



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

**INVENTARIO Y DIAGNÓSTICO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES EN OPERACIÓN, PÚBLICAS Y PRIVADAS
DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**

Carlos Eduardo Silva Llerena

Asesorado por el Ing. Juan Carlos Linares Cruz

Guatemala, octubre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**INVENTARIO Y DIAGNÓSTICO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES EN OPERACIÓN, PÚBLICAS Y PRIVADAS
DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CARLOS EDUARDO SILVA LLERENA
ASESORADO POR EL ING. JUAN CARLOS LINARES CRUZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016

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	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza
EXAMINADOR	Ing. Juan Ramón Ordóñez Hernández
EXAMINADOR	Ing. Crecencio Benjamín Cifuentes Velásquez
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:

INVENTARIO Y DIAGNÓSTICO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN OPERACIÓN, PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 9 de julio de 2015.

Carlos Eduardo Silva Llerena

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por otorgarme la sabiduría para finalizar esta meta académica e iluminarme en cada paso de mi vida.
- Mis padres** Ingrid Llerena y Carlos de Jesús Silva, pilares de mi vida, por su apoyo incondicional, inspiración y amor siempre, esto es para ellos.
- Mis hermanos** Ixchel, Giancarlo, Angelo, Margie y Stefan Silva Llerena, por estar siempre a mi lado.
- Mis sobrinos** Daniel y Javier Merino y Valentino Silva, por ser una felicidad y cambiar mi vida desde su primer día.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por haberme permitido la educación profesional.
Facultad de Ingeniería	Por enseñarme los principios de ingeniería.
Mis amigos de toda la vida	William Cordón, Stefan Silva y José Carlos Rebelo.
Mi familia BUAP	Andrea Corado, Axel Méndez, Claudia Robles, Felipe Valencia, Carito Guarín, Andrés Ruano, Maritza Ramírez y Diana Rivas.
Mis amigos de la U	Por los buenos momentos y apoyo durante mis estudios.
Asesor	Por compartir su conocimiento y su apoyo en la elaboración de este trabajo.
La Canastilla	Por su amistad, buenos momentos y apoyo.
Fundated	Por confiar en mí y permitirme conocer el mundo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. CAPÍTULO UNO	1
1.1. Ubicación del municipio	1
1.2. Topografía	3
1.3. Hidrografía.....	3
1.4. Clima del municipio	3
1.5. Sistema de tratamiento actual	4
1.5.1. Ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales.....	4
1.6. Fomento al tratamiento y reuso de aguas residuales	7
1.7. Proyectos en curso.....	7
1.8. Inversión y financiamiento	8
2. PROBLEMÁTICA ACTUAL	11
2.1. Normativas de cumplimiento	12
2.1.1. Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto No. 68-86	12
2.1.2. Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo	

	Gubernativo No. 236-2006 y su Reforma, Acuerdo Gubernativo 129-2015	13
2.1.3.	Código de Salud, Decreto No. 90-97.....	16
2.2.	Situación actual de la cobertura y su evolución a futuro, en procesos de PTAR	17
2.3.	Puntos no controlados.....	18
3.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	21
3.1.	Primera fase.....	21
3.1.1.	Revisión bibliográfica	21
3.1.2.	Solicitud de información a instituciones públicas.....	21
3.1.2.1.	Autoridad para el Manejo Sustentable de la cuenca y del lago de Amatitlán (Amsa).....	22
3.1.2.2.	Municipalidad de San Miguel Petapa ...	22
3.1.2.3.	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	22
3.1.2.4.	Instituto de Fomento Municipal (Infom).....	23
3.1.2.5.	Instituto Nacional de Estadística (INE).....	23
3.1.3.	Mancomunidad Gran Ciudad del Sur (MGCS)	23
3.2.	Segunda fase	25
4.	RESULTADOS.....	29
4.1.	PTAR públicas	29
4.2.	PTAR privadas	29
4.3.	Resumen por estado y tipo de proceso.....	30
4.4.	Esquema de los principales procesos de tratamiento	31

4.5.	Presupuesto de operación y mantenimiento de las PTAR.....	31
4.6.	Fuentes de financiamiento para mantenimiento	32
5.	ANÁLISIS	35
5.1.	Cuadros analíticos	35
6.	DISCUSIONES.....	37
	CONCLUSIONES	41
	RECOMENDACIONES	43
	BIBLIOGRAFÍA	45
	APÉNDICES	47
	ANEXOS	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Municipio de San Miguel Petapa	2
2.	Ubicación de las PTAR públicas	5
3.	Ubicación de PTAR privadas	6
4.	Árbol de problema	11
5.	Puntos no controlados en el municipio de San Miguel Petapa.....	20
6.	Esquema de Fuentes del Valle	31

TABLAS

I.	Plantas de tratamiento públicas	4
II.	Ubicación de las plantas de tratamiento privadas	5
III.	Proyectos en ejecución en saneamiento 2016	8
IV.	Resumen de proyectos SNIP	8
V.	Proyectos SNIP por ejecutar 2016	9
VI.	Proyectos SNIP en ejecución 2016	9
VII.	Parámetros contenidos en el reglamento	14
VIII.	Límites máximos permisibles	15
IX.	Cobertura de tratamiento actual 2016	18
X.	Ubicación de los puntos no controlados.....	19
XI.	Formato de toma de datos	24
XII.	Información general.....	25
XIII.	Capacidad, tipo de tratamiento y estado del sistema	26
XIV.	Estado del sistema, tipo de PTAR y coordenadas	27

XV.	Tipo de tratamiento, eficiencia y desfogue.....	27
XVI.	Resumen PTAR públicas en operación.	29
XVII.	Resumen PTAR privadas en operación.....	30
XVIII.	Estado y tipo de proceso	30
XIX.	Presupuesto de mantenimiento por la municipalidad.....	32
XX.	Financiamiento por Amsa	33
XXI.	Financiamiento privado.....	33
XXII.	Cuadro I	35
XXIII.	Cuadro II	36

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
PH	Coeficiente de alcalinidad del agua
Mm	Milímetros de agua

GLOSARIO

Afluente	El agua captada por un ente generador.
Agua residual	Agua que ha recibido uso y cuyas cualidades han sido modificadas.
Alcantarillado público	Conjunto de tuberías y obras accesorias utilizadas por la municipalidad, para recolectar y conducir las aguas residuales de tipo ordinario o tipo especial.
Amsa	Autoridad para el manejo sustentable de la cuenca del lago de Amatitlán.
Caracterización de un efluente	La determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas, incluyendo caudal para los parámetros.
Caracterización de una muestra	La determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas incluyendo caudal para los parámetros requeridos.
Carga	El resultado de multiplicar el caudal por la concentración determinados en un efluente y expresada en kilogramos por día.
Caudal	El volumen de agua por unidad de tiempo.

Coliformes fecales	El parámetro que indica la presencia de contaminación fecal en el agua y de bacterias patógenas, provenientes del tracto digestivo de los seres humanos y animales de sangre caliente.
Cuerpo receptor	Embalse natural, lago, laguna, río, quebrada, humedal, estuario, estero, manglar, pantano, aguas costeras, entre otros.
DBO	Es la medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales, que se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable durante un período de cinco días y una temperatura de veinte grados Celsius.
DQO	Es la medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable en aguas residuales, que se determina por la cantidad equivalente de oxígeno utilizado en la oxidación química.
Dilución	El proceso que consiste en agregar un volumen de agua con el propósito de disminuir la concentración en un afluente de aguas residuales.
Ente generador	La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de

ambas, y cuyo efluente final se descarga a un cuerpo receptor.

Estabilización de lodos

El proceso físico, químico o biológico al que se someten los lodos para acondicionarlos previo a su aprovechamiento o disposición final.

Eutrofización

El proceso de disminución de la calidad de un cuerpo de agua como consecuencia del aumento de nutrientes, lo que a su vez propicia el desarrollo de microorganismos y limita la disponibilidad de oxígeno disuelto que requiere la fauna y flora.

Infom

Instituto de Fomento Municipal.

Límite máximo permisible

El valor asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en las etapas correspondientes para aguas residuales y en aguas para uso y lodos.

Lodos

Los sólidos con un contenido variable de humedad proveniente del tratamiento de aguas residuales.

Manto freático

Capa de roca subterránea, porosa y fisurada que actúa como reservorio de agua que puede ser utilizada por gravedad o por bombeo.

MARN

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

MGCS

Mancomunidad Gran Cuidad del Sur.

MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
Muestra	Parte representativa a analizar, de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos.
Parámetro	La variable que identifica una característica de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos, asignándole un valor numérico.
Punto de descarga	El sitio en el cual el efluente de aguas residuales confluye en un cuerpo receptor o con otro efluente de aguas residuales.
PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales.
QGIS	Sistema de información geográfica.
Reuso	El aprovechamiento de un efluente tratado.
Segeplan	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia.
SNIP	Sistema Nacional de Inversión Pública.
Tratamiento de aguas residuales	Cualquier proceso físico, químico, biológico o una combinación de los mismos, utilizado para mejorar las características de las aguas residuales.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se presenta la ubicación geográfica de las plantas de tratamiento de aguas residuales, a través de un inventario, en donde se determinó cuales son de administración pública y privada, como también las que están en operación en el municipio de San Miguel Petapa, con la finalidad de contabilizar y determinar la cobertura de sistemas de tratamiento de las aguas servidas del municipio, las cuales son vertidas a ríos que desembocan en el lago de Amatitlán.

La ubicación de cada PTAR en jurisdicción del municipio son georreferenciados en mapas 1:50,000 con coordenadas cartesianas, implementando el sistema de información geográfica Quantum GIS para la georreferenciación de las ubicaciones de las PTAR privadas y públicas.

Se obtuvo el apoyo de la Coordinación de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, obteniendo información relevante, obteniendo los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de varias plantas de tratamiento, obteniendo un aporte importante para el desarrollo de la investigación, así como también se determinaron conjuntamente los puntos de muestreo inicial, intermedio y final en cada uno de los ríos de interés, para determinar las descargas aprobadas y clandestinas, siendo estos los ríos, Platanitos, Villalobos y río Pinula.

"Se determina el porcentaje de cobertura del municipio de San Miguel Petapa, relacionado a los sistemas de tratamiento de aguas residuales, alcanzando este un 13,68 %, valor bajo y deficiente para cubrir las necesidades

de saneamiento en el municipio, se realizó un comparativo con información¹ habitacional de cada centro poblado que cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales.

También se calculó el porcentaje de operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el municipio, el cual se encuentra en 75 % esto quiere decir que tres de cada cuatro PTAR construidas en el municipio presentan funcionamiento en la actualidad.

“Se presentan los proyectos disponibles en Sistema Nacional de Inversión Pública SNIP,”² los cuales se encuentran en cartera y ejecución para el 2016, en el municipio de San Miguel Petapa, dentro de los cuales se incluyen los proyectos de saneamiento mostrando un bajo número de ejecución para dicha categoría de proyectos.

¹ INE. *Censo Habitacional*. p. 37.

² Segeplan, SNIP. *Proyectos en Cartera y Ejecución*. p. 88.

OBJETIVOS

General

Realizar un inventario y diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales públicas y privadas que se encuentran en jurisdicción del municipio de San Miguel Petapa.

Específicos

1. Realizar un inventario de las PTAR ubicadas en el municipio de San Miguel Petapa.
2. Georeferenciar las PTAR en su jurisdicción.
3. Determinar la persona, individual o jurídica, pública o privada, responsable de la administración de cada planta.
4. Establecer el porcentaje que se encuentra en operación así como el que no opera actualmente.
5. Conocer el tipo de mantenimiento que recibe cada planta.
6. Establecer el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 236-2006 de aguas residuales, así como el Código Municipal y de Salud.

INTRODUCCIÓN

El lago de Amatitlán ha jugado un papel importante en la expansión de la zona metropolitana del departamento de Guatemala, sin embargo, durante décadas se ha utilizado como un ente receptor de la descarga de las aguas residuales, desechos sólidos y otras, por lo que se encuentra en niveles críticos de contaminación; la cantidad de agua sin tratar que llega diariamente es alarmante, por lo que el lago se encuentra en riesgo de convertirse en un pantano.

La Autoridad para el manejo sustentable de la cuenca y del lago de Amatitlán (Amsa), ente encargado de buscar soluciones para el mejoramiento en saneamiento de la cuenca y del lago, realiza esfuerzos para tratar las aguas residuales antes de ser depositadas en este cuerpo receptor, sin embargo, muchas áreas del municipio no cuentan con suficientes sistemas para tratar sus aguas servidas por lo que son directamente depositadas a los ríos, puntos clandestinos, los cuales a su vez llegan al lago para acrecentar el problema.

En la actualidad Guatemala cuenta con un reglamento para el tratamiento de aguas residuales, “*Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos*” Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, tiene por objetivo establecer criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reuso de aguas residuales, así como la disposición de lodos, para ello cada entidad responsable tales como municipalidades deben elaborar un estudio técnico, el cual debe caracterizar las descargas.

El municipio de San Miguel Petapa forma parte de la Mancomunidad del Sur, la cual busca soluciones a los problemas de los municipios del sur del departamento de Guatemala.

En el proyecto de investigación que se llevó a cabo en el municipio de San Miguel Petapa, se realizó un inventario de las plantas de tratamiento de aguas residuales que existen en dicho municipio, enfocándose en las que se encuentran en operación, en donde se determinó cuales son públicas y privadas, siendo la finalidad conocer el estado de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), se georreferenció la ubicación a través del programa de información geográfica Quantum GIS en un plano cartográfico del municipio.

"A través del Censo habitacional efectuado por el INE"³ en 2002, se realizó un cálculo para la estimación de la cobertura y el porcentaje de uso de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) producidas por los habitantes del municipio.

La inversión de financiamiento en proyectos de saneamiento es de gran importancia para la degradación de la contaminación que se descarga en los cuerpos receptores (ríos y lago de Amatitlán) del municipio. "A través del portal de la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (Segeplan) y el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP)",⁴ se obtiene los montos de inversión para el financiamiento de los proyectos de saneamiento en el municipio de San Miguel Petapa para el 2016, mostrando un registro bajo en esa área para ese año fiscal.

³ INE. *Censo Habitacional*. p. 41.

⁴ Segeplan, SNIP. *Proyectos en Cartera y Ejecucion*. p. 91.

1. CAPÍTULO UNO

En este capítulo se presenta la monografía del municipio de San Miguel Petapa, el cual busca establecer y conocer las características del municipio, con el fin de conocer su topografía, hidrografía y la situación de proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales en el municipio.

1.1. Ubicación del municipio

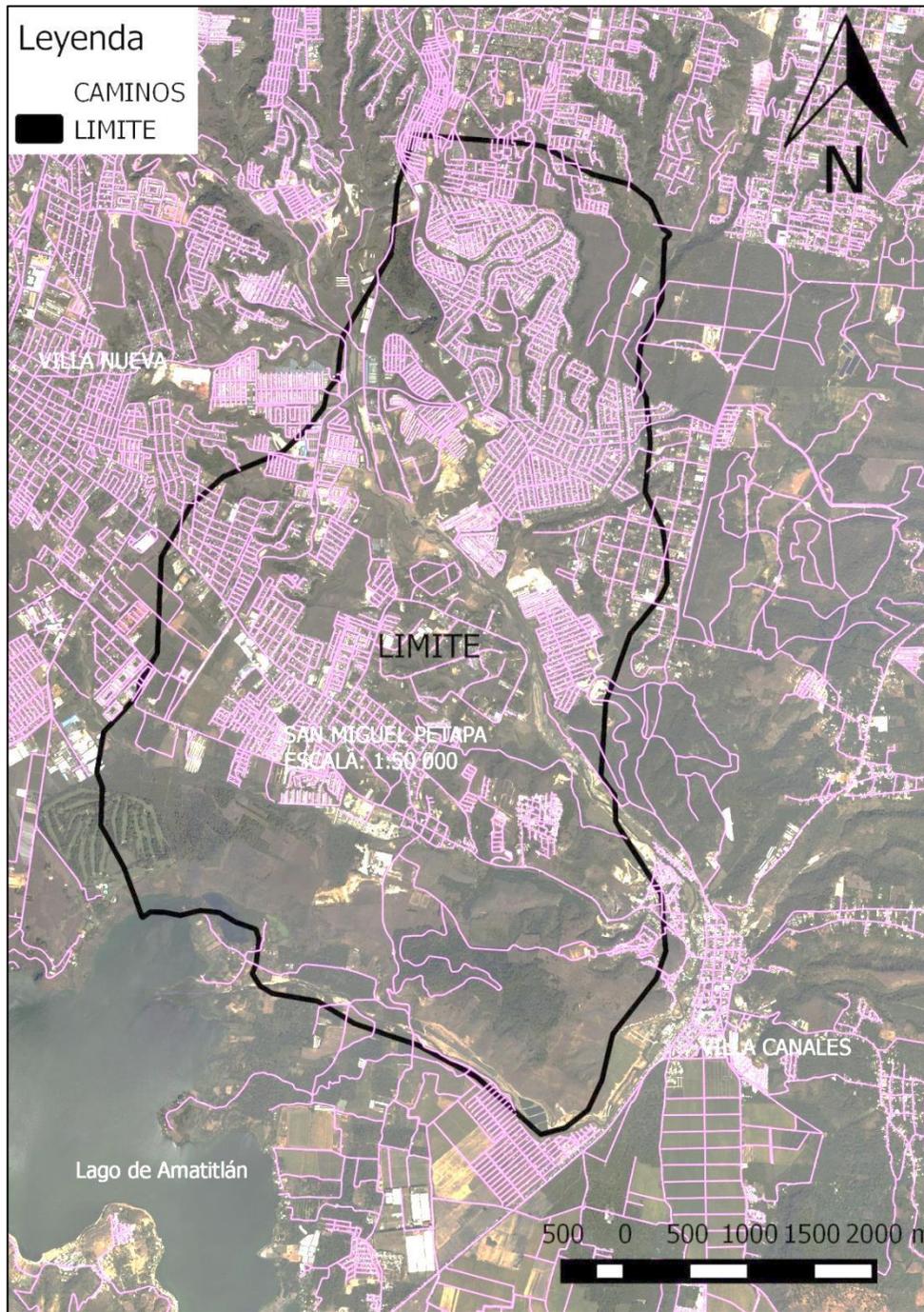
El municipio de San Miguel Petapa es el más pequeño del departamento de Guatemala, se encuentra ubicado en la Región 1 de la República, la cual lo conforma el departamento de Guatemala, el cual limita al norte con Baja Verapaz, al este con Sacatepéquez y Chimaltenango, al sur con Escuintla y Santa Rosa, al oeste con El Progreso y Jalapa. Dentro del departamento, este se encuentra al suroriente del mismo.

Limita al norte y este con el municipio de Villa Nueva, al oeste con el municipio de Villa Canales y al sur con el lago de Amatitlán, sus coordenadas latitud 14°30'06" N longitud 90°33'37" O su altitud promedio es de 1,285 msnm.

Tiene una extensión territorial de 24.64 km² la cual pertenece a la cuenca del lago de Amatitlán, se encuentra a una distancia de 20 km de la cabecera departamental y cuenta con 156 788 habitantes.⁵

⁵ Segeplan. *Plan de Desarrollo Municipal de San Miguel Petapa 2010-2025*.

Figura 1. **Municipio de San Miguel Petapa**



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS utilizando límites del IGN.

1.2. Topografía

El municipio de San Miguel Petapa se encuentra formado por un pueblo, 53 colonias, 1 aldea 4 fincas, 2 asentamientos 4 caseríos, 1 residencial, 2 condominios y un paraje.

Su topografía es peculiar pues es la transición de las montañas del Valle de la Ermita hacia las planicies de Escuintla. Se presentan quebradas, planicies y bajas montañas.

Su topografía es principalmente llana a excepción del Cerro Gordo, el cual se encuentra ubicado al sur del municipio.

1.3. Hidrografía

“En el municipio se encuentran de norte a sur los ríos Pínula, Villalobos y Platanitos. Todos se integran al río Villalobos el cual desemboca en el lago de Amatitlán. El río a su vez sirve como límite municipal con Villa Canales. En San Miguel Petapa se pueden identificar riachuelos, quebradas y algunos manantiales, el más conocido, Ojo de Agua, en el cual se capta agua potable para ser utilizada por la población local”⁶.

1.4. Clima del municipio

Se caracteriza por un clima tropical, templado, de acuerdo con Koppen y Geiger se encuentra clasificado como Aw (Tropical de Sabana); la temperatura

⁶ Municipalidad de San Miguel Petapa. *Estudio técnico de San Miguel Petapa.*

media anual es de 21.1 °C , con una precipitación anual de 1 198 mm su temperatura mínima a la largo del año es de 14 °C y la máxima de 28,3 °C.

1.5. Sistema de tratamiento actual

En la siguiente tabla se muestran las PTAR existentes en el municipio con su respectiva ubicación geográfica.

1.5.1. Ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales

Consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano.

Tabla I. Plantas de tratamiento públicas

Núm.	Nombre de la PTAR	Municipio	Ubicación	Latitud	Longitud
1	La Cerra	San Miguel Petapa	1 Ave. Finca Santa Teresa	14,474065	-90,547784
2	Los Arcos	San Miguel Petapa	Residencial los Arcos, Sector I	14,492898	-90,560530
3	Desembocadura	San Miguel Petapa	Playa de Oro, Final río Villalobos	14,481424	-90,573759

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. **Ubicación de las PTAR públicas**



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS.

En la tabla II se muestran las plantas de tratamiento de aguas residuales de administración privada existentes en el municipio de San Miguel Petapa, mostrando sus coordenadas geográficas y dirección.

Tabla II. **Ubicación de las plantas de tratamiento privadas**

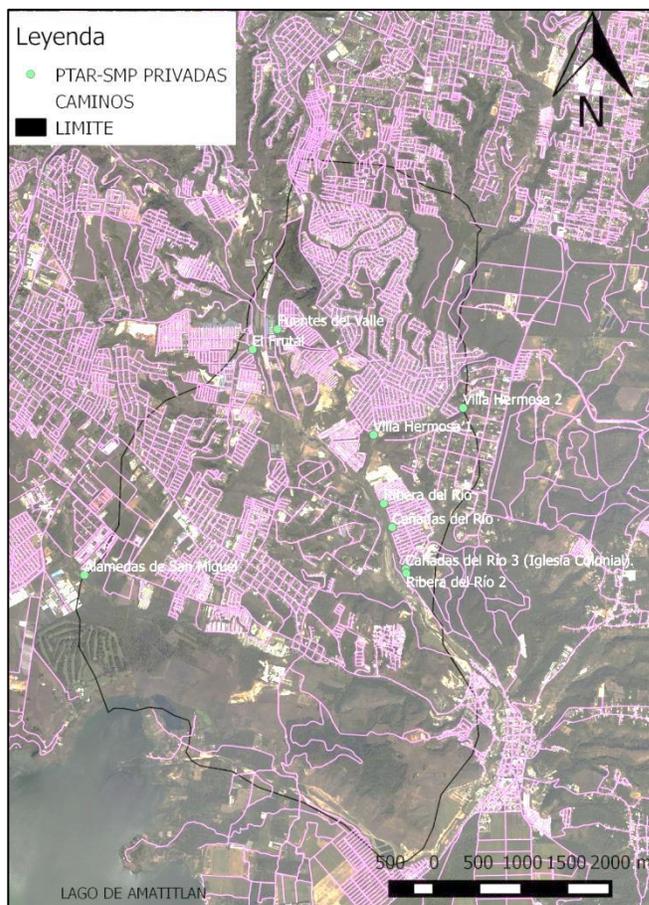
Núm.	Nombre de la PTAR	Municipio	Ubicación	Latitud	Longitud
1	Cañadas del Río	San Miguel Petapa	19 Ave. Final, colonia Cañadas del Río	14,50561234	-90,54690796
2	Ribera del Río	San Miguel Petapa	1 Ave. Final colonia Ribera del Río 1	14,50806985	-90,54778968
3	Villa Hermosa 1	San Miguel Petapa	Final colonia Villa Hermosa 1	14,51510996	-90,54888061
4	Villa Hermosa 2	San Miguel Petapa	Final colonia Villa Hermosa 2	14,51788397	-90,53943724
5	El Frutal	San Miguel Petapa	Intersección Calle Real de Petapa y río Platanitos	14,523881	-90,561631

Continuación de la tabla II.

6	Cañadas del Río 3 (Iglesia Colonial)	San Miguel Petapa	1 Ave. 1 Calle zona 13	14,501343	-90,545488
7	Alamedas de San Miguel	San Miguel Petapa	Condominio Alamedas de San Miguel	14,500715	-90,579351
8	Ribera del Río 2	San Miguel Petapa	12 Ave. Final colonia Ribera del Río II	14,500894	-90,545432
9	Fuentes del Valle	San Miguel Petapa	Final colonia Fuentes del Valle 1	14,525965	-90,559016

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Ubicación de PTAR privadas



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS.

1.6. Fomento al tratamiento y reuso de aguas residuales

El municipio no cuenta con un fomento al tratamiento del agua residual, es decir, no exige la construcción de PTAR o contempla planes de información y divulgación para la concientización de la población en esta área.

En este aspecto, cabe mencionar, que el municipio de San Miguel Petapa no cuenta con un plan estratégico de construcción en el que se exija dentro de las construcciones el tratamiento de las aguas residuales, por lo que es un asunto de interés para tratar; la Ley de Ambiente, específicamente en el artículo 15 se hace referencia al sistema hídrico nacional, en donde el Gobierno se puede amparar para exigir la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales para la protección del medio ambiente.

1.7. Proyectos en curso

En el contexto actual se encuentra en proceso de diseño dos plantas de tratamiento de aguas residuales, dichas plantas se estima que darán servicio a aproximadamente 20 000 vecinos, con esto la Municipalidad de San Miguel Petapa de la mano de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, busca reducir los niveles de contaminantes que son depositados diariamente al río Villalobos que a su vez descarga en el lago de Amatitlán, de esta forma estar más cerca de cumplir con la normativa vigente en el país.

Se encuentra en fase de ejecución el alcantarillado de la colonia El Deseo, El proyecto consistirá en la construcción del sistema de alcantarillado sanitario de la colonia. Los trabajos consistirán en la introducción del sistema de alcantarillado, planta de tratamiento, desfogue, reposición de carpeta de rodadura, reacondicionamiento de subrasante, conformación de base, bordillo y

carpeta de rodadura, el monto de dicho proyecto es de Q 1 746 591,00 el cual comenzó en enero de 2016.

Otro proyecto en curso es construcción sistema de alcantarillado sanitario paraje Las Palmas, este por otro lado no contempla dentro de la planificación presupuestaria la construcción de su respectiva planta de tratamiento.

Tabla III. Proyectos en ejecución en saneamiento 2016

Núm.	Proyecto	Ubicación	Ente Encargado	Monto (Q)
1	Alcantarillado Y PTAR	Colonia El Deseo	Municipalidad	1 746 591,00
2	PTAR	Río Villalobos	MGCS	Sin Información
3	PTAR	Río Villalobos	MGCS	Sin Información
4	Alcantarillado	Paraje Las Palmas	Municipalidad	2 300 000,00

Fuente: SNIP y MGCS.

1.8. Inversión y financiamiento

De acuerdo a Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (Segeplan) y al Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) se encuentran varios proyectos en cartera para 2016 (tabla IV) en el municipio de San Miguel Petapa, los cuales tienen un código, nombre y el monto a ejecutar para cada proyecto que la Secretaría lleva control.

Tabla IV. Resumen de proyectos SNIP

	Monto	Núm. de Proyectos
Proyectos de Infraestructura	Q10 350 310,00	11
Proyectos de Saneamiento	Q 4 046 591,00	2
Total	Q14 396 901,00	13

Fuente: Sistema Nacional de Inversión Pública.

Tabla V. Proyectos SNIP por ejecutar 2016

Núm.	Código	Nombre	Función	Programado (Q)	Fecha inicio	Fecha final
1	179721	Conservación Mantenimiento y Protección de Área de Reserva Natural La Cerra, San Miguel Petapa, Guatemala	Medio ambiente	1 276 100,88	01-jan-16	31-dec-16
2	179664	Conservación Recuperación y Mejoramiento de Áreas Verdes Urbanas y Rurales se San Miguel Petapa, Guatemala	Medio ambiente	2 554 506,32	01-jan-16	31-dec-16
3	172318	Construcción Sistema de Agua Potable Aldea Playa de Oro, San Miguel Petapa, Guatemala	Agua y saneamiento	1 526 178,28	01-feb-16	31-dec-16
4	170924	Construcción Sistema de Alcantarillado Sanitario colonia El Deseo, San Miguel Petapa, Guatemala	Agua y saneamiento	1 746 591,00	01-jan-16	31-dec-16
5	170972	Construcción Sistema de Alcantarillado Sanitario Paraje Las Palmas, San Miguel Petapa, Guatemala	Agua y saneamiento	2 300 000,00	01-jan-16	31-dec-16
6	179888	Manejo de Extracción de Basura Limpieza y Ornato en el municipio de San Miguel Petapa, Guatemala	Medio ambiente	900 000,00	01-jan-16	31-dec-16
7	179524	Manejo de servicios de agua potable, alcantarillado y drenaje del municipio de San Miguel Petapa, Guatemala	Agua y saneamiento	6 452 847,80	01-jan-16	31-dec-16
8	179914	Manejo y abastecimiento de agua potable a comunidades, obras municipales y áreas verdes de San Miguel Petapa, Guatemala	Agua y saneamiento	1 200 000,00	01-jan-16	31-dec-16

Fuente: Segeplan, SNIP.

En la tabla VI se muestran todos los proyectos en ejecución para 2016, en el municipio de Petapa, disponibles en el portal de Segeplan.

Tabla VI. Proyectos SNIP en ejecución 2016

Núm.	Código	Nombre	Función	Asignado (Q)	Fecha Inicio	Fecha Final
1	185498	Ampliación escuela primaria (AEOUM) Prados de Villa Hermosa, San Miguel Petapa, Guatemala	Educación	484 533,38	01-may-16	31-dec-16
2	185501	Ampliación Escuela Primaria Sector 8, Villa Hermosa, San Miguel Petapa, Guatemala	Educación	871 494,41	01-may-16	31-dec-16
3	185499	Ampliación Escuela Primaria Villa Hermosa 2, San Miguel Petapa, Guatemala	Educación	182 498,45	01-may-16	31-dec-16

Continuación de la tabla VI.

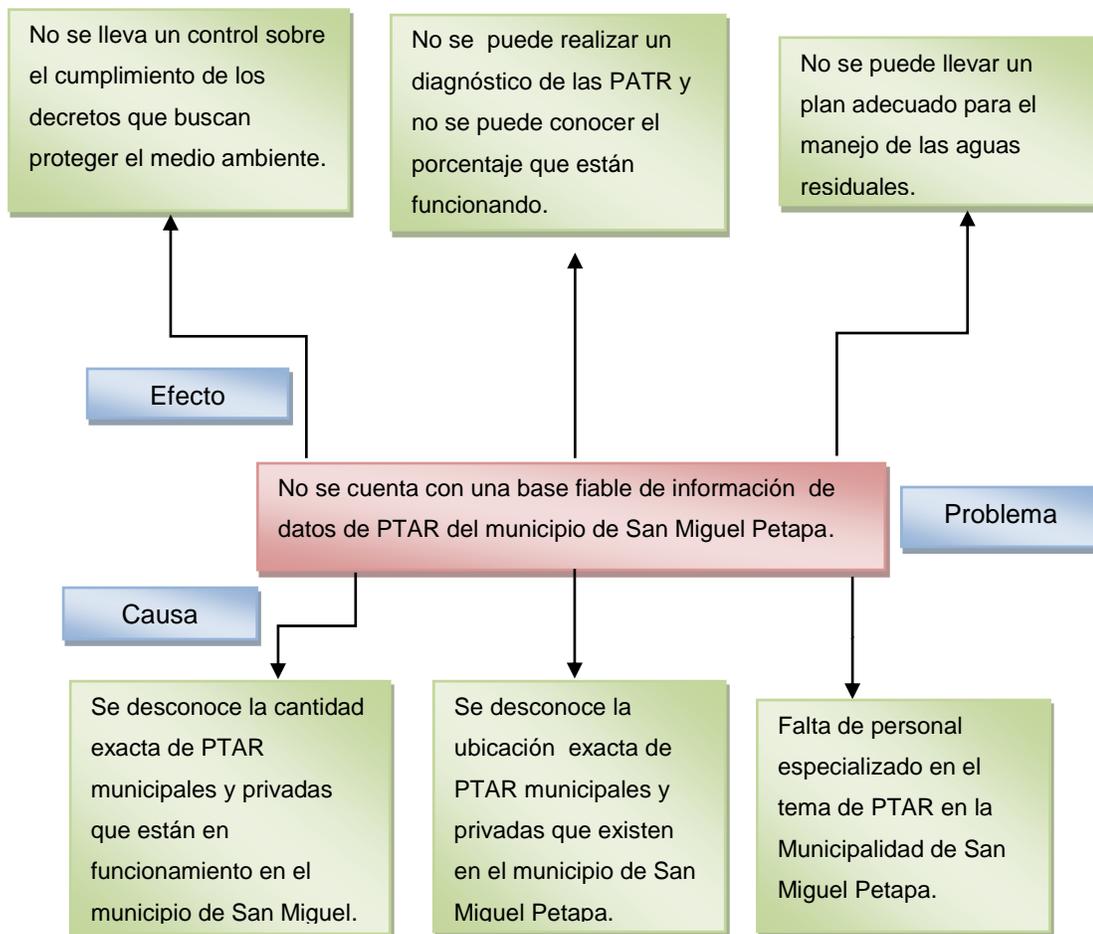
4	185500	Ampliación Instituto Básico Por Cooperativa Prados de Villa Hermosa, San Miguel Petapa, Guatemala	Educación	899 769,07	01-apr-16	31-dec-16
5	186306	Ampliación Instituto Básico Tecnológico de Villa Hermosa 2, San Miguel Petapa, Guatemala	Educación	1 088 849,60	01-may-16	31-dec-16
6	170971	Construcción Gaviones en el río Pinula Sector II y IV de Villa Hermosa I, San Miguel Petapa, Guatemala	Desarrollo urbano y rural	3 172 793,00	01-jan-16	31-dec-16
7	133508	Construcción mercado fase III 2a. avenida y 0 calle esquina zona 2 de la cabecera municipal de San Miguel Petapa	Desarrollo urbano y rural	199 500,00	01-apr-16	31-dec-16
8	133449	Mejoramiento calle colonia Villas de Petapa, San Miguel Petapa	Desarrollo urbano y rural	660 000,00	01-apr-16	31-dec-16
9	154130	Mejoramiento Centro de Salud Villa Hermosa, San Miguel Petapa	Salud y asistencia social	900 000,00	01-may-16	31-dec-16
10	186668	Mejoramiento Escuela Preprimaria Sector 8 de Villa Hermosa 1, San Miguel Petapa, Guatemala	Educación	1 344 693,09	01-may-16	31-dec-16
11	186772	Mejoramiento Instituto Básico INEB, San Miguel Petapa, Guatemala	Educación	1 526 179,00	01-may-16	31-dec-16

Fuente: Segeplan, SNIP.

2. PROBLEMÁTICA ACTUAL

En este capítulo se presenta una descripción de la situación actual de la municipalidad en no contar con la información en cuanto al tratamiento de aguas residuales, así como las diferentes normativas a seguir para su tratamiento y disposición final.

Figura 4. **Árbol de problema**



Fuente: elaboración propia.

2.1. Normativas de cumplimiento

En cuanto a normativas de cumplimiento referente a las aguas residuales se pueden mencionar: *Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos* Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, y su reforma con el Acuerdo Gubernativo 129-2015, Código de Salud, Código Municipal, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente Decreto 68-86.

2.1.1. Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto No. 68-86

Considerando que la protección y mejoramiento del medio ambiente y los recursos naturales y culturales es fundamental para el logro de un desarrollo social y económico del país, de manera sostenida; que la situación de los recursos naturales y el medio ambiente en general en Guatemala ha alcanzado niveles críticos de deterioro, que inciden directamente en la calidad de vida de los habitantes y ecosistemas del país. Obligando a tomar acciones inmediatas y así garantizar un ambiente propicio para el futuro, se dispone el presente decreto.

El Decreto 68-86 tiene como objetivos la protección, conservación y mejoramiento de los recursos naturales del país, así como la prevención del deterioro y mal uso o destrucción de los mismos. También considera salvar y restaurar aquellos cuerpos de agua que estén amenazados o en grave peligro de extinción.

2.1.2. Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 y su Reforma, Acuerdo Gubernativo 129-2015

En referencia al *reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos* Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, y su reforma con el “Acuerdo Gubernativo 129-2015, tiene por objetivo establecer criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reuso de aguas residuales, así como la disposición de lodos, en él se establecen los plazos y sus respectivos parámetros a cumplir para los contaminantes en las descargas, originalmente se establecía para mayo 2015, se llevaría a cabo la primera evaluación, sin embargo, por medio de la Reforma Acuerdo Gubernativo 129-2015, extendiéndolo hasta mayo de 2017, es decir, se les otorga a las diferentes entidades dos años de prórroga para llegar a los niveles de un tratamiento primario para todas las aguas residuales, antes de ser depositadas en los diferentes puntos de descarga.

Este acuerdo tiene por objetivo:

- Proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana.
- Recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización.
- Promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada.

En el Artículo 3 del reglamento se establece que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales es el competente para su aplicación a nivel nacional. Estos parámetros se encuentran contenidos dentro del reglamento y

constituyen el punto de evaluación de las aguas servidas, se analizan en la entrada así como en la salida de las plantas de tratamiento, los parámetros de aguas residuales contenidos en el reglamento son los siguientes:

Tabla VII. Parámetros contenidos en el reglamento

a) Temperatura	f) Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius, (DBO)	k) Cadmio	p) Níquel
b) Potencial de hidrógeno	g) Demanda química de oxígeno (DQO)	l) Cianuro total	q) Plomo
c) Grasas y aceites	h) Nitrógeno total	m) Cobre	r) Zinc
d) Materia flotante	i) Fósforo total	n) Cromo hexavalente	s) Color
e) Sólidos suspendidos Totales	j) Arsénico	o) Mercurio	t) Coliformes fecales

Fuente: Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Límites máximos permisibles de descargas a cuerpos receptores para aguas residuales municipales y de urbanizaciones no conectadas al alcantarillado público. La tabla VIII contiene estos parámetros a ser comparados con los análisis de las aguas residuales obtenidos de los muestreos, se debe comparar antes de ser dispuestos en un cuerpo receptor, contiene cuatro etapas de cumplimiento siendo la primera en mayo de 2017. En cada etapa actualiza y reduce la cantidad de contaminantes que puede contener el agua residual antes de llegar al cuerpo receptor.

Tabla VIII. Límites máximos permisibles

Parámetros	Dimensionales	Valores Iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			Dos de mayo de dos mil diecisiete	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	<1x10 ⁸	<1x10 ⁷	<1x10 ⁴	<1x10 ⁴	<1x10 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	1 500	1 000	750	500	500

Fuente: Acuerdo Gubernativo 129-2015.

En cuanto al sistema hídrico nacional se establece que el Gobierno debe velar por el mantenimiento de la cantidad de agua para el uso humano, así como evaluar la calidad de las aguas y sus posibilidades de aprovechamiento, mediante análisis periódicos de sus características físicas, químicas y biológicas.

También es responsable de revisar permanentemente los sistemas de disposición de aguas servidas o contaminadas para que cumplan con las normas de higiene y saneamiento ambiental.

Se consideran sanciones, desde advertencia hasta multas o demoliciones de construcciones violatorias, sin embargo, permite extender estas medidas si la comisión lo considera apropiado.

2.1.3. Código de Salud, Decreto No. 90-97

El código de salud tiene como objetivo salvaguardar la salud de los habitantes de la República, para ello dispone en su reglamento diferentes aspectos para velar por dicha salud.

Entre los artículos, en relevancia al presente estudio, destaca la sección III de la eliminación y disposición de excretas y aguas residuales. 7

Artículo 95. Disposición de excretas

Queda prohibida la disposición insanitaria de excretas en lugares públicos, terrenos públicos, terrenos comunales y baldíos. La contravención a esta disposición será sancionada por la autoridad municipal respectiva, de conformidad con el Código Municipal, los reglamentos municipales y el presente Código.”

Artículo 96. Construcción de obras de tratamiento

“Es responsabilidad de las Municipalidades o de los usuarios de las cuencas o subcuencas afectadas, la construcción de obras para el tratamiento de las aguas negras y servidas, para evitar la contaminación de otras fuentes de agua: ríos, lagos, nacimientos de agua. El Ministerio de Salud deberá brindar asistencia técnica en aspectos vinculados a la construcción, funcionamiento y mantenimiento de las mismas.”

Artículo 97. Descarga de aguas residuales

“Queda prohibido la descarga de contaminantes de origen industrial, agroindustrial y del uso de aguas residuales que no hayan sido tratadas sin previo dictamen favorable del Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente (Conama) y la autorización del Consejo Municipal de la jurisdicción o jurisdicciones municipales afectadas. Dicho dictamen debe ser emitido en un

plazo que no exceda a los que establezca el reglamento respectivo. Se prohíbe, asimismo, la descarga de aguas residuales no tratadas en ríos, lagos, riachuelos y lagunas o cuerpos de agua, ya sean estos superficiales o subterráneos.

2.2. Situación actual de la cobertura y su evolución a futuro, en procesos de PTAR

Para el caso del municipio de San Miguel Petapa la situación es poco alentadora, pues actualmente la municipalidad cuenta únicamente con una planta de tratamiento, esta fue intervenida por la municipalidad, dicha planta se encuentra en el Residencial Fuentes del Valle I, ubicada en la 7 av. "A" final 27-92 zona 7, San Miguel Petapa, cabe mencionar que esta recibe agua residual de los Residenciales Altos de Fuentes 1, 2 y 3 y tiene como punto de descarga el río Villalobos. A pesar de ser la única planta de tratamiento de aguas residuales a cargo de la municipalidad esta no es la única, el municipio cuenta con varias plantas de tratamiento privadas y otras públicas que se encuentran a cargo de La Autoridad para el Manejo Sustentable de la cuenca y lago de Amatitlán (Amsa).

Según datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística (INE) el municipio cuenta con 26 721 inmuebles.

En la tabla IX se muestra el número de viviendas con las que cuentan con tratamiento de sus aguas residuales, todas las siguientes son privadas ya que las públicas a cargo de Amsa toman el agua de los ríos por lo que no es un tratamiento directo para las viviendas.

Tabla IX. **Cobertura de tratamiento actual 2016**

Núm.	Nombre de PTAR	Núm. de viviendas	Cobertura en %
1	El Frutal	113	0,4229
2	Fuentes del Valle	937	3,5066
3	Alamedas de San Miguel	397	1,4857
4	Ribera del Río 2	1 611	6,0289
5	Ribera del Río		
6	Cañadas del Río	600	2,2454
7	Cañadas del Río 3 (Iglesia Colonial)		

Fuente: Censo INE.

Esto da una cobertura total del tratamiento de aguas residuales domésticas de 13,68 % sin tomar en cuenta las plantas de Cañadas del Río y Cañadas del Río 3, las cuales por falta de información no fue posible contabilizar en esta tabla. Sin embargo, también se debe tomar en cuenta el estado de cada una de las plantas.

En esta estimación no se toma en cuenta la PTAR La Cerra debido que el ingreso afluente proviene directamente del río Villalobos.

A pesar de ello se tienen varios puntos de descarga no controlados, según la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur (MGCS), en el municipio de San Miguel Petapa existen puntos de descarga identificados, los cuales llegan a diferentes ríos dentro del municipio sin tratamiento alguno.

2.3. Puntos no controlados

“Se entiende por puntos no controlados a todos aquellos desagües de colectores que no cuentan con tratamiento alguno. Estos puntos generalmente están ubicados al final de los centros poblados, en los barrancos del área

urbana, para el municipio de San Miguel Petapa estos son los ríos, Platanitos, Villalobos y río Pínula (ver figura 5)⁷.

Se tienen identificados varios puntos no controlados dentro del municipio, los cuales diariamente son finalmente llevados al lago de Amatitlán por los ríos, sin embargo, por razones de presupuesto y ubicación se llevó a analizar 9 puntos, esto debido a que todos los puntos de desfogue no controlados están sobre el cauce de 3 ríos, por lo que la municipalidad planteó realizar muestreos al inicio, intermedio y final de los mismos.

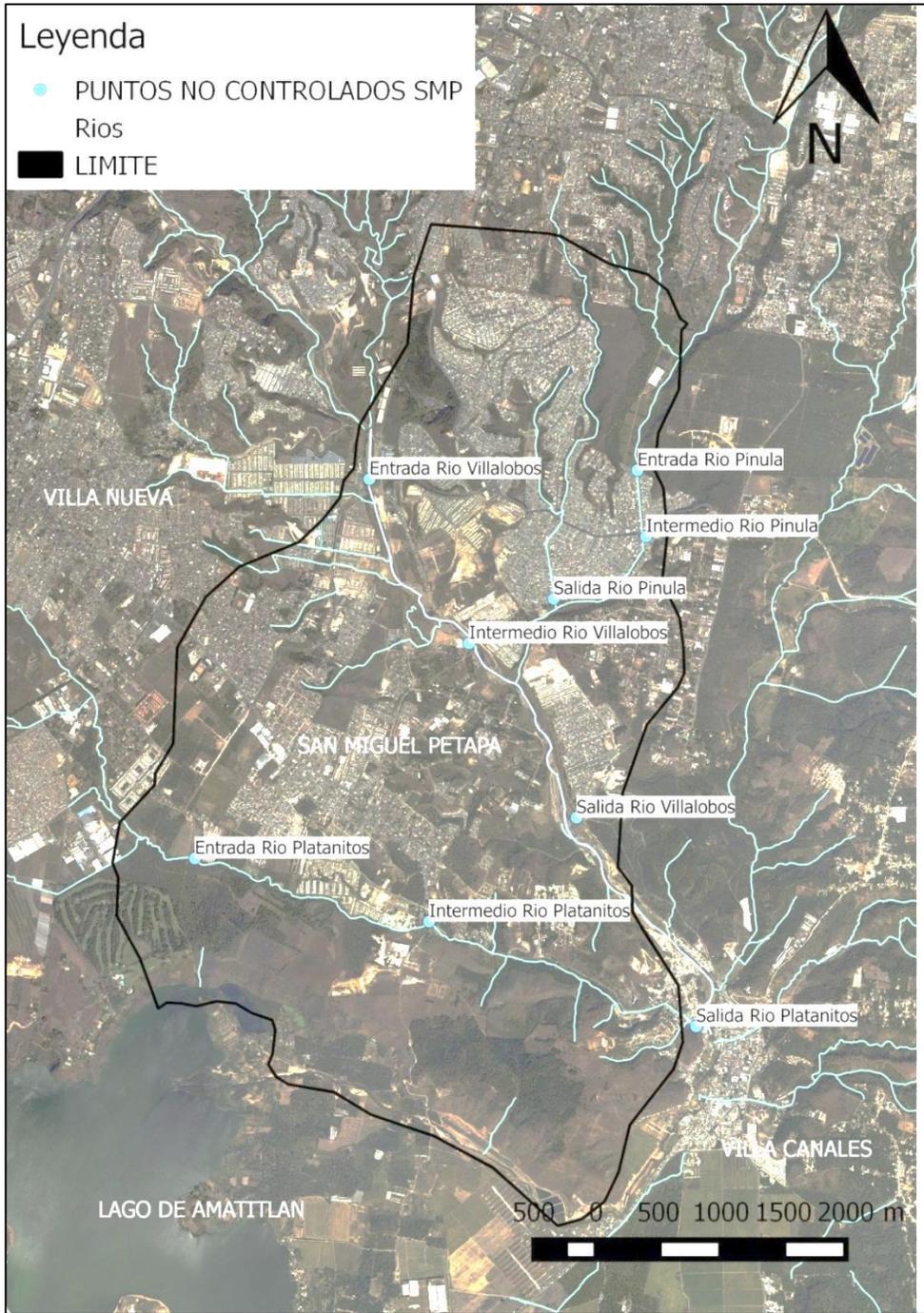
Tabla X. **Ubicación de los puntos no controlados**

Núm.	Punto de muestreo	Ubicación	Latitud	Longitud
1	Entrada río Pinula	Entrada Villa Hermosa	14,525633	-90,541197
2	Intermedio río Pinula	Gasolinera Villa Hermosa 2	14,520833	-90,540559
3	Salida río Pinula	Salida Pinula	14,516317	-90,547423
4	Entrada río Villalobos	Tubac	14,524991	-90,561133
5	Intermedio río Villalobos	Granja Las Joyas	14,513087	-90,553719
6	Salida río Villalobos	Salida Villa Lobos	14,500450	-90,545723
7	Entrada río Platanitos	Finca El Carmen Guillén	14,497488	-90,574112
8	Intermedio río Platanitos	Entrada a La Cerra	14,492913	-90,556687
9	Salida Rio Platanitos	Salida de San Miguel Petapa	14,485321	-90,536825

Fuente: *Estudio Técnico de descargas, San Miguel Petapa.*

⁷ Municipalidad de San Miguel Petapa. *Estudio técnico de San Miguel Petapa.*

Figura 5. Puntos no controlados en el municipio de San Miguel Petapa



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS.

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

A continuación se describen el método y los diferentes mecanismos utilizados para la elaboración de la presente investigación.

3.1. Primera fase

A continuación de se describe la primera fase de la metodología de investigación para el proyecto.

3.1.1. Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión en las diferentes bases de datos tanto internas de la Facultad de Ingeniería, así como de entidades externas y los resultados arrojan que no existe una investigación de este tipo, es decir, a excepción del trabajo de investigación del ingeniero Adán Pocasangre, la cual identifica algunos sistemas de tratamiento en 1985, no existe un trabajo de esta índole para el municipio de San Miguel Petapa, tomando en cuenta que más del 75 % del territorio de Petapa es urbano se convierte en una prioridad para su desarrollo.

3.1.2. Solicitud de información a instituciones públicas

Para poder recopilar la información existente de las diferentes instituciones públicas y autónomas se realizó dicha solicitud según fuese necesario:

3.1.2.1. Autoridad para el Manejo Sustentable de la cuenca y del lago de Amatitlán (Amsa)

Institución donde se solicitó información correspondiente a las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales que ellos tienen en sus bases de datos, para ello se estableció comunicación escrita con la unidad de Desechos Líquidos, dicha misiva fue dirigida al arquitecto Roberto Lobo para hacer oficial la solicitud de dicha información, pudiéndose recabar información sobre algunas plantas de tratamiento, especialmente de las cuales ellos tienen control.

3.1.2.2. Municipalidad de San Miguel Petapa

Siendo esta una entidad con interés en la realización de dicha investigación, se les solicito, al igual que a Amsa la información que ellos poseen sobre el tratamiento de las aguas en su municipio, esta carta fue dirigida al señor Luis Alberto Barrillas Vásquez, quien fungiera como alcalde del municipio para el período 2012-2016, en dicha comunicación, se logró oficializar la relación con la dependencia de Servicios Públicos de la Municipalidad, con la que posteriormente se obtuvo la información de que municipalidad no posee plantas de tratamiento de aguas residuales propias, así como un listado de las diferentes áreas residenciales del municipio con sus respectivos Cocodes. El número del acta de resolución por parte de la municipalidad corresponde al 107-2015.

3.1.2.3. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

Con respecto a este importante ministerio se utilizó la Ley de Acceso a la Información, a través la oficina designada para el cumplimiento de dicha ley, se

solicitó información con respecto a proyectos de tratamiento del agua servida y cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 2-36 2006, y su respectiva reforma, de la cual no se obtuvo mayor información por parte del órgano responsable de velar por el cuidado del agua en el país.

3.1.2.4. Instituto de Fomento Municipal (Infom)

El acercamiento que se tuvo con el Infom fue directamente con la Unidad de Plantas de Tratamiento, en la cual se obtuvo un listado de las PTAR asistidas por ellos en el área metropolitana.

3.1.2.5. Instituto Nacional de Estadística (INE)

Por medio de esta institución se obtuvo información referente al Censo de Vivienda del municipio realizado en 2002, en Guatemala.

3.1.3. Mancomunidad Gran Ciudad del Sur (MGCS)

La mancomunidad agrupa a seis municipalidades del sur del departamento de Guatemala, entre ellas la Municipalidad de San Miguel Petapa, a través de ella se pudo obtener valiosa información para el desarrollo de este trabajo, tal como el *Estudio Técnico del municipio*, para el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 236-2006, en el cual se aborda el tema de saneamiento del municipio. También se logró obtener información sobre el Plan Estratégico de Desarrollo del municipio 2010-2025, así como el formato de toma de datos para las plantas de tratamiento de aguas residuales, esto para lograr una estandarización en cuanto a la información disponible para el municipio.

Se presenta la hoja de toma de datos para las plantas de tratamiento de aguas residuales de los municipios mancomunados, en la cual se busca reunir y establecer un formato común para la información disponible de las PTAR existentes en los seis municipios. Este es un formato para ser utilizado en campo para cada una de ellas en donde se reúne información como: coordenadas, tipo de tratamiento, desfogue de la planta, estado del sistema y tipo de planta de tratamiento (ver tabla XI).

Tabla XI. Formato de toma de datos

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_____																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;">Medición de Calidad del Agua de entrada</th> <th style="width: 30%;">Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>DBO</td><td></td></tr> <tr><td>DQO</td><td></td></tr> <tr><td>Coliformes Totales</td><td></td></tr> <tr><td>Sólidos Suspendedos</td><td></td></tr> <tr><td>Nitrogeno Total</td><td></td></tr> <tr><td>Fosforo Total</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Medición de Calidad del Agua de entrada	Valor	DBO		DQO		Coliformes Totales		Sólidos Suspendedos		Nitrogeno Total		Fosforo Total		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;">Medición de Calidad del Agua de Salida</th> <th style="width: 30%;">Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>DBO</td><td></td></tr> <tr><td>DQO</td><td></td></tr> <tr><td>Coliformes Totales</td><td></td></tr> <tr><td>Sólidos Suspendedos</td><td></td></tr> <tr><td>Nitrogeno Total</td><td></td></tr> <tr><td>Fosforo Total</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Medición de Calidad del Agua de Salida	Valor	DBO		DQO		Coliformes Totales		Sólidos Suspendedos		Nitrogeno Total		Fosforo Total		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;">Tipo de Tratamiento</th> <th style="width: 30%;">Marcar con una X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Pre - Liminar</td><td></td></tr> <tr><td>Primario</td><td></td></tr> <tr><td>Secundario</td><td></td></tr> <tr><td>Terciario</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Tipo de Tratamiento	Marcar con una X	Pre - Liminar		Primario		Secundario		Terciario	
Medición de Calidad del Agua de entrada	Valor																																										
DBO																																											
DQO																																											
Coliformes Totales																																											
Sólidos Suspendedos																																											
Nitrogeno Total																																											
Fosforo Total																																											
Medición de Calidad del Agua de Salida	Valor																																										
DBO																																											
DQO																																											
Coliformes Totales																																											
Sólidos Suspendedos																																											
Nitrogeno Total																																											
Fosforo Total																																											
Tipo de Tratamiento	Marcar con una X																																										
Pre - Liminar																																											
Primario																																											
Secundario																																											
Terciario																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;">Desfogue de Agua tratada</th> <th style="width: 30%;">Marcar con una X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Río</td><td></td></tr> <tr><td>Lago</td><td></td></tr> <tr><td>Riachuelo</td><td></td></tr> <tr><td>Laguna</td><td></td></tr> <tr><td>Quebrada</td><td></td></tr> <tr><td>Otros</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Desfogue de Agua tratada	Marcar con una X	Río		Lago		Riachuelo		Laguna		Quebrada		Otros		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;">Elemento de Tratamiento pre-liminar</th> <th style="width: 30%;">Marcar con una X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Rejilla</td><td></td></tr> <tr><td>Tamices</td><td></td></tr> <tr><td>Trampa de grasas</td><td></td></tr> <tr><td>Tanque de Compensación</td><td></td></tr> <tr><td>Desarenador</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Elemento de Tratamiento pre-liminar	Marcar con una X	Rejilla		Tamices		Trampa de grasas		Tanque de Compensación		Desarenador		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;">Elemento de Tratamiento primario</th> <th style="width: 30%;">Marcar con una X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Fosa Septica</td><td></td></tr> <tr><td>Tanque Imhoff</td><td></td></tr> <tr><td>Sedimentador Simple</td><td></td></tr> <tr><td>R.A.F.A</td><td></td></tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small;">*R.A.F.A.: Reactor anaeróbico de flujo ascendente</p>		Elemento de Tratamiento primario	Marcar con una X	Fosa Septica		Tanque Imhoff		Sedimentador Simple		R.A.F.A			
Desfogue de Agua tratada	Marcar con una X																																										
Río																																											
Lago																																											
Riachuelo																																											
Laguna																																											
Quebrada																																											
Otros																																											
Elemento de Tratamiento pre-liminar	Marcar con una X																																										
Rejilla																																											
Tamices																																											
Trampa de grasas																																											
Tanque de Compensación																																											
Desarenador																																											
Elemento de Tratamiento primario	Marcar con una X																																										
Fosa Septica																																											
Tanque Imhoff																																											
Sedimentador Simple																																											
R.A.F.A																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;">Elemento de Tratamiento Secundario</th> <th style="width: 30%;">Marcar con una X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Filtro Percolador</td><td></td></tr> <tr><td>Filtro Goteador con sedimentador</td><td></td></tr> <tr><td>Tanque de Aireación</td><td></td></tr> <tr><td>Laguna de Estabilización</td><td></td></tr> <tr><td>Aerobia</td><td></td></tr> <tr><td>Anaerobia</td><td></td></tr> <tr><td>Facultativa</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Elemento de Tratamiento Secundario	Marcar con una X	Filtro Percolador		Filtro Goteador con sedimentador		Tanque de Aireación		Laguna de Estabilización		Aerobia		Anaerobia		Facultativa		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;">Elemento de Tratamiento Terciario</th> <th style="width: 30%;">Marcar con una X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Desinfección:</td><td></td></tr> <tr><td>Química: Cloro, Bromo, Yodo, etc.</td><td></td></tr> <tr><td>Física: Filtración, Ebullición, Rayos U.V.</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Elemento de Tratamiento Terciario	Marcar con una X	Desinfección:		Química: Cloro, Bromo, Yodo, etc.		Física: Filtración, Ebullición, Rayos U.V.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;">Elemento de Tratamiento y Disposición de lodos</th> <th style="width: 30%;">Marcar con una X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Secado en Lechos</td><td></td></tr> <tr><td>Secado con calor inducido</td><td></td></tr> <tr><td>Incineración con Químicos</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Elemento de Tratamiento y Disposición de lodos	Marcar con una X	Secado en Lechos		Secado con calor inducido		Incineración con Químicos							
Elemento de Tratamiento Secundario	Marcar con una X																																										
Filtro Percolador																																											
Filtro Goteador con sedimentador																																											
Tanque de Aireación																																											
Laguna de Estabilización																																											
Aerobia																																											
Anaerobia																																											
Facultativa																																											
Elemento de Tratamiento Terciario	Marcar con una X																																										
Desinfección:																																											
Química: Cloro, Bromo, Yodo, etc.																																											
Física: Filtración, Ebullición, Rayos U.V.																																											
Elemento de Tratamiento y Disposición de lodos	Marcar con una X																																										
Secado en Lechos																																											
Secado con calor inducido																																											
Incineración con Químicos																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;">Estado del Sistema</th> <th style="width: 30%;">Marcar con una X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Inoperable</td><td></td></tr> <tr><td>Deteriorado</td><td></td></tr> <tr><td>Incompleto</td><td></td></tr> <tr><td>Inservible</td><td></td></tr> <tr><td>Operando</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Estado del Sistema	Marcar con una X	Inoperable		Deteriorado		Incompleto		Inservible		Operando		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;">Tipo de Planta</th> <th style="width: 30%;">Marcar con una X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Convencional</td><td></td></tr> <tr><td>No Convencional</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Tipo de Planta	Marcar con una X	Convencional		No Convencional																							
Estado del Sistema	Marcar con una X																																										
Inoperable																																											
Deteriorado																																											
Incompleto																																											
Inservible																																											
Operando																																											
Tipo de Planta	Marcar con una X																																										
Convencional																																											
No Convencional																																											
Eficiencia de la planta: _____ Costo de mantenimiento: _____																																											
Fecha del levantamiento: _____ Administración: Municipal / Privada																																											

Fuente: Mancomunidad Gran Ciudad del Sur. Oficina de Planificación.

3.2. Segunda fase

En esta fase se muestran resultados preliminares de la información obtenida en diversas instituciones.

La tabla XII agrupa las plantas de tratamiento en el municipio, se muestra la administración de la planta y si se encuentra en operación.

Tabla XII. Información general

Núm.	Nombre	Dirección	Administración de PTAR	Administrador	En operación
1	La Cerra	1 Ave. Finca Santa Teresa	Pública	AMSA	Si
2	Los Arcos	Residencial Los Arcos, Sector I	Pública	NA	No
3	Fuentes del Valle	Final colonia Fuentes del Valle 1	Privada	Municipalidad de San Miguel Petapa	Si
4	Desembocadura	Playa de Oro, Final Río Villalobos	Pública	Sin Información	Si
5	Cañadas del Río	19 Ave. Final, colonia Cañadas del Río	Privada	Asociación de vecinos	Si
6	Ribera del Río	1 Ave. Final colonia Ribera del Río 1	Privada	Asociación de vecinos	Si
7	Villa Hermosa 1	Final colonia Villa Hermosa 1	Privada	NA	No
8	Villa Hermosa 2	Final colonia Villa Hermosa 2	Privada	NA	No
9	El Frutal	Intersección Calle Real de Petapa y Río Platanitos	Privada	Asociación de vecinos	Si
10	Cañadas del Río 3 (Iglesia Colonial)	1 Ave. 1 Calle zona 13	Privada	Sin información	Si
11	Alamedas de San Miguel	Condominio Alamedas de San Miguel	Privada	Asociación de vecinos	Si
12	Ribera del Río 2	12 Ave. Final Colonia Ribera del Río II	Privada	Asociación de vecinos	Si

Fuente: Autoridad para el manejo sustentable de la cuenca del lago de Amatitlan.

Establecer el rango de capacidad operacional que tiene la planta se realiza a continuación clasificando en:

- Mínima capacidad
- Mediana capacidad
- Máxima capacidad

Debido a muchos factores entre ellos la falta de mantenimiento adecuado, algunos elementos de las plantas de tratamiento no funcionan adecuadamente por lo que no funcionan a plena capacidad.

En la tabla XIII se muestran horarios de operación, capacidad instalada, tipo de tratamiento y capacidad del sistema para las PTAR en operación del municipio.

Tabla XIII. Capacidad, tipo de tratamiento y estado del sistema

Núm.	PTAR	Horario de operación	Capacidad (M³)	Tipo de Tratamiento	Capacidad del Sistema
1	Cañadas del Río	Sin información	272	Secundario	Mínima capacidad
2	La Cerra	24/7	31 968	Terciario	Mínima capacidad
3	Ribera del Río	Sin información	173	Secundario	Mínima capacidad
4	El Frutal	24/7	Sin Información	Sin Información	Sin información
5	Fuentes del Valle	24/7	Sin Información	Terciario	Máxima capacidad
6	Cañadas del Río 3 (Iglesia Colonial)	Sin información	69	Secundario	Máxima capacidad
7	Alamedas de San Miguel	Sin información	475	Terciario	Mediana capacidad
8	Desembocadura	24/7	4 320	Secundario	Mediana capacidad
9	Ribera del Río 2	Sin información	407	Secundario	Mínima capacidad

Fuente: Amsa.

En la tabla XIV se muestra el estado del sistema, tipo de planta y sus coordenadas.

Tabla XIV. **Estado del sistema, tipo de PTAR y coordenadas**

Núm.	PTAR	Estado del sistema	Tipo de planta	Latitud (N)	Longitud (E)
1	La Cerra	Buen estado	Convencional	14,474065	-90,547784
2	Fuentes del Valle	Buen estado	Convencional	14,525965	-90,559016
3	Desembocadura	Buen estado	Convencional	14,481424	-90,573759
4	Cañadas del Río	Mal estado	Convencional	14,50561234	-90,54690796
5	Ribera del Río	Mal estado	Convencional	14,50806985	-90,54778968
6	El Frutal	Sin información	Convencional	14,523881	-90,561631
7	Cañadas del Río 3 (Iglesia Colonial)	Excelente estado	Convencional	14,501343	-90,545488
8	Alamedas de San Miguel	Buen estado	Convencional	14,500715	-90,579351
9	Ribera del Río 2	Mal estado	Convencional	14,500894	-90,545432

Fuente: Amsa.

En la tabla XV se muestra el tipo de tratamiento, eficiencia y punto de desfogue de cada planta en San Miguel Petapa.

Tabla XV. **Tipo de Tratamiento, eficiencia y desfogue**

Núm.	PTAR	Tipo de tratamiento	Eficiencia (%)	Desfogue
1	La Cerra	Anaerobia	89	Lago de Amatitlán
2	Fuentes del Valle	Aerobia	60	Río Villalobos
3	Desembocadura	Anaerobia	Sin información	Lago de Amatitlán
4	Cañadas del Río	Sin información	Sin información	Río Villalobos
5	Ribera del Río	Sin información	Sin información	Río Villalobos
6	El Frutal	Sin información	Sin información	Río Villalobos
7	Cañadas del Río 3 (Iglesia Colonial)	Sin información	Sin información	Río Villalobos
8	Alamedas de San Miguel	Aerobia	Sin información	Río Platanitos
9	Ribera del Río 2	Sin información	Sin información	Río Villalobos

Fuente: Amsa. *Estudio Técnico de Petapa.*

4. RESULTADOS

En este capítulo se abordan las plantas de tratamiento de aguas servidas que se encuentran en operación en el municipio, se presenta un resumen de la información recabada dividida en públicas y privadas, así como tipo de proceso, fuentes de financiamiento y mantenimiento de las plantas.

4.1. PTAR públicas

La tabla XVI muestra las plantas de tratamiento públicas en operación, las cuales son administradas por Amsa y la Municipalidad de San Miguel Petapa.

Se presentan las PTAR públicas en operación

Tabla XVI. **Resumen PTAR públicas en operación**

Núm.	PTAR
1	La Cerra
2	Desembocadura

Fuente: elaboración propia.

4.2. PTAR privadas

La tabla XVII muestra las plantas de tratamiento de carácter privado, estas están bajo el manejo de comités y asociaciones de vecinos.

Tabla XVII. **Resumen PTAR privadas en operación**

Núm.	PTAR
1	El Frutal
2	Ribera del Río
Núm.	PTAR
3	Cañadas del Río 3 (Iglesia Colonial)
4	Alamedas de San Miguel
5	Cañadas del Río
6	Ribera del Río 2
7	Fuentes del Valle

Fuente: elaboración propia.

4.3. Resumen por estado y tipo de proceso

En la tabla XVIII se muestra el estado de las PTAR en operación y el tipo de tratamiento, se hace referencia a un malo, bueno o excelente estado, el mal estado denota la falta de mantenimiento que reciben las plantas, en el caso de Fuentes del Valle la cual se encuentra intervenida por la Municipalidad de Petapa, se tiene un buen estado ya que se encuentra con un mantenimiento adecuado.

Tabla XVIII. **Estado y tipo de proceso**

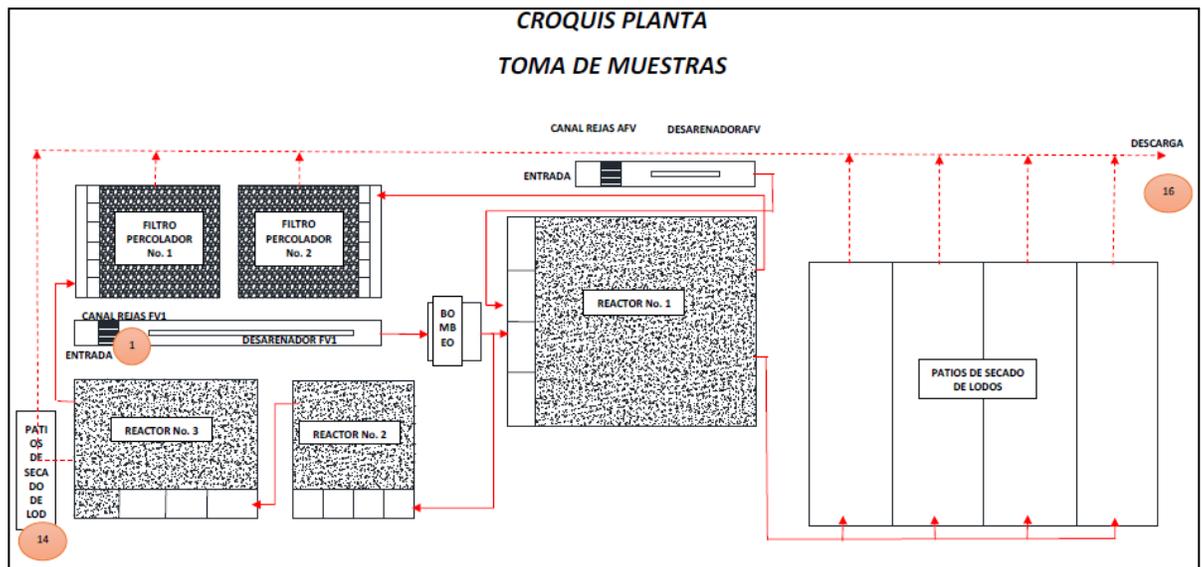
Núm.	PTAR	Estado del Sistema	Tipo de Tratamiento
1	La Cerra	Buen estado	Anaerobia
2	Fuentes del Valle	Buen estado	Aerobia
3	Desembocadura	Buen estado	Anaerobia
4	Cañadas del Río	Mal estado	Sin información
5	Ribera del Río	Mal estado	Sin información
6	El Frutal	Sin información	Sin información
7	Cañadas del Río 3 (Iglesia Colonial)	Excelente estado	Sin información
8	Alamedas de San Miguel	Buen estado	Sin información
9	Ribera del Río 2	Mal estado	Sin información

Fuente: Amsa.

4.4. Esquema de los principales procesos de tratamiento

A continuación se muestra un esquema de la planta de tratamiento de Fuentes del Valle, la cual se encuentra intervenida por la Municipalidad de San Miguel Petapa, la planta cuenta con dos filtros percoladores y tres reactores, en la disposición final cuenta con un patio de secado de lodos.

Figura 6. Esquema de Fuentes del Valle



Fuente: *Estudio técnico del municipio de Petapa.*

4.5. Presupuesto de operación y mantenimiento de las PTAR

La tabla XIX muestra el presupuesto de operación que estima la Municipalidad de Petapa para el tratamiento del agua residual en el municipio.

Tabla XIX. **Presupuesto de mantenimiento por la municipalidad**

No.	Parámetro crítico o incumplido	Medida propuesta	Rubro	Costo estimado / mensual	Total anual	Gran total
1	DBO ₅ y N	Adecuada operación PTAR	Gastos fijos	Q36,158.38	Q433,900.56	Q678,700.56
2		Mantenimiento PTAR	Gastos adicionales	Q20,400.00	Q244,800.00	

Fuente: *Estudio técnico de San Miguel Petapa.*

En cuanto al mantenimiento de las PTAR la Municipalidad de Petapa clasifica este en tres diferentes tipos, siendo los siguientes:

- **Correctivo:** son intervenciones no programadas dirigidas a devolver al equipo, estructura, proceso y operación averiada a su estado operacional que tenía antes que el defecto fuera descubierto.
- **Preventivo:** son intervenciones periódicas de cuidado e inspección programadas para prever la falla y prolongar el funcionamiento adecuado de las obras.
- **Predictivo:** es la sustitución de piezas cuando es posible predecir su falla por antigüedad o condiciones de trabajo.

4.6. Fuentes de financiamiento para mantenimiento

Los fondos para el mantenimiento y operación de las plantas pueden ser privados o públicos, estos últimos de carácter municipal o entidades descentralizadas. Sin embargo, la Municipalidad de San Miguel Petapa no financia PTAR alguna.

Tabla XX. **Financiamiento por Amsa**

Núm.	Nombre de PTAR	Fuente de financiamiento	Monto Q
1	La Cerra	AMSA	Sin información

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XIX se muestran las plantas de tratamiento que son financiadas por entes privados, entre ellos comités de vecinos, asociaciones de vecinos, cabe destacar que algunos no se encuentran definidos.

Tabla XXI. **Financiamiento privado**

Núm.	Nombre de PTAR	Fuente de financiamiento	Monto Q
1	Cañadas del Río	Asociación de vecinos	Sin información
2	Ribera del Río	Asociación de vecinos	Sin información
3	El Frutal	Asociación de vecinos	Sin información
4	Cañadas del Río 3 (Iglesia Colonial)	No definido	Sin información
5	Alamedas de San Miguel	Asociación de vecinos	Sin información
6	Ribera del Río 2	Asociación de vecinos	Sin información
7	Desembocadura	No definido	Sin información
8	Fuentes del Valle	Asociación de vecinos	Sin información

Fuente: elaboración propia.

5. ANÁLISIS

5.1. Cuadros analíticos

En el cuadro I se puede observar la existencia y operación de dos plantas de tratamiento de aguas residuales, una administrada por Amsa y por la Municipalidad de San Miguel Petapa, esta última en calidad de intervención; también se observan siete PTAR de carácter privado las cuales son administradas por diferentes entes de los centros poblados. Esto arroja un total de nueve plantas de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico en operación para la jurisdicción de San Miguel Petapa.

Tabla XXII. **Cuadro I**

Núm.	Nombre de la PTAR	Administración	Ente administrador	Operación
1	La Cerra	Publica	Amsa	Si
2	Fuentes del Valle	Privada	Municipalidad de San Miguel Petapa	Si
3	Cañadas del Río	Privada	Asociación de vecinos	Si
4	Ribera del Río	Privada	Asociación de vecinos	Si
5	El Frutal	Privada	Asociación de vecinos	Si
6	Cañadas del Río 3 (Iglesia Colonial)	Privada	No definido	Si
7	Alamedas de San Miguel	Privada	Asociación de vecinos	Si
8	Ribera del Río 2	Privada	Asociación de vecinos	Si
9	Desembocadura	Privada	No definido	Si

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro II se muestra el estado del sistema de las diferentes PTAR en operación, entre las cuales destaca la PTAR núm. 7 la cual se encuentra con un excelente estado, también se encuentra La Cerra en un buen estado,

destaca por ser la planta más grande del municipio y cuenta con un 89 % de eficiencia según datos de Amsa para mayo de 2015.

Por otro lado se tienen las plantas de Cañadas del Río, Ribera del Río y Ribera del Río 2 en mal estado, esto debido a falta de mantenimiento.

Los cuerpos receptores son principalmente los ríos Villalobos y Platanitos los cuales tienen como destino final el lago de Amatitlán.

Tabla XXIII. Cuadro II

Núm.	PTAR	Estado del Sistema	Desfogue	Tipo de Tratamiento
1	La Cerra	Buen estado	Lago de Amatitlán	Anaerobia
2	Fuentes del Valle	Buen estado	Río Villalobos	Aerobia
3	Desembocadura	Buen estado	Lago de Amatitlán	Anaerobia
4	Cañadas del Río	Mal estado	Río Villalobos	Sin información
5	Ribera del Río	Mal estado	Río Villalobos	Sin información
6	El Frutal	Sin información	Río Villalobos	Sin información
7	Cañadas del Río 3 (Iglesia Colonial)	Excelente estado	Río Villalobos	Sin información
8	Alamedas de San Miguel	Buen estado	Río Platanitos	Aerobia
9	Ribera del Río 2	Mal estado	Río Villalobos	Sin información

Fuente: elaboración propia.

6. DISCUSIONES

El inventario presentado en este trabajo es el inicio hacia una cuantificación de la infraestructura en operación para el municipio de San Miguel Petapa, en él se presentan 9 PTAR en operación.

La georeferenciación de cada PTAR que se encuentra en operación en el municipio, proporciona una fuente de información que pueda ser utilizada para la toma de decisiones con respecto al saneamiento y ordenamiento territorial del municipio.

Dentro del alcance del trabajo se diferencia entre PTAR públicas y privadas, sin embargo, se logró contabilizar solamente dos plantas públicas, entre ellas La Cerra, las siete restantes pertenecen a entes privados, generalmente a asociaciones de vecinos.

El porcentaje de operación se encuentra en un nivel aceptable, ya que de 12 PTAR existentes se encuentran trabajando 9, dejando como saldo un 75 % de PTAR en operación para el municipio.

Según la Municipalidad de Petapa el tratamiento se divide en tres, correctivo, preventivo y predictivo, sin embargo, debido a falta de presupuesto y definición de jurisdicción generalmente se limita al correctivo.

Tomando en cuenta las Reformas del Acuerdo Gubernativo 236-2006; en su etapa uno, las PTAR La Cerra y fuentes del Valle se encuentran cumpliendo

con los parámetros establecidos en dicha etapa, en donde se debe mejorar la eficiencia de la Fuentes del Valle la cual se encuentra en un 60 %.

Según el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) para agosto de 2016, el municipio de San Miguel Petapa tenía un presupuesto para obras de Q 30 186 534,28 de los cuales Q 13 225 617,08 son destinados para agua y saneamiento, esto representa el 43 % del presupuesto para obras a la fecha indicada, de este porcentaje se destinó específicamente para alcantarillados ya que no se detalla si contarán con una PTAR.

El presupuesto actual con el que cuenta la Municipalidad de San Miguel Petapa se encuentra muy por debajo del necesario, según estimaciones para la instalación de las PTAR necesarias para el saneamiento del municipio se requieren de al menos Q 18 millones de quetzales anuales, los cuales no se tienen a disponibilidad.

Se debe incrementar el presupuesto destinado a saneamiento de las diferentes instituciones involucradas en el tratamiento de las aguas residuales que se generan en el municipio.

Debido a lo anteriormente expuesto el municipio vierte la mayoría de sus aguas crudas a los ríos, que tienen como destino el lago de Amatitlán, por lo que si no se tratan estas aguas el rescate del lago es una tarea imposible.

Adicionalmente los municipios ubicados en la parte alta de la cuenca del lago de Amatitlán también vierten sus aguas crudas, por lo que el problema no es exclusivo de San Miguel Petapa, por ello la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur y Amsa juegan un papel importante y estas instituciones debieran compartir

información entre ellas y coordinar esfuerzos para que el saneamiento sea posible.

Para las plantas de tratamiento ubicadas en residenciales no se pudo obtener los datos esperados debido a la falta de acceso a estos centros poblados dentro del municipio, para ello se recurrió a información desde otras instituciones.

CONCLUSIONES

1. Después de realizar el inventario de plantas de tratamiento de aguas residuales en operación se determinó las existentes en jurisdicción de San Miguel Petapa, se pudo generar estadísticas sobre la cobertura que estas proveen sobre el municipio, estando esta alrededor del 13,68 %, lo cual es deficiente.
2. Con el presente trabajo ahora se tienen contabilizadas y georeferenciadas las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de San Miguel Petapa, con lo cual supone un inicio en la determinación de la infraestructura existente en su territorio.
3. Las PTAR públicas son las que mejor se encuentran, entre ellas destaca La Cerra, bajo administración de AMSA, la cual tiene la mayor capacidad instalada y cuenta con tratamiento terciario.
4. El municipio cuenta con un total de 12 PTAR de las cuales 3 se encuentra dañadas o fuera de operación, lo que deja al municipio con un 75 % de la infraestructura actual en operación.
5. El mantenimiento que reciben las PTAR es deficiente por lo que es usual que se tengan que hacer reparaciones mayores en períodos de tiempo corto.
6. Las PTAR públicas cumplen con los parámetros para la Etapa Uno del Acuerdo Gubernativo 236-2006 y sus reformas, sin embargo, en la planta

Fuentes del Valle existen análisis de laboratorio para el agua residual en donde solo uno de los parámetros excede los límites permisibles por lo que la Municipalidad cuenta con propuesta para su solución.

RECOMENDACIONES

1. La Municipalidad de San Miguel Petapa para poder cumplir con el acuerdo gubernativo y sus reformas, debe destinar mayores recursos y personal capacitado para establecer una hoja de ruta para estar dentro de la ley ya que la cobertura es escasa en la actualidad.
2. Atender las PTAR que se encuentran construidas pero por no recibir mantenimiento u otros factores se encuentran fuera de servicio, provocando una fuga de aguas crudas a los cuerpos receptores.
3. Buscar fuentes de financiamiento o cooperación internacional para poder atender las necesidades de saneamiento y poder cumplir con el plan de gestión presentado por la Municipalidad de San Miguel Petapa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Autoridad para el Manejo Sustentable de la cuenca del lago de Amatitlán. *Unidad de desechos líquidos, plantas de tratamiento de aguas residuales*. Guatemala: Amsa, 2015. 54 p.
2. Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de San Miguel Petapa; Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial. *Plan de Desarrollo San Miguel Petapa, saneamiento y monografía del municipio*. Guatemala: Segeplan 2010. 31 p.
3. Guatemala. *Acuerdo Gubernativo 2-36 2006 Reglamento para las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos. Y su reforma 129-2015*. Guatemala: Gobierno de la República, 2015. 87 p.
4. Municipalidad de San Miguel Petapa. *Estudio técnico de caracterización de efluentes, descargas, aguas para reuso y lodos*. Guatemala: Municipalidad de San Miguel Petapa, 2015. p. 95.
5. Quantum GIS. *Programa de información geográfica libre*. [en línea]. <<http://www.qgis.org/es/site/>>. [Consulta: febrero de 216].
6. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. *Sistema Nacional de Inversión Pública: Proyectos San Miguel Petapa*. Guatemala: Segeplan-SNIP, 2016. 74 p.

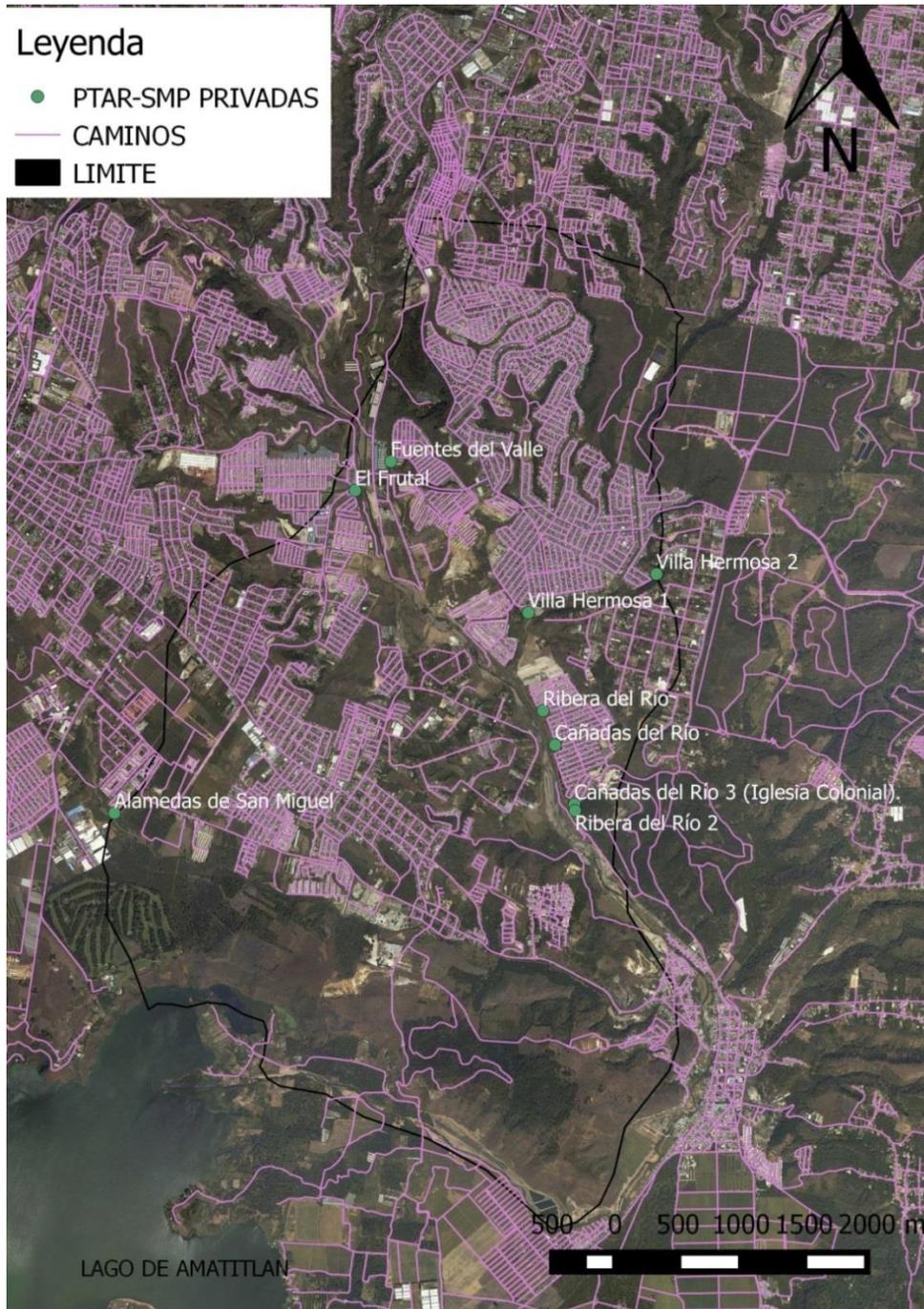
APÉNDICES

Apéndice 1. Ubicación de las PTAR públicas



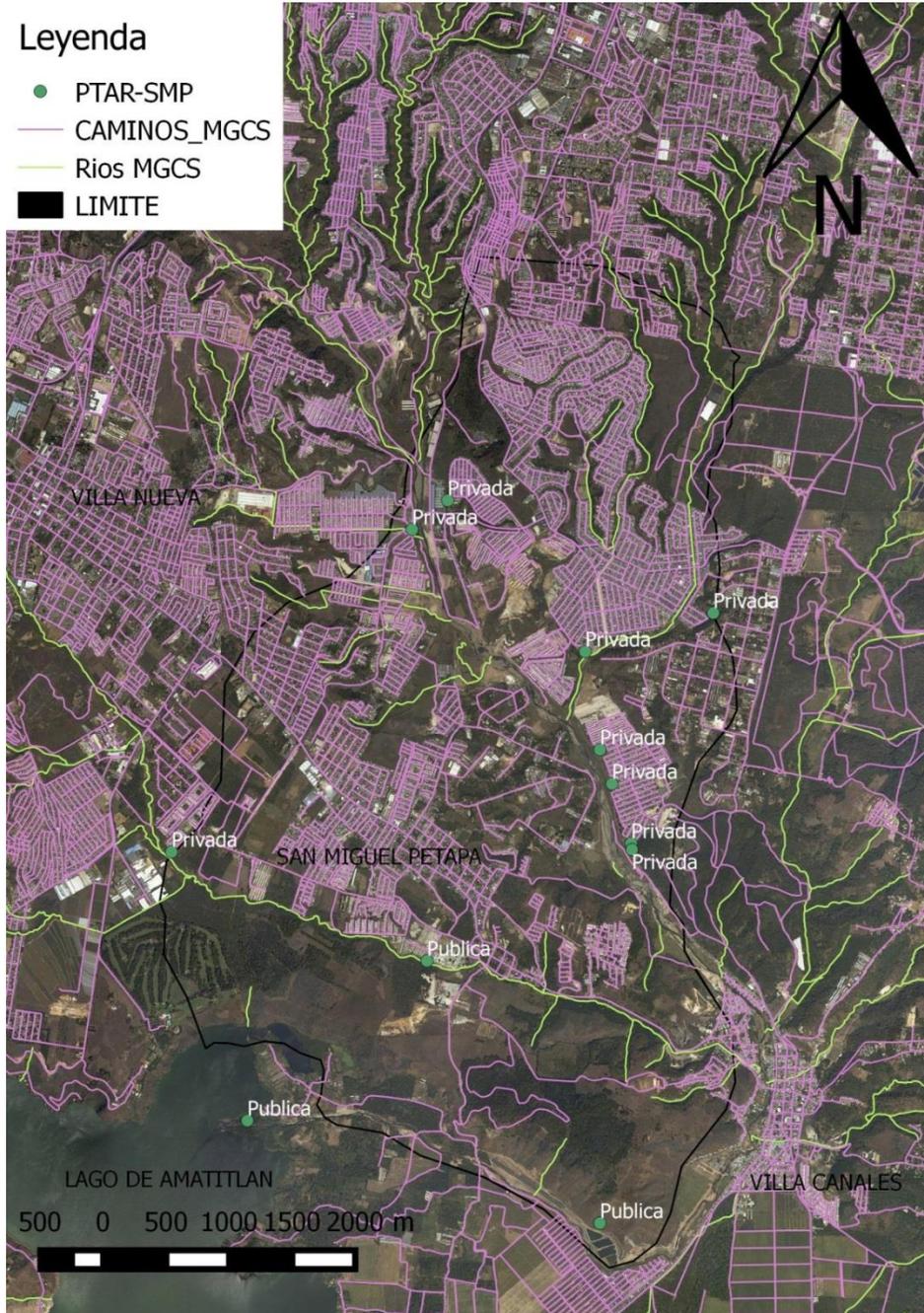
Fuente: elaboración propia, empleando Google Maps.

Apéndice 2. Ubicación de las PTAR privadas



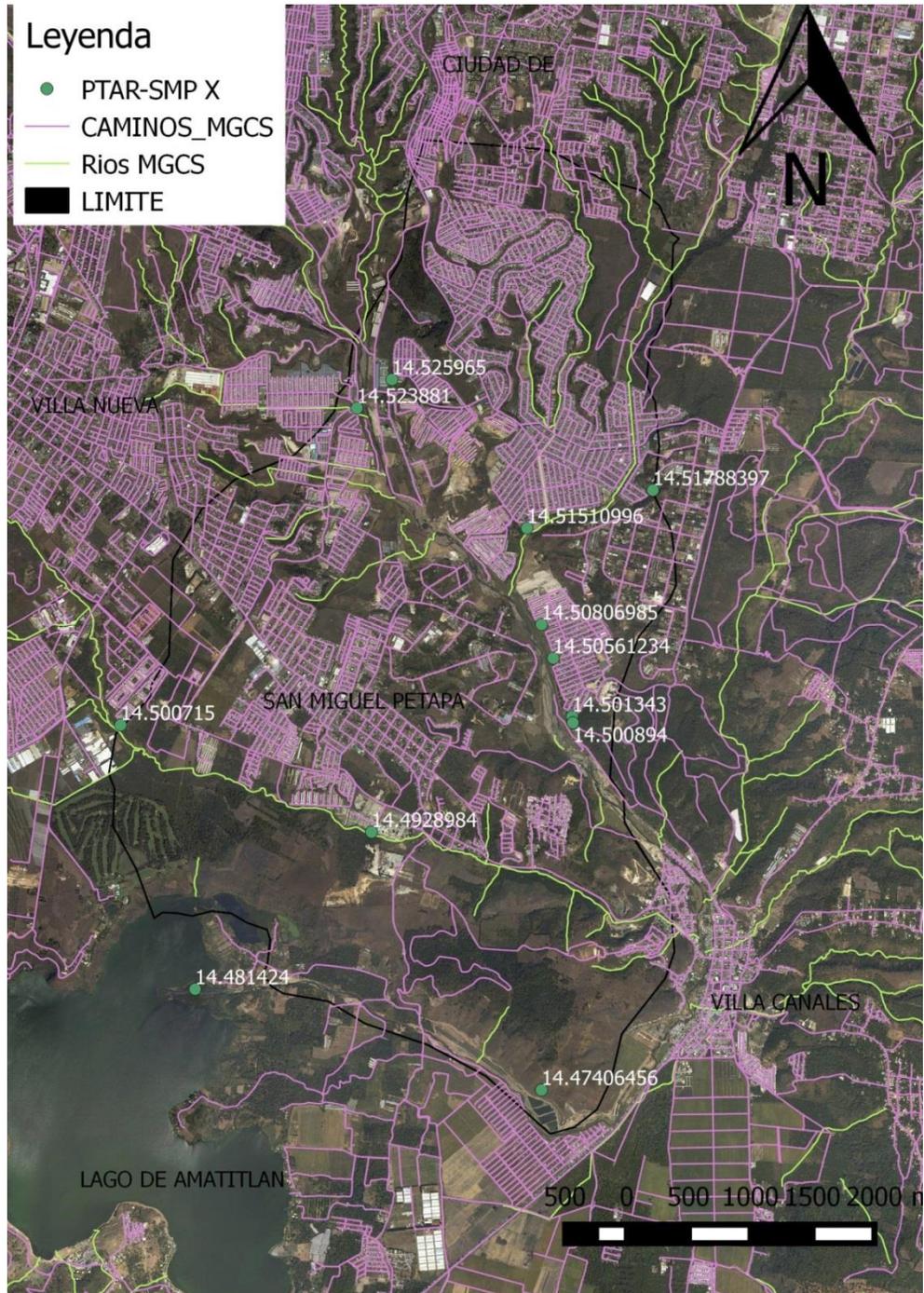
Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

Apéndice 3. Ubicación de todas las PTAR



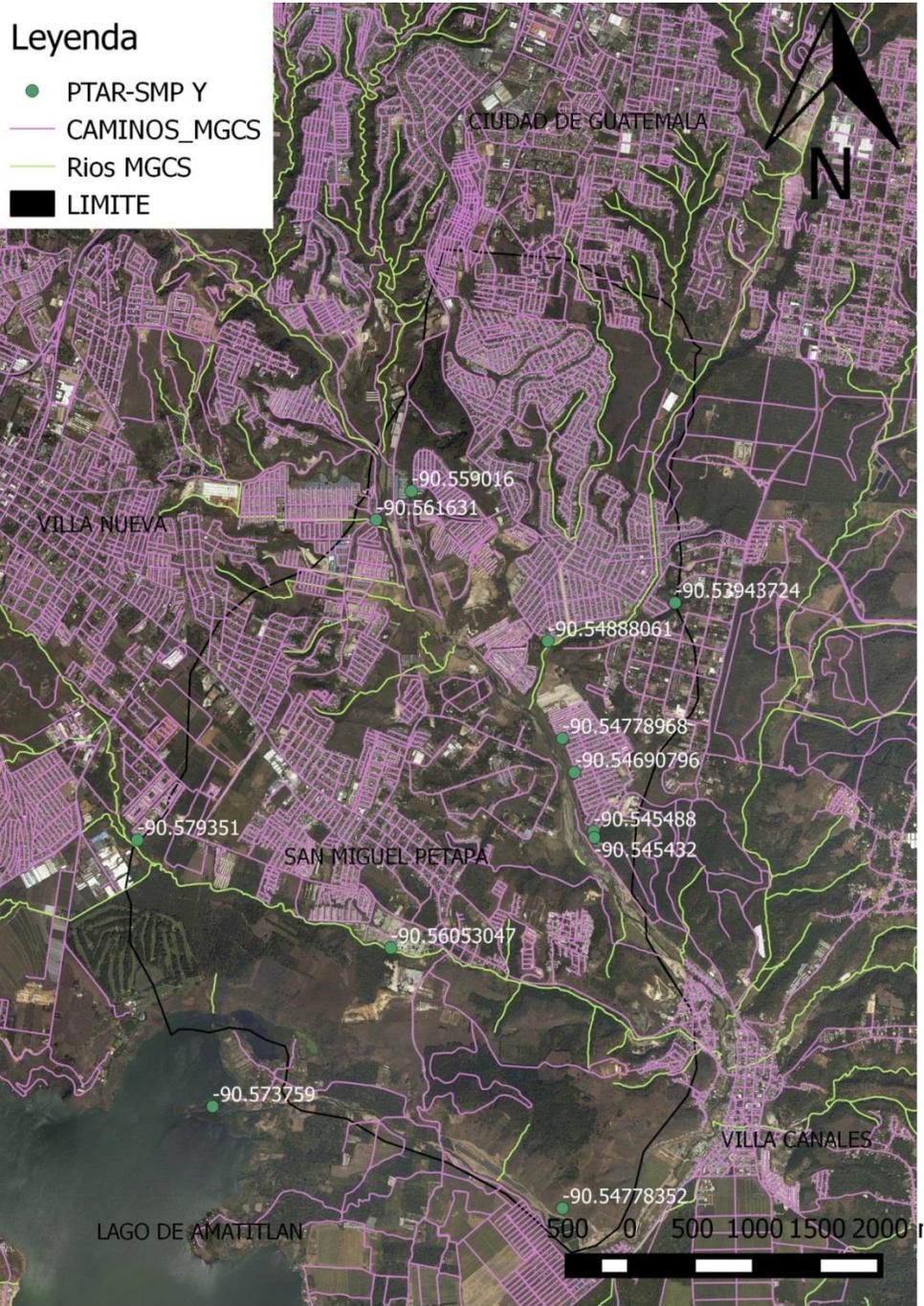
Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

Apéndice 4. Coordenadas x de las PTAR



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

Apéndice 5. **Coordenadas y de las PTAR**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

Apéndice 6. Operación de PTAR



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

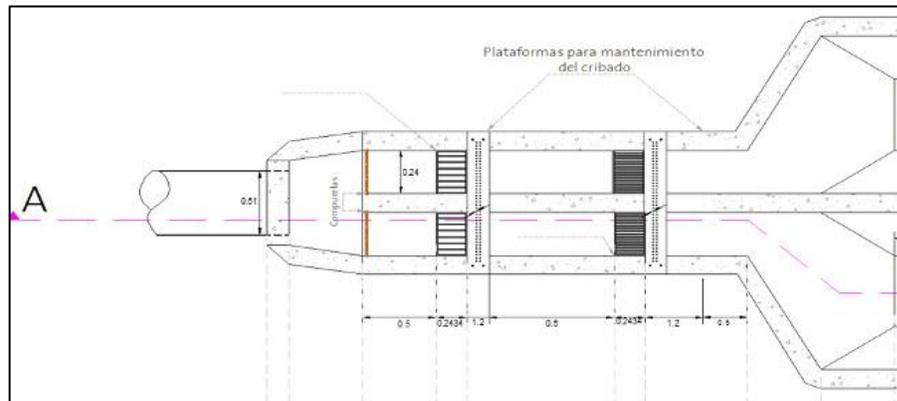
Apéndice 7. Dirección de las PTAR



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

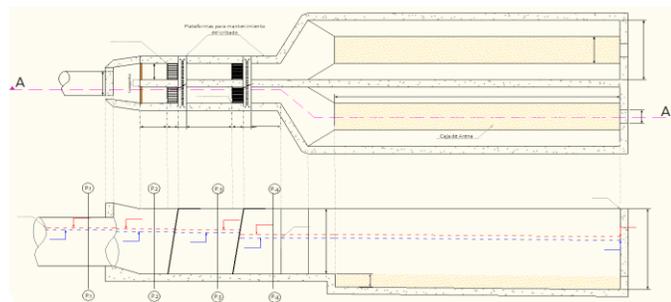
ANEXOS

Anexo 1. Esquema de los principales procesos de las ptar cámara de rejillas



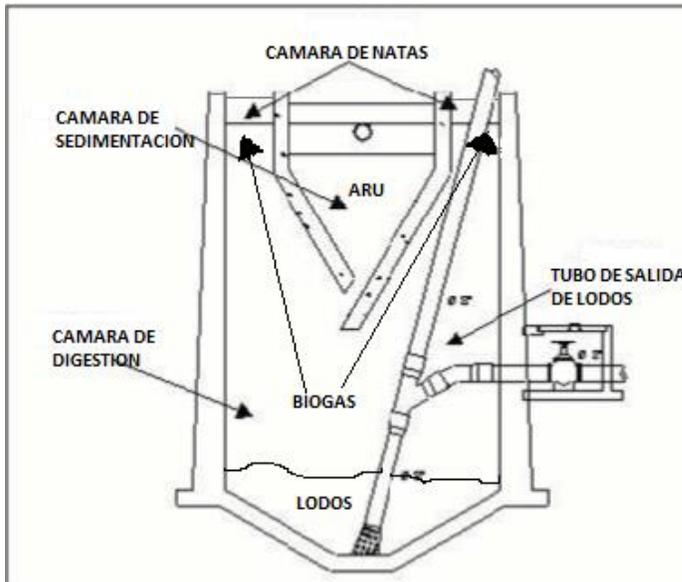
Fuente: DÍAZ GÓMEZ, Jaime. *Diseño del sistema de pretratamiento de una planta de agua residual, Universidad de Boyacá, mayo 2016.*

Anexo 2. Desarenador



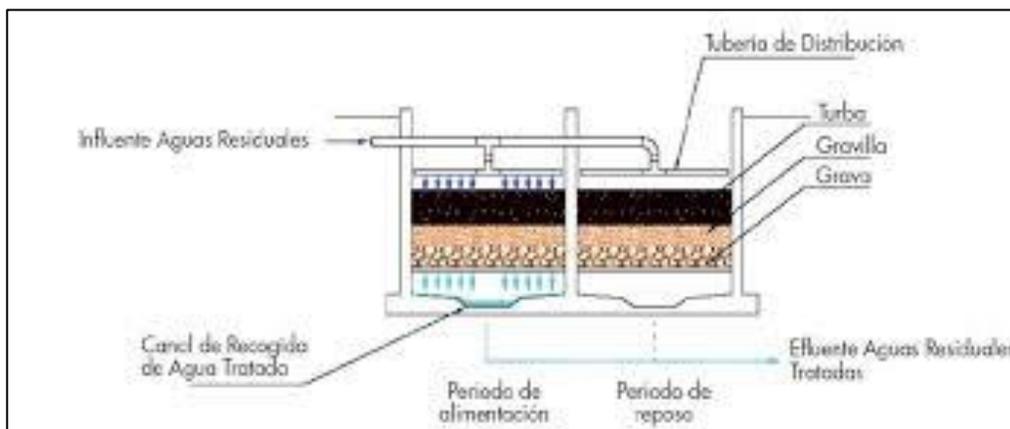
Fuente: DÍAZ GÓMEZ, Jaime. *Diseño del sistema de pretratamiento de una planta de agua residual, Universidad de Boyacá, mayo 2016.*

Anexo 3. Tanque Imhoff



Fuente: *Tanque Imhoff*. www.google.com/images/stories/tanque%20imhoff.png.
Consulta: mayo de 2016.

Anexo 4. Filtro Percolador



Fuente: *Filtro percolador*. www.google.com/imagenes/filtropercoladrodiagrama.jpg.
Consulta: mayo de 2016.