará espacio en el predio para construir a futuro otro módulo con una capacidad de 40 l/s para cubrir la demanda de saneamiento al año 2040.

La calidad del agua residual de entrada a la PTAR, se tomaron en cuenta los resultados de la caracterización de las descargas y arroyos. Por otra parte, para la calidad de agua del agua tratada, se consideró que el agua será descargada en el arroyo Atizcua, que de acuerdo con lo indicado en el DIP, está clasificado como un cuerpo receptor Tipo A y por lo tanto se deberá cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, para descarga en ríos para uso en riego agrícola (Tipo A).

H. Ingeniería Básica y Anteproyecto

Para determinar el tipo de tratamiento requerido en la PTAR, se realizó la comparación de los parámetros de calidad de agua obtenidos en los muestreos contra los límites establecidos en la normatividad. Los parámetros que están fuera de la Norma, se clasifican en parámetros independientes (aquellos parámetros que para corregirlos se requiere de un tratamiento exclusivo para ellos) y parámetros dependientes (aquellos parámetros que se corrigen con el tratamiento de los parámetros independientes).

Los parámetros independientes son:

- DQO
- Sólidos Suspendidos Totales
- Grasas y aceites
- Materia flotante
- Coliformes fecales

Los parámetros dependientes son:

a) Los que dependen de la Demanda Química de Oxígeno:

- DBO5
- Nitrógeno

b) Los parámetros que dependen de los sólidos suspendidos totales:

- Sólidos Sedimentables

El sistema de tratamiento a proponer debe tratar los parámetros fuera de la Norma sin afectar los que están dentro de la Norma.

Para corregir los parámetros independientes, se revisaron diferentes alternativas de procesos de tratamiento, determinándose que el mejor proceso de tratamiento para este caso específico de resultados analíticos será:

- Criba Gruesa
- Desarenador Tipo Vortex
- Cribado Fina Continua
- Homogeneización
- Sedimentación Primaria
- Proceso Biológico por Lodos Activados
- Sedimentación Secundaria
- Desinfección con Cloro Líquido
- Manejo de Sólido con Digestión y Filtro Banda
- Almacén de Agua Tratada

La planta estará constituida por dos módulos de pretratamiento en desarenador y cribas finas, un solo tanque de homogeneización, dos módulos en sedimentación primaria, reactores biológicos y sedimentador secundario, un tren de digestión de lodos y tanque de lodos de día y dos prensas de lodos.

Posteriormente se realizó el cálculo de los siguientes equipos a utilizar durante el proceso de tratamiento:

- Criba gruesa.
- Desarenador tipo vortex
- Criba viajera en continuo.
- Tanque de Homogeneización.

- Tubería a Presión.
- Tubería a Gravedad.
- Bomba de envío a Sedimentador Primario.
- Sedimentador Primario.
- Rastra de Sedimentador Primario.
- Bomba de lodos del sedimentador primario.
- Proceso Biológico de Lodos Activados.
- Aereación mecánica.
- Sedimentador Secundario.
- Bomba de lodos Sedimentador Secundario.
- Equipo de desinfección.
- Tanque de agua tratada.
- Tanque de digestión de lodos.
- Bomba de transferencia de lodo.
- Tanque de Lodos de día.
- Bomba de lodos a filtro banda.
- Prensa de lodos.

4.10.2 ESTUDIOS LEGALES

La legislación vigente permite que a través de la actuación coordinada de los tres órdenes de gobierno se planee, proyecte, construya y opere la infraestructura necesaria para realizar el tratamiento de aguas residuales de origen municipal. Las atribuciones de las diferentes instancias se desprenden principalmente de los siguientes ordenamientos jurídicos:

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

La factibilidad en materia legal se desprende de nuestra carta magna, la que establece en su Artículo 27 que la propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación.

El **Artículo 115** establece que el Municipio es la base de la división territorial y de organización política y administrativa de los Estados. En este Artículo se define la forma de organización, las funciones y facultades, entre otras disposiciones de carácter general.

En el mismo Artículo refiere que los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales.

Se señala que la prestación de los servicios públicos deberá realizarse por los ayuntamientos, sus unidades administrativas y organismos auxiliares, quienes podrán coordinarse con el Estado o con otros municipios para la eficacia en su prestación.

Este ordenamiento también señala que los servicios públicos municipales podrán concesionarse a terceros y señala los detalles de dicha concesión así como los motivos para revocarla.

Ley de Aguas Nacionales

En materia de recursos hídricos, es necesario referirse a esta Ley, que establece en su Artículo 7 que se declara de utilidad pública:

VII. El mejoramiento de la calidad de las aguas residuales, la prevención y control de su contaminación, la recirculación y el reúso de dichas aguas, así como la construcción y operación de obras de prevención, control y mitigación de la contaminación del agua, incluyendo plantas de tratamiento de aguas residuales.

En el Artículo 44, se establece que Corresponde al municipio, al Distrito Federal y, en términos de Ley, al estado, así como a los organismos o empresas que presten el servicio de agua potable y alcantarillado, el tratamiento de las aguas residuales de uso público urbano, previa a su descarga a cuerpos receptores de propiedad nacional, conforme a las Normas Oficiales Mexicanas respectivas o a las condiciones particulares de descarga que les determine "la Autoridad del Agua".

En cuanto a la construcción de los colectores marginales, estos se harán en las márgenes de los cauces por lo cual se solicitara a la CONAGUA la respectiva concesión, a través del trámite CNA-01-006 Concesión para la Ocupación de Terrenos Federales cuya Administración Competa a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), además del trámite CNA-02-002 Permiso para realizar obras de infraestructura hidráulica, debido a que se construirán obras para el tratamiento y descarga de las aguas residuales que pudiera afectar el régimen hidráulico o hidrológico de los cauces.

4.10.3 ESTUDIOS AMBIENTALES

De acuerdo a los supuestos señalados en el Artículo 5º del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, el Proyecto de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Tequila, Jalisco, sí requiere una Manifestación de Impacto Ambiental para poder llevarse a cabo.

En el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, en el Capítulo II, Artículo 5º, dice que "Quiénes pretendan 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 lodos en cuerpos receptores que constituyan bienes nacionales;
- VIII. Drenaje y desecación de cuerpos de aguas nacionales;

La MIA se encuentra en proceso de elaboración y será presentada una vez concluida.

4.10.4 ESTUDIOS DE MERCADO

En el año 2013, se elaboró el Diagnóstico Integral de Planeación (DIP) de la Cabecera Municipal de Tequila, Jalisco, en el cual se determinó que no existía oferta en cuanto al tratamiento de aguas residuales en la zona; por otra parte, se estimó la demanda de aguas residuales colectadas que requieren ser tratadas, considerando la proyección de población a partir de los datos del Censo de Población y Vivienda de 2010 de INEGI y la información de consumos de agua potable del año de elaboración.

En el año 2016, durante la elaboración del Anteproyecto de la PTAR, se realizó una actualización de la proyección de la población, considerando los últimos datos reportados de población y tasa de crecimiento del conteo de población del INEGI del 2015 (31,091 habitantes y 1.26% respectivamente), manteniendo la tendencia de crecimiento establecida en las proyecciones de CONAPO y se consideró la información de consumos de agua potable del año 2013, obtenidos durante la elaboración del DIP.

Durante la elaboración del presente documento, se señaló que la DAPA de Tequila Jalisco, tiene programado desarrollar nuevas fuentes de abastecimiento para incrementar la dotación per cápita de agua potable, ya que en los últimos tres años la producción ha disminuido en casi un 22%.

La incorporación de nuevas fuentes es un elemento importante en el análisis de generación de aguas residuales, ya que en caso de que no se incremente la producción de agua potable, se generaría un sobre dimensionamiento de los componentes de alcantarillado y de saneamiento, así como una restricción al consumo doméstico y de servicios, por lo cual es fundamental la ejecución y puesta en marcha de las acciones programadas por la DAPA.

IV.11. ANÁLISIS DE LA OFERTA DE LA SITUACIÓN CON PROYECTO

Con la construcción de los colectores propuestos en el proyecto, se evitará el impacto visual, malos olores generados y fauna nociva de las descargas de aguas residuales en los cauces de dichas zonas.

Por otra parte, con la construcción de la PTAR se tendrá la capacidad para sanear un caudal de 100 l/s de aguas residuales provenientes de la localidad, antes de ser vertidas al arroyo Atzicua.

IV.12. ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE LA SITUACIÓN CON PROYECTO

La demanda en la situación con proyecto es la misma que se determinó en la situación sin proyecto, es decir se considera que la DAPA desarrollará nuevas fuentes de abastecimiento para incrementar la dotación per cápita de agua, por lo que el volumen de agua residual captado se incrementará, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 24. Caudal aguas residuales colectadas, Cabecera Municipal de Tequila, situación con proyecto

Año	Aguas residuales generadas (l/s)	Aguas residuales colectadas (l/s)
2017	72.2	71.5
2018	100.6	99.6
2019	102.0	101.0
2020	103.3	102.3
2021	104.7	103.7
2022	106.2	105.1
2023	107.6	106.5
2024	109.0	107.9
2025	110.5	109.4
2026	111.9	110.8
2027	113.4	112.2
2028	114.8	113.7
2029	116.2	115.1
2030	117.6	116.4
2031	119.0	117.8
2032	120.4	119.2
2033	121.8	120.6
2034	123.2	122.0
2035	124.6	123.4
2036	126.1	124.8
2037	127.5	126.2
2038	128.9	127.6
2039	130.3	129.0

Fuente: Elaboración propia con información de la DAPA.2017

IV.13. INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA DE LA SITUACIÓN CON PROYECTO

Como se puede observar en la tabla siguiente, con el proyecto se podrá sanear 100 l/s del agua residual colectada durante el horizonte de evaluación, sin embargo se tendrá un pequeño déficit al inicio de la operación de la PTAR, el cual se irá incrementando por el crecimiento de la población.

Tabla 25. Interacción Oferta-Demanda aguas residuales tratadas, Cabecera Municipal de Tequila, situación con proyecto

Año	Oferta Capacidad saneamiento (l/s)	Demanda de aguas residuales colectadas (l/s)	Interacción de la oferta-demanda (l/s)
2017	0	71.5	-71.5
2018	0	99.6	-99.6
2019	0	101.0	-101.0
2020	100.0	102.3	-2.3
2021	100.0	103.7	-3.7
2022	100.0	105.1	-5.1
2023	100.0	106.5	-6.5
2024	100.0	107.9	-7.9
2025	100.0	109.4	-9.4
2026	100.0	110.8	-10.8
2027	100.0	112.2	-12.2
2028	100.0	113.7	-13.7
2029	100.0	115.1	-15.1
2030	100.0	116.4	-16.4
2031	100.0	117.8	-17.8
2032	100.0	119.2	-19.2
2033	100.0	120.6	-20.6
2034	100.0	122.0	-22.0
2035	100.0	123.4	-23.4
2036	100.0	124.8	-24.8
2037	100.0	126.2	-26.2
2038	100.0	127.6	-27.6
2039	100.0	129.0	-29.0

Fuente: Elaboración propia. 2017

Cabe comentar que se dejará espacio en el predio donde se levantará la PTAR, para construir otro módulo con una capacidad de 40 l/s con la finalidad de cubrir la totalidad de demanda de saneamiento a futuro.

La incorporación de nuevas fuentes es un elemento importante en el análisis de generación de aguas residuales, ya que en caso de que no se incremente la producción de agua potable, se generaría un sobre dimensionamiento de los componentes de alcantarillado y de saneamiento, así como una restricción al consumo doméstico y de servicios, por lo cual es fundamental la ejecución y puesta en marcha de las acciones programadas por la DAPA.

V. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

En este capítulo se identifican los costos y beneficios sociales del proyecto que son relevantes para su cuantificación y valoración, así como los beneficios que son difíciles de medir o valorar (intangibles) pero que pudieran tener un impacto en el bienestar de la población o el ambiente. Posteriormente, se cuantifican los costos y beneficios sociales de la alternativa seleccionada técnica y económicamente, para finalmente, determinar su valor monetario y el flujo de beneficios netos durante la vida útil del proyecto.

De acuerdo a los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo beneficio, como parte de la evaluación social se presentan los siguientes indicadores de rentabilidad: Valor Actual Neto Social (VANS); Tasa Interna de Rendimiento Social (TIRS); y la Tasa de Rendimiento Inmediato (TRI).

También se presenta el análisis de sensibilidad en el que se identifican los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad del proyecto, así como la identificación de los principales riesgos que podría enfrentar el proyecto en sus etapas de inversión y operación.

V.1. COSTOS DEL PROYECTO

A partir de las estimaciones de costos privados en las etapas de inversión y operación, se efectuaron las correcciones correspondientes para calcular los costos sociales. Las correcciones mencionadas se realizan con el fin de eliminar las distorsiones del mercado, y se considera únicamente la deducción del impuesto al valor agregado, de acuerdo a los criterios vigentes del Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP).

El monto de inversión en precios sociales se estimó en 179.106 millones de pesos, a precios constantes de junio de 2017. A continuación se presenta un resumen con sus principales componentes.

Tabla 26. Costos sociales de inversión (\$) a precios de 2017)

Componente	2018	2019	Total
Colectores marginales			
Colectores arroyo Atizcua	6,944,896	16,204,756	23,149,652
Colector arroyo Virgen		3,684,817	3,684,817
Colectores arroyo El Rosario	6,500,446	26,001,783	32,502,229
Ampliación colector Internacional	2,095,266		2,095,266
Ampliación subcolector Internacional		4,624,444	4,624,444
Subcolector colonia El Rastro		882,116	882,116
Colector General		4,282,888	4,282,888
Cajas derivadoras	3,189,300		3,189,300
Planta de Tratamiento	59,533,600	25,514,400	85,048,000
Emisor de aguas tratadas		663,300	663,300
Laboratorio		5,315,500	5,315,500
Total	78,263,507	87,174,005	165,437,512

Fuente: Anteproyecto de la PTAR de Tequila. Consejo de Desarrollo Integral de Tequila. 2016

En cuanto a los costos de operación y mantenimiento, estos se estimaron del orden de 9.84 millones de pesos anuales sin incluir el IVA, conforme se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 27. Costos sociales de operación y mantenimiento (\$) a precios de 2017)

Componente/concepto	Importe
Colectores marginales	
Personal	540,000
Mantenimiento General	1,488,214
Suma	2,028,214
PTAR	
Personal	884,550
Manejo de lodos	292,725
Reactivos físico-químicos	1,102,847
Energía eléctrica	3,808,254
Mantenimiento General	220,822
Suma	6,309,198
Laboratorio	
Personal	420,000
Reactivos físico-químicos	475,960
Energía eléctrica	153,000
Mantenimiento General	265,775
Suma	1,509,735
Total Operación y Mantenimiento	9,847,147

Fuente: Elaboración propia. 2017

Los costos de mantenimiento en los colectores marginales reflejan básicamente el costo del personal que se requiere para inspeccionar periódicamente el funcionamiento y conservación de la infraestructura, así como de las cajas derivadoras. Considera también los costos de los mantenimientos básicos como desazolves y acciones preventivas.

En cuanto a la planta de tratamiento, el costo mayor es el de la energía eléctrica, debido al tipo de procesos y equipos que son utilizados durante el saneamiento de las aguas residuales. El rubro de mantenimiento general, se refiere a las acciones de conservación preventiva a la obra civil y equipamiento.

En cuanto al laboratorio, se deben llevar a cabo el análisis de 15 parámetros y en el caso de seis de ellos, el análisis se realizará diariamente (Ver Tabla 21. Tipo y periodicidad de las muestras para el control analítico de sistema de tratamiento). El rubro de mantenimiento general, se refiere a las acciones de conservación preventiva a la obra civil y el equipo de laboratorio.

V.2. BENEFICIOS DEL PROYECTO

La naturaleza del proyecto evaluado es la de evitar la descarga de aguas residuales municipales en los cauces de los arroyos que atraviesan la localidad y encauzarlas a una PTAR donde se sanearan para ser vertidas al arroyo Atizcua con un contenido orgánico dentro de los límites permisibles por la normatividad. Por lo anterior, los principales beneficios se relacionan con el mejoramiento de la calidad de los cuerpos receptores, identificándose los siguientes.

5.2.1 IDENTIFICACIÓN DE BENEFICIOS

Incremento de plusvalía de viviendas y terrenos. En la situación con proyecto, se reducirán los problemas de fauna nociva y malos olores ocasionados por la descargas de aguas residuales sin tratamiento a los cauces de los arroyos, lo cual mejorará la imagen de la zona y el nivel de vida de los habitantes, incrementando el valor de los predios que se tienen en la zona aledaña a los arroyos.

Ahorro de recursos por reducir o eliminar la necesidad de potabilización, aguas abajo de la descarga de la PTAR. Con la PTAR proyectada, se tendrá un efluente cuyo contenido orgánico estará dentro de los límites permisibles de descarga establecidos por la normatividad, el cual se verterá al arroyo Atizcua. Posteriormente se espera que con la capacidad de autopurificación natural del cuerpo receptor y la distancia que recorrerá antes de llegar a una zona poblada o agrícola, se tendrán aguas superficiales que podrían ser utilizadas con condiciones que reducirán notablemente la necesidad de aplicar el proceso de potabilización.

Ahorro de recursos por evitar el saneamiento de cauces. Con la construcción de los colectores marginales del proyecto, se evitara descargas municipales a los arroyos que atraviesan la localidad. Lo anterior evitara que se le de limpieza periódica a los cauces de los arroyos ya que al no acumularse nutrientes en el agua no se generará maleza o flora nociva o el dragado por el exceso de material orgánico sedimentado.

Disminución de la mortandad de flora y fauna propia de la región. Si bien no se tiene información estadística que permita valorar este beneficio, al evitar descargar aguas residuales sin tratamiento a los cauces de los arroyos se evita una afectación al ecosistema de la región, lo cual puede disminuir la mortandad de flora y fauna propia de la región.

Reducción del impacto negativo en el sector turístico. Como ya fue comentado, desde el año 2003, el municipio de Tequila fue galardonado con el nombramiento de Pueblo Mágico. Conforme un diagnóstico realizado por la SECTUR en el año 2013, se determinó que la contaminación de los arroyos que atraviesan la localidad afectaba negativamente el desarrollo del sector turístico, siendo el más claro ejemplo de esto, el sitio histórico de Los Lavaderos, localizado sobre el afluente Atizcua; el atractivo comienza a sufrir los estragos de un arroyo contaminado que además, expide olores desagradables de fácil percepción para los turistas. Con el proyecto se reducirán los problemas de impacto visual, fauna nociva y malos olores, lo cual incrementará el nivel de satisfacción del turista y puede ser un catalizador para incrementar el número de visitantes.

Retribución económica por el aprovechamiento de los lodos residuales de la PTAR. En los últimos años, el avance en el conocimiento de tecnologías ha originado que lo que antes era una gran problemática: manejo de lodos, se convierta en un beneficio para la propia PTAR y la población. En algunos casos, los lodos pueden ser aprovechados como fuente de energía durante la etapa de digestión anaerobia en la que se produce biogás como subproducto del proceso. El biogás puede ser alimentado a una máquina de cogeneración para generar energía eléctrica y calorífica.

Además de la producción de energía, la cogeneración presenta la ventaja de reducir la emisión de gases de efecto invernadero al ambiente.

Los lodos estabilizados o biosólidos, también pueden ser utilizados como mejoradores de suelo en la agricultura. Éstos mejoran las características del suelo y proveen nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal como nitrógeno, fósforo, níquel, zinc y cobre. Debido a sus ventajas, los biosólidos pueden utilizarse como sustituto de fertilizantes químicos⁵.

Otros usos en los que se puede aprovechar los lodos, son: recubrimiento de materiales de decoración, materia prima para la producción de cemento, material para lechos de construcción de carreteras, cinta asfáltica y construcción de materiales prefabricados⁶.

⁵ Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿problema o recurso? Juan Gualberto Limón Macías. 2013

⁶ Nuevas aplicaciones de Lodos Activados. Arturo Colín Cruz, Luz María Ayestarán Hernández, Edith Erielia Gutiérrez Segura y Jonatan Torres Pérez. Universidad Autónoma del Estado de México. 2006

Por lo anterior, para que la generación de lodos de la PTAR de Tequila, Jalisco, no sea un problema para la población y el medioambiente, se debe estudiar y proponer alternativas para ser aprovechados.

5.2.2 CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE BENEFICIOS

Si bien se han identificado varios beneficios por la construcción de los colectores marginales y la PTAR, a continuación se cuantificará y valorará el relativo al ***Incremento de plusvalía de viviendas y terrenos***.

Se puede considerar que el valor de los predios aledaños a un cauce por el que circula agua residual a cielo abierto (situación sin proyecto), tiene una disminución debido a los efectos negativos como malos olores y fauna nociva, que se generan por dichas aguas. Asimismo se considera, que el valor de los predios se incrementará al construir colectores marginales a dichos cauces (situación con proyecto).

La plusvalía o aumento del valor del predio, se considerará en toda la longitud del colector por un ancho de franja que se determina en campo, y que generalmente es de 50 a 100 metros de cada lado del colector⁷. Conforme a recorridos de campo en la localidad, se determinó que la franja de afectación de los arroyos contaminados es de 60 metros a cada lado del cauce, la cual corresponde a la primera manzana pegada a las obras de saneamiento.

Con la finalidad de determinar el valor de mercado de los terrenos, se realizó una investigación de campo, encontrándose la siguiente información en diferentes páginas web de venta de inmuebles.

Tabla 28. Precios de venta de inmuebles en la Cabecera Municipal de Tequila Jalisco

Ubicación	Superficie terreno (m ²)	Superficie construida (m ²)	Precio venta (\$)	Precio terreno (\$/m ²)
Casas				
Cofradía	139	264	2,000,000	
Centro (Nicolás Bravo)	300	180	1,300,000	
La Mezcalera (Galeana)	250	220	2,200,000	
Chula Vista	90	76	386,000	
La Mula	600	522	7,200,000	
Terreno				
Colonia Sin Nombre	12,000		14,600,000	1,217
Col Obrera	200		200,000	1,000
Terrenos sin ubicar				
A 10 minutos del Centro	140		450,000	3,214
A 3 cuadras de la Presidencia	1,609		7,999,948	4,972

Fuente: lamudi.com.mx; bienesonline.com; casa.mercadolibre.com.mx; casasyterrenos.com; vivanuncios.com.mx; nestoria.mx. 2017

⁷ Metodologías de Evaluación Socioeconómica para Proyectos de Agua Potable, Alcantarillado, Saneamiento y Protección a Centros de Población. Edición 2008.

Observando la ubicación de los inmuebles relacionados (Ver figura 18) se determina que los precios de los inmuebles tendrán dos valores diferentes, considerando sí se encuentran en la zona urbana o en la zona peri urbana.

Para fines de la evaluación, sólo se considerará el valor del terreno de los predios que se encuentran en las márgenes de los cauces en donde se construirán los colectores marginales. Conforme a los datos de la tabla 28, se observa que en la zona peri urbana el precio de venta de terrenos es de 1,108 \$/m²; y para la zona urbana es de 4,093 \$/m².

En la situación sin proyecto, se considerará que los valores de los terrenos son del 70% de los datos antes estimados, al considerar que dichos precios puedan estar sobreestimados o cualquier otra alteración del mercado. Por lo tanto, en la siguiente tabla se indican los precios por metro cuadrado de los terrenos que se utilizarán en la situación sin proyecto.

Tabla 29. Precios de venta de terrenos en la situación sin proyecto

Ubicación	Precio terreno (\$/m ²)
Terreno al margen de cauces con descargas AR en zona urbana	2,865
Terreno al margen de cauces con descargas AR en zona peri urbana	775

Fuente: Elaboración propia. 2017

Figura 18. Ubicación de inmuebles en venta en la Cabecera Municipal de Tequila Jalisco



Fuente: Elaboración con base en la información de lamudi.com.mx; bienesonline.com; casa.mercadolibre.com.mx; casasyterrenos.com; vivanuncios.com.mx; nestoria.mx. 2017

Para la situación con proyecto, se revisaron algunos estudios y opiniones para determinar el valor futuro de los predios por la mejoría al ejecutarse proyectos que eliminan la contaminación ambiental por aguas contaminadas.

- En el año 2008, se realizó una consulta al Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales (INDAABIN), para que dictaminará el beneficio porcentual en el valor de los terrenos, que recibirán los predios circundantes al ejido Santa Isabel Iztapan, en el Estado de México, por haberse cubierto el foco de contaminación e insalubridad que representan los terrenos inundables que les pertenecen y con los que colinda el área urbana. El INDAABIN señaló que derivado de estudios donde se mide el impacto de obras sociales que traen consigo un mejoramiento del entorno, se ha observado que los valores pueden aumentar del orden de un 30%.
- En el año 2012, se realizó un estudio de valuación inmobiliaria por el Colegio de Valuadores de Nuevo León, Asociación Civil (COVAC), con el objetivo de obtener la certificación del valor actual de los terrenos para fines analíticos y los pronósticos de valor futuro por la mejoría específica correspondiente a la ejecución del Proyecto Integral de Alcantarillado y Saneamiento, a realizarse en la Ciudad de San Francisco de Campeche, Estado de Campeche. El resultado de la valuación, determinó que con la realización del proyecto de alcantarillado y saneamiento, la plusvalía promedio ponderada se incrementaría en un 16.2% con respecto a la situación sin proyecto.
- En el año 2014, para el proyecto de Construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en San Cristóbal de las Casas, Chiapas, se solicitó a la Secretaría de Desarrollo Sustentable que emitiera una opinión sobre el posible incremento que las viviendas que se encontraban en las márgenes del río Amarillo, pudieran experimentar al momento de sanear dicho cauce. La Secretaría determinó que el valor promedio de los predios para cada una de las colonias que se ubican dentro de la franja de estudio, se incrementaría un 10% con la construcción del proyecto.
- En el año 2014, para el Proyecto Integral de Saneamiento de la ZCG: Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Agua Prieta y El Ahogado, Túnel Colector San Gaspar y Sistema de Colectores, se contrató a un perito inmobiliario para determinar la plusvalía de los terrenos ubicados en la zona de afectación. Con la metodología utilizada en este caso, se determinaron plusvalías de hasta el 171% con la ejecución del proyecto.

Como se puede determinar de la información anterior, se tiene un valor mínimo de 10% en el incremento de plusvalía que puede resultar muy conservador si se analizan los beneficios que trae consigo el eliminar la contaminación alrededor de una propiedad; por otro lado, se tiene un valor con el que se duplica el valor de una propiedad, el cual a simple vista resulta sobrevalorado. Por lo anterior, se

considera que un valor razonado en el incremento de la plusvalía de un predio, al eliminar los focos de contaminación cercanos, puede estar entre un 16% y 30%. Para el presente proyecto, se consideró que el incremento de plusvalía podría ser el promedio entre el 16% y 30% señalado anteriormente, por lo cual en la situación con proyecto los valores de los predios ubicados en la franja cercana a los cauces contaminados podrían incrementarse en un 23%, siendo el valor de venta de los predios el siguiente:

Tabla 30. Precios de venta de terrenos en la situación con proyecto

Ubicación	Precio terreno (\$/m ²)
Terreno al margen de cauces con descargas AR en zona urbana	3,524
Terreno al margen de cauces con descargas AR en zona peri urbana	953

Fuente: Elaboración propia. 2017

Los precios de venta de terreno, sin y con proyecto, se multiplicaran por la superficie de la franja afectada, la cual se determinará al considerar en ancho igual a 60 metros a cada lado del cauce y la longitud de los colectores a construir. En la tabla 31 se determinó el área para cada uno de los colectores propuestos, tomando en cuenta lo siguiente:

- 1) En el arroyo Atizcua, se considera el 50% de la longitud señalada en el presupuesto, debido a que se tratan de dos colectores marginales sobre el mismo cauce.
- 2) Se considerará que el 90% de la superficie en la franja es transable⁸, descartándose la superficie que puedan ser parques, jardines, vialidades y otras áreas públicas.

Tabla 31. Área transable a beneficiar con la construcción de colectores

Colector	Longitud (m)	Ancho de franja (m)	Superficie transable (m ²)
Colectores arroyo Atizcua	2,508	120	270,833
Colector arroyo Virgen	1,578	120	170,433
Colectores arroyo El Rosario	7,702	120	831,811
Ampliación colector Internacional	897	120	96,912
Ampliación subcolector Internacional	1,980	120	213,893
Subcolector colonia El Rastro	378	120	40,800
Colector General	865	120	93,445

Fuente: Elaboración propia. 2017

La superficie obtenida en la tabla anterior, se multiplicará por el precio de venta del terreno de los predios tanto en la situación sin y con proyecto y la diferencia resultante será la plusvalía. Cabe señalar que en el colector arroyo de la Virgen, el valor de precio de venta en la situación con proyecto será igual a la situación sin

⁸ Que puede ser susceptible a ser comercializado.

proyecto, ya que su construcción se consideró como parte de la situación sin proyecto (optimización). En la siguiente tabla se resume la información.

Tabla 32. Beneficio por incremento de plusvalía en terrenos (\$ a precios de 2017)

Colector	Superficie transable (m ²)	Precio de venta s/P (\$/m ²)	Valor de la superficie transable (\$)	Precio de venta c/P (\$/m ²)	Valor de la superficie transable (\$)	Plusvalía (\$)
Colectores arroyo Atizcua	338,541	2,865	775,935,628	3,524	954,400,823	178,465,194
Colector arroyo Virgen	213,041	3,524	600,596,102	3,524	600,596,102	0
Colectores arroyo El Rosario	1,039,763	775	644,653,215	953	792,923,454	148,270,239
Ampliación colector Internacional	121,140	775	75,106,521	953	92,381,021	17,274,500
Ampliación subcolector Internacional	267,366	775	165,767,013	953	203,893,426	38,126,413
Subcolector colonia El Rastro	51,000	775	31,620,186	953	38,892,829	7,272,643
Colector General	116,806	775	72,419,751	953	89,076,294	16,656,543
Total						406,065,532

Fuente: Elaboración propia. 2017

Por lo anterior, el beneficio obtenido por la construcción de colectores marginales en la localidad de Tequila, Jalisco es de 406.065 millones de pesos.

V.3. INDICADORES DE RENTABILIDAD.

Con los costos y beneficios identificados, se obtuvo el flujo del proyecto presentado en la tabla 33. Con el flujo obtenido y de acuerdo a los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo beneficio publicados en el Diario Oficial de la Federación el día 30 de diciembre de 2013, se determinaran los indicadores relevantes, considerando un horizonte de evaluación de 23 años y una tasa social de descuento de 10%, establecida por la Unidad de Inversiones con el Oficio Circular No. 400.1.410.14.009, de fecha 13 de enero de 2014.

Tabla 33. Flujo del proyecto (\$ a precios de 2017)

Año	Costos sociales			Beneficios sociales		Flujo efectivo
	Inversión	Operación y mantenimiento	Suma	Incremento plusvalía	Suma	
2017	0	0	0	0	0	0
2018	85,722,376	0	85,722,376	0	0	-85,722,376
2019	79,715,137	0	79,715,137	0	0	-79,715,137
2020		9,847,147	9,847,147	406,065,532	406,065,532	396,218,385
2021		9,847,147	9,847,147			-9,847,147
2022		9,847,147	9,847,147			-9,847,147
2023		9,847,147	9,847,147			-9,847,147
2024		9,847,147	9,847,147			-9,847,147
2025		9,847,147	9,847,147			-9,847,147
2026		9,847,147	9,847,147			-9,847,147
2027		9,847,147	9,847,147			-9,847,147
2028		9,847,147	9,847,147			-9,847,147

Año	Costos sociales			Beneficios sociales		Flujo de efectivo
	Inversión	Operación y mantenimiento	Suma	Incremento plusvalía	Suma	
2029		9,847,147	9,847,147		0	-9,847,147
2030		9,847,147	9,847,147		0	-9,847,147
2031		9,847,147	9,847,147		0	-9,847,147
2032		9,847,147	9,847,147		0	-9,847,147
2033		9,847,147	9,847,147		0	-9,847,147
2034		9,847,147	9,847,147		0	-9,847,147
2035		9,847,147	9,847,147		0	-9,847,147
2036		9,847,147	9,847,147		0	-9,847,147
2037		9,847,147	9,847,147		0	-9,847,147
2038		9,847,147	9,847,147		0	-9,847,147
2039		9,847,147	9,847,147		0	-9,847,147

Fuente: Elaboración propia. 2017

De acuerdo al flujo del proyecto, éste resultó rentable socialmente al tener un Valor Actual Neto Social (VANS) de 91,988,776 pesos y una relación Beneficio - Costo (B/C) de 1.43.

Cabe comentar que para este proyecto, no se considera la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Tasa de Rendimiento Inmediato (TRI) como indicadores relevantes, debido a que presentan una situación de inconsistencia porque en el flujo de proyecto hay más de un cambio de signo.

Tabla 34. Resumen de la evaluación

Concepto	Unidad	Valor
Horizonte de evaluación	Años	23
Tasa social de descuento	porcentaje	10
VA costos sociales de inversión	pesos	143,809,710
VA costos sociales operación	Pesos	69,284,558
VA costos totales	Pesos	213,094,269
VA beneficio incremento de plusvalía	Pesos	305,083,045
VA beneficios totales	Pesos	305,083,045
Valor actual neto social (VANS)	Pesos	91,988,776
Relación VAB / VAC	Sin	1.43

Fuente: Elaboración propia. 2017

V.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Se evaluaron los efectos que ocasionaría la modificación de las variables relevantes sobre los indicadores de rentabilidad: VAN y la relación B/C. Se consideró el efecto para diferentes variaciones porcentuales, determinando además la variación porcentual con la que el VAN es igual a cero. Los resultados se presentan a continuación, con los VA expresados en pesos a precios de 2017 y la relación B/C es adimensional.

5.4.1 INCREMENTO EN LOS MONTOS DE INVERSIÓN

Para el caso de variaciones en los montos de inversión, el Proyecto es poco sensible en este rubro, ya que al aplicar incrementos de 5, 25 y 50% los indicadores de rentabilidad seguían siendo favorables.

Tabla 35. Efectos en indicadores bajo supuestos de incrementos en costos de inversión

Concepto	Variación en costos de inversión			
	5.0%	25.0%	50.0%	63.97%
VACS	220,284,754	249,046,696	284,999,124	305,083,045
VABS	305,083,045	305,083,045	305,083,045	305,083,045
VANS	84,798,290	56,036,348	20,083,921	0
B/C	1.38	1.23	1.07	1.00

Fuente: Elaboración propia. 2017

En cuanto al análisis de punto muerto, se determinó que se requería un aumento de al menos 63.97% en los montos de inversión para que el VAN sea menor a cero.

5.4.2 INCREMENTO EN COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

En cuanto al análisis con los costos de operación y mantenimiento, se determinó que es la variable menos relevante sobre la rentabilidad del proyecto. Se consideraron aumentos también de 25, 50 y 100%, manteniéndose favorables en todos los casos.

Tabla 36. Efectos en indicadores bajo supuestos de incrementos en costos de operación

Concepto	Variación en costos de operación y mantenimiento			
	25.0%	50.0%	100.0%	132.77%
VACS	230,415,408	247,736,548	282,378,827	305,083,045
VABS	305,083,045	305,083,045	305,083,045	305,083,045
VANS	74,667,636	57,346,497	22,704,218	0
B/C	1.32	1.23	1.08	1.00

Fuente: Elaboración propia. 2017

Al realizar el análisis de indiferencia con esta variable, se determinó que se requeriría un incremento de al menos 132.77% para que el VAN del proyecto sea negativo, lo que demuestra un menor impacto de esta variable sobre la rentabilidad del proyecto.

5.4.3 REDUCCIÓN EN LA GENERACIÓN DE BENEFICIOS

Finalmente, se realizó un análisis con reducciones en la generación de beneficios, la cual se hizo considerando la disminución del ancho de la franja de afectación. Al hacer el análisis de beneficios considerando un ancho de franja de afectación de 55, 50 y 45 metros de ancho, los beneficios disminuían en 8.3, 16.7 y 25% respectivamente, sin embargo el proyecto se seguía manteniendo rentable. Cuando se supone una reducción del ancho de franja a 40 metros, el beneficio disminuye en 33.3%, con lo cual el VAN es negativo.

Tabla 37. Efectos en indicadores bajo supuestos de reducción de beneficios

Concepto	Variación en beneficios			
	8.3%	16.7%	25.0%	33.33%
VACS	213,094,269	213,094,269	213,094,269	213,094,269
VABS	279,659,457	254,235,870	228,812,283	203,388,696
VANS	66,565,189	41,141,602	15,718,015	-9,705,572
B/C	1.31	1.19	1.07	0.95

Fuente: Elaboración propia. 2017

V.5. ANÁLISIS DE RIESGOS

A continuación se identifican los principales riesgos asociados al Proyecto en sus etapas de ejecución y operación; dichos riesgos están clasificados con base en la factibilidad de su ocurrencia y se analizan los impactos así como las acciones necesarias para su mitigación.

La ocurrencia de los riesgos se clasificaron de la siguiente manera: Mediana (Mediana probabilidad de ocurrencia); Baja (Baja probabilidad de ocurrencia); y Muy baja (Difícil que ocurra). Cabe señalar que no se identificaron riesgos Altos, es decir que haya una significativa probabilidad de ocurrencia.

Tabla 38. Efectos en indicadores bajo supuestos de reducción de beneficios

Descripción	Impacto	Probabilidad de ocurrencia	Medida de mitigación
Riesgos antes y durante la construcción del Proyecto			
No se liberan los recursos presupuestales en tiempo y forma.	Retraso en el inicio de los trabajos, debido a que la empresa o empresas que ejecutaran los trabajos no tengan la capacidad para financiar los trabajos.	Mediana	Considerar como parte de los términos de contratación de las obras, que la o las empresas ganadoras, tenga la capacidad financiera para cubrir las erogaciones del Proyecto en caso de un retraso en la liberación de los recursos.
Retraso del proceso de licitación y contratación debido a inconformidades de empresas.	Retraso en el inicio de los trabajos.	Muy baja	Establecer mecanismos de licitación claros y transparentes, que permitan que el proceso adjudicatario no sea calificado como irregular.
Demora en el suministro de materiales y equipos	Incremento de los costos de inversión, ya sea por el retraso de las obras o por compras de material más caro.	Baja	Contar con un estricto calendario de ejecución de obra y ruta crítica para la construcción y suministro de equipo
Grupos sociales que se opongan a la ejecución del Proyecto.	Paro temporal de los trabajos ante bloqueos o manifestaciones.	Muy baja	Llevar a cabo campañas de información para toda la población, de tal manera que se informe sobre los objetivos

			y beneficios de la construcción de una PTAR y para que no exista rechazo por el desconocimiento de sus alcances.
Riesgos durante la operación del Proyecto			
Insuficientes recursos para la operación y mantenimiento de la PTAR	Paro temporal o permanente de la operación de la PTAR	Mediana	Implementar proyectos que permitan aprovechar el agua tratada, así como los lodos generados, con la finalidad de recuperar parte de los costos operativos.
Problemas con el suministro de energía eléctrica.	Paro temporal de algunos procesos de la PTAR lo cual afectaría en la calidad del agua de salida	Muy baja	Mantener en conjunto con la CFE, una supervisión periódica para asegurar que las líneas de energía eléctrica que pasen por la zona cumplan con los requerimientos del sistema. Dar mantenimiento a las plantas generadoras de emergencia que se tendrán en dichas obras.
No llega suficiente caudal de agua residual a la PTAR	Los procesos de la planta de tratamiento no trabajaran de manera eficiente	Baja	Evitar la disminución de la producción de agua potable. Dar mantenimiento periódico a los colectores para evitar que sufran daños que eviten hacer llegar el agua residual a la PTAR.
Disminución de la carga orgánica del agua residual durante los meses de lluvia, por la mezcla de agua pluvial y agua residual.	Los procesos de la planta de tratamiento no trabajaran de manera eficiente	Baja	Mantener una adecuada operación de las cajas derivadoras, con el fin de evitar la mezcla de agua pluvial con la residual.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se concluye que el proyecto de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Tequila-Jalisco, debe realizarse, ya que presenta las siguientes condiciones e indicadores favorables para su realización:

- Se evitará la descarga de aguas residuales municipales en los cauces de los arroyos que a traviesan la localidad y encauzándolas a una PTAR donde se sanearan para ser vertidas al arroyo Atizcua con un contenido orgánico dentro de los límites permisibles por la normatividad.
- Los beneficios por la implementación del proyecto pueden ser diversos, tales como: Incremento de plusvalía de viviendas y terrenos; ahorro de recursos por reducir o eliminar la necesidad de potabilización, aguas abajo de la descarga de la PTAR; ahorro de recursos por evitar el saneamiento de cauces; disminución de la mortandad de flora y fauna propia de la región; reducción del impacto negativo en el sector turístico; y retribución económica por el aprovechamiento de los lodos residuales de la PTAR.
- Los beneficios netos por incrementar la plusvalía de las viviendas y terrenos, se valoró por única vez en 406.065 millones de pesos para el año 2020.
- El proyecto resultó rentable socialmente, al presentar un Valor Actual Neto Social (VANS) de 91,988,776 pesos y una relación Beneficio - Costo (B/C) de 1.43.
- En el análisis de sensibilidad se concluyó que el proyecto tiene baja sensibilidad a los incrementos de costos de inversión y operación, siendo la variable que mayor impacto podría tener es la de beneficios, ya que una reducción mayor al 33.3% haría el VANS menor a cero.
- Los riesgos identificados no se consideran relevantes para que pudieran existir un escenario en donde se tenga que cancelar de manera definitiva el proyecto, ya sea en su etapa de ejecución u operación, toda vez que se cuenta con la aceptación social dada la situación de contaminación.
- La implementación del proyecto no tiene limitantes técnicos, ambientales y legales para su planeación, ejecución u operación.
- Sin perjuicio de que el proyecto puede ser realizado a través de alguna modalidad de Asociación Público Privada, existen programas de apoyo a través de CONAGUA, mediante el cual el proyecto puede ser a recursos públicos, los cuales pueden ser combinados con el pago de usuarios como fuente de fondeo para impulsarlo a través de un esquema de Asociación Público Privada.

VII. ANEXOS

Número del Anexo	Concepto del Anexo	Descripción
Anexo A	Población	Contiene la proyección de la población de la localidad.
	OD actual	Contiene el análisis de la oferta y demanda en la situación actual. Producción de agua potable, aguas residuales generadas y colectadas (demanda), capacidad de tratamiento (oferta) e interacción oferta-demanda.
	OD sin proyecto	Contiene el análisis de la oferta y demanda en la situación sin proyecto. Producción de agua potable, aguas residuales generadas y colectadas (demanda), capacidad de tratamiento (oferta) e interacción oferta-demanda.
	OD con proyecto	Contiene el análisis de la oferta y demanda en la situación con proyecto. Producción de agua potable, aguas residuales generadas y colectadas (demanda), capacidad de tratamiento (oferta) e interacción oferta-demanda.
	Costo de proyecto	Con relación al proyecto se indica el monto de inversión por componente, costos de operación y mantenimiento, fuentes de financiamiento y programa de actividades.
	Alternativa 2	Para la alternativa 2, se indica el monto de inversión por componente, costos de operación y mantenimiento y programa de actividades.
	Análisis económico alternativas	Se presenta el Valor presente de costos y CAE de las alternativas analizadas.
	Precios de inmuebles	Se presentan datos de precios de mercado de inmuebles y terrenos en la localidad de Jalisco. Se presenta la propuesta de precios de terreno en situación sin y con proyecto.
	Beneficio plusvalía	Se calcula el beneficio por el incremento de plusvalía.
	Evaluación	Se construye el flujo de efectivo con los costos y beneficios sociales valorados y se calculan los indicadores.
Sensibilidad	Se presenta un análisis en donde se pueden incrementar los costos de inversión y operación, así como reducir beneficios, de tal manera que se pueda observar de qué manera se modifican los indicadores de rentabilidad del proyecto.	

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- 1) Ayestarán Hernández Luz María, Colín Cruz Arturo, Erielia Gutiérrez Edith, y Torres Pérez Jonatan. Nuevas aplicaciones de lodos residuales. 2006.
- 2) Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. 2012.
- 3) Comisión Nacional del Agua. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Tequila (1437), Estado de Jalisco. 20 de abril de 2015.
- 4) Comisión Nacional del Agua. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Vol. 2 Metodologías de Evaluación Socioeconómica y Estructuración de Proyectos de Inversión (Agua Potable, Alcantarillado, Saneamiento, Mejoramiento de Eficiencia y Protección a Centros de Población). 2016.
- 5) Comisión Nacional del Agua. Programa Hídrico Estatal 2014-2018 del Estado de Jalisco. Noviembre de 2015.
- 6) Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional. Energía a partir de las aguas residuales. Octubre de 2010.
- 7) Global Methane Initiative. El metano de las aguas residuales municipales. Enero de 2013.
- 8) Gobierno del Estado de Jalisco. Plan Estatal de Desarrollo Jalisco 2013-2033. 2016.
- 9) Ayuntamiento Constitucional de Tequila. Plan Municipal de Desarrollo Tequila 2020. Junio de 2010.
- 10) H. Ayuntamiento Constitucional de Tequila. Plan Municipal de Desarrollo Tequila 2015-2018. 2015.
- 11) Limón Macías Juan Gualberto. Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿problema o recurso? Julio de 2013.
- 12) Presidencia de los Estados Unidos Mexicanos. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.
- 13) Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Enero de 1997.
- 14) Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Programa Nacional Hídrico 2014-2018.
- 15) Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018 (PROMARNAT).
- 16) Secretaría de Turismo. Diagnóstico de Competitividad y Sustentabilidad para los denominados Pueblos Mágicos de Jalisco. Estudio de Tequila. Diciembre de 2013.
- 17) Secretaría de Turismo de Jalisco. Anuario Estadístico de la Secretaría de Turismo de Jalisco, 2011-2016.
- 18) SHCP. Unidad de Inversiones. *Oficio Circular Número 400.1.410.14.09*. 13 de enero de 2014.
- 19) SHCP. Unidad de Inversiones. *Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión*. 30 de diciembre de 2013.