



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DIAGNÓSTICO Y REGISTRO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
EN OPERACIÓN, PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN
SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

Roberto Antonio Sosa Vargas
Asesorado por el Ing. Juan Carlos Linares Cruz

Guatemala, abril de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIAGNÓSTICO Y REGISTRO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
EN OPERACIÓN, PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN
SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ROBERTO ANTONIO SOSA VARGAS
ASESORADO POR EL ING. JUAN CARLOS LINARES CRUZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
EXAMINADOR	Ing. Juan Ramón Ordóñez Hernández
EXAMINADOR	Ing. Darío Francisco Lucas Mazariegos
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DIAGNÓSTICO Y REGISTRO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN OPERACIÓN, PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 23 de julio de 2015.



Roberto Antonio Sosa Vargas



Guatemala, 10 de enero de 2018

Ing, Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
Coordinador de Área de Investigación
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado ingeniero:

A través de la presente le manifiesto que, como asesor del estudiante de Ingeniería Civil, **Roberto Antonio Sosa Vargas**, quien se identifica con número de carné **2009-15442**, llevé a cabo el proceso de revisión del trabajo titulado "**Diagnóstico y registro de plantas de tratamiento de aguas residuales en operación, públicas y privadas del municipio de San Juan Sacatepéquez, Guatemala**". En virtud de lo mencionado, doy por aprobado al mismo y solicito darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me suscribo.

Atentamente,


Juan Carlos Linares Cruz
Ingeniero Civil
MSc. Ingeniería Sanitaria
MSc. En formulación y Evaluación de Proyectos
Colegiado 4,056

Ing. Juan Carlos Linares
Asesor
No. Colegiado 4,056



<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, 15 de febrero de 2018

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

Señor Director:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación **"DIAGNÓSTICO Y REGISTRO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN OPERACIÓN, PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA"**, desarrollado por el estudiante universitario **Roberto Antonio Sosa Vargas**, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Carlos Linares Cruz.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante **Sosa Vargas**, satisface los objetivos para los que fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Francisco Quiñónez".

Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
Coordinador Unidad de Investigación –UIEIC–



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Carlos Linares Cruz y Coordinador de la Unidad de Investigación Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz, al trabajo de graduación del estudiante Roberto Antonio Sosa Vargas DIAGNÓSTICO Y REGISTRO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN OPERACIÓN, PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA da por este medio su aprobación a dicho trabajo.



Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco

Guatemala, abril 2018
/mmm.



Universidad de San Carlos
de Guatemala

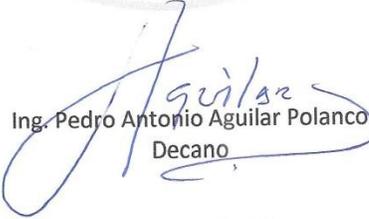


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 114.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DIAGNÓSTICO Y REGISTRO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN OPERACIÓN, PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Roberto Antonio Sosa Vargas**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, abril de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Mi padre

Juan Antonio Sosa Mejía (q. e. p. d.) por ser mi héroe, mi inspiración, y mi ángel. Tu legado siempre vivirá entre nosotros.

Mi madre

Vilma Leticia Vargas y Vargas por su apoyo incondicional, su vasta sabiduría y su trabajo porque es gracias a ello que estamos dónde estamos.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Porque es por su voluntad que suceden todas las cosas.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme sus puertas a la educación superior, a la concientización social y despertar mi hambre por el conocimiento.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos científicos para culminar la carrera de Ingeniería Civil.
Mis catedráticos	Por transmitirme generosamente su conocimiento y experiencia.
Mis amigos	Por ser hermanos, maestros y aliados, especialmente a La Canastilla.
Mis compañeros de clase	Por su apoyo y por ser parte de este dificultoso pero maravilloso viaje.
Mi asesor	Ing. Juan Carlos Linares, por su apoyo y conocimiento invertido en la elaboración de este trabajo.

Mi jefe de área	Ing. Francisco Javier Quiñónez, por su apoyo y útiles consejos en la corrección de este trabajo.
Municipio de San Juan Sacatepéquez	Por abrirme sus puertas y darle lugar a esta investigación, en especial a Edwin Toj y Héctor Suruy.
Mis abuelos	Por ser la raíz de una maravillosa familia, llena de amor, comprensión y mutuo apoyo.
Mi hermano	Juan Fernando Sosa Vargas, por ser mi mejor amigo, aliado y confidente.
Mis tíos	Por ser padres, amigos y consejeros.
Mis primos	Por ser hermanos y brindarme experiencias únicas e inigualables.
Mi novia	Priscilla Jiménez Toledo, por su apoyo incondicional, su paciencia, sus consejos y su amor.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. DESCRIPCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROYECTO.....	1
1.1. Ubicación del municipio de San Juan Sacatepéquez	1
1.2. Topografía del municipio de San Juan Sacatepéquez.....	2
1.3. Clima del municipio.....	2
1.4. Sistema de tratamiento actual	2
1.4.1. Ubicación de las PTAR	3
1.4.2. Inicio de operaciones y estado de las PTAR.....	4
1.4.3. Tratamiento de aguas residuales público y privado	5
1.4.4. Proyectos en curso	6
1.4.5. Inversiones y financiamiento.....	7
1.4.5.1. Proyectos en cartera de inversión privada	7
1.4.5.2. Proyectos en cartera de inversión pública.....	8
2. PROBLEMÁTICA ACTUAL	15
2.1. Diagnóstico actual	15
2.2. Problemática principal.....	15
2.3. Legislación vigente	16
2.4. Situación de la cobertura y su evolución a futuro	18

2.4.1.	Cobertura actual	19
2.4.2.	Cobertura a futuro.....	20
3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.1.	Etapa 1	23
3.1.1.	Fuentes de información primaria	23
3.2.	Etapa 2	26
4.	RESULTADOS.....	29
4.1.	Información general.....	29
4.2.	Sistema de tratamiento.....	30
4.3.	Resultados de laboratorio.....	37
4.4.	Presupuesto de operación de las PTAR.....	42
4.4.1.	Fuentes de financiamiento.....	43
4.5.	Resumen de resultados.....	46
4.5.1.	PTAR en operación públicas	46
4.5.2.	PTAR en operación privadas	47
4.5.3.	Resumen por estado y tipo de proceso	48
4.5.4.	Resumen de inmuebles y cobertura	49
4.5.5.	Número de plantas por procesos.....	50
4.5.6.	Resumen de la clasificación de los cuerpos receptores.....	50
5.	ÁNALISIS	51
5.1.	Cuadros analíticos.....	51
6.	DISCUSIONES	57
	CONCLUSIONES.....	59
	RECOMENDACIONES	61
	APÉNDICES	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Párametros de aguas residuales.....	17
2.	Metas de cumplimiento por etapas	18
3.	Ficha de campo.....	25
4.	Ubicación de PTAR públicas.....	33
5.	Ubicación de PTAR privadas	34

TABLAS

I.	Listado de las PTAR públicas	3
II.	Listado de PTAR privadas.....	4
III.	Año de inicio de operaciones	5
IV.	Proyectos en cartera ADECSA	8
V.	Proyectos en cartera registrados en SNIP	9
VI.	Porcentajes de inversión por tipo de proyecto	12
VII.	Proyectos en ejecución	13
VIII.	Porcentaje de cobertura actual de cada PTAR	20
IX.	Cobertura a futuro	21
X.	Información general.....	29
XI.	Unidades de tratamiento de cada PTAR	30
XII.	Estado del sistema, tipo de PTAR y ubicación geográfica	32
XIII.	Número de viviendas, período de trabajo, período de retención, capacidad y carga kilogramo/día.....	35
XIV.	Períodos de limpieza.....	36

XV.	Tipo de tratamiento y cuerpos receptores.....	37
XVI.	Resultados de pH y temperatura, entrada y salida	38
XVII.	Resultados de DQO, entrada y salida.....	38
XVIII.	Resultados de DBO, DBO ₅ y DBO total.....	39
XIX.	Resultados de sólidos en suspensión y sólidos sedimentables	40
XX.	Eficiencia de SS _{usp} y SS _{edim}	40
XXI.	Eficiencia de DQO y DBO ₅	41
XXII.	Presupuesto de operación de las PTAR	42
XXIII.	Fuentes de financiamiento para la construcción de PTAR privadas	43
XXIV.	Fuentes de financiamiento para la construcción de PTAR públicas	44
XXV.	Fuentes de financiamiento para el mantenimiento de PTAR privadas	45
XXVI.	Fuentes de financiamiento para el mantenimiento de PTAR públicas.....	45
XXVII.	Resumen de PTAR públicas en operación administradas por ADECSA	46
XXVIII.	Resumen de PTAR públicas en operación administradas por Cocode Sacsuy.....	47
XXIX.	Resumen de PTAR privadas en operación	47
XXX.	Resumen por estado y tipo de proceso	48
XXXI.	Resumen de inmuebles y cobertura en porcentaje.....	49
XXXII.	Clasificación de los cuerpos receptores.....	50
XXXIII.	Cuadros analítico de administración de PTAR	51
XXXIV.	Cuadro analítico de tipo de tratamiento y porcentajes de eficiencia	53
XXXV.	Cuadro analítico de tipo de tratamiento, número de viviendas, cobertura en porcentaje y cuerpo receptor de cada PTAR	54
XXXVI.	Cuadro analítico de información general	55

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Q	Caudal
cm³/l/h	Centímetro cubico por litro por hora
pH	Coeficiente de acidez o basicidad de una sustancia
N/D	Información no disponible
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
BBO₅	Demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días incubación @ 20 °C
DQO	Demanda química de oxígeno
°C	Grados centígrados
l	Litro
l/min	Litro por minuto
m	Metro
m³	Metro cúbico
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
mg O₂/l	Miligramo de oxígeno por litro
mg/l	Miligramo por litro
%	Porcentaje
P_{ubl}	PTAR de administración pública
P_{riv}	PTAR de administración privada
SS	Sólidos en suspensión
SS_{sedm}	Sólidos sedimentables
T	Temperatura en grados Celsius
Admon	Tipo de administración de cada PTAR

GLOSARIO

ADECSA	Asociación de Desarrollo Comunitario Sajcavillá.
Afluente	Agua captada por un ente generador de aguas residuales.
Aguas residuales	Las aguas que han recibido uso y cuyas cualidades han sido modificadas.
Alcantarillado público	Sistema de tuberías y obras accesorias utilizado por la municipalidad para la recolección de aguas residuales para transportarlas desde el lugar donde se generan hasta el sitio donde se vierten o se tratan.
Caudal	Volumen de agua por unidad de tiempo.
Caracterización	Determinación de las características físicas, químicas y biológicas de una muestra de aguas residuales, lodos o aguas para reuso.
Cocode	Consejos Comunitarios de Desarrollo.
Coliformes fecales	Parámetro que indica la presencia de contaminación fecal en el agua y bacterias patógenas, provenientes del tracto intestinal de seres humanos y animales de sangre caliente.

Cuenca hidrográfica	Delimitación territorial que permite el drenaje natural de las aguas a través de las líneas divisorias de las cumbres que permiten su vaciado.
Cuerpo receptor	Curso o embalse de agua en donde son descargadas las aguas residuales, incluyendo ríos, lagos, riachuelos, quebradas, entre otros.
Demanda bioquímica de oxígeno	Es la medida indirecta de la cantidad indirecta de la cantidad de materia orgánica contenida en las aguas residuales, determinada por medio del oxígeno utilizado para el proceso de oxidación bioquímica de dicha materia por biodegradación durante un periodo de cinco días de incubación a 20 °C.
Demanda química de oxígeno	Es la medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable en aguas residuales determinada por la cantidad equivalente de oxígeno necesaria para llevar a cabo el proceso de oxidación química.
Dilución	Técnica utilizada para disminuir el nivel de concentración de elementos contaminantes de aguas residuales, a través dentro de un volumen de agua destilada.
Efluente	Aguas residuales descargadas por un ente generador.

Ente generador	Persona o personas responsables de la generación y administración de las aguas residuales hasta su descarga al cuerpo receptor.
Fertirriego	Práctica agrícola que permite el reuso de aguas residuales, con el propósito de aprovechar los nutrientes que estas pueden aportar a la recuperación y mejoramiento del suelo o cultivos que consuman crudos o precocidos.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Lodos	Sólidos con contenido variable de humedad, provenientes del tratamiento de aguas residuales.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
Meta de cumplimiento	Valores numéricos que deben alcanzarse en las descargas de aguas residuales conforme a las etapas planteadas en el acuerdo gubernativo 236-2006 y sus reformas.
Monitoreo	Proceso por el cual se obtienen, interpretan y evalúan los resultados de una o varias muestras en un tiempo determinado para determinar el comportamiento de los parámetros de efluentes.

Microcuenca	Extensión territorial delimitada por las autoridades competentes para distribuir sus afluentes a las diferentes plantas de tratamiento en el área.
Muestra	Parte representativa de las aguas residuales a analizar.
Nutriente	Producto químico procedente del exterior de la célula y necesario para la correcta realización de sus funciones; utilizado para los análisis de calidad de agua en laboratorio.
Parámetro	La variable que identifica una característica de las aguas residuales.
PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales.
QGIS	Sistema de información geodésica de licencia libre.
SEGEPLAN	Secretaría de Planificación y Programación del Gobierno de Guatemala.
SNIP	Sistema Nacional de Inversión Pública.
Sólidos en suspensión	Partículas gruesas que permanecen en el agua suspendidas debido a que la densidad de estas es menor o igual a la del agua.

Sólidos sedimentables	Cantidad de partículas gruesas dentro de un volumen determinado de líquido que se depositarán por gravedad en un tiempo determinado.
Tratamiento de aguas residuales	Proceso físico, químico, biológico o la combinación de estos para mejorar las características de las aguas residuales.
Reúso	Aprovechamiento de un afluyente, sea tratado o no.

RESUMEN

La Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala, emprendió en el 2015 un proyecto en el que se investigarían todas las obras de infraestructura para el saneamiento en el país, específicamente las plantas de tratamiento de aguas residuales que le dan cobertura. Este proyecto inició con el registro y diagnóstico en la Región I, la cual la conforman los municipios del departamento de Guatemala. Tal es el caso del municipio de San Juan Sacatepéquez, el cual es el lugar de enfoque para el presente registro.

Para la ubicación de cada PTAR y evaluar la situación en que se encuentran, se han determinado las coordenadas geográficas de cada una, las partes que las integran, su cuerpo receptor, la capacidad de tratamiento, la naturaleza de su administración y la eficiencia de cada una. Asimismo, a través de la recolección de datos, se ha evaluado la situación actual en cuanto al saneamiento del municipio y como esta pretende evolucionar en los próximos años, como objeto principal.

La conclusión de esta investigación refleja un porcentaje de cobertura del 6,10 % a través de 10 plantas de tratamiento de aguas residuales, de las cuales 8 son de administración pública y 2 de administración privada. Estos datos muestran que la cobertura del municipio no es suficiente. Sin embargo, las autoridades de la región están trabajando constantemente porque esta estadística cambie y San Juan Sacatepéquez sea ambientalmente responsable.

OBJETIVOS

General

Crear un registro e inventario de las plantas de tratamiento de aguas residuales en operación del municipio de San Juan Sacatepéquez, Guatemala.

Específicos

1. Registrar las plantas de tratamiento de aguas residuales que le dan cobertura de saneamiento al municipio de San Juan Sacatepéquez.
2. Georreferenciar cada una de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el municipio, a través de coordenadas geográficas.
3. Identificar a las instituciones responsables de la construcción, operación y mantenimiento de cada planta.
4. Identificar los cuerpos receptores en donde son descargadas las aguas residuales.
5. Evaluar la construcción y funcionamiento de cada planta conforme a acuerdos municipales y ambientales.

INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país en donde su desarrollo ha visto muchas mejoras en los últimos años en cuanto al desarrollo de infraestructura de saneamiento y el fomento de la protección del medio ambiente. Uno de los resultados del marco legal que ha surgido es la de la conciencia ambiental. Desde 1986, con el surgimiento de la ley de protección del Medio Ambiente, al igual que en 2006, con el reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos, se ha promovido el saneamiento en el país. De esta cuenta para el 2015 se habría establecido que cada municipalidad del país debería de contar por lo menos con una planta de tratamiento de aguas residuales de nivel primario. Esto demuestra la buena estructura legal que cuenta el país para su efectivo desarrollo, sin embargo, la realidad es otra.

Las municipalidades del país, no todas cuentan con este tipo de infraestructura y las que lo hacen, no poseen un registro e inventario de la operación de estas obras, sean públicas o privadas. Las mismas municipalidades, como ente rector, desconocen la actividad de saneamiento dentro del municipio del que están a cargo. Es por ello que es necesario sentar un precedente que permita a profesionales y estudiantes guatemaltecos conocer la situación de esta actividad, como primer paso para la correcta evolución y promoción del saneamiento dentro del país.

Un registro que contenga información de la composición estructural de las plantas de tratamiento de aguas residuales, permitirá a partir de este para que los proyectos futuros puedan integrar las condiciones mínimas que técnica y legalmente, deben contener estas obras de saneamiento. El diagnóstico y

registro de estas permitirá crear una noción precisa de la actividad ambiental dentro del municipio en donde la investigación tome lugar. Existiendo el documento, apoyado por la ley de acceso a la información, permitirá que el que quien así lo requiera, pueda utilizarlo para el desarrollo de mejores obras así como la adecuación necesaria a las ya existentes.

1. DESCRIPCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.1. Ubicación del municipio de San Juan Sacatepéquez

El municipio de San Juan Sacatepéquez pertenece a la Región Metropolitana del departamento de Guatemala, situado al noroeste de la cabecera departamental a 29 km por la ruta nacional RN-5; en la cuenca en donde se encuentra el nacimiento del río Motagua, la cual es delimitada por este municipio y los departamentos de Baja Verapaz y Quiché. La municipalidad de este municipio se localiza en la latitud 14° 43' 07,0"N y longitud 90° 38' 34,4".

Los límites del municipio son el municipio de Granados, del departamento de Baja Verapaz, al norte, San Raymundo y San Pedro Sacatepéquez al este, San Martín Jilotepeque, del departamento de Chimaltenango al oeste y San Pedro Sacatepéquez al sur. En su extensión territorial de 242 km², el municipio está dividido en una villa, que comprende la cabecera municipal, 13 aldeas y 45 caseríos. Su territorio lo comprenden 17 cerros y lo riegan 45 ríos, 9 riachuelos y 16 quebradas. Las aldeas que lo componen son, comunidad Zet, camino de San Pedro, Montúfar, Cruz Blanca, Sajcavillá Cerro Alto, Sacsuy, Lo de Ramos, Lo de Mejía, comunidad de Ruiz, Estancia Grande, Loma Alta y Saucite. Su elevación promedio es de 1 845 m.s.n.m.

Los accesos principales al municipio de San Juan Sacatepéquez son por medio de la Ruta Nacional RN-5 o por la carretera Interamericana CA-1. El recorrido hacia el municipio es a través de los municipios de Mixco y San Pedro

Sacatepéquez, por un camino asfaltado sinuoso, con una corona de una calzada en cada sentido, sobre el nivel de la curva de los cerros.

1.2. Topografía del municipio de San Juan Sacatepéquez

La topografía del lugar es bastante irregular como la mayoría de aéreas de la república, presentando cambios de elevación a distancias cortas, en especial en el recorrido, hasta su cabecera municipal desde la ciudad. Esto se da principalmente por la vasta cantidad de cerros que comprenden al municipio. Cuenta con numerosas montañas, pendientes y hondonadas, lo que le deja escasas planicies. Las tierras del área son considerablemente fértiles que gradualmente hacen contacto con terrenos secos y barrancos arenosos.

1.3. Clima del municipio

El clima del municipio es considerado templado dadas las temperaturas medias a lo largo del año. La temperatura máxima media anual es de 22,6 °C, la temperatura mínima media es de 11,9 °C, resultando en una temperatura media anual de 17,2 °C. El municipio experimenta una precipitación total de 1 218 mm en un año. Dadas las condiciones, San Juan Sacatepéquez da lugar a ciertos cultivos cuya demanda hídrica y térmica es propia del área, como maíz, frijol, caña de azúcar y en especial, árboles frutales

1.4. Sistema de tratamiento actual

El municipio de San Juan Sacatepéquez cuenta en la actualidad con 10 plantas de tratamiento de administración pública y privada. Ocho de estas son de administración pública, siete están a cargo de la administración de la Asociación de Desarrollo Comunitario Sajcavillá (ADECOSA) y una a cargo del

COCODE de la aldea Sacsuy. Las dos PTAR restantes son de administración privada a cargo del COCODE de la aldea Pachalí.

1.4.1. Ubicación de las PTAR

En la tabla I se muestra el listado general de las plantas de tratamiento de aguas residuales de administración pública, su dirección, ubicación geográfica y el nombre de la comunidad responsable de estas.

Tabla I. **Listado de las PTAR públicas**

Núm.	Nombre	Municipio	Dirección
1	Cuenca 1	San Juan Sacatepéquez	Los Careles, sector 4, Aldea Sajcavillá
2	Cuenca 4	San Juan Sacatepéquez	El manzanal, aldea Sajcavillá
3	Cuenca 5	San Juan Sacatepéquez	Comunidad Los Sineyes, aldea Sajcavillá
4	Cuenca 6	San Juan Sacatepéquez	Comunidad Los Sineyes, aldea Sajcavillá
5	Cuenca 7	San Juan Sacatepéquez	Sector 2, aldea Sajcavillá
6	Cuenca 9	San Juan Sacatepéquez	Callejón, "Los Raxones", aldea Sajcavillá
7	Cuenca 10	San Juan Sacatepéquez	Sector 1, aldea Sajcavillá
8	PTAR Sacsuy	San Juan Sacatepéquez	Carretera a Cerro Alto, Km. 43

Fuente: Municipalidad de San Juan Sacatepéquez.

En la tabla II se muestran las dos PTAR de administración privada dentro del municipio.

Tabla II. **Listado de PTAR privadas**

Núm.	Nombre PTAR	Municipio	Dirección
1	PTAR 1, Pachalí	San Juan Sacatepéquez	Aldea Pachalí, carretera a San raymundo
2	PTAR 1, Pachalí	San Juan Sacatepéquez	Aldea Pachalí, carretera a San raymundo

Fuente: Municipalidad de San Juan Sacatepéquez.

1.4.2. Inicio de operaciones y estado de las PTAR

La tabla III muestra el año de inicio de operaciones de cada una de las plantas de tratamiento de aguas residuales acompañado del estado en el que cada una de estas se encuentra.

Tabla III. **Año de inicio de operaciones**

Núm.	Nombre de PTAR	Admón.	Inicio de operaciones	Construida/rehabilitada
1	PTAR 1, Pachalí	P _{priv}	Año 2004	Construida
2	PTAR 2, Pachalí	P _{priv}	Año 2005	Construida
3	Cuenca 1	P _{ubl}	Febrero 2013	Construida
4	Cuenca 4	P _{ubl}	Noviembre 2009	Construida
5	Cuenca 5	P _{ubl}	Abril 2007	Construida
6	Cuenca 6	P _{ubl}	Noviembre 2009	Construida
7	Cuenca 7	P _{ubl}	Marzo 2006	Construida
8	Cuenca 9	P _{ubl}	Diciembre 2007	Construida
9	Cuenca 10	P _{ubl}	Noviembre 2009	Construida
10	PTAR Sacsuy	P _{ubl}	Diciembre 2016	Construida

Fuente: elaboración propia.

1.4.3. **Tratamiento de aguas residuales público y privado**

El municipio de San Juan Sacatepéquez atiende a la legislación contenida en los acuerdos gubernativos 66-2005 y 236-2006. Estos contienen el reglamento de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y el reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos, respectivamente. Estos documentos son los que rigen la actividad de saneamiento en Guatemala y este municipio no es la excepción. Existen

algunas PTAR construidas incluso antes de la aprobación de esta legislación, como es el caso de la aldea Pachalí.

La aldea Pachalí ubicada en la carretera a San Raymundo, municipio del departamento de Guatemala, cuenta con dos PTAR artesanales, construidas por la iniciativa de la comunidad. Estas son prueba de la buena voluntad de fomentar el saneamiento en el municipio al haber sido estas desarrolladas con fondos privados de la comunidad, los cuales también son utilizados para su mantenimiento. Así como Pachalí, otra de las aldeas que está siendo sumamente responsable con el saneamiento de sus aguas servidas es Sajcavillá.

La aldea Sajcavillá ha dividido su delimitación territorial en 13 microcuencas, para la administración de sus recursos hidrológicos, así como para el tratamiento de sus aguas servidas. Cada una de estas microcuencas, contará con su respectiva PTAR. Al 2016 de estas 13 áreas, 7 ya cuentan con su propia infraestructura de saneamiento.

1.4.4. Proyectos en curso

En el municipio de San Juan Sacatepéquez se conocen varios proyectos de tratamiento de aguas residuales que por determinados factores no han podido ser finalizados. Tal es el caso de la PTAR con la que contará la aldea Sajcavillá, que dará cobertura a la microcuenca núm. 2 de esta. Adicionalmente, en la microcuenca no. 10 de esta misma aldea, se están llevando a cabo mejoras en las partes que componen su PTAR, específicamente, la instalación de una batería de pozos de absorción. Estos proyectos no poseen un registro en SEGEPLAN dado que son proyectos que están siendo ejecutados con fondos de las mismas comunidades.

1.4.5. Inversiones y financiamiento

San Juan Sacatepéquez es municipio rural en plena urbanización en el que se tienen varios proyectos en cartera para su continuo desarrollo. Asimismo, existen otros cuantos más en ejecución que le dan lugar a una mejor calidad de vida en la región. En las tablas IV y V se presentan los proyectos en cartera privados y públicos. En la tabla VII se muestran aquellos proyectos que ya se encuentran en su etapa de ejecución. Se enlistan todos los proyectos independientemente de su naturaleza y no únicamente los proyectos destinados a aguas y saneamiento.

1.4.5.1. Proyectos en cartera de inversión privada

Dentro de las futuras inversiones del municipio de San Juan Sacatepéquez, están incluidos los de la cartera de la fábrica de cementos San Gabriel. Esta contará con una PTAR que tratará las aguas residuales producidas por su proceso de producción. Dicha planta aún se encuentra en su etapa de planificación pero aún se desconoce la fecha aproximada de inicio de obra a pesar que su diseño ha sido aprobado. Este proyecto no tiene registro en SEGEPLAN, siendo un proyecto de inversión privada. Por esta misma razón se desconoce el monto total en quetzales que costará la obra, su ubicación exacta con una referencia geográfica, su capacidad, el proceso con el que contará, las partes que la integran y el cuerpo receptor en dónde serán vertidas sus aguas. La dirección en dónde podrá ser encontrado este proyecto es en Finca San Gabriel Buena Vista, Aldea Cruz Blanca.

1.4.5.2. Proyectos en cartera de inversión pública

La Tabla muestra los proyectos en cartelera de la Asociación de Desarrollo Comunitario Sajcavillá, ADECSA. Estos proyectos no cuentan con registro en SEGEPLAN pero se conoce de su planificación gracias a que estos son la razón de la existencia de ADECSA. En el 2005, año de fundación de esta institución, se planteó la construcción de las trece plantas que le darían cobertura a micro-cuencas delimitadas por el departamento municipal de planificación. Seis de ellas son las que se muestran en la tabla IV. El total de la inversión se desconoce así como las fechas aproximadas de entrega de los proyectos.

Tabla IV. **Proyectos en cartera ADECSA**

No.	Nombre del proyecto	Institución	Función	Ubicación
1	Construcción de PTAR en "Microcuenca núm. 3"	ADECSA	Aguas y Saneamiento	Aldea Sajcavillá, San Juan Sacatepéquez
2	Construcción de PTAR en Microcuenca núm. 8	ADECSA	Aguas y Saneamiento	Aldea Sajcavillá, San Juan Sacatepéquez
3	Construcción de PTAR en Microcuenca núm. 11	ADECSA	Aguas y Saneamiento	Aldea Sajcavillá, San Juan Sacatepéquez
4	Construcción de PTAR en Microcuenca núm 12	ADECSA	Aguas y Saneamiento	Aldea Sajcavillá, San Juan Sacatepéquez
5	Construcción de PTAR en Microcuenca núm. 13	ADECSA	Aguas y Saneamiento	Aldea Sajcavillá, San Juan Sacatepéquez

Fuente: ADECSA.

En la tabla V se muestran los proyectos aprobados y registrados en el Sistema Nacional de Inversión Pública, con su respectivo código de registro, función, institución encargada de su desarrollo, ubicación y monto total en quetzales.

Tabla V. **Proyectos en cartera registrados en SNIP**

No.	Código	Nombre del proyecto	Institución	Función	Ubicación	Monto (Q)
1	179509	Construcción de sistema de tratamiento de aguas residuales, sector centro, Aldea Montufar	Gobiernos locales	Aguas y saneamiento	Aldea Montufar, San Juan Sacatepéquez	2 500 000,00
2	179745	Ampliación calle que conduce de panorama hacia aldea Lo de Mejía.	Gobiernos locales	Transporte	Sector I, Aldea Lo de Mejía, San Juan Sacatepéquez	1 200 000,00
3	179434	Ampliación centro de salud tipo A	Gobiernos locales	Salud y asistencia social	Aldea Lo de Mejía, San Juan Sacatepéquez	1 800 000,00
4	179307	Ampliación escuela primaria Caserío Patzanes II	Gobiernos locales	Educación	Aldea Cerro Alto, San Juan Sacatepéquez	9 00 000,00
5	198169	Conservación calles pavimentadas y terracería del municipio de San Juan Sacatepéquez	Gobiernos locales	Transporte	San Juan Sacatepéquez	2 437 947,00

Continuación de la tabla V.

6	179779	Construcción calle sector I, camino a San Pedro Sacatepéquez	Gobiernos locales	Transporte	San Juan Sacatepéquez	2 000 000,00
7	179717	Construcción sistema de agua potable en Caserío San Matías	Gobiernos locales	Aguas y Saneamiento	Aldea Saucite, San Juan Sacatepéquez	900 000,00
8	198240	Manejo de fondos de cultura y deportes para el municipio de San Juan Sacatepéquez	Gobiernos locales	Cultura y deportes	San Juan Sacatepéquez	139 144,00
9	198235	Manejo de fondos actividad de desarrollo urbano y rural del municipio de San Juan Sacatepéquez	Gobiernos locales	Desarrollo urbano y rural	San Juan Sacatepéquez	13 429 949,00
10	198690	Manejo de fondos para actividades de salud y medio ambiente para el municipio de San Juan Sacatepéquez	Gobiernos locales	Salud y asistencia social	San Juan Sacatepéquez	4 000 620,00
11	198689	Manejo de fondos para ordenamiento de red vial para el municipio de San Juan Sacatepéquez	Gobiernos locales	Transporte	San Juan Sacatepéquez	3 810 962,00
12	198271	Manejo de fondos para servicios básicos educativos para el municipio de San Juan Sacatepéquez	Gobiernos locales	Educación	San Juan Sacatepéquez	2 573 000,00

Continuación de la tabla V.

13	198281	Manejo de fondos para tren de limpieza del municipio de San Juan Sacatepéquez	Gobiernos locales	Medio ambiente	San Juan Sacatepéquez	540 000,00
					Total registrado (Q)	44 331,622

Fuente: SNIP

En la tabla V se han mostrado los diferentes proyectos en cartera dentro del municipio, se han incluido todos los proyectos registrados en el Sistema Nacional de Inversión Pública independientemente de la naturaleza de los proyectos, con el motivo de evaluar el porcentaje del presupuesto municipal destinado a obras de aguas y saneamiento y medio ambiente, específicamente.

La tabla VI muestra los porcentajes correspondientes a los proyectos del sector por tipo, del presupuesto global.

Tabla VI. **Porcentajes de inversión por tipo de proyecto**

Núm.	Tipo de proyecto	Cantidad de proyectos	Monto (Q)	% sobre presupuesto
1	Aguas y Saneamiento	2	3 400 000	7,67
2	Transporte	4	9 448 909	21,31
3	Salud y asistencia social	2	5 800 620	13,08
4	Educación	2	11 573 000	26,11
5	Cultura y deportes	1	139 144	0,31
6	Desarrollo urbano y rural	1	13 429 949	30,29
7	Medio ambiente	1	540 000	1,22

Fuente: elaboración propia,

Como puede observarse tan sólo un 7,67 % del presupuesto global de proyectos registrados en el SNIP corresponden a agua y saneamiento. Para proyectos de medio ambiente, el porcentaje desciende a 1,22 %

En la tabla VII se muestran los proyectos en ejecución dentro del municipio de San Juan Sacatepéquez. Los proyectos que se encuentran en esta tabla no tienen registro en SEGPLAN y la información registrada de su progreso ha sido administrada por las instituciones locales. Estos son ejecutados con fondos de las mismas instituciones pero se desconoce el monto total de inversión.

Tabla VII. **Proyectos en ejecución**

Proyectos	Institución	Función	Ubicación	Fase
Mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en Microcuenca núm. 10 implementación de pozos de absorción.	ADECSA	Aguas y saneamiento	Sector 1, Aldea Sajcavillá	En ejecución
Finalización de construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en "Microcuenca no. 2".	ADECSA	Aguas y saneamiento	Sector 3, comunidad Buena Vista, Aldea Sajcavillá	En ejecución
Construcción de muros perimetrales y jardinería de las PTAR.	ADECSA	Ornato	Aldea Sajcavillá	En ejecución

Fuente: ADECSA.

2. PROBLEMÁTICA ACTUAL

2.1. Diagnóstico actual

El municipio de San Juan Sacatepéquez posee un bajo desarrollo urbano. Por esta misma razón cuenta con un número limitado de plantas de tratamiento de aguas residuales. Asimismo, no existe un registro unificado que contenga la información necesaria para hacer un diagnóstico en la región de la disposición final de sus aguas servidas.

En una visita de campo a la municipalidad del municipio se verificó que la única información con la que se contaba en ese momento era el nombre de las comunidades que poseen estas obras de infraestructura sanitaria. Se desconocía, su ubicación exacta a base de una georreferencia, el estado en el que se encuentran, su capacidad de tratamiento, el cuerpo receptor en el que son vertidas las aguas residuales y el costo de mantenimiento que refleja su funcionamiento.

2.2. Problemática principal

El problema principal descrito es la inexistencia de un registro unificado de las plantas de tratamiento de aguas residuales en operación del municipio de San Juan Sacatepéquez. Se desconocen el estado, las partes que las integran, sus capacidades y si estas cumplen con las condiciones mínimas. En el apéndice A se plantea dicho problema de forma gráfica para su análisis.

2.3. Legislación vigente

El desarrollo de obras de saneamiento en el municipio de San Juan Sacatepéquez se lleva a cabo bajo las tareas del Departamento Municipal de Planificación. Este es el órgano encargado de la autorización de licencias de construcción, la supervisión de proyectos, recibir la solicitud de los COCODE y gestionar la información que transita al portal de guatecompras. Es de esta forma que las comunidades que manifiestan la necesidad de la construcción de una PTAR, lo llevan a cabo. Estas tareas responden a lo contenido en Código Municipal, artículo 95 y 96.

Las normativas con las que debe cumplir cualquier infraestructura de saneamiento en Guatemala, parten de la creación del acuerdo gubernativo 68-86, ley de protección y mejoramiento del medio ambiente, el cual sienta el precedente para la existencia de estas obras. En diciembre de 1989, esta ley fue acompañada por el reglamento de requisitos mínimos y límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas servidas, a través del acuerdo gubernativo 60-89. Este segundo tenía como objeto, describir los parámetros con los que debía cumplir cualquier ente generador de aguas residuales. Sin embargo, los parámetros con los que debían cumplir las descargas se limitaban a DBO_5 , DQO y sólidos en suspensión, los cuales eran permitían cumplir con lo establecido en la ley relativamente fácil.

El paso de los años permitió reevaluar estas primeras propuestas y crear nuevas iniciativas más concretas que regularían el manejo de las aguas servidas. Es de esta forma que surgen los acuerdos gubernativos 66-2005 y 236-2006, siendo este segundo el que exigiría una caracterización más completa de los contaminantes del agua a desechar y los niveles permisibles de cada parámetro contenido en ella. Este es el reglamento de las descargas y

reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos, el cual requiere que sean analizados los parámetros expresados en la figura 1.

Figura 1. **Parámetros de aguas residuales**

Temperatura
Potencial hidrógeno
Grasas y aceites
Materia flotante
Sólidos suspendidos totales
DBO ₅ a 20° C
Demanda química de oxígeno
Nitrógeno total
Fósforo total
Arsénico
Cadmio
Cianuro total
Cobre
Cromo hexavalente
Mercurio
Níquel
Plomo
Zinc
Color
Coliformes fecales

Fuente: Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Dentro del mismo marco legal en conformidad al acuerdo gubernativo 236-2006, este contempla metas de cumplimiento conforme a etapas en períodos de tiempo específicos. Las metas de cumplimiento se muestran a continuación en la figura 2.

Figura 2. **Metas de cumplimiento por etapas**

Parámetros	Dimensionales	Valores iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			Dos de mayo de dos mil quince	Dos de mayo de dos mil veinte	Dos de mayo de dos mil veinticuatro	Dos de mayo de dos mil veintinueve
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	100	50	10	10	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	700	250	100	100	100
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	300	275	200	100	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	150	150	70	20	20
Fósforo total	Miligramos por litro	50	40	20	10	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	$< 1 \times 10^8$	$< 1 \times 10^7$	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	1	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	3	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.02	0.02	0.01	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	2	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	0.4	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1000	750	500	500

Fuente: Acuerdo Gubernativo 236-2006.

2.4. Situación de la cobertura y su evolución a futuro

A continuación se describe la situación actual y futura del saneamiento en cuanto al tratamiento de aguas residuales, para ambas administraciones, pública y privada. Dentro de esta descripción, se determinará el porcentaje de cobertura con el que cuenta actualmente el municipio y el procedimiento utilizado para la determinación del mismo.

2.4.1. Cobertura actual

Para determinar la cobertura con la que cuenta el municipio de San Juan Sacatepéquez para tratar sus aguas residuales a través de las PTAR existentes, se tomaron en cuenta dos datos, el número de viviendas conectadas al sistema de drenajes que conduce a cada una de ellas y el número de viviendas total estimado.

El número de viviendas conectadas al sistema de drenajes fue proporcionado por los diferentes entes administrativos de cada PTAR. El número total estimado de viviendas fue obtenido a través de la proyección poblacional del Instituto Nacional de Estadística (INE) para el 2017 y el promedio de personas que habitan en un mismo hogar, contenido dentro de los censos de la misma institución. Esta estimación fue necesaria hacerla, a razón de no existir un censo catastral dentro del municipio.

El número total de viviendas dentro del municipio fue estimado de la siguiente forma.

- Estimación de población al 30 de junio de 2017 = 247 173
- Promedio de personas por hogar = 5,35
- Total de viviendas estimadas para el año 2017 = 41 195

En la tabla VIII se muestra el porcentaje de cobertura de cada PTAR, basados en la estimación total del número de viviendas en el municipio de 41 195.

Tabla VIII. **Porcentaje de cobertura actual de cada PTAR**

No.	Nombre de la PTAR	Número de viviendas	Cobertura en porcentaje
1	PTAR 1, Pachalí	200	0,49
2	PTAR 2, Pachalí	150	0,47
3	Cuenca 1	328	1,02
4	Cuenca 4	71	0,22
5	Cuenca 5	176	0,55
6	Cuenca 6	224	0,70
7	Cuenca 7	69	0,21
8	Cuenca 9	54	0,17
9	Cuenca 10	135	0,42
10	PTAR Sacsuy	600	1,86
		TOTAL	6,10

Fuente: elaboración propia.

Los porcentajes que se han determinado suman una cobertura total del 6,10 % del total de aguas residuales generadas dentro del municipio de San Juan Sacatepéquez. Este porcentaje mostrado en la tabla VIII confirma que la cobertura con la que cuenta actualmente el municipio es baja.

2.4.2. Cobertura a futuro

Existen varios proyectos que permitirán ampliar la cobertura dentro del municipio en los próximos años. Sin embargo, son dos de ellos los que se considerarán a continuación para determinar la cobertura a futuro. Son considerados únicamente estos dos por ser proyectos en vísperas de comenzar de comenzar su funcionamiento. El primero de ellos es la construcción de la PTAR de la micro-cuenca 2 dentro en Sajcavillá. Este proyecto se encuentra en ejecución sin embargo no se encuentra en el registro de SEGEPLAN dentro del período 2017. El siguiente proyecto sí cuenta con registro en el portal de la

secretaría de planificación y es la construcción de una PTAR para el centro de la aldea Montúfar. El número de viviendas que estarán conectadas a estos proyectos fueron proporcionadas por el presidente de ADECSA y el COCODE de Montufar, respectivamente.

En la tabla IX se muestra el porcentaje a futuro de cada proyecto al momento de comenzar sus funciones.

Tabla IX. **Cobertura a futuro**

No.	Nombre del proyecto	Numero de Viviendas	Total viviendas	Cobertura en porcentaje
1	Micro-cuenca Núm. 2, Sajcavillá	113	41 195	0,27
2	PTAR Montúfar centro	90		0,22
				0,49

Fuente: elaboración propia.

En la tabla VIII se ha determinado el porcentaje de cobertura actual para los inmuebles existentes dentro del municipio y en la tabla IX se ha determinado el porcentaje de cobertura adicional que los proyectos en consideración. Utilizando los datos de la tabla IX y el porcentaje de cobertura actual, se puede observar cuál sería la cobertura total a futuro dentro del municipio al comenzar a operar los proyectos mencionados. Este total se obtiene de la siguiente forma.

Cobertura actual = 6,10 %

Cobertura de futuros proyectos = 0,49 %

Cobertura a futuro = 6,10 + 0.49 = 6,59 %

La cobertura adicional de estos dos proyectos en ejecución y planificación será de un 0,49 % para un total de 6,59 % de cobertura total en todo el municipio.

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Etapa 1

La primera etapa de esta investigación consistió en la recolección de los datos técnicos necesarios para la creación de este registro y posteriormente, llevar a cabo el análisis de los mismos y así cubrir la parte del diagnóstico del que fue objeto esta investigación.

3.1.1. Fuentes de información primaria

Esta investigación parte descartando el hecho de existir un registro previo de las PTAR del municipio de San Juan Sacatepéquez. Para ello, se visitaron diferentes instituciones guatemaltecas que pudieran tener a cargo la administración de esta información. Dentro de las instituciones visitadas se puede mencionar las siguientes:

- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)
- Instituto de Fomento Municipal (INFOM)
- Ministerio de Salud Pública (MSPAS)

La visita a estas instituciones produjo muy poco flujo de información, dándole un resultado negativo a estas visitas. Esto permitió tener una percepción más cercana de la verdadera necesidad que existía de tener un registro unificado de las obras de saneamiento del municipio. La única institución que tuvo una respuesta positiva fue la misma Municipalidad de San Juan Sacatepéquez. Fue a través de ella que comenzó la dinámica de

recolección de datos. Dentro de su grupo de trabajo se contaba con el listado de las PTAR en operación, el cual fue proporcionado junto al listado de los presidentes de cada uno de los consejos comunitarios de desarrollo del municipio.

A través del listado de los presidentes de los COCODE se hizo contacto con las autoridades correspondientes para solicitar las visitas técnicas necesarias para el levantamiento de datos. Desafortunadamente, no se obtuvo el mismo tipo de ayuda en todas las comunidades. Sin embargo, en los lugares en donde se obtuvo mayor apoyo, se logró obtener suficiente información de calidad para la elaboración del inventario. Posteriormente a ser autorizadas las visitas técnicas, se hicieron visitas preliminares, previas a la toma de muestras para la parte del diagnóstico. En estas visitas se colocaron marcadores digitales para ser ubicadas en un sistema de información geográfica y así registrar su ubicación real en la superficie terrestre. Paralelamente a las visitas preliminares, se solicitó la autorización para uso de laboratorio dentro de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el que se llevarían a cabo los análisis necesarios para determinar la eficiencia de cada planta.

Durante el recorrido de cada planta se utilizó la ficha representada en la figura 6. Esta ficha ha sido utilizada en estudios similares y fue desarrollada por la Oficina de Planificación de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur. Por medio de esta ficha se logró obtener información como, ciclos de mantenimiento, costos de los mismos, identificación de los cuerpos receptores, entre otros.

Figura 3. Ficha de campo

INFRAESTRUCTURA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Municipio: _____
 Nombre PTAR: _____
 Dirección PTAR: _____
 Número de viviendas que trata: _____ Horas pico de trabajo: _____
 Año de construcción: _____ Año de inicio de operaciones: _____
 Caudal: _____ Capacidad: _____ Frecuencia de limpieza: _____
 Uso energía eléctrica: SI / NO Costo mensual: Q _____

Medición de Calidad del Agua de entrada	Valor	Medición de Calidad del Agua de Salida	Valor	Tipo de Tratamiento	Marcar con una X
DBO		DBO		Pre - Liminar	
DQO		DQO		Primario	
Coliformes Totales		Coliformes Totales		Secundario	
Sólidos Suspendedos		Sólidos Suspendedos		Terciario	
Nitrogeno Total		Nitrogeno Total			
Fosforo Total		Fosforo Total			

Desfogue de Agua tratada	Marcar con una X	Elemento de Tratamiento pre-liminar	Marcar con una X	Elemento de Tratamiento primario	Marcar con una X
Rio		Rejilla		Fosa Septica	
Lago		Tamices		Tanque Imhoff	
Riachuelo		Trampa de grasas		Sedimentador Simple	
Laguna		Tanque de Compensación		R.A.F.A	
Quebrada		Desarenador			
Otros					

*R.A.F.A.: Reactor anaeróbico de flujo ascendente

Elemento de Tratamiento Secundario	Marcar con una X	Elemento de Tratamiento Terciario	Marcar con una X	Elemento de Tratamiento y Disposición de lodos	Marcar con una X
Filtro Percolador		Desinfección:		Secado en Lechos	
Filtro Goteador con sedimentador		Química: Cloro, Bromo, Yodo, etc.		Secado con calor inducido	
Tanque de Aireación		Física: Filtración, Ebullición, Rayos U.V.		Incineración con Químicos	
Laguna de Estabilización					
Aerobia					
Anaerobia					
Facultativa					

Estado del Sistema	Marcar con una X	Tipo de Planta	Marcar con una X
Inoperable		Convencional	
Deteriorado		No Convencional	
Incompleto			
Inservible			
Operando			

Eficiencia de la planta: _____ Costo de mantenimiento: _____
 Fecha del levantamiento: _____ Administración: Municipal / Privada

Fuente: Gran Mancomunidad del Sur.

Una vez fueron aprobados los análisis de laboratorio se procedió a llevar estos a cabo. Estos fueron realizados en el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Dra. Alba Tabarini Molina. Los factores que se pudieron analizar dentro del laboratorio fueron los siguientes:

- pH
- Temperatura
- DQO
- DBO
- DBO₅
- Sólidos en suspensión
- Sólidos sedimentables

Caracterizaciones más extensas y completas pueden llevarse a cabo en estudios similares. Sin embargo, estos fueron los análisis que se pudieron llevar a cabo dentro de la Facultad de Ingeniería a razón de disponibilidad de insumos. Todas las muestras fueron llevadas en un tiempo menor a las 12 horas, lo que las coloca dentro del rango de 24 horas en las que una muestra de aguas residuales es significativa.

3.2. Etapa 2

La segunda etapa del esquema de investigación consistió en la tabulación de los datos recolectados, los cuales se presentarán en matices a continuación. Asimismo, los datos obtenidos dentro del laboratorio tuvieron su proceso de cálculo para su análisis correspondiente y de esta manera interpretar sus resultados.

En el capítulo 4 se muestra la síntesis de los datos obtenidos en el trabajo de campo y laboratorio. Estos fueron obtenidos diferentes fuentes, los cuales son:

- Marcadores colocados en la ubicación de cada PTAR.

- Recorridos a las PTAR, las cuales incluyen apuntes, fotografías y mediciones y aforo de caudal.
- Entrevistas con las autoridades encargadas de la administración y mantenimiento de cada PTAR.
- Entrevistas con los encargados del mantenimiento y resguardo de cada PTAR.
- Resultados de los análisis de laboratorio y sus cálculos correspondientes.
- Cálculos correspondientes a la capacidad de tratamiento y aforos de caudal.

4. RESULTADOS

4.1. Información general

En la tabla X se muestra la información general de las PTAR que dan cobertura al municipio de San Juan Sacatepéquez, incluyendo su dirección, la naturaleza de su administración, el nombre de la institución encargada de esta el estatus de sus operaciones.

Tabla X. Información general

No.	Nombre	Dirección	Administración	Ente Administrador	En operación
1	PTAR 1, Pachalí	Aldea Pachalí, carretera a San raymundo	Privada	COCODE, aldea Pachalí	Sí
2	PTAR 1, Pachalí	Aldea Pachalí, carretera a San raymundo	Privada	COCODE, aldea Pachalí	Sí
3	Cuenca 1	Los Careles, sector 4, Aldea Sajcavillá	Pública	ADECSA, aldea Sajcavillá	Sí
4	Cuenca 4	El manzanal, aldea Sajcavillá	Pública	ADECSA, aldea Sajcavillá	Sí
5	Cuenca 5	Comunidad Los Sineyes, aldea Sajcavillá	Pública	ADECSA, aldea Sajcavillá	Sí
6	Cuenca 6	Comunidad Los Sineyes, aldea Sajcavillá	Pública	ADECSA, aldea Sajcavillá	Sí
7	Cuenca 7	Sector 2, aldea Sajcavillá	Pública	ADECSA, aldea Sajcavillá	Sí

Continuación de la tabla X.

8	Cuenca 9	Callejon, Los Raxones, aldea Sajcavillá	Pública	ADECSA, aldea Sajcavillá	Sí
9	Cuenca 10	Sector 1, aldea Sajcavillá	Pública	ADECSA, aldea Sajcavillá	Sí
10	PTAR Sacsuy	Carretera a Cerro Alto, Km. 43	Pública	COCODE, aldea Sacsuy	No*

Fuente: elaboración propia.

4.2. Sistema de tratamiento

A continuación se describe a detalle cómo está integrado el sistema de tratamiento en el municipio, a través de las PTAR que le dan cobertura.

En la tabla XI se muestran las unidades que componen a cada PTAR según su nivel de tratamiento y la forma en que sus lodos son manipulados al final del proceso.

Tabla XI. **Unidades de tratamiento de cada PTAR**

Núm.	Nombre de PTAR	Pretratamiento	Tratamiento primario	tratamiento secundario	Tratamiento terciario	Disposición de lodos
1	PTAR 1, Pachalí	C.C., C.R., T _{G/B.}	T.I.	Sin tratamiento	Sin tratamiento	P.L.
2	PTAR 2, Pachalí	C.C., C.R., T _{G/B.}	T.I.	Sin tratamiento	Sin tratamiento	P.L.
3	Cuenca 1	C.C., C.R., T _{G/B.}	T.I.	Sin tratamiento	Sin tratamiento	P.L.
4	Cuenca 4	C.C., C.R., T _{G/B.}	T.I.	Sin tratamiento	Sin tratamiento	P.L.
5	Cuenca 5	C.C., C.R., T _{G/B.}	T.I.	Sin tratamiento	Sin tratamiento	P.L.
6	Cuenca 6	C.C., C.R., T _{G/B.}	T.I.	Sin tratamiento	Sin tratamiento	P.L.

Continuación de la tabla XI.

7	Cuenca 7	C.C., C.R., T _{G/B} .	T.I.	Sin tratamiento	Sin tratamiento	P.L.
8	Cuenca 9	C.C., C.R., T _{G/B} .	T.I.	Sin tratamiento	Sin tratamiento	P.L.
9	Cuenca 10	C.C., C.R., T _{G/B} .	T.I.	Sin tratamiento	Sin tratamiento	P.L.
10	PTAR Sacsuy	C.C, C.R, D _{esar} .	T.I.	Con capacidad de instalar sedimentador secundario	Sin tratamiento	P.L.

Fuente: elaboración propia.

Donde

C.C. = caja colectora

C.R. = canal de rejillas

T_{G/B} = trampa de grasas/basura

D_{esar} = desarenador

T.I. = tanque Imhoff: comprendido por cámara de digestión y cámara de sedimentación.

P.L. = patio de secado de lodos

En la tabla XII se clasifican las PTAR según el estado en el que se encuentran, su tipo y ubicación geográfica.

Tabla XII. **Estado del sistema, tipo de PTAR y ubicación geográfica**

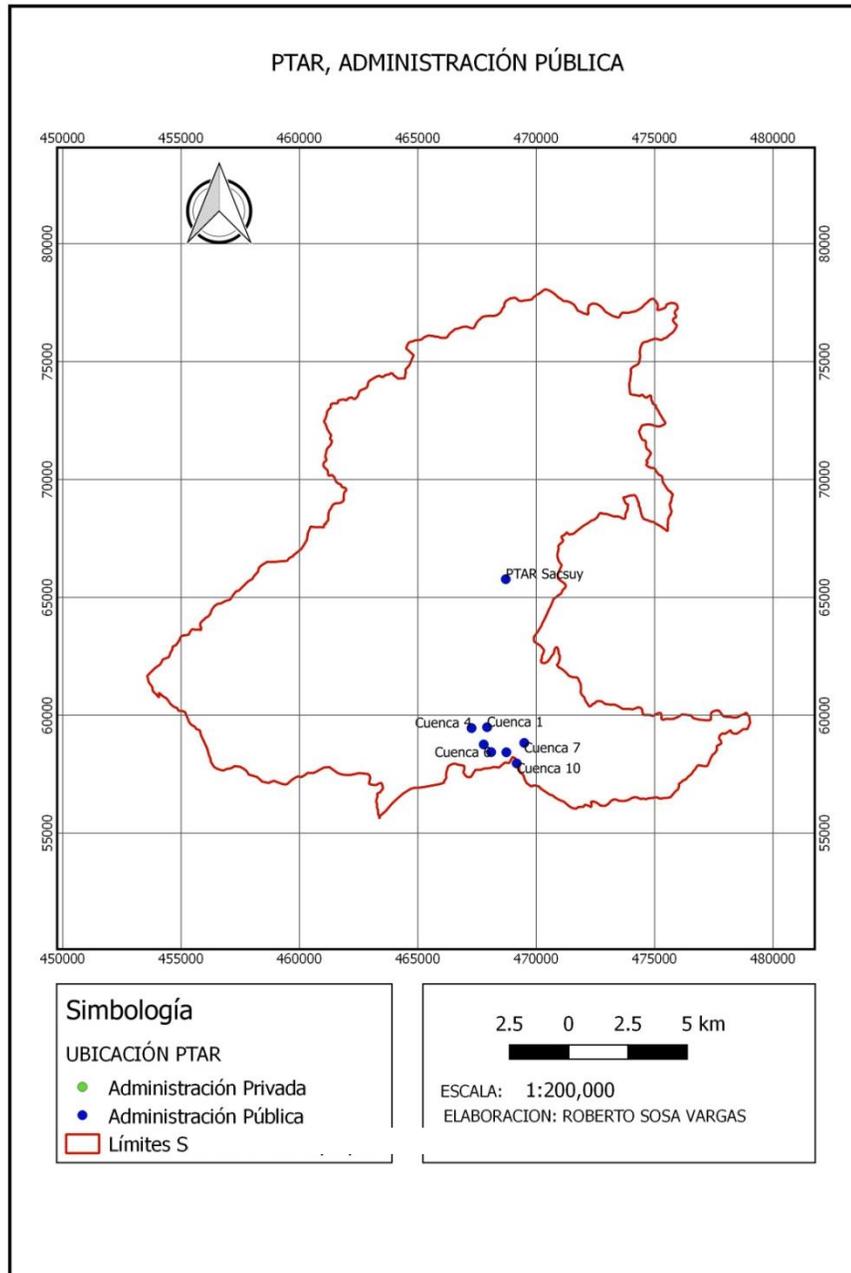
Núm.	Nombre de la PTAR	Admon	Estado del sistema	Tipo de planta	Ubicación	
					Latitud (N)	Longitud (W)
1	PTAR 1, Pachalí	P _{riv}	Pésimo estado	Convencional	14,76159	90,615839
2	PTAR 2, Pachalí	P _{riv}	Mal estado	Convencional	14,76368	90,61104
3	Cuenca 1	P _{ubl}	Buen estado	Convencional	14,712629	90,630918
4	Cuenca 4	P _{ubl}	Buen estado	Convencional	14,712277	90,637014
5	Cuenca 5	P _{ubl}	Buen estado	Convencional	14,706018	90,632235
6	Cuenca 6	P _{ubl}	Buen estado	Convencional	14,703080	90,629315
7	Cuenca 7	P _{ubl}	Buen estado	Convencional	14,706639	90,616355
8	Cuenca 9	P _{ubl}	Buen estado	Convencional	14,703034	90,623349
9	Cuenca 10	P _{ubl}	Buen estado	Convencional	4,698777	90,619301
10	PTAR Sacsuy	P _{ubl}	Excelente estado	Convencional	14,769365	90,623682

Fuente: elaboración propia.

Con base en los marcadores colocados a la entrada de cada PTAR se han registrado las coordenadas geográficas de cada una. A través de ellas y la utilización del sistema de información geográfica QGIS se han desarrollado mapas en donde se muestra la delimitación del municipio y la ubicación de cada una de las PTAR. Cada mapa corresponde al tipo de administración de estas, pública y privada.

En la figura 4 se muestra la ubicación de las ocho PTAR de administración pública del municipio.

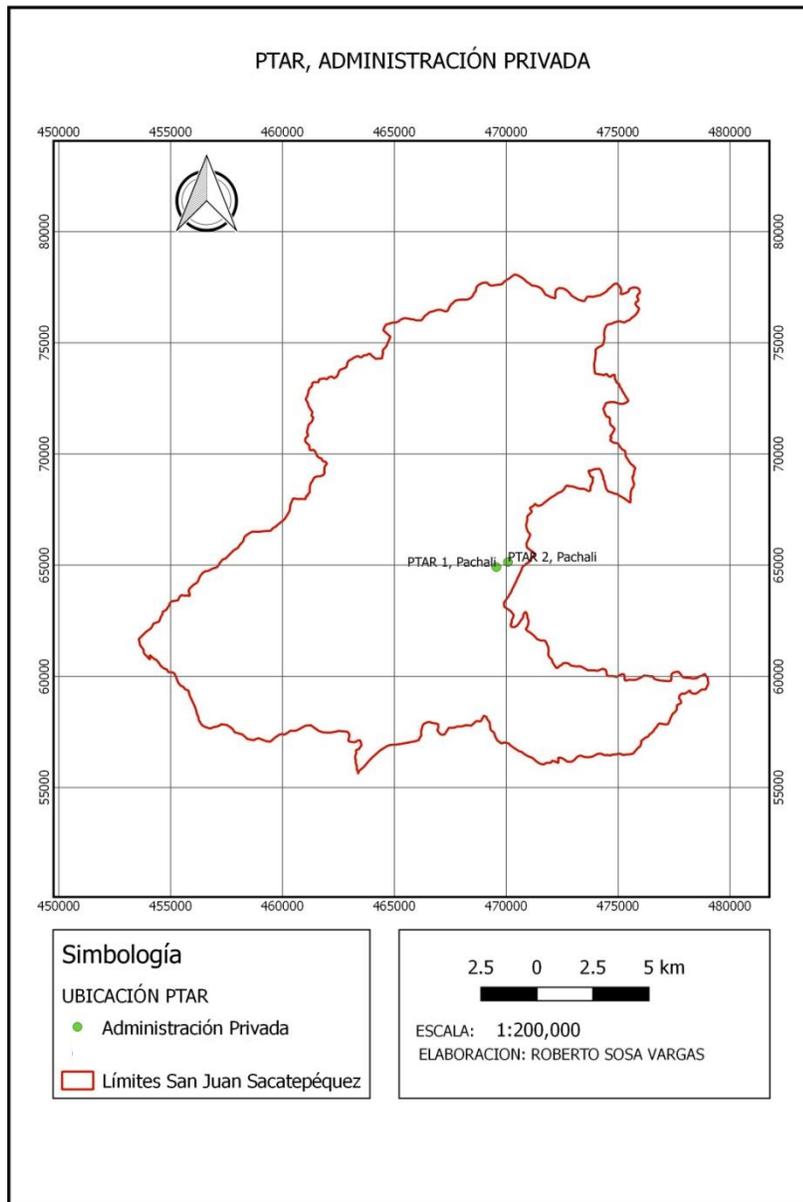
Figura 4. **Ubicación de PTAR públicas**



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS.

En la figura 2 se muestra la ubicación de las dos PTAR de administración privada del municipio.

Figura 5. **Ubicación de PTAR privadas**



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS.

En la tabla XIII se enlista la influencia que tiene cada PTAR en el municipio, según el número de viviendas conectadas al sistema, los períodos de trabajo de cada una, el caudal obtenido a través del aforo in-situ y su capacidad de tratamiento en m³. El caudal fue aforado con un recipiente de 10l y se registró el tiempo en el que este se llenó. Posteriormente, se utilizó la conversión de este volumen de 10l en el tiempo registrado a l/min.

Tabla XIII. Número de viviendas, período de trabajo, período de retención, capacidad y carga lilogramo/día

Núm.	Nombre	# de viviendas	Horas de trabajo h/d	Período de retención (h)	Caudal (l/min)	Capacidad de diseño	Carga Kg/día
1	PTAR 1, Pachalí	200	24/7	N/D	50,76	23,3	N/D
2	PTAR 2, Pachalí	150	24/7	N/D	47,54	25,56	N/D
3	Cuenca 1	328	24/7	N/D	46,69	278,4	447,13
4	Cuenca 4	71	24/7	N/D	15,79	42,48	63,65
5	Cuenca 5	176	24/7	N/D	31,97	57,66	318,07
6	Cuenca 6	224	24/7	N/D	106,60	115,78	948,65
7	Cuenca 7	69	24/7	N/D	14,99	38,64	134,93
8	Cuenca 9	54	24/7	N/D	11,55	40,99	89,49
9	Cuenca 10	135	24/7	N/D	33,20	31,15	N/D
10	PTAR Sacsuy	600	24/7	N/D	39,29	74,88	N/D

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XIV se presentan los períodos de limpieza de cada PTAR, la información está con base en las unidades que componen a cada una de ellas.

Esta información ha sido obtenida a través del equipo de fontanería de cada sector.

Tabla XIV. **Periodos de limpieza**

Núm .	Nombre	Limpieza Rejillas	Limpieza desarenador	Limpieza trampa de grasas	Limpieza tanques sedimentadores	Instalación de dosificación de cloro
1	PTAR 1, Pachalí	Cada mes	Cada mes	Cada mes	Cada mes	Sin tratamiento
2	PTAR 2, Pachalí	Cada mes	Cada mes	Cada mes	Cada mes	Sin tratamiento
3	Cuenca 1	Cada semana	Cada semana	Cada semana	Cada mes	Sin tratamiento
4	Cuenca 4	Cada semana	Cada semana	Cada semana	Cada 1,5 meses	Sin tratamiento
5	Cuenca 5	Cada semana	Cada semana	Cada semana	Cada mes	Sin tratamiento
6	Cuenca 6	Cada semana	Cada semana	Cada semana	Cada mes	Sin tratamiento
7	Cuenca 7	Cada semana	Cada semana	Cada semana	Cada 2 meses	Sin tratamiento
8	Cuenca 9	Cada semana	Cada semana	Cada semana	Cada 2 meses	Sin tratamiento
9	Cuenca 10	Cada semana	Cada semana	Cada semana	Cada 1,5 meses	Sin tratamiento
10	PTAR Sacsuy	Cada semana	Cada semana	Cada semana	Cada 6 meses	Sin tratamiento

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XV se muestra el tipo de tratamiento, eficiencia y el tipo de cuerpos receptores en donde son vertidas las aguas, posterior a su tratamiento.

Tabla XV. **Tipo de tratamiento y cuerpos receptores**

Núm	Nombre	Tipo de tratamiento	Cuerpo receptor
1	PTAR 1, Pachalí	Aerobio	Barranco
2	PTAR 2, Pachalí	Aerobio	Barranco
3	Cuenca 1	Aerobio	Zánjon hacia Río San Juan
4	Cuenca 4	Aerobio	Zánjon
5	Cuenca 5	Aerobio	Zánjon
6	Cuenca 6	Aerobio	Zánjon
7	Cuenca 7	Aerobio	Riachuelo
8	Cuenca 9	Aerobio	Tanque para cultivo de flores
9	Cuenca 10	Aerobio	Riachuelo
10	PTAR Sacsuy	Aerobio	Río Patajzalat

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de los análisis de laboratorio de las PTAR en las que fue posible realizar análisis de laboratorio, se presentan a continuación. En la tabla XV se muestran los resultados del pH y temperatura del agua para ambas, entrada y salida del sistema.

4.3. Resultados de laboratorio

A continuación se muestran los resultados de los ensayos de laboratorio. Los ensayos de laboratorio realizados son: pH, temperatura, DQO, DBO, DBO₅, sólidos en suspensión y sólidos sedimentables. Los ensayos fueron realizados para ambos, entrada y salida.

La tabla XVI muestra los resultados de pH y temperatura, para ambos, entrada y salida.

Tabla XVI. **Resultados de pH y temperatura, entrada y salida**

Núm.	Nombre	pH		Temperatura (°C)	
		Entrada	Salida	Entrada	Salida
1	PTAR 1, Pachalí	N/D	N/D	N/D	N/D
2	PTAR 2, Pachalí	N/D	N/D	N/D	N/D
3	Cuenca 1	7,02	6,91	23,4	22,4
4	Cuenca 4	6,69	7,11	22,8	22,8
5	Cuenca 5	5,79	6,17	24,2	23,9
6	Cuenca 6	5,74	6,1	23,7	23,9
7	Cuenca 7	6,58	6,39	23,7	23,5
8	Cuenca 9	6,54	6,45	23,2	23,4
9	Cuenca 10	N/D	N/D	N/D	N/D
10	PTAR Sacsuy	N/D	N/D	N/D	N/D

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XVI se muestran los resultados de la demanda química de oxígeno a los cinco días a 20°C de las aguas servidas de cada PTAR, para entrada y salida.

Tabla XVII. **Resultados de DQO, entrada y salida**

Núm.	Nombre	DQO (mg/l)	
		Entrada	Salida
1	PTAR 1, Pachalí	N/D	N/D
2	PTAR 2, Pachalí	N/D	N/D
3	Cuenca 1	2 648	1 181
4	Cuenca 4	2184	865
5	Cuenca 5	1 700	1 540

Continuación de la tabla XVII.

6	Cuenca 6	1 656	1 560
7	Cuenca 7	3 450	1 281
8	Cuenca 9	2 350	807
9	Cuenca 10	N/D	N/D
10	PTAR Sacsuy	N/D	N/D

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XIX se muestran los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno de cada planta en el primer día, al quinto día y su demanda bioquímica de oxígeno total, para entrada y salida.

Tabla XVIII. **Resultados de DBO, DBO₅ y DBO total**

Núm.	Nombre	DBO Total (mgO ₂ /l)	
		Entrada	Salida
1	PTAR 1, Pachalí	N/D	N/D
2	PTAR 2, Pachalí	N/D	N/D
3	Cuenca 1	239,76	80
4	Cuenca 4	223,11	118
5	Cuenca 5	183,15	149,85
6	Cuenca 6	233,1	243,09
7	Cuenca 7	550	259,74
8	Cuenca 9	336,33	320
9	Cuenca 10	N/D	N/D
10	PTAR Sacsuy	N/D	N/D

Fuente: elaboración propia.

Para la cantidad de sólidos presentes en las aguas residuales de cada planta se evaluaron las partículas que quedan suspendidas en ellas y las que

tienen la capacidad de sedimentarse. Los resultados de estos análisis se muestran en la tabla XX, para ambas, entrada y salida.

Tabla XIX. **Resultados de sólidos en suspensión y sólidos sedimentables**

Núm.	Nombre	Sólidos en suspensión (mg/l)		Sólidos edimentables (cm ³ /l/h)	
		Entrada	Salida	Entrada	Salida
1	PTAR 1, Pachalí	N/D	N/D	N/D	N/D
2	PTAR 2, Pachalí	N/D	N/D	N/D	N/D
3	Cuenca 1	970,00	355,00	29	1
4	Cuenca 4	1030,00	466,67	11	0,5
5	Cuenca 5	590,00	440,00	13	5,5
6	Cuenca 6	1230,00	680,00	22	7,5
7	Cuenca 7	1400,00	283,33	3	0,25
8	Cuenca 9	595,00	535,00	7,5	1,5
9	Cuenca 10	N/D	N/D	N/D	N/D
10	PTAR Sacsuy	N/D	N/D	N/D	N/D

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXI se muestran los porcentajes de eficiencia de remoción de sólidos. Los parámetros en los que se basa esta eficiencia son los sólidos en suspensión y los sólidos sedimentables.

Tabla XX. **Eficiencia de SS_{usp} y SS_{edim}**

Núm.	Nombre PTAR	Eficiencia SS _{usp} (%)	Eficiencia SS _{edim} (%)
1	PTAR 1, Pachalí	N/D	N/D
2	PTAR 1, Pachalí	N/D	N/D

Continuación en la tabla XX.

3	Cuenca 1	63,40	96,55
4	Cuenca 4	54,69	95,45
5	Cuenca 5	25,42	57,69
6	Cuenca 6	44,72	65,91
7	Cuenca 7	79,76	91,67
8	Cuenca 9	10,08	80,00
9	Cuenca 10	N/D	N/D
10	PTAR Sacsuy	N/D	N/D

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXII se muestra la eficiencia de la demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a 20° C.

Tabla XXI. **Eficiencia de DQO y DBO₅**

Núm.	Nombre PTAR	Eficiencia DQO (%)	Eficiencia DBO (%)
1	PTAR 1, Pachalí	N/D	N/D
2	PTAR 1, Pachalí	N/D	N/D
3	Cuenca 1	55,40	66,63
4	Cuenca 4	60,39	47,11
5	Cuenca 5	9,41	18,18
6	Cuenca 6	5,80	-4,29
7	Cuenca 7	62,87	52,77

Continuación de la tabla XXI.

8	Cuenca 9	65,66	4,86
9	Cuenca 10	N/D	N/D
10	PTAR Sacsuy	N/D	N/D

Fuente: elaboración propia.

4.4. Presupuesto de operación de las PTAR

El presupuesto de operación de cada PTAR comprende el mantenimiento general de las mismas. Este incluye la limpieza total de las unidades que las comprenden así como del predio en dónde están ubicadas.

La tabla XXIII muestra el presupuesto de operación, mensual y su total anual para cada PTAR. Estas cifras incluyen el sueldo fijo del encargado de mantenimiento y resguardo de cada una. Para el cálculo del costo mensual y anual de mantenimiento se ha utilizado la frecuencia de limpieza de la tabla XIV y el costo de mano de obra hombre/día.

Tabla XXII. **Presupuesto de operación de las PTAR**

No.	Nombre	Costo de mantenimiento mensual (Q)	Costo de mantenimiento anual (Q)
1	PTAR 1, Pachalí	450	5 400
2	PTAR 2, Pachalí	450	5 400
3	Cuenca 1	1 950	23 400
4	Cuenca 4	1 800	21 600
5	Cuenca 5	2 625	31 500

Continuación de la tabla XXII.

6	Cuenca 6	1 725	2 700
7	Cuenca 7	1 725	20 700
8	Cuenca 9	1 837,5	22 050
9	Cuenca 10	1 650	19 800
10	PTAR Sacsuy	N/D	N/D

Fuente: elaboración propia.

4.4.1. Fuentes de financiamiento

Las fuentes de financiamiento para el desarrollo y mantenimiento de las obras de saneamiento pueden provenir de diferentes fuentes, siendo estas gubernamentales, municipales o privadas. A continuación se presentan las diferentes fuentes de financiamiento para ambos casos.

En la tabla XXIV se presentan la fuente de financiamiento para la construcción de las 2 PTAR privadas.

Tabla XXIII. **Fuentes de financiamiento para la construcción de PTAR privadas**

Núm.	Nombre	Fuente de financiamiento
1	PTAR 1, Pachalí	COCODE, Aldea Pachalí
2	PTAR 2, Pachalí	COCODE, Aldea Pachalí

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXV se presenta las fuentes de financiamiento para la construcción de las 8 PTAR públicas.

Tabla XXIV. **Fuentes de financiamiento para la construcción de PTAR públicas**

Núm.	Nombre	Fuente de Financiamiento
1	Cuenca 1	Consejo Departamental de Desarrollo Guatemala
2	Cuenca 4	Municipalidad de San Juan Sacatepéquez
3	Cuenca 5	Municipalidad de San Juan Sacatepéquez
4	Cuenca 6	Consejo Departamental de Desarrollo Guatemala
5	Cuenca 7	Embajada del Japón en Guatemala
6	Cuenca 9	Fondo Nacional Para la Paz - FONAPAZ-
7	Cuenca 10	Fondo de Inversion Social - FIS-
8	PTAR Sacsuy	Municipalidad de San Juan Sacatepéquez

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXVI se presentan las fuentes de financiamiento para el mantenimiento de las PTAR privadas.

Tabla XXV. **Fuentes de financiamiento para el mantenimiento de PTAR privadas**

Núm.	Nombre	Fuente de financiamiento
1	PTAR 1, Pachalí	COCODE, aldea Pachalí
2	PTAR 2, Pachalí	COCODE, aldea Pachalí

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXVII se presentan las fuentes de financiamiento para el mantenimiento de las PTAR públicas.

Tabla XXVI. **Fuentes de financiamiento para el mantenimiento de PTAR públicas**

Núm.	Nombre	Fuente de financiamiento
1	Cuenca 1	ADECSA
2	Cuenca 4	ADECSA
3	Cuenca 5	ADECSA
4	Cuenca 6	ADECSA
5	Cuenca 7	ADECSA
6	Cuenca 9	ADECSA
7	Cuenca 10	ADECSA
8	PTAR Sacsuy	COCODE, Sacsuy

Fuente: elaboración propia.

4.5. Resumen de resultados

A continuación se presenta el resumen de la información recolectada en las diferentes visitas de campo al municipio, reuniones con las autoridades y resultados del trabajo de laboratorio. Las PTAR han sido divididas en públicas y privadas. Este resumen permite analizar la información necesaria para su posterior análisis.

4.5.1. PTAR en operación públicas

Las PTAR públicas en el municipio de San Juan Sacatepéquez son administradas por instituciones públicas a cargo de las operaciones de cada sector, apoyadas por la municipalidad. Tal es el caso de la Asociación de la Asociación de Desarrollo Comunitario Sajcavillá, ADECSA y el COCODE de la aldea Sacsuy. Ambas instituciones tienen autonomía sobre la infraestructura dentro de delimitación geográfica bajo la supervisión y apoyo de la municipalidad de San Juan Sacatepéquez.

En la tabla XXVIII se presentan las PTAR públicas en operación, administradas por ADECSA con el apoyo de la municipalidad.

Tabla XXVII. **Resumen de PTAR públicas en operación administradas por ADECSA**

Núm.	Nombre
1	Cuenca 1
2	Cuenca 4
3	Cuenca 5
4	Cuenca 6

Continuación de la tabla XXVII.

5	Cuenca 7
6	Cuenca 9
7	Cuenca 10

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXIX se presentan la PTAR pública en operación administrada por COCODE Sacsuy.

Tabla XXVIII. **Resumen de PTAR públicas en operación administradas por COCODE Sacsuy**

Núm.	Nombre
1	PTAR Sacsuy

Fuente: elaboración propia

4.5.2. PTAR en operación privadas

En la tabla XXX se presentan las PTAR privadas en operación. Estas han sido construidas y administradas por los vecinos de la aldea Pachalí, sin intervención de la municipalidad de San Juan Sacatepéquez.

Tabla XXIX. **Resumen de PTAR privadas en operación**

No.	Nombre
1	PTAR 1, Pachalí
2	PTAR 2, Pachalí

Fuente: elaboración propia

4.5.3. Resumen por estado y tipo de proceso

A continuación se presenta en la tabla XXXI el resumen del estado de cada PTAR, clasificados como: excelente, buen, mal y pésimo estado. Asimismo, se describen los tipos de proceso que se llevan a cabo dentro de cada una.

Tabla XXX. Resumen por estado y tipo de proceso

Núm.	Nombre	Estado del sistema	Tipo de tratamiento
1	PTAR 1, Pachalí	Pésimo estado	Aerobio
2	PTAR 2, Pachalí	Mal estado	Aerobio
3	Cuenca 1	Buen estado	Aerobio
4	Cuenca 4	Buen estado	Aerobio
5	Cuenca 5	Buen estado	Aerobio
6	Cuenca 6	Buen estado	Aerobio
7	Cuenca 7	Buen estado	Aerobio
8	Cuenca 9	Buen estado	Aerobio
9	Cuenca 10	Buen estado	Aerobio
10	PTAR Sacsuy	Excelente estado	Aerobio

Fuente: elaboración propia.

4.5.4. Resumen de inmuebles y cobertura

En la tabla XXXII se muestra el resumen de la cobertura que tiene cada PTAR según el número de viviendas conectada al sistema de drenajes de cada una y la eficiencia de sus operaciones.

Tabla XXXI. **Resumen de inmuebles y cobertura en porcentaje**

Núm.	Nombre	Número de viviendas	Cobertura en porcentaje
1	PTAR 1, Pachalí	200	0,49
2	PTAR 2, Pachalí	150	0,47
3	Cuenca 1	328	1,02
4	Cuenca 4	71	0,22
5	Cuenca 5	176	0,55
6	Cuenca 6	224	0,70
7	Cuenca 7	69	0,21
8	Cuenca 9	54	0,17
9	Cuenca 10	135	0,42
10	PTAR Sacsuy	600	1,86

Fuente: elaboración propia.

4.5.5. Número de plantas por procesos

Los tipos de procesos por los que pueden pasar las aguas servidas de una PTAR son: aerobio o anaerobio. En el caso del municipio de San Juan Sacatepéquez, todas PTAR encontradas cuentan con un proceso aerobio, como se muestra en la tabla XXIV.

4.5.6. Resumen de la clasificación de los cuerpos receptores

En la tabla XXXIII se presenta la clasificación de los cuerpos receptores en los que desfogan las PTAR posterior a su tratamiento.

Tabla XXXII. **Clasificación de los cuerpos receptores**

Núm.	Nombre	Cuerpo receptor
1	PTAR 1, Pachalí	Barranco
2	PTAR 2, Pachalí	Barranco
3	Cuenca 1	Zanjón hacia Río San Juan
4	Cuenca 4	Zanjón
5	Cuenca 5	Zanjón
6	Cuenca 6	Zanjón
7	Cuenca 7	Tanque para cultivo de flores
8	Cuenca 9	Riachuelo
9	Cuenca 10	Riachuelo
10	PTAR Sacsuy	Río Patajalat

Fuente: elaboración propia.

5. ANÁLISIS

Basados en la información recolectada, la síntesis de ella y la tabulación de la misma, a continuación, se analiza el trabajo que ha puesto el municipio de San Juan Sacatepéquez para promover el tratamiento de sus aguas servidas.

5.1. Cuadros analíticos

En la tabla XXXIV se observa la existencia de diez PTAR en operación dentro del municipio San Juan Sacatepéquez. Ocho de estas son de administración pública y dos de administración privada. El COCODE de la aldea Pachalí es el encargado de la administración de las dos PTAR privadas mostradas, ente responsable de su construcción como se mostró en el capítulo anterior. Dentro de las PTAR de administración pública, se encuentran que siete de ellas son administrados por ADECSA y una por el COCODE de la aldea Sacsuy.

Tabla XXXIII. **Cuadros analítico de administración de PTAR**

Núm.	Nombre de la PTAR	Administración PTAR	Ente administrador	Operando
1	PTAR 1, Pachalí	Privada	COCODE, aldea Pachalí	Sí
2	PTAR 2, Pachalí	Privada	COCODE, aldea Pachalí	Sí

Fuente: elaboración propia.

Continuación de la tabla XXXIII.

3	Cuenca 1	Pública	ADECSA, aldea Sajcavillá	Sí
4	Cuenca 4	Pública	ADECSA, aldea Sajcavillá	Sí
5	Cuenca 5	Pública	ADECSA, aldea Sajcavillá	Sí
6	Cuenca 6	Pública	ADECSA, aldea Sajcavillá	Sí
7	Cuenca 7	Pública	ADECSA, aldea Sajcavillá	Sí
8	Cuenca 9	Pública	ADECSA, aldea Sajcavillá	Sí
9	Cuenca 10	Pública	ADECSA, aldea Sajcavillá	Sí
10	PTAR Sacsuy	Pública	COCODE, aldea Sacsuy	Sí

Fuente: elaboración propia.

A razón de la forma en la que se analizaron los parámetros asignados de cada PTAR, se han producido cinco porcentajes de eficiencia y estos se muestran en la tabla XXXV. Estos análisis no se pudieron realizar en las diez plantas de tratamiento, únicamente se lograron tomar muestras de las PTAR administradas por ADECSA, excluyendo la cuenca 10 por motivo de las mejoras que se llevaron a cabo durante el desarrollo de la investigación.

Tabla XXXIV. **Cuadro analítico de tipo de tratamiento y porcentajes de eficiencia**

Núm.	Nombre PTAR	Tipo de tratamiento	Eficiencia DQO (%)	Eficiencia DBO (%)	Eficiencia SSusp (%)	Eficiencia SSedim (%)
1	PTAR 1, Pachalí	Aerobio	N/D	N/D	N/D	N/D
2	PTAR 1, Pachalí	Aerobio	N/D	N/D	N/D	N/D
3	Cuenca 1	Aerobio	55,40	66,63	63,40	96,55
4	Cuenca 4	Aerobio	60,39	47,11	54,69	95,45
5	Cuenca 5	Aerobio	9,41	18,18	25,42	57,69
6	Cuenca 6	Aerobio	5,80	-4,29	44,72	65,91
7	Cuenca 7	Aerobio	62,87	52,77	79,76	91,67
8	Cuenca 9	Aerobio	65,66	4,86	10,08	80,00
9	Cuenca 10	Aerobio	N/D	N/D	N/D	N/D
10	PTAR Sacsuy	Aerobio	N/D	N/D	N/D	N/D

Fuente: elaboración propia.

La tabla XXXV refleja altos porcentajes de eficiencia en todos los parámetros, para todas las PTAR, a excepción de la eficiencia de DBO₅ de la cuenca 6, con un porcentaje de eficiencia negativo. Los porcentajes de eficiencia de DBO son calculados a partir del oxígeno consumido en los cinco días de la prueba y el factor de disolución utilizado. En cuanto a los porcentajes que reflejan la capacidad de remoción de sólidos SS_{usp} y SS_{edim}, todas las PTAR muestra altos porcentajes de eficiencia, siendo el de la cuenca 9 el más bajo con un 10,08 %. De estos dos parámetros el más importante es el de Sólidos en suspensión (SS_{usp}), dado que este refleja los sólidos totales presentes en la muestra, atrapados en una membrana de 0,45µm de diámetro nominal, lo que le permite un resultado más preciso que el proporcionado por el ensayo de sólidos sedimentables (SS_{edim}).

Los cuerpos receptores a los que son vertidas las aguas tratadas de las PTAR del municipio se muestran en la tabla XXXVI. Dos de ellas vierten sus aguas en un barranco aledaño a su ubicación, una de ellas a un zanjón que conduce hasta el río San Juan, tres de ellas a zanjones con destinos desconocidos, una a un riachuelo de nombre desconocido, una a un tanque de almacenamiento para el riego de jardines de cultivo de flores y una al río Patajzalat

Tabla XXXV. **Cuadro analítico de tipo de tratamiento, número de viviendas, cobertura en porcentaje y cuerpo receptor de cada PTAR**

Núm.	Nombre de la PTAR	Tipo de tratamiento	Numero de Viviendas	Cobertura en porcentaje	Cuerpo receptor
1	PTAR 1, Pachalí	Aerobio	200	0,49	Barranco
2	PTAR 2, Pachalí	Aerobio	150	0,47	Barranco
3	Cuenca 1	Aerobio	328	1,02	Zanjón hacia Río San Juan
4	Cuenca 4	Aerobio	71	0,22	Zánjon
5	Cuenca 5	Aerobio	176	0,55	Zánjon
6	Cuenca 6	Aerobio	224	0,70	Zánjon
7	Cuenca 7	Aerobio	69	0,21	Riachuelo
8	Cuenca 9	Aerobio	54	0,17	Tanque para cultivo de flores
9	Cuenca 10	Aerobio	135	0,42	Riachuelo
10	PTAR Sacsuy	Aerobio	600	1,86	Río Patajzalat

Fuente: elaboración propia,

Asimismo, la tabla XXXVI muestra el tipo de proceso con el cual las PTAR brindan tratamiento a las aguas servidas de la región y el número de viviendas a las que se les brinda este servicio a través de la conexión a la red de alcantarillado público. Esta misma tabla muestra el porcentaje de cobertura que brinda cada PTAR al municipio, basados en la población a junio del año 2017, estimada en el capítulo 2.

La tabla XXXVII muestra la información general de las PTAR estudiadas. Esta muestra el estado en el que se encuentra cada una de ellas. Las PTAR a cargo del COCODE de la aldea Pachalí se encuentran, una en pésimo estado y una en mal estado. Todas las PTAR a cargo de ADECSA se encuentran en buen estado. La PTAR a cargo del COCODE de la aldea Sacsuy se encuentra en excelente estado a razón de ser relativamente nueva, con tan solo un año de operación.

Tabla XXXVI. **Cuadro analítico de información general**

Núm.	Nombre de la PTAR	Estado del sistema	Tipo de planta	Inicio de operaciones	Construida/rehabilitada	Ubicación		Monto (Q)
						Latitud (N)	Longitud (W)	
1	PTAR 1, Pachalí	Pésimo estado	Convencional	Año 2004	Construida	14,76159	90,615839	N/D
2	PTAR 2, Pachalí	Mal estado	Convencional	Año 2006	Construida	14,76368	90,61104	N/D
3	Cuenca 1	Buen estado	Convencional	Febrero 2013	Construida	14,712629	90,630918	4 747 350,00
4	Cuenca 4	Buen estado	Convencional	Noviembre 2009	Construida	14,712277	90,637014	764 101,91
5	Cuenca 5	Buen estado	Convencional	Abril 2007	Construida	14,706018	90,632235	1 332 230,80
6	Cuenca 6	Buen estado	Convencional	Noviembre 2009	Construida	14,703080	90,629315	2 500 000,00

Continuación de la tabla XXXVI.

7	Cuenca 7	Buen estado	Convencional	Marzo 2006	Construida	14,706639	90,616355	873 097,80
8	Cuenca 9	Buen estado	Convencional	Diciembre 2007	Construida	14,703034	90,623349	823 845,15
9	Cuenca 10	Buen estado	Convencional	Noviembre 2009	Construida	4,698777	90,619301	1 150 987,77
10	PTAR Sacsuy	Excelente estado	Convencional	Diciembre 2016	Construida	14,769365	90,623682	559 285,00

Fuente: elaboración propia.

6. DISCUSIONES

El inventario creado a partir de la realización de esta investigación es un punto de partida para el monitoreo de la infraestructura sanitaria del país. El registro de las plantas de tratamiento de aguas residuales en operación del municipio de San Sacatepéquez cumple con dicho propósito.

A través de la referencia geográfica de cada PTAR, es posible ubicar todos estos inmuebles en cualquier tipo de cartografía para su diagnóstico. Así mismo, esta información servirá para continuar el fomento al saneamiento. Otro de los beneficios es poder tomar decisiones de ordenamiento territorial tomando en cuenta la infraestructura de saneamiento ya existente.

El municipio cuenta con diez PTAR, de las cuales dos son de administración privada y ocho de administración pública. Las dos PTAR privadas son administradas por el COCODE de la aldea Pachalí. Las PTAR públicas son administradas por ADECSA y el COCODE de la aldea Sacsuy, teniendo a su cargo siete y una, respectivamente. Las diez plantas de tratamiento que forman este registro se encuentran en muy buen estado a excepción de las dos ubicadas en la aldea Pachalí. El mantenimiento de ellas se lleva a cabo de forma responsable, respetando los períodos de limpieza establecidos y con mano de obra calificada, a pesar de las deficiencias presupuestarias que manifestaron las autoridades durante el proceso de recolección de información.

El número de inmuebles conectados al sistema de drenajes que conduce a las diferentes PTAR y la proyección del total de viviendas para junio del 2007

del INE, han permitido conocer el porcentaje de cobertura del municipio, el cual es del 6,10 %. Este porcentaje se considera bajo, sin embargo, se reconoce que considerando que San Juan Sacatepéquez es un área rural, existe un gran compromiso ambiental para que sus aguas residuales sean manejadas responsablemente. Según la información proporcionada por las autoridades correspondientes, esta cobertura crecerá en un 0,49 % en los próximos años, para un total de 6,59 % de aguas residuales a ser tratadas. Estos proyectos en vías de construcción siguen la línea de ese compromiso ambiental, pero aún tomándolos en consideración, la cobertura del municipio seguirá siendo deficiente.

Las PTAR con las que cuenta el municipio tienen desfogues en riachuelos, zanjones, ríos, barrancos y un tanque de almacenamiento para uso en cultivos de flores como se muestra en la tabla XXXV. Este último caso es excepcional puesto que permite darle reuso a las aguas ya tratadas y aprovecharlas, impidiendo la contaminación de un cuerpo de agua. Estos casos son recomendables si, solo si, los cultivos no son de consumo humano.

Conforme a los porcentajes de eficiencia de cada parámetro evaluado en los análisis de laboratorio, se puede observar que mientras algunas plantas son muy eficientes en algunos parámetros, son deficientes en otros. Algunas de las PTAR evaluadas inclusive muestran porcentajes de eficiencia negativos, lo que refleja la contaminación del agua servida por parte de la planta, mostrando un proceso inverso para el que estas fueron diseñadas.

Analizando los presupuestos de mantenimiento en conjunto con las entrevistas a las autoridades y técnicos responsables, estos limitan mucho la capacidad de la infraestructura. Estos no permiten optar por esquemas de tratamiento más complejos como lo es la utilización de cloro..

CONCLUSIONES

1. Este es un inventario de la infraestructura de saneamiento del municipio de San Juan Sacatepéquez, creado con el propósito de tener un registro unificado de las plantas de tratamiento de aguas residuales en operación que le dan cobertura a este.
2. El municipio de San Juan Sacatepéquez cuenta con diez plantas de tratamiento de aguas residuales que permiten el manejo de estas de forma responsable y comprometido con el medio ambiente. El número de viviendas conectadas a estas PTAR en operación equivalen a un 6,10 % del total de viviendas dentro del municipio.
3. A través de los marcadores generados en las visitas de campo ha sido posible ubicar estas diez PTAR en cartografía en línea, la cual puede ser utilizada para futuras tomas de decisiones y la visita de cualquier institución o entidad interesada en continuar con el fomento del saneamiento en el municipio. Esta referencia geográfica permite que todo aquel que así lo desee o requiera, pueda ubicar cada PTAR y tenga acceso a ellas.
4. Las instituciones responsables de la construcción, operación y mantenimiento de las PTAR en operación son, el COCODE de la aldea Pachalí, a cargo de las de administración privada y ADECSA y el COCODE de la aldea Sacsuy, a cargo de las de administración pública.

5. Los cuerpos receptores donde se descargan las aguas de cada PTAR se enlistan en esta investigación. En su mayoría son zanjonés con un destino desconocido. En otros casos, hay dos cuerpos de agua importantes en donde estas se descargan, el río San Juan y el río Patajzalat. El caso más destacado, es el de la PTAR ubicada en la Cuenca 9 de la aldea Sajcavillá, en donde las aguas son captadas a la salida en un tanque de distribución para el riego de jardines de cultivos ornamentales.

6. Nueve de las diez plantas en operación evaluadas conservan un diseño similar, en donde las aguas que ingresan a ellas, reciben un pretratamiento a través de un canal de rejillas y trampa de grasas y basura. El tratamiento primario está a cargo de un tanque Imhoff con cámara de digestión y cámara de digestión. Siete de estas nueve PTAR cuentan con su patio de secado de lodos. La PTAR restante conserva el diseño anterior pero incluye en su pretratamiento un desarenador y está en la capacidad de implementar un sedimentador secundario en su diseño. Esta última sí cuenta con su patio de secado de lodos. Todas las PTAR evaluadas cumplen con el parámetro de DBO_5 del acuerdo gubernativo 236-2006 a excepción de las cuencas 7 y 9, excediendo el valor permitido para la etapa 1.

RECOMENDACIONES

1. Para continuar con el compromiso ambiental que ha demostrado tener el municipio de San Juan Sacatepéquez en los últimos años, se deberá ampliar el presupuesto destinado al desarrollo de nuevas obras de saneamiento y así ampliar la cobertura actual como lo requiere el acuerdo gubernativo 236-2006 y sus reformas.
2. Las autoridades correspondientes deben prestarle atención a los proyectos en desarrollo y en cartera, en especial a aquellos que han presentados obstáculos para su ejecución o entrega.
3. En el caso de PTAR deficientes en alguno de los parámetros evaluados se les debe hacer un diagnóstico más profundo, evaluando elementos de tratamiento individuales en cada una de ellas. Asimismo, se debe supervisar el mantenimiento o modificar para evaluar la posibilidad de una mayor eficiencia. Estas PTAR deficientes deben de ser corregidas conforme a los requerimientos que plantea el marco legal.
4. Los técnicos encargados del mantenimiento de PTAR ineficientes deberán detectar si todas las conexiones de estas son adecuadas y si han sufrido alguna modificación que le esté dando lugar a la contaminación de las aguas, previo a su desfogue en el cuerpo receptor.
5. En áreas rurales en donde sus habitantes son escépticos del objeto bajo el cual existen las plantas de tratamiento de aguas residuales, es

necesario promover educación ambiental para poder contar con el apoyo incondicional de la población para la toma de decisiones futuras.

6. Para la toma de muestras que serán llevadas al laboratorio, es necesario tomar las siguientes medidas:
 - Etiquetar los recipientes en donde la muestra será transportada.
 - Preparar los recipientes con la misma muestra, llenándolos parcialmente de la muestra, agitarlos y desechar el contenido. Esto deberá ser repetido tres veces previo a llenarlo con la muestra definitiva.
 - Transportar en un contenedor refrigerado y evitar que la muestra exceda las 24 horas posteriores a su toma.
 - Se recomienda tomar la muestra en una hora en donde existan alzas de caudal.

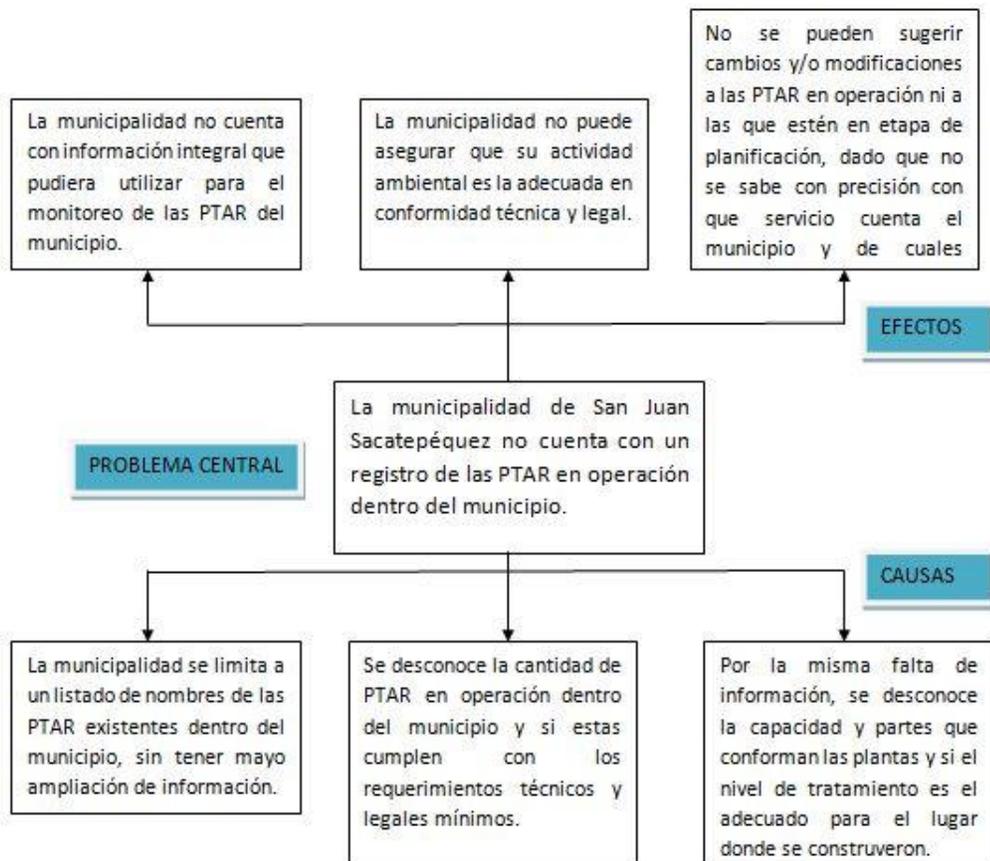
7. Se sugiere el fertirriego como una vía alterna al manejo de las aguas residuales posterior al tratamiento y así evitar la saturación de cuerpos receptores con estas. El fertirriego es viable únicamente en el caso de aquellos cultivos que no son de consumo humano.

BIBLIOGRAFIA

1. Gobierno de Guatemala. *Acuerdo gubernativo 236-2006 y su reforma 129-2015: Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos*. Guatemala, 2015.
2. Instituto Nacional de Estadística. *Censos nacionales XI de población y VI de habitación 2002*. Guatemala: Fondo de Población de las Naciones Unidas, 2002.
3. Instituto Nacional de Estadística. *Guatemala: Estimaciones de la población total por municipio período 2009-2020*. Guatemala, 2008.
4. Municipalidad de San Juan Sacatepéquez. *Manual de funciones y puestos*. Guatemala: Alcaldía municipal San Juan Sacatepéquez, 2016.
5. Universidad de San Carlos de Guatemala. *Diagnóstico e inventario de plantas de tratamiento de aguas residuales en operación, públicas y privadas del municipio de Mixco, Guatemala*. Guatemala: Centro de Investigaciones de Escuela de Ingeniería Civil, 2016.
6. Quantum GIS. *Software de información geográfica libre*. [en línea]. <<http://www.qgis.org/es/site/>>. [Consulta: septiembre 2017].

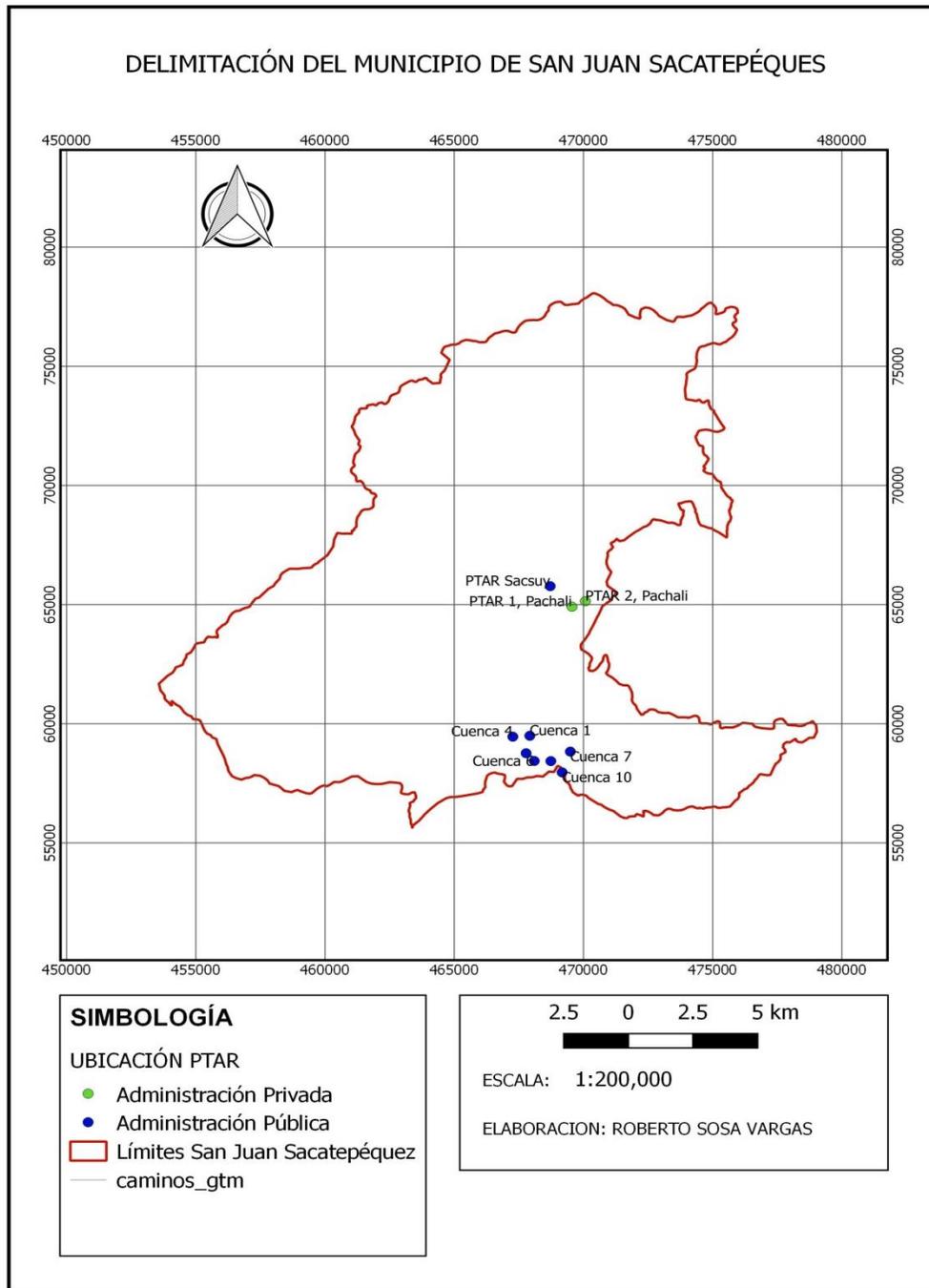
APÉNDICES

Apéndice 1. Árbol de problemas (Sección 2.2)

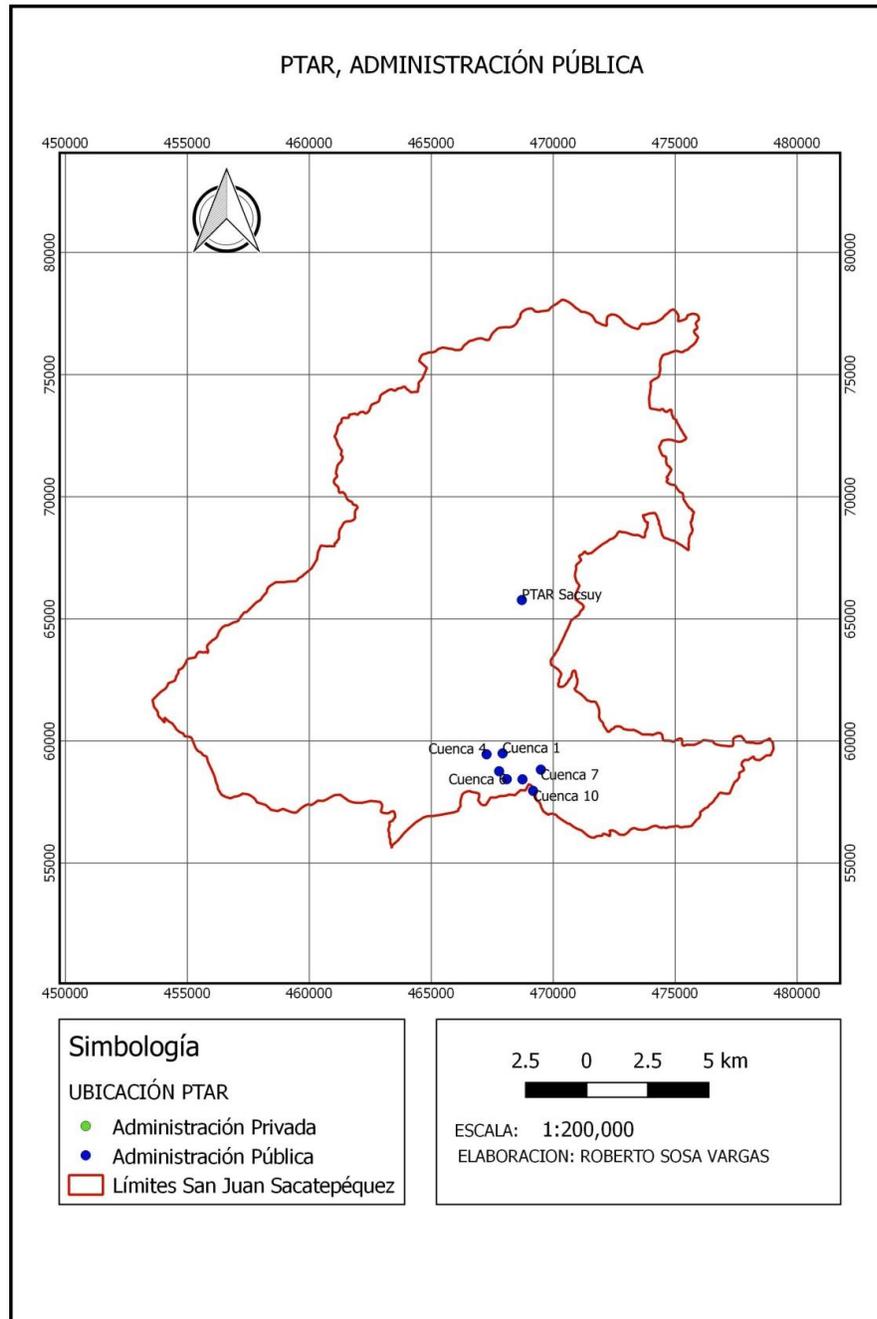


Fuente: elaboración propia.

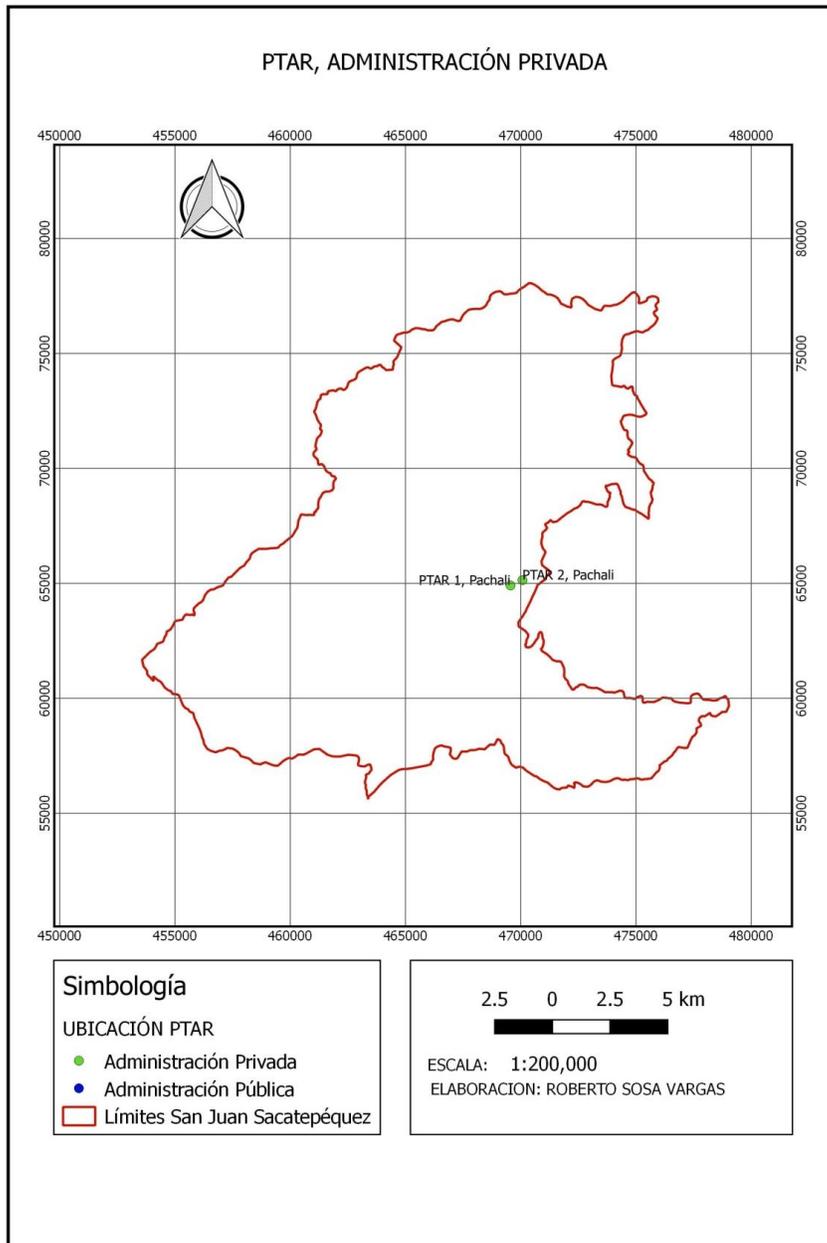
Apéndice 2. Mapas realizados con QGIS



Continuación del apéndice 2.



Continuación del apéndice 2.



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Fichas de campo

INFRAESTRUCTURA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Municipio: San Juan Sagatepequez
 Nombre PTAR: Cuenca 1
 Dirección PTAR: LES CAÑALES / sector 4
 Número de viviendas que trata: _____ Horas pico de trabajo: 6:00 a 15:00 hrs.
 Año de construcción: 2013 Año de inicio de operaciones: 2013
 Caudal: _____ Capacidad: _____ Frecuencia de limpieza: Cada mes
 Uso energía eléctrica: SI / NO Costo mensual: 0

Medición de Calidad del Agua de entrada		Valor	Medición de Calidad del Agua de Salida		Valor
DBO			DBO		
DBO5			Coliformes Totales		
Coliformes Totales			Sólidos Suspendedos		
Sólidos Suspendedos			Nitrogeno Total		
Nitrogeno Total			Fosforo Total		
Fosforo Total					
Desfogue de Agua tratada		Marcar con una X	Elemento de Tratamiento pre-filtrar		Marcar con una X
Río			Rejilla		
Lago			Tamices		
Riachuelo			Trampa de grasas		
Laguna			Tanque de Compensación		
Quebrada			Desareador		
Otros					
Elemento de Tratamiento Secundario		Marcar con una X	Elemento de Tratamiento Terciario		Marcar con una X
Filtro Percolador			Desinfección:		
Filtro Goteador con sedimentador			Química: Cloro, Bromo, Yodo, etc.		
Tanque de Aireación			Física: Filtración, Ebullición, Rayos U.V.		
Laguna de Estabilización					
Aerobio					
Anaerobio					
Facultativa					
Estado del Sistema		Marcar con una X	Tipo de Planta		Marcar con una X
Inoperable			Convencional		
Deteriorado			No Convencional		
Incompleto					
Inservible					
Operando					

Elemento de Tratamiento: Pre - Liminar Marcar con una X
Primario Marcar con una X
Secundario Marcar con una X
Terciario Marcar con una X
 Elemento de Tratamiento primario: Fosa Septica Marcar con una X
Tanque Imhoff Marcar con una X
Sedimentador Simple Marcar con una X
R.A.F.A Marcar con una X
 *R.A.F.A.: Reactor anaeróbico de flujo ascendente
 Elemento de Tratamiento y Disposición de lodos: Secado en lechos Marcar con una X
Secado con calor inducido Marcar con una X
Incineración con Químicos Marcar con una X
 Costo de mantenimiento: _____ Administración: Municipal / Privada ADPESA
 Fecha del levantamiento: 26/01/16

* 2 días de limpieza = (37) * (25%) (27)

→ Inmediata a la "DRBOLEDA"

→ Resembaca río San Juan.

f = 12.85

Continuación del apéndice 3.

INFRAESTRUCTURA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Municipio: San Juan Fajó Agua y Sagesquillo

Nombre PTAR: Cuaca

Dirección PTAR: El Manzanal

Número de viviendas que trata: 209

Año de construcción: 2009

Caudal: 209

Capacidad: SI / NO

Horas pico de trabajo: 617 hrs

Año de inicio de operaciones: 10/11/09

Frecuencia de limpieza: MES X 15 días

Costo mensual: Q 265 -> 7450 + mínimo (3)

Medición de Calidad del Agua de entrada	Valor	Medición de Calidad del Agua de Salida	Valor
DBO		DBO	
DBO5		DBO5	
Coliformes Totales		Coliformes Totales	
Sólidos Suspendedos		Sólidos Suspendedos	
Nitrogeno Total		Nitrogeno Total	
Fosforo Total		Fosforo Total	

Destoque de Agua tratada	Marcar con una X
Río	<input checked="" type="checkbox"/>
Lago	<input checked="" type="checkbox"/>
Riachuelo	<input checked="" type="checkbox"/>
Laguna	<input checked="" type="checkbox"/>
Quebrada	<input checked="" type="checkbox"/>
Otros	<input checked="" type="checkbox"/>

Medición de Calidad del Agua de entrada	Valor	Medición de Calidad del Agua de Salida	Valor
DBO		DBO	
DBO5		DBO5	
Coliformes Totales		Coliformes Totales	
Sólidos Suspendedos		Sólidos Suspendedos	
Nitrogeno Total		Nitrogeno Total	
Fosforo Total		Fosforo Total	

Elemento de Tratamiento	Marcar con una X
Secundario	<input checked="" type="checkbox"/>
Filtro Percolador	<input checked="" type="checkbox"/>
Filtro Goteador con sedimentador	<input checked="" type="checkbox"/>
Tanque de Aireación	<input checked="" type="checkbox"/>
Laguna de Estabilización	<input checked="" type="checkbox"/>
Aerobios	<input checked="" type="checkbox"/>
Anaerobios	<input checked="" type="checkbox"/>
Pacíficos	<input checked="" type="checkbox"/>

Elemento de Tratamiento	Marcar con una X
pre-eliminar	<input checked="" type="checkbox"/>
Rejilla	<input checked="" type="checkbox"/>
Tamices	<input checked="" type="checkbox"/>
Trampa de grasas	<input checked="" type="checkbox"/>
Tanque de Compensación	<input checked="" type="checkbox"/>
Desareador	<input checked="" type="checkbox"/>

Elemento de Tratamiento	Marcar con una X
Secundario	<input checked="" type="checkbox"/>
Terciario	<input checked="" type="checkbox"/>
Desinfección:	<input checked="" type="checkbox"/>
Química: Cloro, Bromo, Yodo, etc.	<input checked="" type="checkbox"/>
Física: Filtración, Ebullición, Rayos U.V.	<input checked="" type="checkbox"/>

Elemento de Tratamiento	Marcar con una X
Pre-eliminar	<input checked="" type="checkbox"/>
Primario	<input checked="" type="checkbox"/>
Secundario	<input checked="" type="checkbox"/>
Terciario	<input checked="" type="checkbox"/>

Elemento de Tratamiento	Marcar con una X
primario	<input checked="" type="checkbox"/>
fosfo Servicio	<input checked="" type="checkbox"/>
Sedimentador Simple	<input checked="" type="checkbox"/>
R.A.F.A.	<input checked="" type="checkbox"/>

*R.A.F.A.: Reactor anaeróbico de flujo ascendente

Elemento de Tratamiento y Disposición de lodos	Marcar con una X
Secado en Lechos	<input checked="" type="checkbox"/>
Secado con calor inducido	<input checked="" type="checkbox"/>
Incineración con Químicos	<input checked="" type="checkbox"/>

Estado del Sistema	Marcar con una X
Inoperable	<input checked="" type="checkbox"/>
Deteriorado	<input checked="" type="checkbox"/>
Incompleto	<input checked="" type="checkbox"/>
Inservible	<input checked="" type="checkbox"/>
Operando	<input checked="" type="checkbox"/>

Tipo de Planta	Marcar con una X
Convencional	<input checked="" type="checkbox"/>
No Convencional	<input checked="" type="checkbox"/>

Costo de mantenimiento: 235/450

Administración: Municipal y Privada 7 ADECSA

Eficiencia de la planta: 75/10/16

Fecha del levantamiento: 25/10/16

1-3801

Continuación del apéndice 3.

INFRAESTRUCTURA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Municipio: SAN JUAN SACATEPEC
 Nombre PTAR: SUANA 5
 Dirección PTAR: LOS SIÑERES
 Número de viviendas que trató: _____
 Año de construcción: _____
 Caudal: _____
 Capacidad: SI/NO
 Horas pico de trabajo: MISINER
 Frecuencia de limpieza: 1 SEMANA X 200
 Costo mensual: 1 mes

Medición de Calidad del Agua de entrada	Valor	Medición de Calidad del Agua de Salida	Valor
DBO		DBO	
DBO5		DBO5	
Coliformes Totales		Coliformes Totales	
Sólidos Suspendedos		Sólidos Suspendedos	
Nitrogeno Total		Nitrogeno Total	
Fosforo Total		Fosforo Total	
Destoque de Agua tratada	Marcar con una X	Elemento de Tratamiento pre-filtrar	Marcar con una X
Rio		Rejilla	X
Lago	X	Tamices	
Riachuelo		Trampa de grasas	X
Laguna		Tanque de Compensación	
Quebrada		Desarenador	
Otros			
Elemento de Tratamiento Secundario	Marcar con una X	Elemento de Tratamiento Terciario	Marcar con una X
Filtro Percolador		Desinfección:	
Filtro Goteador con sedimentador		Química: Cloro, Bromo, Yodo, etc.	
Tanque de Aireación		Física: Filtración, Ebullición, Rayos U.V.	
Laguna de Estabilización			
Acrobis			
Anaerobia			
Paculativa			
Estado del Sistema	Marcar con una X	Tipo de Planta	Marcar con una X
Inoperable		Convencional	
Deteriorado		No Convencional	
Incompleto			
Inservible			
Operando	X		

Elemento de Tratamiento y Disposición de lodos: Secado en lechos
Secado con calor inducido
Incineración con Químicos

Costo de mantenimiento: _____
 Administración: Municipal Privada
ADESA

Fecha del levantamiento: 25/10/16

Das salidas por colapsa

Continuación del apéndice 3.

INFRAESTRUCTURA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Municipio: San Juan Sacacá
 Nombre PTAR: San Juan Sacacá
 Dirección PTAR: Secara 2
 Número de viviendas que trata: 1000
 Año de construcción: 2006
 Caudal: 1000 Capacidad: SI / NO Costo mensual: Q.
 Horas pico de trabajo: 16:00 hrs / 10:00 hrs / 6:00 hrs.
 Año de inicio de operaciones: 2006
 Frecuencia de limpieza: 2 veces

Medición de Calidad del Agua de entrada	Valor	Medición de Calidad del Agua de Salida	Valor	Tipo de Tratamiento	Marcar con una X
DBO		DBO		Pre - Limpiar	<input checked="" type="checkbox"/>
DOO		DOO		Primario	<input checked="" type="checkbox"/>
Coliformes Totales		Coliformes Totales		Secundario	
Sólidos Suspendedos		Sólidos Suspendedos		Terciario	
Nitrogeno Total		Nitrogeno Total			
Fosforo Total		Fosforo Total			

Desfogue de Agua tratada	Marcar con una X	Elemento de Tratamiento	Marcar con una X
Río	<input checked="" type="checkbox"/>	pre-limpiar	<input checked="" type="checkbox"/>
Lago	<input checked="" type="checkbox"/>	Rejilla	<input checked="" type="checkbox"/>
Riachuelo	<input checked="" type="checkbox"/>	Tamices	<input checked="" type="checkbox"/>
Laguna	<input checked="" type="checkbox"/>	Tanque de grasas	
Quebrada	<input checked="" type="checkbox"/>	Tanque de Compensación	
Otros	<input checked="" type="checkbox"/>	Desarenador	

Elemento de Tratamiento	Marcar con una X	Elemento de Tratamiento y Disposición de lodos	Marcar con una X
Secundario	<input checked="" type="checkbox"/>	Secado en Lechos	<input checked="" type="checkbox"/>
Filtro Percolador	<input checked="" type="checkbox"/>	Secado con calor inducido	
Filtro Goteador con sedimentador	<input checked="" type="checkbox"/>	Incineración con Químicos	
Tanque de Aireación	<input checked="" type="checkbox"/>		
Laguna de Estabilización	<input checked="" type="checkbox"/>		
Aerobio	<input checked="" type="checkbox"/>		
Alveolos	<input checked="" type="checkbox"/>		
Facultativa	<input checked="" type="checkbox"/>		

Estado del Sistema	Marcar con una X	Tipo de Planta	Marcar con una X
Inoperable	<input checked="" type="checkbox"/>	Convencional	<input checked="" type="checkbox"/>
Destrozado	<input checked="" type="checkbox"/>	No Convencional	
Incompleto	<input checked="" type="checkbox"/>		
Instruible	<input checked="" type="checkbox"/>		
Operando	<input checked="" type="checkbox"/>		

Eficiencia de la planta: _____ Costo de mantenimiento: Municipal / Privada
 Fecha del levantamiento: _____ Administración: Municipal / Privada

Handwritten notes:
 76
 Vol
 JFu

Handwritten notes:
 -72 días.
 -> 08"

Continuación del apéndice 3.

INFRAESTRUCTURA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Municipio: San Juan Sacatepéquez

Nombre PTAR: Dona Rosa

Dirección PTAR: Carretera 10

Número de viviendas que trata: _____ Horas pico de trabajo: 16:00 hrs

Año de construcción: _____ Capacidad: _____ Año de inicio de operaciones: _____ Frecuencia de limpieza: 1 mes + 15 días

Caudal: _____ Capacidad: _____ Costo mensual: 0

Uso energía eléctrica: _____ SI / NO

Medición de Calidad del Agua de entrada	Valor	Medición de Calidad del Agua de Salida	Valor
DBO		DBO	
DOO		DOO	
Coliformes Totales		Coliformes Totales	
Sólidos Suspendedos		Sólidos Suspendedos	
Nitrogeno Total		Nitrogeno Total	
Fosforo Total		Fosforo Total	

Desfogues de Agua tratada	Marcar con una X
Río	
Lago	
Rechuelo	<input checked="" type="checkbox"/>
Laguna	
Cuebrada	
Otros	

Medición de Tratamiento	Marcar con una X
Pre - Liminar	<input checked="" type="checkbox"/>
Primario	<input checked="" type="checkbox"/>
Secundario	
Terciario	

Elemento de Tratamiento	Marcar con una X
Fosa Séptica	
Tanque Imhoff	<input checked="" type="checkbox"/>
Sedimentador Simple	
R.A.F.A	

*R.A.F.A.: Reactor anaeróbico de flujo ascendente

Medición de Tratamiento Terciario	Marcar con una X
Rejilla	<input checked="" type="checkbox"/>
Tamizos	
Trampa de grasas	<input checked="" type="checkbox"/>
Tanque de Compensación	
Desarenador	

Elemento de Tratamiento y Disposición de lodos	Marcar con una X
Secado en lechos	<input checked="" type="checkbox"/>
Secado con calor inducido	
Incineración con Químicos	

Elemento de Tratamiento	Marcar con una X
Desinfección:	
Química: Cloro, Bromo, Yodo, etc.	
Física: Filtración, Ebullición, Rayos U.V.	

Tipo de Planta	Marcar con una X
Convencional	
No Convencional	<input checked="" type="checkbox"/>

Estado del Sistema: _____
 Inoperable _____
 Deteriorado _____
 Incompleto _____
 Inservible _____
 Operando

Costo de mantenimiento: _____
 Administración: Municipal y Privada **ADECSA**

Fecha del levantamiento: 28/10/16

Eficiencia de la planta: _____

limpieza
→ 1 día.

Continuación del apéndice 3.

INFRAESTRUCTURA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Municipio: San Juan Sacatepequez - Sacas-1
 Nombre PTAR: PTAR SACAS-1
 Dirección PTAR: Calle 1era a Cerro Alto, km 4.3
 Número de viviendas que trata: 600 Horas pico de trabajo: del 2016
 Año de construcción: 2015 Año de inicio de operaciones: 6 meses
 Caudal: 5/NO Capacidad: 5/NO Frecuencia de limpieza: 6 meses
 Uso energía eléctrica: 5/NO Costo mensual: Q

Medición de Calidad del Agua de entrada	Valor	Medición de Calidad del Agua de Salida	Valor	Tipo de Tratamiento	Marcar con una X
DBO		DBO		Pre - liminiar	
DQO		DQO		Primario	
Coliformes Totales		Coliformes Totales		Secundario	
Sólidos Suspendedos		Sólidos Suspendedos		Terciario	
Nitrogeno Total		Nitrogeno Total			
Fosforo Total		Fosforo Total			
Desfluye de Agua tratada	Marcar con una X	Elemento de Tratamiento pre-liminiar	Marcar con una X	Elemento de Tratamiento primario	Marcar con una X
Rio		Rejilla		Fosa Septica	
Lago		Tamicos		Tanque Imhoff	
Riachuelo		Trampa de grasas		Sedimentador Simple	
Laguna		Tanque de Compensación		R.A.F.A	
Quebrada		Desarenador			
Otros	<u>7ALPSON</u>				
Elemento de Tratamiento Secundario	Marcar con una X	Elemento de Tratamiento Terciario	Marcar con una X	Elemento de Tratamiento y Disposición de lodos	Marcar con una X
Filtro Percolador		Desinfección:		Secado en Lechos	
Filtro Gotador con Redimentador		Química: Cloro, Bromo, Yodo, etc.		Secado con calor inducido	
Tanque de Aireación		Física: Filtración, Ebullición, Rayos U.V.		Incineración con Químicos	
Laguna de Estabilización					
Aerobio					
Anaerobio					
Facultativa					
Estado del Sistema	Marcar con una X	Tipo de Planta	Marcar con una X		
Inoperable		Conventional			
Deteriorado		No Conventional			
Incompleto					
Inservible					
Operando					

*R.A.F.A.: Reactor anaeróbico de flujo ascendente

Costo de mantenimiento: _____
 Administración: Municipal / Privada

Rio Patzún
67 Rio concua
80-90%

- patio de lodos
- Cloro
- circuito

- 30" tubo. 8"
- 2 cana bombeo - dispersados
- Rejillas
- Tanque con bomba
- Cilindro con piedra volcánica
- Tanque sedimentación. (Piedra dividida y escurre)

Continuación del apéndice 3.

INFRAESTRUCTURA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Municipio: San Sebastián
 Nombre PTAR: PTAR de Hualqui
 Dirección PTAR: Avda. General Goyeneche a San Raymond
 Número de viviendas que trata: 1.100 Hora pico de trabajo: 8:00 - 17:00 hrs
 Año de construcción: 2003 Año de inicio de operaciones: 2004
 Caudal: 5.7 l/s Capacidad: 1.100 Frecuencia de limpieza: Cada 123
 Uso energía eléctrica: SI / NO Costo mensual: 0

Metric of Quality of Incoming Water	Value	Metric of Quality of Outgoing Water	Value	Type of Treatment	Mark with an X
DBO		DBO		Pre - Limpiar	
DBO5		DBO5		Primario	X
DBO7		DBO7		Secundario	
TSS		TSS		Terciario	
Ammonia Nitrogen		Ammonia Nitrogen			
Phosphorus		Phosphorus			

Sludge Disposal	Mark with an X	Element of Primary Treatment	Mark with an X
River		Pre-limination	
Lake		Grill	X
Slough		Ramets	X
Sludge		Grease Trap	
Sludge		Compensation Tank	
Others		Decanter	

Treatment Element	Mark with an X	Treatment Element	Mark with an X
Secondary		Tertiary	
Perforated Filter		Disinfection:	
Coagulation Filter		Chemical: Chlorine, Bromine, Iodine, etc.	
Aeration Tank		Physical: Filtration, Boiling, U.V. Rays	
Stabilization Pond	X		
Anaerobic			
Others			

System Status	Mark with an X	Plant Type	Mark with an X
Operable		Conventional	X
Inoperable		Non-Conventional	
Partial			
Others			

Element of Disposal and Treatment: Mark with an X
 Disposal in Leach: Mark with an X
 Drying with heat: Mark with an X
 Incineration with Quimicos: Mark with an X

Costo de mantenimiento: 0
 Administración: Municipal / Privada

Efficiency of the plant: 0.19 / 26
 Fecha del levantamiento: 11.8.07

INFRAESTRUCTURA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Municipio: San Juan Sacatepéquez
 Nombre PTAR: PTAR de San Juan Sacatepéquez
 Dirección PTAR: Calle 15 y 16, San Juan Sacatepéquez
 Número de viviendas que trata: 150 Horas pico de trabajo: AD 700 g.
 Año de construcción: 1985 Año de inicio de operaciones: AD 700 g.
 Caudal: 42.5 l/s Capacidad: 600 m³/d Frecuencia de limpieza: cada 2 días
 Uso energía eléctrica: SI/NO Costo mensual: Q. 450

Medición de Calidad del Agua de entrada	Valor	Medición de Calidad del Agua de Salida	Valor	Tipo de Tratamiento	Marcar con una X
DBO		DBO		Pre - liminar	
DQO		DQO		Primario	<input checked="" type="checkbox"/>
Coliformes Totales		Coliformes Totales		Secundario	
Sólidos Suspendedos		Sólidos Suspendedos		Terciario	
Nitrogeno Total		Nitrogeno Total			
Fosforo Total		Fosforo Total			

Desfogos de Agua tratada	Marcar con una X	Elemento de Tratamiento	Marcar con una X
Rio		pre-liminar	<input checked="" type="checkbox"/>
Lago		Rejilla	<input checked="" type="checkbox"/>
Riachuelo		Tamices	
Laguna		Trampa de grasas	
Quebrada		Tanque de Compensación	
Otros	<u>BAJANTE</u>	Desarenador	

Elemento de Tratamiento	Marcar con una X	Elemento de Tratamiento y Disposición de lodos	Marcar con una X
Secundario		Disposición de lodos	<input checked="" type="checkbox"/>
Filtro percolador		Secado en Lechos	
Filtro con sedimentado		Secado con calor inducido	
Tanques de Aireación		Incineración con Químicos	
Laguna de Estabilización			
Aerobias	<input checked="" type="checkbox"/>		
Anaerobias			
Facultativa			

Estado del Sistema	Marcar con una X	Tipo de Planta	Marcar con una X
Inoperable		Conventional	<input checked="" type="checkbox"/>
Deteriorado		No Conventional	
Incompleto			
Inservible			
Operando	<input checked="" type="checkbox"/>		

Elemento de Tratamiento: RA.F.A. Reactor anaeróbico de flujo ascendente
 Elemento de Tratamiento y Disposición de lodos: MANEJO
 Estado del Sistema: Operando
 Tipo de Planta: MANEJO
 Costo de mantenimiento: NO SE PAGA
 Administración: Municipal Privada

Fecha del levantamiento: 11.02.02
 6-12-02