



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

**DIAGNÓSTICO E INVENTARIO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL EN
OPERACIÓN, PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ,
SACATEPÉQUEZ**

Gabriel Eduardo Molina Piedrasanta

Asesorado por M.Sc. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz

Guatemala, mayo de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIAGNÓSTICO E INVENTARIO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL EN
OPERACIÓN, PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ,
SACATEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GABRIEL EDUARDO MOLINA PIEDRASANTA
ASESORADO POR M.SC. NICOLÁS DE JESÚS GUZMÁN SÁENZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO 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. Alfredo Enrique Beber Aceituno
EXAMINADORA	Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
EXAMINADOR	Ing. Claudio César Castañón Contreras
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 E INVENTARIO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL EN OPERACIÓN, PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 3 de noviembre de 2016.

A handwritten signature in black ink, consisting of a series of loops and a long horizontal stroke extending to the left.

Gabriel Eduardo Molina Piedrasanta



Guatemala, 24 de abril de 2018

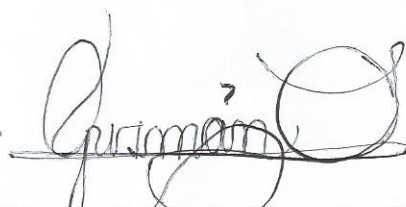
Ingeniero
Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Unidad de Investigación
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Quiñonez:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que en calidad de asesor he analizado y revisado el trabajo de graduación titulado **“DIAGNÓSTICO E INVENTARIO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL EN OPERACIÓN, PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ”**, presentado por el estudiante universitario de la carrera de Ingeniería Civil **Gabriel Eduardo Molina Piedrasanta**, el cual cumple con todos los requisitos establecidos en la Escuela de Ingeniería Civil.

Por tal motivo, doy por aprobado el trabajo para que prosiga su trámite correspondiente en su aprobación final. Sin otro particular, me despido atentamente:

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz
Ingeniero Civil, Master en Ingeniería Sanitaria
Asesor

MSc. Nicolás Guzmán
Ingeniería civil y Sanitaria, Col. 4540





Guatemala, 04 de mayo 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 E INVENTARIO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL EN OPERACIÓN, PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ”**, desarrollado por el estudiante universitario **Gabriel Eduardo Molina Piedrasanta**, quien contó con la asesoría del **Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz**.

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

Atentamente,



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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Nicolas de Jesús Guzmán Sáenz y Coordinador del Departamento de Planeamiento Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, al trabajo de graduación del estudiante Gabriel Eduardo Molina Piedrasanta DIAGNÓSTICO E INVENTARIO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL EN OPERACIÓN, PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, mayo 2018

/mmm.

Mas de 137 años de Trabajo y Mejora Continua





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 E INVENTARIO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL EN OPERACIÓN, PÚBLICAS Y PRIVADAS DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante universitario: **Gabriel Eduardo Molina Piedrasanta**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Angel Roberto Sic García
Decano en funciones



Guatemala, mayo de 2018

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por guiar mi vida, amarme y bendecir cada paso que doy, fortalecerme y ayudar a mantenerme firme siempre.
- Mi papá** Gabriel Molina, por cada palabra de aliento en los momentos de dificultad, los consejos llenos de sabiduría de parte de Dios.
- Mi mamá** Marilin Piedrasanta, por su paciencia y apoyo incondicional siempre.
- Mis hermanos** Por siempre compartir juntos llenos de alegría y amor que solo Dios ha podido depositar en nuestros corazones.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi segunda casa y brindarme un espacio para formarme como profesional.

Facultad de Ingeniería

Por compartir el conocimiento dentro sus instalaciones.

**Escuela de
Ingeniería Civil**

Donde me enseñaron a trabajar y amar mi casa de estudios y sobre todo compartir también del conocimiento recibido.

Ing. Nicolás Guzmán

Por el apoyo incondicional, paciencia y conocimiento compartido sin egoísmo ni envidia. Por enseñarme a ser profesional y aprender a hacer bien las cosas.

Mi familia Soto Barrios

Por ofrecer un espacio dentro de la intimidad de su familia, un hogar donde recibí más de lo que pude pedir, siempre entregando lo mejor que tienen para dar.

Mis amigos

Fernando Soto, Javier Méndez y Gabriel Ordoñez, por sacar lo mejor y peor de mí, aprendiendo que no se necesita de muchos sino de los mejores.

**Mi tío Pedro
Pablo Piedrasanta**

Por su incomparable amor y esfuerzo dedicado a la familia. Por todo el apoyo siempre.

Dr. Luis Fernando Rodas

Por estar siempre presente y pendiente del progreso en mi vida, por todo el apoyo y cariño depositado en nuestra amistad.

**UGAM, Municipalidad
de San Lucas
Sacatepéquez**

Por brindarme el apoyo y confianza para desarrollar este trabajo de graduación y compartirlo con los colaboradores de la dirección de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. DESCRIPCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROYECTO.....	1
1.1. Ubicación y localización del municipio de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala.....	1
1.1.1. Localización y extensión territorial.....	1
1.1.2. Colindancias.....	2
1.2. Suelo y topografía del municipio de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala.....	3
1.3. Clima del municipio de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala.....	3
1.4. Hidrografía.....	4
1.5. Monografía del lugar.....	5
1.5.1. Población.....	5
1.5.2. Crecimiento poblacional.....	6
1.5.3. Aspectos culturales e idiomas.....	6
1.6. Servicios con los que cuenta el municipio.....	8
1.6.1. Agua y saneamiento.....	8
1.6.1.1. Servicio de agua y sanitarios.....	8
1.6.1.2. Desechos sólidos.....	9

	1.6.1.3.	Energía eléctrica	10
	1.6.1.4.	Educación.....	11
	1.6.1.5.	Condiciones de vivienda.....	12
	1.6.1.6.	Vías de comunicación	13
1.7.		Sistema de tratamiento actual.....	13
	1.7.1.	Tipos de tratamiento de aguas residuales.....	13
	1.7.2.	Ubicación de las plantas de tratamiento de agua residual.....	14
	1.7.2.1.	Ubicación de las PTAR municipales.....	14
	1.7.2.2.	Ubicación de las PTAR privadas	16
	1.7.3.	Fomento al tratamiento de agua residual	17
	1.7.4.	Proyectos en curso.....	17
	1.7.5.	Inversiones y financiamiento	19
2.		PROBLEMÁTICA ACTUAL.....	21
	2.1.	Diagnóstico actual	21
	2.2.	Árbol de problema	21
	2.3.	Normativas de cumplimiento	22
	2.3.1.	Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo Gubernativo No.236-2006 y su reforma, Acuerdo Gubernativo No. 129-2015.	23
	2.4.	Situación de la cobertura y su evolución municipal a futuro.....	24
	2.4.1.	Cobertura actual.....	25
3.		METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	27
	3.1.	Etapa 1	27
	3.1.1.	Fuente de información primaria existentes para determinación de datos	27

3.1.2.	Recolección de datos para su posterior análisis.....	28
3.2.	Etapa 2	28
3.2.1.	Tabulación de datos	28
3.2.2.	Interpretación y análisis de datos	32
4.	RESULTADOS	35
4.1.	Resumen del inventario de PTAR en operación.....	35
4.2.	Resumen por estado y por tipo de proceso	36
4.3.	Número de plantas por tipo de proceso.....	36
4.4.	Esquemas de los principales procesos de las PTAR	37
4.5.	Presupuesto de operación y mantenimiento de las PTAR en Quetzales	43
4.6.	Fuentes de financiamiento.....	43
5.	ANÁLISIS	45
5.1.	Cuadros analíticos	45
6.	DISCUSIONES.....	49
	CONCLUSIONES	51
	RECOMENDACIONES	53
	BIBLIOGRAFÍA	55
	APÉNDICES	57
	ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación y delimitación del municipio de San Lucas Sacatepéquez	2
2.	Manejo de excretas y drenajes, San Lucas Sacatepéquez.....	9
3.	Forma de eliminar la basura, San Lucas Sacatepéquez.....	10
4.	Condiciones de vivienda, San Lucas Sacatepéquez.....	12
5.	Ubicación satelital de las PTAR municipales, San Lucas Sacatepéquez.	15
6.	Ubicación satelital de las PTAR privadas San Lucas Sacatepéquez. ..	16
7.	Árbol de problemas	22
8.	Perfil del funcionamiento hidráulico PTAR	38
9.	Canal de rejillas y desarenador	39
10.	Tanque sedimentador-reactor RAFA.....	40
11.	Patio de secado de lodos	41
12.	Caja unificadora de caudales	42

TABLAS

I.	PTAR municipales.....	15
II.	Proyectos en ejecución	18
III.	Proyectos en cartera	20
IV.	Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores.....	24
V.	Lista de las PTAR municipales que brindan cobertura actual	25
VI.	Lista de las PTAR privadas que brindan cobertura actual.....	26

VII.	Lista de las PTAR municipales en construcción con cobertura a futuro.....	26
VIII.	Información general	29
IX.	Horario, tipo de tratamiento y capacidad del sistema	30
X.	Estado del sistema, tipo de planta y ubicación geográfica.....	30
XI.	Eficiencia estimada, descarga y estudio técnico de aguas residuales de cada PTAR	31
XII.	Periodos de limpieza de las unidades de cada PTAR	31
XIII.	Unidades de tratamiento de las PTAR.....	32
XIV.	Resumen de PTAR en operación públicas	35
XV.	Resumen por estado y tipo de proceso	36
XVI.	Número de plantas que cuentan con proceso aerobio.....	37
XVII.	Número de plantas que cuentan con proceso anaerobio.....	37
XVIII.	Presupuesto de operación y mantenimiento de las PTAR.....	43
XIX.	Financiamiento Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez	44
XX.	Financiamiento por diferentes entes privados	44
XXI.	Cuadro analítico I.....	45
XXII.	Cuadro analítico II.....	46
XXIII.	Cuadro analítico III.....	47

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
m²	Metro cuadrado
m	Metro
mm	Milímetro
pH	Potencial de hidrógeno
%	Porcentaje

GLOSARIO

Afluente	Es el agua captada por un ente generador.
Aguas Residuales	Las aguas de que han recibido uso y cuyas calidades 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 especial, o de combinación de ambas que deben ser previamente tratadas antes de descargarlas a un cuerpo receptor.
AMSA	Autoridad para el manejo sustentable de la cuenca del lago de Amatitlán.
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, río, quebrada, manantial, estuario, manglar, pantano, aguas costeras y aguas subterráneas donde se descargan aguas residuales.

DBO	Demanda bioquímica de oxígeno. 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	Demanda química de oxígeno. 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.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
MIDES	Ministerio de Desarrollo Social.
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
OMS	Organización Mundial de la Salud
PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales. Conjunto de unidades y de procesos para tratar las aguas residuales.
Proceso aerobio	Proceso que necesita oxigenación.

Proceso anaeróbico	Proceso que no necesita de oxigenación. Estabilización de un desecho orgánico por acción de microorganismos en ausencia de oxígeno.
Segeplan	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia.
SNIP	Sistema Nacional de Inversión Pública.
UGAM	Unidad de Gestión Ambiental Municipal, San Lucas Sacatepéquez.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación muestra el estado actual de cada una de las plantas de tratamiento de aguas residuales existentes en el municipio de San Lucas, Sacatepéquez, su administración, operación y mantenimiento. El propósito es determinar la forma como está siendo descargada el agua residual por las diversas actividades en los sistemas de alcantarillado y, directamente, en los cuerpos receptores del municipio de San Lucas Sacatepéquez.

Se presentan tablas con los resultados obtenidos por medio de las observaciones durante el recorrido en cada una de las PTAR y la información obtenida por la UGAM y las diferentes fuentes de información consultadas para realizar los análisis y conclusiones que determina la investigación.

La conclusión más importante es la falta de información y cooperación entre la administración municipal y privada. Se tiene poco conocimiento sobre la cobertura real del tratamiento del agua residual que la cabecera municipal de San Lucas Sacatepéquez descarga en los afluentes. Se cuenta con poca colaboración para monitorear y supervisar la operación y eficiencia de las PTAR, por lo cual es difícil determinar si cumplen con los acuerdos que buscan minimizar el impacto ambiental.

OBJETIVOS

General

Determinar el número de plantas de tratamiento de aguas residuales privadas y municipales que existen en el municipio de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala y su administración.

Específicos

1. Determinar el número de plantas de tratamiento de la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala.
2. Determinar el número de plantas de tratamiento a cargo de entidades privadas y públicas.
3. Verificar si cumplen con los acuerdos ambientales y municipales que buscan controlar la contaminación producida por las aguas residuales.
4. Determinar el porcentaje de funcionamiento de las plantas de tratamiento.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, no existe información sobre la calidad del agua que descargan las diversas actividades industriales y domiciliarias en los sistemas de alcantarillado y, directamente, en los cuerpos receptores en muchos departamentos y municipios de Guatemala. Se debe ser consciente de la contaminación y someterla a constante monitoreo, ya que la mayoría de las aguas descargadas hacia estos sistemas, terminan en fuentes hídricas, por lo que se encuentran contaminadas. Por otra parte, los cuerpos de agua se utilizan como medio de transporte de residuos y desechos sólidos de diversas actividades. La mayor parte de los residuos y desechos sólidos arrojados a las aguas no tienen ningún tipo de tratamiento previo. El agua, como muchos otros bienes y recursos naturales, es un derecho, pero también responsabilidad por lo que es de suma importancia su buen manejo, conservación y desecho en el medio ambiente.

El presente trabajo de investigación da a conocer el estado actual de cada una de las plantas de tratamiento de aguas residuales existentes en el municipio de San Lucas, Sacatepéquez, su administración, operación y mantenimiento. No se buscó evaluar los contaminantes presentes en el agua residual del sistema de alcantarillado, el cual se sabe es variado ya que en esa zona se desarrollan diferentes tipos de actividades. Sin embargo, se deja información relacionada con el proceso actual de cada una de las plantas de tratamiento que están a cargo de la municipalidad y de entidades privadas, verificando que las condiciones cumplan con lo establecido en las diferentes normas, leyes y decretos vigentes en el país para reducir el grado de contaminación de dicha zona y minimizar el impacto sobre el medio ambiente.

No se evaluó a la municipalidad sino el tipo de tratamiento de aguas residuales para la cabecera municipal de San Lucas Sacatepéquez.

1. DESCRIPCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.1. Ubicación y localización del municipio de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala

De acuerdo con la información recopilada en los registros de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez y diferentes medios escritos, se presentan la siguiente descripción del municipio.

1.1.1. Localización y extensión territorial

El municipio de San Lucas Sacatepéquez se encuentra localizado en la región V o Central de Guatemala y ubicado en el departamento de Sacatepéquez a una altura de 2,062 metros sobre el nivel del mar y a una distancia de la cabecera departamental de 13 kilómetros y de la ciudad capital de 27 kilómetros. Las coordenadas geográficas del centro del casco urbano son 14°36'20" latitud norte y 90°39'32" longitud oeste y su extensión territorial es de 24,5km².¹

¹ PDM. *Plan de desarrollo San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez 2010-2015.*

Figura 1. **Ubicación y delimitación del municipio de San Lucas Sacatepéquez**



Fuente: elaboración propia utilizando imagen satelital Google Maps 2017.

1.1.2. **Colindancias**

Limita al Norte con San Bartolomé Milpas Altas, al Este con Mixco, al Sur con Santa Lucía Milpas Altas y al Oeste con Antigua Guatemala (PDM 2010-2015).

San Lucas Sacatepéquez está integrado por un pueblo, que es el casco urbano, 4 aldeas y 6 caseríos.²

² Segeplan. *Análisis de sistema de lugares poblados.*

1.2. Suelo y topografía del municipio de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala

El municipio de San Lucas Sacatepéquez se caracteriza por tener un suelo con vocación de uso forestal. La intensidad de uso de la tierra es de 78% con uso correcto y 22% en áreas urbanas, es de suma importancia que el municipio cuenta con un área protegida, la reserva protectora de manantiales cordillera Alux. Actualmente, es necesario aplicar un adecuado plan de manejo para aprovechar el recurso agua. De esta forma se garantizará el uso sostenible y sustentable de este recurso. Las áreas protegidas que se deben recuperar y conservar son la reserva forestal protectora de manantiales cordillera Alux, la cual fue declarada área protegida el 29 de mayo de 1997 según el decreto 41-97 del Congreso de la República de Guatemala. La principal amenaza es la expansión de la población hacia dentro del área protegida.³

1.3. Clima del Municipio de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala.

La estación meteorológica más cercana al municipio se encuentra en la finca Suiza Contenta, localizada en el municipio de San Lucas Sacatepéquez, por lo que los datos acerca de la temperatura promedio que se presentan son aproximados. La temperatura máxima promedio es de 25.8° centígrados, temperatura mínima promedio 3° centígrados, se considera que son 96 días promedio de lluvia, milímetros de agua de precipitación 1,071 al año.⁴

En Guatemala se utilizan dos clasificaciones de clima, los cuales son: clasificación climática según Thornwhite y Clasificación climática según Köppen.

³ PDM. *Plan de desarrollo San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez 2010-2015.*

⁴ PDM. *Plan de desarrollo San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez 2010-2015.*

Para el municipio de San Lucas Sacatepéquez, las condiciones climáticas bajo estas clasificaciones son:

- Sistema Thornwhite: BB´2 (bosque húmedo templado) y BB´3 (bosque húmedo frío).
- Sistema Köppen: Cwbig (templado subhúmedo con invierno benigno, presencia de lluvias en verano, verano fresco, isoterma, con marcha de la temperatura tipo Ganges).⁵

1.4. Hidrografía

En su hidrografía se encuentran los ríos: Chichorín, Chiteco, Choacorrál, La Embaulada, Las Vigas y San José, Chilayón, Chipablo, Chique, El Astillero, El Perol, La Ciénaga, La Esperanza, La Ruca y Parrameños. Según el diagnóstico del MAGA en 2001, el territorio de San Lucas Sacatepéquez está dividido por dos cuencas hidrográficas: la cuenca del río Achiguate y la cuenca del río María Linda que drenan hacia la Vertiente del mar Pacífico. Este municipio carece de un plan de gestión del recurso hídrico. El territorio presenta ocho zonas de recarga hídrica las cuales es necesario un estudio técnico de tal manera que se establezca el uso adecuado de estas zonas debido a que la mayor parte del agua entubada se recibe en pozos mecánicos y fuentes de agua provenientes del Cerro Alux.⁶

⁵ PDM. *Plan de desarrollo San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez 2010-2015.*

⁶ PDM. *Plan de desarrollo San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez 2010-2015.*

1.5. Monografía del lugar

Este poblado lo fundaron los españoles en Sacatepéquez a mediados del siglo XVI, aunque se sabe que existía durante el período indígena, ubicado en algún lugar cercano y cuyo nombre se desconoce.

Entre 1546 y 1548 se trasladó del sitio poco adecuado donde se encontraba al actual, aumentando su población con indígenas de Las Verapaces. En la reducción del poblado de indígenas quichés pudo haber prevalecido el deseo de colonizar; en el entendido que miembros indios rebeldes, ya avasallados, fuesen avecindados en un territorio ajeno a su tribu, a efecto de mantenerlos dominados con la ayuda de otros compañeros de raza menos bien intencionados hacia los españoles, durante los primeros años subsiguientes a la llegada de éstos. Solamente así podría explicarse el transferir a tribus indígenas a un territorio distinto al de más mismas, lo cual podría atribuirse a consideraciones políticas, militares y quizá también económicas.⁷

1.5.1. Población

Según el XI Censo de Población y VI Censo de Habitación de Guatemala levantado por el INE al año 2002, San Lucas Sacatepéquez tenía una población de 12,656. Para el año 2010 la población proyectada fue de 25 789 habitantes de los cuales el 80.37% pertenece al área urbana y el 19,63% al área rural.⁸

⁷ Segeplan. *Mapeo participativo*.

⁸ INE. *XI Censo nacional de población y VI de habitación*.

1.5.2. Crecimiento Poblacional

Entre el año 2007 y 2008, existe un aumento de 63 nacimientos, la tasa de nacimientos por cada 1 000 habitantes es del 16,31. San Lucas Sacatepéquez refleja un incremento precipitado de población ocasionado por la migración de los municipios de Mixco y Ciudad Capital. De esta forma el municipio se ha convertido en territorio dormitorio. La tasa de crecimiento poblacional es de 3,1, la departamental de 3,68 y la nacional de 3,47. Los datos indicados expresan que la población del municipio decrece en 0.61 a la tasa departamental y en 0.40 con respecto a la población nacional, lo que implica que la población del municipio tiene un índice de crecimiento alto.⁹ La distribución poblacional del municipio presenta la característica de una base ancha y una cúspide pequeña propias de una población joven ubicada en el rango de edades de 4 a 40 años. Dadas estas características se hace evidente la gran demanda de servicios básicos para la atención a la población, como la educación, salud, vivienda, seguridad alimentaria y fuentes de empleo.¹⁰

Según el XI Censo de Población y VI Censo de habitación de Guatemala levantado por el INE al año 2002, San Lucas Sacatepéquez tenía una población de 12,656 con una densidad poblacional de 3 679 hab/km². Actualmente, el municipio posee 25,789 habitantes con una densidad poblacional de 5,157 hab/km².¹¹

1.5.3. Aspectos culturales e idiomas

Actualmente, la población de San Lucas Sacatepéquez ha cambiado los aspectos culturales propios de la etnia Kakchiquel por patrones culturales

⁹ INE. *XI Censo nacional de población y VI de habitación.*

¹⁰ PDM. *Plan de desarrollo San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez 2010-2015.*

¹¹ PDM. *Plan de desarrollo San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez 2010-2015.*

aprendidos en el proceso de mestizaje que ha experimentado. Parte de esto se debe a que, actualmente, el 88% de la población es no indígena, siendo un grupo muy reducido el que aún mantiene prácticas culturales ancestrales.¹²

Tomando como referencia el nivel de educación en cuanto a matriculación en escolaridad primaria, la alfabetización dentro de los rangos de edades correspondientes, la situación de salud en relación a los años en esperanza de vida y el ingreso por persona ajustado a los precios internacionales. El último informe de desarrollo humano del PNUD para el municipio de San Lucas Sacatepéquez se encuentra situado en un 0,767, el cual, en comparación con el índice departamental de 0,708, se puede decir que el municipio presenta una situación muy similar a la cabecera departamental, con un índice de desarrollo humano medio por estar ubicado entre el 0,5 y 0,8 establecido para este rango por el PNUD.¹³

El mayor porcentaje de población profesa la religión católica y, en la localidad, se hablan los idiomas español y Cakchiquel. Las generaciones actuales no utilizan el traje típico. Los platos típicos del lugar son el pepián, el atol de elote y el churrasco. La festividad del Día de todos los santos es una de las tradiciones antiguas. Existe la creencia que es el medio por el cual los deudos establecen comunicación con sus familiares fallecidos; al interrogarlos suelen responder únicamente que la misma data de principio del siglo XX. Un mar de barriletes de todos colores, de bellos diseños y grandes dimensiones, invaden las calles de San Lucas Sacatepéquez, acompañados de miles de visitantes y vecinos donde todos se dirigen al citado lugar para presenciar el gran espectáculo. Su fiesta patronal se celebra del 0 al 20 de octubre en honor a San Lucas Evangelista, patrono espiritual del municipio, festividad muy

¹² PNUD. *Objetivos del milenio: Informe de avances.*

¹³ PNUD. *Objetivos del milenio: Informe de avances.*

solemne por sus actividades religiosas, así mismo en su honor se celebran actividades culturales, sociales y deportivas durante esos días.¹⁴

1.6. Servicios con los que cuenta el municipio

La distribución poblacional del municipio presenta la característica de los servicios con los que cuenta la cabecera municipal de San Lucas Sacatepéquez.

1.6.1. Agua y saneamiento

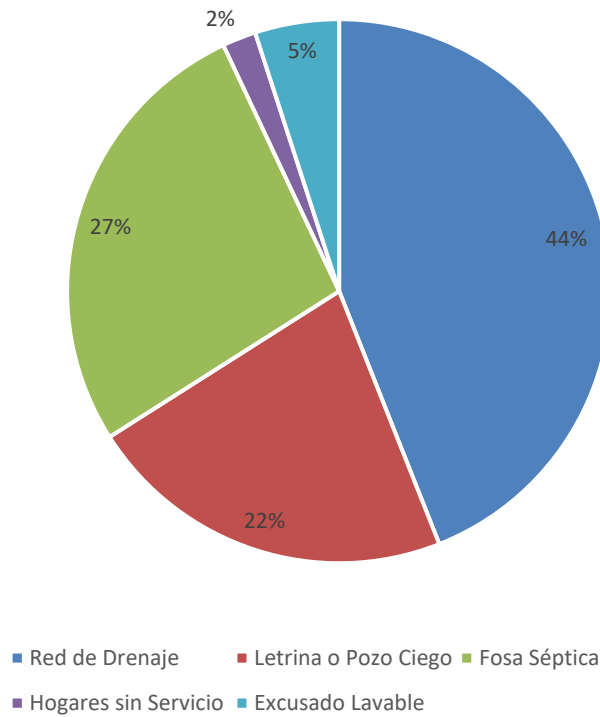
Los recursos del municipio se caracterizan por tener un suelo favorecido y un área protegida que permite asegurar un uso sostenible y sustentable.

1.6.1.1. Servicio de agua y sanitarios

El 80% de las viviendas de la cabecera municipal de San Lucas Sacatepéquez cuenta con servicio de agua potable, proveniente de pozos mecánicos, la cual está desinfectada con cloro granulado su aplicación se mide por medio de comparímetro. El porcentaje de viviendas del municipio que cuenta con servicio de drenaje es de 98% y un 2% no cuenta con este servicio vertiendo sus aguas hacia pequeñas laderas o directamente al río. El 100% de los hogares posee letrina o inodoro.

¹⁴ Segeplan. *Mapeo participativo*.

Figura 2. **Manejo de excretas y drenajes, San Lucas Sacatepéquez**



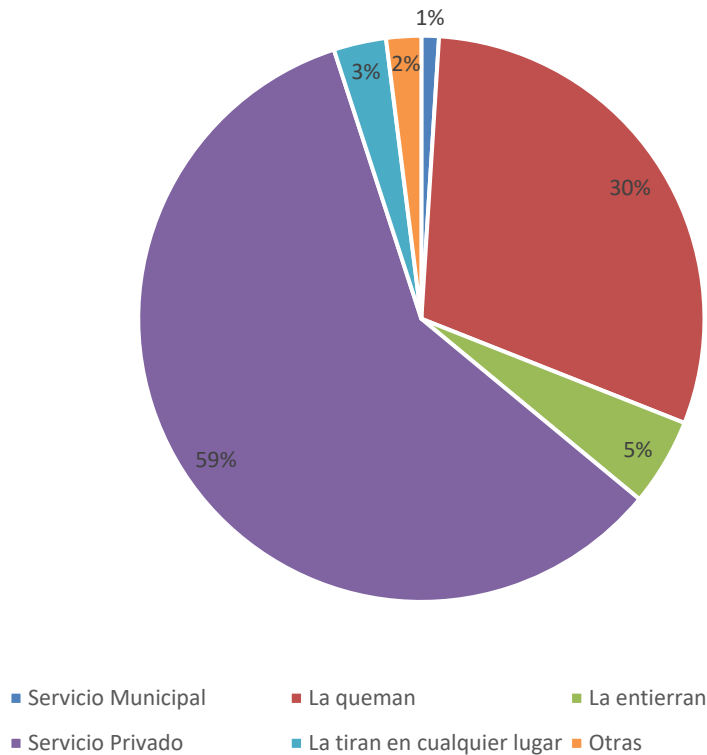
Fuente: elaboración propia con datos de INE,2002.

1.6.1.2. Desechos sólidos

Existe un servicio privado que colecta la basura y la lleva a las instalaciones de AMSA. El 59% de las viviendas posee este servicio y únicamente el 1% de viviendas son atendidas por la municipalidad.¹⁵

¹⁵ Segeplan. *Mapeo participativo*.

Figura 3. **Forma de eliminar la basura, San Lucas Sacatepéquez**



Fuente: elaboración propia con datos de INE,2002.

1.6.1.3. **Energía eléctrica**

Se utiliza energía eléctrica en acometidas de 120 y 240 voltios para la iluminación, la utilización de electrodomésticos y aparatos electrónicos. La Empresa Eléctrica de Guatemala suministra este servicio, a precios y tarifas que establece la comisión de energía. La cobertura de electricidad es del 100% en el municipio.¹⁶

¹⁶ Segeplan. *Mapeo participativo*.

1.6.1.4. Educación

La población en edad escolar en los niveles de preprimaria, primaria, básicos y diversificado es atendida en un 70,94%, 91,48%, 51,69% y en un 17,45% respectivamente. Este excedente corresponde a los alumnos que migran de San Bartolomé Milpas Altas, Magdalena Milpas Altas y Santa Lucía Milpas Altas. Los porcentajes anotados muestran que en el acceso a la educación en el nivel diversificado existe un déficit significativo. Se considera que la educación básica se encuentra en un grado medio y la preprimaria en grado medio alto, por lo cual se debe invertir en proyectos y programas que garanticen el aumento de estas cifras y colocarlos al mismo nivel de la primaria.¹⁷

La relación entre hombres y mujeres en los niveles educativos, en promedio, los hombres constituyen un 45,30% y las mujeres un 54,70% con una diferencia de 9,40. Este porcentaje debe ser equitativo si se aplican programas igualitarios de acceso a la educación primaria de niños y niñas de San Lucas Sacatepéquez.¹⁸

El municipio cuenta con 41 establecimientos educativos estatales y privados y que, conjuntamente se distribuyen en 88 jornadas educativas para dar cobertura a 12 710 habitantes en edad escolar. De los establecimientos educativos, 30 atienden a la población en el nivel de preprimaria, 25 poseen los niveles preprimaria, primaria y básico. Únicamente 5 ofrecen servicios educativos del nivel diversificado y un instituto técnico. La mayoría de estos se encuentra en el casco urbano. Cada una de las aldeas del municipio posee escuela con cobertura en el nivel preprimaria, primaria y básica.¹⁹

¹⁷ PDM. *Plan de desarrollo San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez 2010-2015.*

¹⁸ PDM. *Plan de desarrollo San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez 2010-2015.*

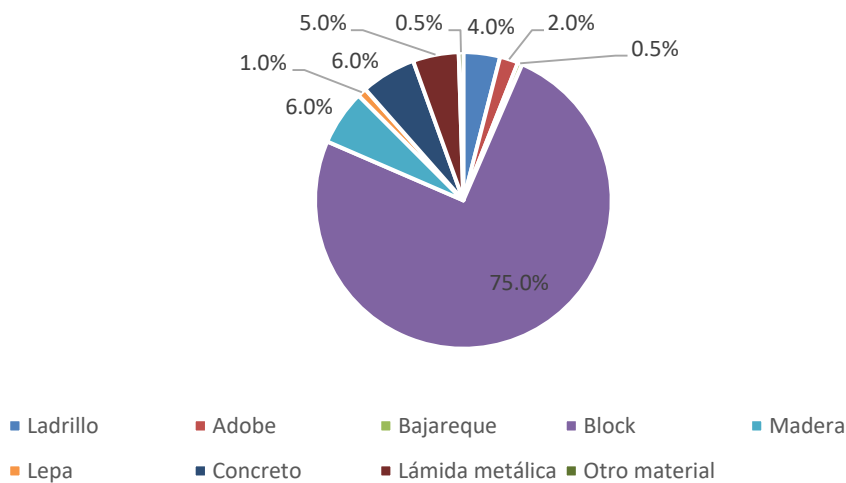
¹⁹ Segeplan. *Mapeo participativo.*

El analfabetismo que se define como la falta de acceso oportuno al sistema educativo, en el ámbito nacional, constituye el 21,04%; en los departamentos, el 13,64% y, en los municipios, el 7,93%. Esto indica que 1 458 pobladores del total de habitantes (25 789) no sabe leer ni escribir. Es decir que, para disminuir el índice de analfabetismo es necesario invertir en infraestructura física y recurso humano, mejorar y ampliar el acceso a los servicios.²⁰

1.6.1.5. Condiciones de vivienda

Aproximadamente el 75% de las viviendas del municipio están construidas con *block*, cemento y hierro, seguido de concreto y madera.²¹

Figura 4. **Condiciones de vivienda, San Lucas Sacatepéquez**



Fuente: elaboración propia con datos de INE,2002.

²⁰ MINEDUC. *Anuario estadístico 2005-2008*.

²¹ INE. *XI Censo nacional de población y VI de habitación*.

1.6.1.6. Vías de comunicación

De acuerdo con la información que presenta la Coordinadora Vial y la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, el municipio de San Lucas Sacatepéquez cuenta con tres accesos asfaltados y adoquinados, a la carretera CA-1. Posee una carretera asfaltada que conecta con el municipio de Santiago Sacatepéquez y San Pedro Sacatepéquez, Guatemala. Sus aldeas y caseríos están conectados por carretera de terracería.

1.7. Sistema de tratamiento actual

Actualmente, la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez cuenta con cuatro plantas públicas de tratamiento en operación y una en proceso de construcción, de las cuales a una de ellas se le da mantenimiento preventivo. El tratamiento primario es el más sencillo en la limpieza del agua ya que tiene como función, preparar el agua limpiándola de partículas cuyas dimensiones puedan obstruir o dificultar los procesos consecuentes los cuales podría ser el cribado o rejillas de barrera, la flotación o eliminación de grasas y sedimentación.

1.7.1. Tipos de tratamiento de aguas residuales

Los tipos de tratamiento que se le puede dar al agua residual son:

- Tratamiento preliminar y primario. Este consiste en separar los sólidos gruesos y parte de sólidos en suspensión. Los sólidos de mayor tamaño son atrapados por medio de rejas y tamices, los sólidos de menor tamaño que son sedimentables se separan por medio de desarenadores, grasas, aceites y materias flotantes, por medio de trampas de grasas o

bien por sedimentadores. Con un tratamiento primario adecuado se logra eliminar de 30 a 50% de sólidos y se reduce un 30 a 40% el número de organismos coliformes. De igual forma la demanda bioquímica de oxígeno se reduce en un 25 y 40%.

- Tratamiento secundario. En este tipo de tratamiento, se aplican procedimientos biológicos a los efluentes que ya se les dio un tratamiento primario. Cuando no basta un tratamiento por medio de procesos mecánicos, es necesario aplicar bacterias, las cuales pueden actuar con la presencia de oxígeno o sin él, dependiendo del tipo.
- Tratamiento terciario. Estas pueden ser de tipo mecánico utilizando filtros especiales con poros microscópicos o bien químicos. La cloración es un elemento contemplado dentro de este nivel de tratamiento.²²

1.7.2. Ubicación de las plantas de tratamiento de agua residual

En la figura 5 y 6, se presentan los mapas de ubicación de las PTAR de administración municipal y privadas que, actualmente, existen en el municipio de San Lucas Sacatepéquez.

1.7.2.1. Ubicación de las PTAR municipales

En la tabla I se muestra la información principal de las PTAR de administración municipal.

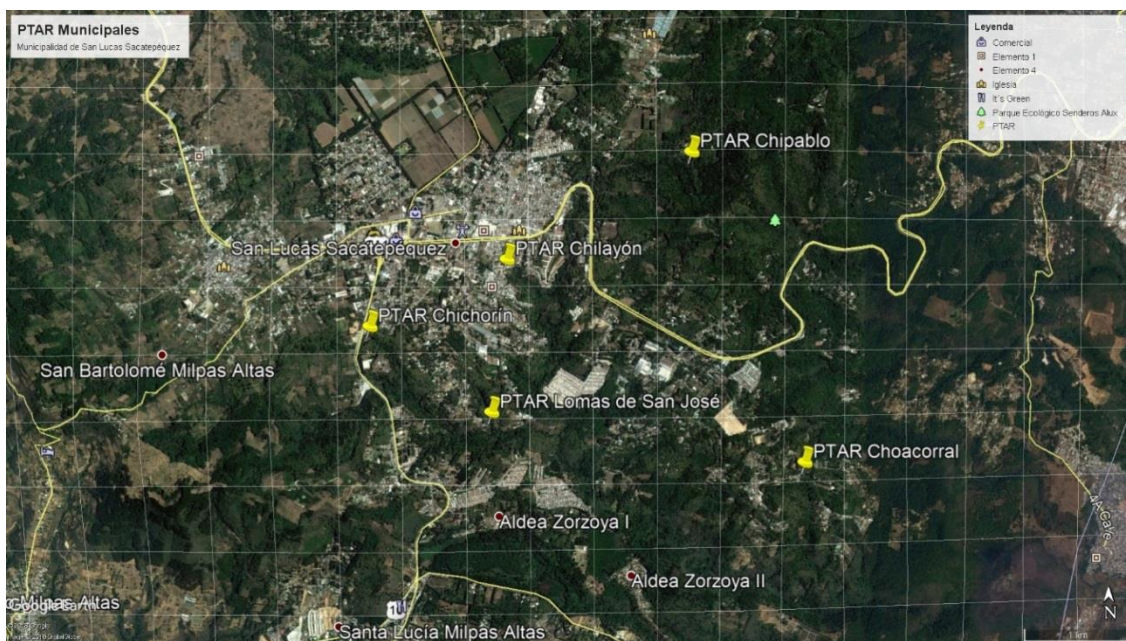
²² PDM. *Plan de desarrollo San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez 2010-2015.*

Tabla I. **PTAR municipales**

PTAR Municipales			
No.	Nombre	Coordenadas geográficas	Ubicación
1	Choacorrall	14°35'24.50" N 90°38'2.40" O	Aldea Choacorrall, San Lucas, Sacatepéquez.
2	Chipablo	14°36'51.20" N 90°38'32.70" O	Caserío Chipablo, San Lucas, Sacatepéquez.
3	Chichorín	14°36'3.60" N 90°40'2.44" O	Cantón Chichorín, San Lucas, Sacatepéquez.
4	Lomas de San José	14°35'40.00" N 90°39'29.80" O	Lomas de San José, San Lucas, Sacatepéquez.
5	Chilayón	14°36'21.96" N 90°39'23.291" O	Cantón Reforma, quebrada Rio Chilayón, San Lucas Sacatepéquez

Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Ubicación satelital de las PTAR municipales, San Lucas Sacatepéquez**

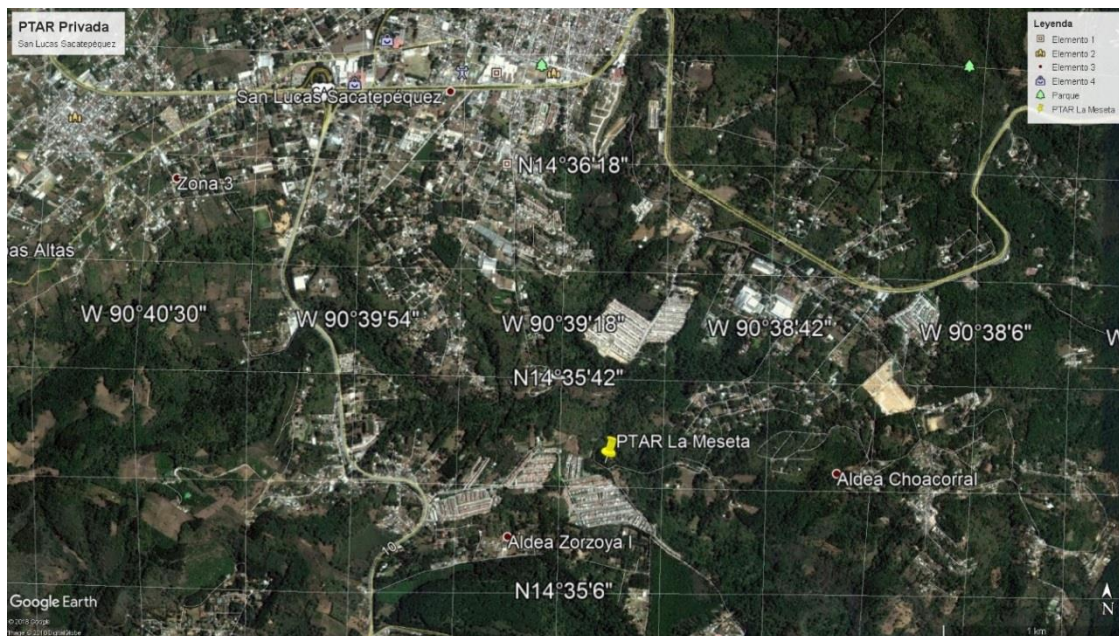


Fuente: elaboración propia, utilizando imagen satelital Google Earth.

1.7.2.2. Ubicación de las PTAR privadas

La PTAR de administración privada, Villas de la Meseta, se encuentra ubicada en Residenciales Villas de La Meseta, La Meseta, San Lucas Sacatepéquez, con coordenadas geográficas $14^{\circ}35'27.9''$ latitud norte y $90^{\circ}39'10.0''$ longitud oeste.

Figura 6. Ubicación satelital de las PTAR privadas San Lucas Sacatepéquez



Fuente: elaboración propia, utilizando imagen satelital Google Earth.

1.7.3. Fomento al tratamiento de agua residual

El proceso de buen manejo de aguas residuales requiere tiempo, planificación y un alto nivel de participación de la ciudadanía. La voluntad política de las autoridades municipales y de los habitantes, es un requerimiento básico para implementar un sistema de aguas residuales. Para ello, se realiza un diagnóstico de las condiciones demográficas y topográficas del municipio, datos de generación y calidad de aguas residuales, la posibilidad de reúso del agua y determinar la calidad de agua que se quiere obtener. Uno de los pasos fundamentales es la educación comunitaria, actores clave de los temas básicos de higiene y tratamiento de aguas residuales. La inclusión de la participación pública es importante ya que se discuten los problemas y opciones con los grupos interesados, incluyendo alternativas tecnológicas y sitios ideales para la ubicación de PTAR.²³

1.7.4. Proyectos en curso

Se preparan planes y prioridades, pasos y responsabilidades para mejoramientos en el manejo de carácter técnico, institucional, legal, económico, social, ambiental y administrativo. La UGAM es la responsable y encargada del mantenimiento y control de PTAR, establecer el presupuesto para el mantenimiento y evaluación de todas las plantas. Si las instalaciones ya sobrepasaron su vida útil o son insuficientes para el servicio que deben proporcionar, se tiene una nueva propuesta de diseño con datos actualizados de caudal y cantidad de habitantes a servir. Es importante determinar la institución o instituciones que serán las responsables por el sistema y planificar la formación de una nueva institución en caso sea necesario. Las alternativas ideales futuras serán económica y socialmente aceptables, protegerán al medio

²³ PDM. *Plan de desarrollo San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez 2010-2015.*

ambiente. Se aprovecharán pendientes naturales para evitar la necesidad de bombeo hacia la(s) planta(s) y entre unidades de la(s) planta(s). En la Tabla II se presenta el listado de proyectos en ejecución registrados en el Sistema Nacional de Inversión Pública en el ejercicio 2017.

Tabla II. Proyectos en ejecución

Proyecto	Institución	Función	Ubicación	Fase
Construcción sistema de alcantarillado sanitario en 2da calle desde 1era. hacia 3era. avenida, zona 1	Gobiernos locales	Agua y Saneamiento	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución
Construcción sistema de alcantarillado sanitario en 6ta avenida desde 3ra. hacia 6ta calle, zona 1	Gobiernos locales	Agua y Saneamiento	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución
Construcción sistema de alcantarillado sanitario en 6ta calle desde 4ta. avenida hacia ca-1, zona 1	Gobiernos locales	Agua y Saneamiento	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución
Construcción sistema de alcantarillado sanitario en Cantón La Esperanza, carretera hacia El Manzanillo, Zona 6	Gobiernos locales	Agua y Saneamiento	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución
Mejoramiento banqueta peatonal en 2da calle, desde 1era hacia 3ra avenida, zona 1	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución
Mejoramiento banqueta peatonal en residenciales Los Alpes, Zona 1	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución
Mejoramiento calle adoquinamiento en Calle Los Claveles, Residenciales Jardines De San Lucas IV, Zona 1	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución
Mejoramiento calle adoquinamiento en Callejón Los Mateo, Cantón Chituc, Zona 6	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución
Mejoramiento calle adoquinamiento en Sector Los González, Zona 2	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución
Mejoramiento calle adoquinamiento Los Bains, Aldea Choacorrál, Zona 4	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución
Mejoramiento calle adoquinamiento Los Cuches Sector I, Aldea Choacorrál, Zona 4	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución
Mejoramiento calle adoquinamiento Los Subuyuj, Aldea Choacorrál, Zona 4	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución
Mejoramiento calle ingreso a escuela Caserío Chicamen, Zona 5, Caserío Chicamen	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución
Mejoramiento calle pavimentación desde Casa Grande hacia Calle De La Chancaca, Zona 4	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución
Mejoramiento calle pavimentación en 2da calle, desde 1era. hacia 3ra avenida, zona 1	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución
Mejoramiento calle pavimentación en 6ta. avenida desde 3ra. hacia 6ta. calle, zona 1	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución
Mejoramiento calle pavimentación, en calle final Cantón Reforma, desde Colegio Educare hacia Finca La Ruca, Zona 2	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución

Continuación de la tabla II.

Proyecto	Institución	Función	Ubicación	Fase
construcción sistema de alcantarillado sanitario en lotificación Las Varsovias, carretera hacia Aldea El Manzanillo, Zona 6, San Lucas Sacatepéquez	Gobiernos locales	Agua y Saneamiento	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución
Construcción sistema de aguas pluviales en 4ta. avenida, desde 6ta. calle hasta transversal en CA-1 km. 29, zona 1, San Lucas Sacatepéquez	Gobiernos locales	Agua y Saneamiento	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución
Construcción sistema de alcantarillado sanitario en lotificación Las Varsovias, carretera hacia Aldea El Manzanillo, Zona 6, San Lucas Sacatepéquez	Gobiernos locales	Agua y Saneamiento	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución
Mejoramiento calle pavimentación en 6ta calle, desde 4ta avenida hacia CA-1, zona 1	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez	Ejecución

Fuente: elaboración propia.

1.7.5. Inversiones y financiamiento

Las evaluaciones deben incluir costos estimados al usuario y sostenibilidad económica potencial de las opciones. Pueden evaluarse opciones centralizadas y descentralizadas, así como también de diferentes tipos de tratamiento. De acuerdo con la información publicada en Guatecompras, la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (Segeplan) y también en el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) se encuentran varios proyectos para el 2017 en el Municipio de San Lucas Sacatepéquez.

A continuación, se presenta la lista de proyectos en cartera registrados en el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) en el ejercicio 2017.

Tabla III. **Proyectos en cartera**

Proyecto	Institución	Función	Ubicación
Construcción sistema de alcantarillado sanitario en la 6ta calle desde 3ra hacia 6ta calle, zona 1	Gobiernos locales	Agua y Saneamiento	San Lucas, Sacatepéquez
Construcción sistema de alcantarillado sanitario en 6ta calle desde 4ta avenida hacia CA-1, zona 1	Gobiernos locales	Agua y Saneamiento	San Lucas, Sacatepéquez
Mejoramiento calle adoquinamiento lotificación Linda Vista, Caserío Chicamen, zona 5	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez
Mejoramiento calle adoquinamiento lotificación Lomas de San Lucas zona 5	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez
Mejoramiento calle pavimentación Residenciales El Ensueño zona 5	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez
Mejoramiento pasarela en EOUM Rep. Federal de Centro América, Km. 28 CA-1	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez
Mejoramiento pasarela mercado El Monumento al caminero, km. 29 CA-1	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez
Mejoramiento banqueta peatonal en 2da calle, desde 1ra hacia 3ra avenida, zona 1	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez
Mejoramiento calle, pavimentación en 2da calle desde 1ra hacia 3ra avenida zona 1	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez
Mejoramiento calle pavimentación, banquetas y muros ingreso hacia lotificación Tierra Linda, sector I, extravía hacia sector II, Aldea Zorzoya, Zona 3	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez
Mejoramiento calle posterior iglesia católica Aldea La Embaulada zona 3	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez
Ampliación sistema de agua potable con la construcción de tanque para almacenamiento de agua en Residenciales Villas de la Meseta, zona 3	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez
Construcción sistema de aguas pluviales con la perforación de 5 pozos de absorción en Hacienda Santo Domingo, zona 2.	Gobiernos locales	Desarrollo Urbano y Rural	San Lucas, Sacatepéquez

Fuente: elaboración propia.

2. PROBLEMÁTICA ACTUAL

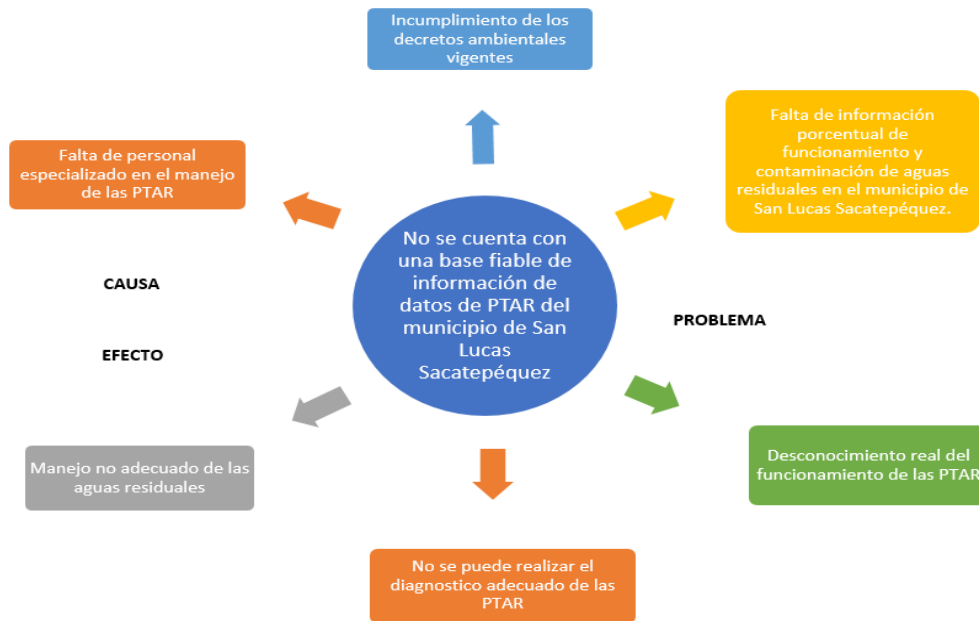
2.1. Diagnóstico actual

El mantenimiento y seguimiento de este tipo de proyectos a cargo de la municipalidad ha presentado abandono parcial debido a varias circunstancias, entre ellas, una mala práctica en la planificación de los proyectos. Los sistemas han sido olvidados por largos periodos y en algunos casos se retoman después de que se ha visto que estos provocan algún efecto negativo en el medio ambiente que los rodea.

2.2. Árbol de problema

Este diagrama sirve para describir la situación de la municipalidad en cuanto al tratamiento de aguas residuales.

Figura 7. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

2.3. Normativas de cumplimiento

Los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reuso de aguas residuales y la disposición de lodos, se guía por las características que tenga el agua residual, logrando proteger y recuperar los cuerpos receptores, minimizando el impacto provocado por las actividades humanas.

2.3.1. Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 y su reforma, Acuerdo Gubernativo No. 129-2015

El reglamento, obliga a monitorear la calidad de agua residual descargada de las PTAR en funcionamiento, sin poner en riesgo el medio ambiente y alteración de suelos, recursos hídricos bióticos y abióticos.

En el artículo 16 del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 se establecen los parámetros de medición para determinar las características de las aguas residuales: sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a 20 grados Celsius, demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno total, fósforo total, arsénico, cadmio, cianuro total, cobre, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo, cinc, coliformes fecales, color, pH, temperatura, sólidos sedimentables, grasa y aceites.

Estos rangos incluyen parámetros físicos, químicos y microbiológicos que proveen información base para la evaluación de la calidad del agua. Los límites máximos permisibles son determinados para cada parámetro, pero varía dependiendo del lugar de la descarga de aguas.

Tabla IV. Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores

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

TCR=temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

Fuente: Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 y su reforma Acuerdo 129-2015.

2.4. Situación de la cobertura y su evolución municipal a futuro

En el municipio de San Lucas Sacatepéquez se concentran actividades comerciales, debido a su ubicación y localización cercana con una carretera principal (CA-1) del país. El porcentaje de cobertura de cada PTAR resulta de

tomar la cantidad de viviendas del lugar o poblado que sirve dividido por el total de viviendas o población del municipio.

2.4.1. Cobertura actual

Según estimaciones, utilizando información proporcionada por la dirección de la UGAM de la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, el municipio cuenta con aproximadamente 2 579 inmuebles en todo su territorio, divididos en condominios, lotificaciones, residenciales, colonias, aldeas y caseríos.

Como se observa en la tabla V, las plantas de tratamiento han recibido el nombre de acuerdo con el lugar donde se ubican y la población a la que sirven, por lo tanto, así también se estima la cantidad de viviendas que tributan a cada PTAR y las que están conectadas al servicio. La tabla VI muestra las PTAR privadas que brindan cobertura a un lugar determinado. La cobertura se extenderá con la finalización de la construcción de una PTAR municipal, esta es presentada en la tabla VII.

Tabla V. **Lista de las PTAR municipales que brindan cobertura actual**

No.	Nombre planta	Ubicación
1	PTAR Choacorrall	Aldea Choacorrall, zona 4
2	PTAR Chipablo	Caserío Chipablo, zona 5
3	PTAR Chichorín	Cantón Chichorín, zona 2
4	PTAR Lomas de San José	Lomas de San José, zona 3

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Lista de las PTAR privadas que brindan cobertura actual**

No.	Nombre planta	Ubicación
1	Condominio Entre Encinos	Condominio Entre Encinos zona 4
2	Condominio La Cañada de San Lucas	Condominio La Cañada de San Lucas zona 6
3	Condominio Los Faroles	Condominio Los Faroles zona 3
4	Condominio Portland	Condominio Portland zona 2
5	Condominio La Hacienda	Condominio La Hacienda zona 4
6	Residenciales Prados de San Lucas	Residenciales Prados de San Lucas zona 2
7	Residenciales Bosques de Oberland	Residenciales Bosques de Oberland zona 6
8	Residenciales San Lucas Forest	Residenciales San Lucas Forest zona 2
9	Residenciales San Telmo	Residenciales San Telmo zona 3
10	Residenciales Villa Beatriz	Residenciales Villa Beatriz zona 2
11	Residenciales Villas de Choacorral	Residenciales Villas de Choacorral zona 4
12	Residenciales Villas La Meseta	Residenciales Villas La Meseta zona 3
13	Lotificación Condado Portland	Lotificación Condado Portland zona 2
14	Lotificación La Floresta	Lotificación La Floresta zona 4
15	Lotificación Lomas de San José	Lotificación Lomas de San José zona 3
16	Lotificación Monte Carlo	Lotificación Monte Carlo zona 2
17	Lotificación Prados de Zorzoya	Lotificación Prados de Zorzoya zona 3
18	Apartamentos El Bosque	Apartamentos El Bosque zona 2
19	Hacienda Las Marías	Hacienda Las Marías zona 3

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Lista de las PTAR municipales en construcción con cobertura a futuro**

No.	Nombre planta	Ubicación
1	PTAR Chilayón	Cantón Reforma, quebrada Río Chilayón, zona 2

Fuente: elaboración propia.

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Etapa 1

Consistió en la recolección de información de las fuentes existentes para describir la administración, operación y mantenimiento de las PTAR en funcionamiento del Municipio de San Lucas, Sacatepéquez.

3.1.1. Fuente de información primaria existentes para determinación de datos

Se realizó una revisión de las diferentes bases de información para determinar la ubicación y funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el Municipio de San Lucas, Sacatepéquez; en documentos localizados en páginas de internet de instituciones gubernamentales y no gubernamentales, siendo las siguientes:

- INFOM
- AMSA
- MARN
- OMS-OPS

De manera más importante fue visitar el sitio web de la municipalidad y realizar visitas de campo a la oficina encargada del manejo del saneamiento municipal en San Lucas, Sacatepéquez; específicamente la Dirección Municipal de Planificación (DMP) y a la Unidad de Gestión Ambiental Municipal (UGAM) para los datos técnicos necesarios.

3.1.2. Recolección de datos para su posterior análisis

Por medio de la Dirección Municipal de Planificación y de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal, la Municipalidad de San Lucas proporcionó la mayor parte de la información para realizar el inventario y diagnóstico de las PTAR. Se complementó y corroboró con la información obtenida de las fuentes de información. Con autorización de la Municipalidad de San Lucas se ingresó a las instalaciones de las PTAR de administración municipal y privadas. Se realizó un recorrido dentro de cada en compañía del Arquitecto Homero Jiménez, jefe de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal y de otros colaboradores municipales.

3.2. Etapa 2

Los datos obtenidos fueron tabulados de forma lógica para realizar el análisis de cada PTAR.

3.2.1. Tabulación de datos

Los datos que se muestran en la tabla VIII son resultado de las observaciones durante el recorrido hecho a las PTAR, y la información proporcionada por el encargado de mantenimiento de cada una de las plantas de tratamiento, por la UGAM y el Arq. Homero Jiménez y datos del informe municipal de las plantas de tratamiento del municipio de San Lucas Sacatepéquez.

Se presenta en la tabla VIII el nombre de cada una de las PTAR, dirección, administración y su ente administrador.

Tabla VIII. Información general

No.	Nombre	Dirección	Administración de PTAR	Administrador	En operación
1	Choacorrall	Ruta a Eco Jinayá, Aldea Choacorrall, zona 4, San Lucas, Sacatepéquez	Pública	Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez	SI
2	Chipablo	Caserío Chipablo, zona 5, San Lucas, Sacatepéquez	Pública	Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez	SI
3	Chichorín	Cantón Chichorín, zona 2, San Lucas, Sacatepéquez	Pública	Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez	SI
4	Lomas de San José	Lomas de San José, zona 3, San Lucas, Sacatepéquez	Pública	Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez	SI
5	Chilayón	Cantón Reforma, quebrada Río Chilayón, zona 2, San Lucas Sacatepéquez	Pública	Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez	NO
6	Villas de la Meseta	Villas de la Meseta, La Meseta, zona 3, San Lucas Sacatepéquez	Privada	Asociación de vecinos Residenciales Villas de La Meseta	SI

Fuente: recopilación propia con información de la UGAM, San Lucas Sacatepéquez.

Para establecer el rango de la capacidad operacional que tiene cada planta se toman en cuenta diversos factores, entre ellos la falta de mantenimiento adecuado, algunos elementos de las PTAR no funcionan adecuadamente por lo cual afecta la capacidad de funcionamiento, clasificándolas de la siguiente manera:

- Mínima capacidad
- Mediana capacidad
- Máxima capacidad

En la tabla IX se muestran los horarios de operación, el tipo de tratamiento y la capacidad del sistema de cada una de las PTAR en operación de la cabecera municipal.

Tabla IX. **Horario, tipo de tratamiento y capacidad del sistema**

No.	PTAR	Horario de operación	Tipo de Tratamiento	Capacidad del sistema
1	Choacorrall	24hrs/7días	Anaeróbico	Mínima Capacidad
2	Chipablo	24hrs/7días	Anaeróbico	Mediana Capacidad
3	Chichorín	24hrs/7días	Biológico Aeróbico	Mediana Capacidad
4	Lomas de San José	24hrs/7días	Anaeróbico	Mediana Capacidad
5	Chilayón	24hrs/7días	Biológico anaerobio	No disponible
6	Villas de la Meseta	24hrs/7días	Anaeróbico	Mínima Capacidad

Fuente: recopilación propia con información de la UGAM, San Lucas Sacatepéquez.

En la tabla X se muestra el estado del sistema, el tipo de PTAR y sus coordenadas, la tabla XI presenta la eficiencia estimada y lugar de descarga

Tabla X. **Estado del sistema, tipo de planta y ubicación geográfica**

No.	PTAR	Estado del sistema	Tipo de Planta	Latitud (N)	Longitud (O)
1	Choacorrall	Mal estado	Convencional	14°35'24.50"	90°38'2.40"
2	Chipablo	Buen estado	Convencional	14°36'51.20"	90°38'32.70"
3	Chichorín	Buen estado	Convencional	14°36'3.60"	90°40'2.44"
4	Lomas de San José	Buen estado	Convencional	14°35'40.00"	90°39'29.80"
5	Chilayón	En Construcción	Convencional	14°36'21.96"	90°39'23.29"
6	Villas de la Meseta	Buen estado	Convencional	14°35'27.9"	90°39'10.0"

Fuente: recopilación propia con información de la UGAM, San Lucas Sacatepéquez.

Tabla XI. **Eficiencia estimada, descarga y estudio técnico de aguas residuales de cada PTAR**

No.	PTAR	Eficiencia estimada %	Lugar de descarga	ETAR
1	Choacorrall	0	Quebrada El Tanque	No tiene
2	Chipablo	Sin información	Quebrada El Tanque	Si tiene
3	Chichorín	Sin información	Quebrada Río Las Vigas	No tiene
4	Lomas de San José	Sin información	Quebrada Río San José	Si tiene
5	Chilayón	En construcción	Quebrada Río Chilayón	En Construcción
6	Villas de la Meseta	60	Quebrada Río San José	Sin Información

Fuente: recopilación propia con información de la UGAM, San Lucas Sacatepéquez.

Tabla XII. **Periodos de limpieza de las unidades de cada PTAR**

No.	PTAR	Limpieza de rejillas	Limpieza desarenador	Limpieza trampa de grasas	Limpieza tanques sedimentadores	Instalación de dosificación de cloro
1	Choacorrall	mensual	mensual	mensual	abandono	Sin información
2	Chipablo	Diario	mensual	Semanal	2 veces al año	2018
3	Chichorín	Diario	mensual	Semanal	2 veces al año	2018
4	Lomas de San José	Diario	mensual	Semanal	2 veces al año	No tiene
5	Chilayón	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
6	Villas de la Meseta	Diario	Diario	Semanal	2 veces al año	Sin Información

Fuente: recopilación propia con información de la UGAM, San Lucas Sacatepéquez.

Tabla XIII. **Unidades de tratamiento de las PTAR**

No.	PTAR	Pretratamiento	Tratamiento primario	Tratamiento secundario	Tratamiento terciario	Tratamiento de lodos
1	Choacorrál	Caja colectora, canal de rejas, desarenador, retención de grasas	Reactor biológico	Sedimentador secundario, filtro percolador	Sin tratamiento	Patio secado de lodos
2	Chipablo	Rejillas y desarenador	Sedimentador primario, filtro anaeróbico de flujo ascendente	Digestor anaerobio	Dosificador de cloro, tanque de contacto	Biodigestor
3	Chichorín	Rejilla y cámara de homogenización	Tanque de aireación	Tanque clarificador	Dosificador de cloro	Patio secado de lodos
4	Lomas de San José	Rejillas y desarenador, caja trampa de grasas	Reactor aerobio de flujo ascendente	Filtro percolador y tanque clarificador	Sin tratamiento	Patio secado de lodos
5	Chilayón	Pozo de visita inicial, caja distribuidora y desarenadora, caja de rejillas	Reactor anaerobio de flujo ascendente	Filtro percolador	Desinfección y caja de muestreo	Patio secado de lodos
6	Villas de la Meseta	Canal de rejillas y desarenador, caja trampa de grasa	Reactor anaerobio de flujo ascendente	Filtro percolador anaeróbico	Sin tratamiento	Patio secado de lodos

Fuente: recopilación propia con información de la UGAM, San Lucas Sacatepéquez.

3.2.2. Interpretación y análisis de datos

En la tabla VIII se presentan las PTAR en funcionamiento. Se obtuvo información de cinco, que son de administración municipal y una de administración privada. En el resto de las plantas privadas existentes dentro de la cabecera municipal de San Lucas Sacatepéquez no se obtuvo autorización para ingresar a las instalaciones y recabar la información.

Se observa en la tabla IX que el rango de la capacidad operacional, en promedio, es mediana, el horario de funcionamiento para todas es de 24 horas durante todos los días de la semana. La mayoría de las plantas que funcionan son de tipo anaeróbico.

La tabla X presenta el estado del sistema de tratamiento para cada una de las PTAR al momento de haber realizado la visita. Se puede observar que la mayoría está en buen estado, cuentan con un sistema de tratamiento convencional. La PTAR de Choacorrall está en mal estado, debido a que el sistema colapsó por falta de mantenimiento y se encuentra en abandono, los tanques sedimentadores están rebalsados.

Se aprecia en la tabla XI la eficiencia de cada PTAR, para las de administración municipal no se cuenta con esta información en algunos casos y en los que, si se cuenta, la eficiencia estimada es de 0 %. Se tiene 60 % eficiencia estimada para la PTAR de administración privada de Residenciales Villas de la Meseta. La PTAR Chilayón, de administración municipal, está en proceso de construcción, por lo que no puede determinarse su eficiencia total de operación. Los puntos de descarga de cada una de las PTAR son quebradas de ríos que se encuentran dentro de la cabecera municipal.

El mantenimiento de cada una de las unidades con las que cuenta las PTAR se observa en la tabla XII, la mayoría de los períodos de limpieza son los adecuados. En la planta Chichorín, la señora Anabela se encarga de darle mantenimiento a cada una de las unidades. En el resto de las PTAR de administración municipal el encargado del mantenimiento es el señor Pedro Jiménez, quien pertenece al personal de la UGAM de San Lucas Sacatepéquez. El mantenimiento de la PTAR del Residencial Villas de la Meseta está bajo la administración del comité de vecinos, el cual, hasta el

momento, ha logrado darle el adecuado cuidado a cada una de las unidades que componen el sistema.

Como puede observarse en la tabla XIII, la mayoría de las PTAR no cuentan con un sistema de tratamiento terciario, únicamente las PTAR Chipablo y Chichorín tienen tratamiento por medio de dosificación de cloro y, en el futuro, la PTAR Chilayón también contará con tratamiento terciario dentro de su proceso de tratamiento de agua residual. Para todas las demás plantas se cuenta con unidades de pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y un patio de secado de lodos, un biodigestor para el caso de la PTAR Chipablo. Dichas unidades fueron establecidas según el diseño realizado para cada una de ellas.

4. RESULTADOS

4.1. Resumen del inventario de PTAR en operación

Se muestran las plantas de tratamiento de aguas residuales que están en operación en el municipio de San Lucas., Se incluye un resumen de toda la información recolectada de las fuentes públicas y privadas, el tipo de proceso, fuentes de financiamiento, esquemas de los principales procesos y el mantenimiento de cada una de las PTAR.

En la tabla XIV se muestra el resumen de las PTAR públicas en operación administradas por la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez.

Tabla XIV. **Resumen de PTAR en operación públicas**

PTAR Municipales en operación	
No.	Nombre de la PTAR
1	Choacorrall
2	Chipablo
3	Chichorín
4	Lomas de San José

Fuente: elaboración propia.

Se encuentra también la PTAR pública Chilayón, en fase de construcción, administrada por la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez y la PTAR privada Villas de la Meseta, en operación, administrada por el comité respectivo.

4.2. Resumen por estado y por tipo de proceso

En la tabla XV se muestra el resumen del estado de las PTAR, el cual puede ser: excelente estado, buen estado, mal estado y pésimo estado. De igual forma se presenta el tipo de proceso de cada una de las PTAR y puede ser anaerobio y aerobio.

Tabla XV. **Resumen por estado y tipo de proceso**

No.	Nombre de PTAR	Estado del sistema	Tipo de Tratamiento
1	Choacorrall	Mal Estado	Anaeróbico
2	Chipablo	Buen Estado	Anaeróbico
3	Chichorín	Buen Estado	Biológico Aeróbico
4	Lomas de San José	Mal Estado	Anaeróbico
5	Chilayón	En Construcción	Biológico anaerobio
6	Villas de la Meseta	Buen Estado	Anaeróbico

Fuente: elaboración propia.

4.3. Número de plantas por tipo de proceso

En la siguiente tabla se muestra el número de PTAR por tipo de proceso con que se cuenta.

Tabla XVI. **Número de plantas que cuentan con proceso aerobio**

No.	Nombre de PTAR	Tipo de Tratamiento
1	Chichorín	Aeróbico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Número de plantas que cuentan con proceso anaerobio**

No.	Nombre de PTAR	Tipo de Tratamiento
1	Choacorrall	Anaeróbico
2	Chipablo	Anaeróbico
3	Lomas de San José	Anaeróbico
4	Chilayón	Anaeróbico
5	Villas de la Meseta	Anaeróbico

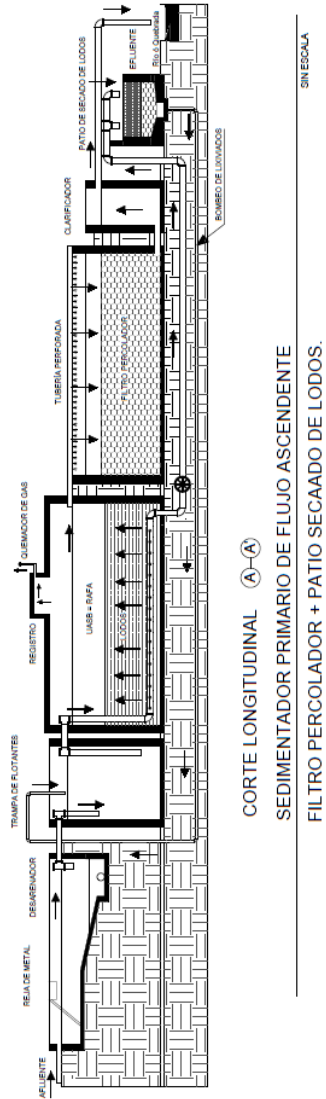
Fuente: elaboración propia.

4.4. **Esquemas de los principales procesos de las PTAR**

A continuación, se presentan diversos esquemas representativos de los procesos de las PTAR.

Figura 8.

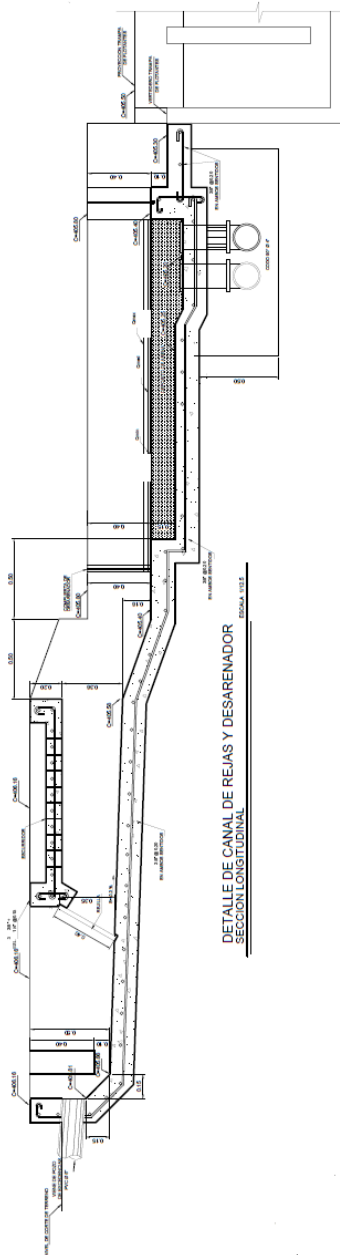
Perfil del funcionamiento hidráulico PTA



Fuente: UGAM. *Diseño hidráulico para PTAR Lomas de San José, San Lucas Sacatepéquez.*

Consulta: febrero 2018.

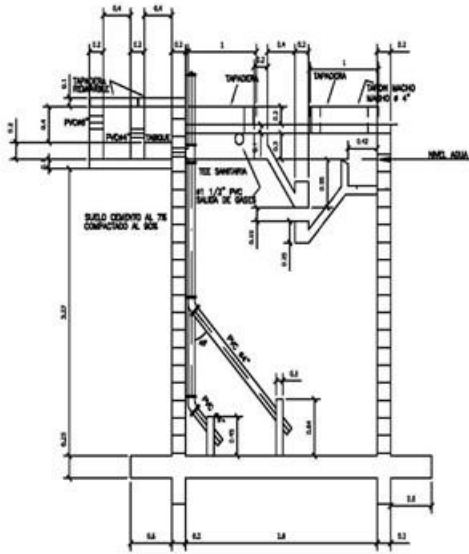
Figura 9. Canal de rejas y desarenador



Fuente: UGAM. *Diseño hidráulico para PTAR Lomas de San José, San Lucas Sacatepéquez.*

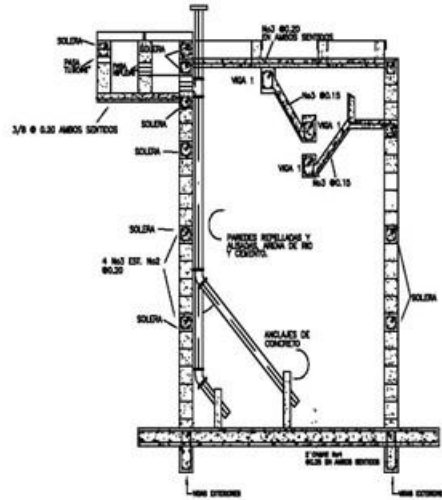
Consulta: febrero 2018.

Figura 10. Tanque sedimentador-reactor RAFA



SECCION A-A'

ESCALA: de 1:50 a 100



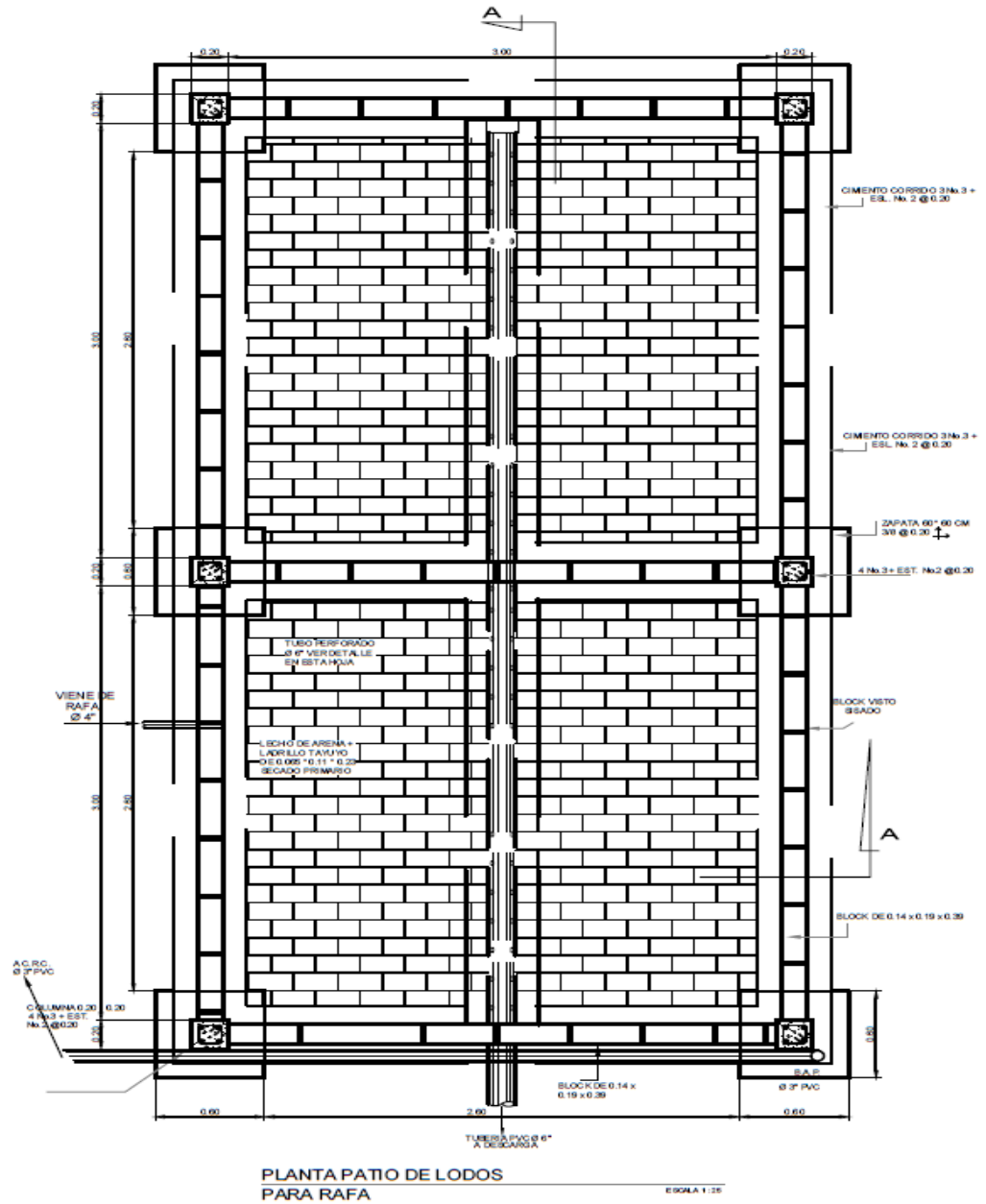
SECCION A-A'

ESCALA: 1:50

Fuente: UGAM. *Diseño hidráulico para PTAR Lomas de San José, San Lucas Sacatepéquez.*

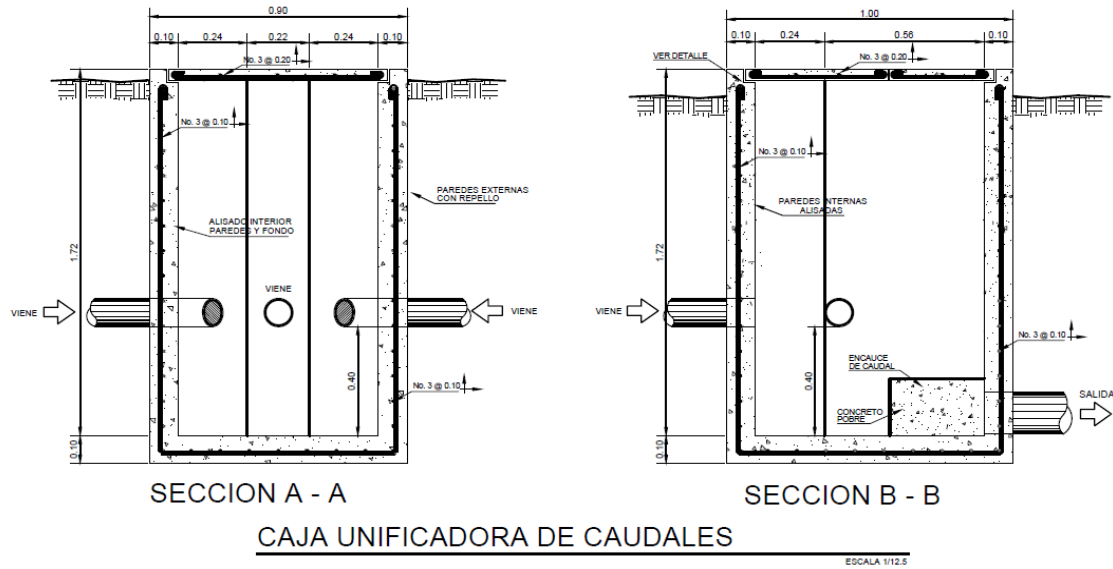
Consulta: febrero 2018.

Figura 11. Patio de secado de lodos



Fuente: UGAM. *Diseño hidráulico para PTAR Lomas de San José, San Lucas Sacatepéquez.*
 Consulta: febrero 2018.

Figura 12. Caja unificadora de caudales



Fuente: UGAM. *Diseño hidráulico para PTAR Lomas de San José, San Lucas Sacatepéquez.*

Consulta: febrero 2018.

4.5. Presupuesto de operación y mantenimiento de las PTAR en quetzales

En la siguiente tabla se muestra el costo de limpieza de cada unidad de las PTAR y su costo total en quetzales.

Tabla XVIII. **Presupuesto de operación y mantenimiento de las PTAR**

No.	Nombre de PTAR	Costo limpieza desarenador (Q)	Costo limpieza trampa de grasas (Q)	Costo limpieza de tanques (Q)	Costo instalación dosificación de cloro (Q)	Costo total (Q)
1	Choacorrál	3 000,00	1 000,00	25 000,00	20 000,00	49 000,00
2	Chipablo	3 000,00	1 000,00	25 000,00	20 000,00	49 000,00
3	Chichorín	3 000,00	1 000,00	25 000,00	20 000,00	49 000,00
4	Lomas de San José	3 000,00	1 000,00	25 000,00	20 000,00	49 000,00
5	Chilayón	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
6	Villas de la Meseta	Sin información	Sin información	Sin información	Sin información	Sin información

Fuente elaboración propia con información de la UGAM.

4.6. Fuentes de financiamiento

Las fuentes de financiamiento para el funcionamiento y mantenimiento de cada una de las PTAR pueden ser municipales, gubernamentales o privadas. A continuación, se presentan las diferentes fuentes de financiamiento para cada PTAR.

La tabla siguiente muestra la fuente de financiamiento de las PTAR de administración municipal de San Lucas Sacatepéquez.

Tabla XIX. **Financiamiento Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez**

No.	Nombre de PTAR	Fuente de financiamiento
1	Choacorrall	Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez
2	Chipablo	Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez
3	Chichorín	Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez
4	Lomas de San José	Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez
5	Chilayón	Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez

Fuente elaboración propia con información de la UGAM.

Tabla XX. **Financiamiento por diferentes entes privados**

N o.	Nombre de PTAR	Fuente de financiamiento
1	Villas de la Meseta	Comité de vecinos Residenciales Villas de la Meseta

Fuente elaboración propia.

5. ANÁLISIS

5.1. Cuadros analíticos

En el cuadro analítico I se observa la existencia y operación de 4 plantas de tratamiento de aguas residuales administradas por la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, también se tiene una planta, PTAR Chilayón, en proceso de construcción en su fase final, lista para iniciar operaciones próximamente. Además, se tiene información únicamente de una planta de tratamiento de aguas residuales de administración privada, cuyos encargados de la operación y mantenimiento son los miembros del comité de vecinos. Se obtuvo información solo de seis plantas de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico en jurisdicción de la cabecera municipal de San Lucas Sacatepéquez.

Tabla XXI. Cuadro analítico I

No.	Nombre	Administración PTAR	Ente administrador	Operación
1	Choacorrall	Pública	Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez	SI
2	Chipablo	Pública	Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez	SI
3	Chichorín	Pública	Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez	SI
4	Lomas de San José	Pública	Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez	SI
5	Chilayón	Pública	Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez	NO
6	Villas de la Meseta	Privada	Asociación de vecinos Residenciales Villas de La Meseta	SI

Fuente: elaboración propia.

El cuadro analítico II incluye información del estado de las PTAR en operación, y, entre ellas, una en proceso de construcción. Esta última será la más grande a cargo de la administración pública del municipio. Tendrá una capacidad de caudal medio de 57m³/d y estará integrada por un RAFA que logrará una eficiencia estimada entre el 60 %-70 % en el tratamiento y una eficiencia total estimada del 98 % de todo el sistema. Se considera que las otras PTAR se encuentran en buen estado, con excepción de la PTAR Choacorral que está en mal estado, ya que, por falta de mantenimiento colapsó y está abandonada.

Los cuerpos receptores de las aguas residuales de las plantas de tratamiento son principalmente quebradas de ríos en jurisdicción del municipio de San Lucas Sacatepéquez, los cuales tienen como destino final el lago de Amatitlán ya que se encuentran dentro de la cobertura de la cuenca del Lago de Amatitlán. La cuenca del lago de Amatitlán está conformada por varias microcuencas cuyas aguas convergen en el río Villalobos, afluente principal del lago de Amatitlán.

Tabla XXII. **Cuadro analítico II**

No.	PTAR	Estado del sistema	Descarga	Tipo de Tratamiento
1	Choacorral	Mal Estado	Quebrada El Tanque	Anaeróbico
2	Chipablo	Buen Estado	Quebrada El Tanque	Anaeróbico
3	Chichorín	Buen Estado	Quebrada Río Las Vigas	Biológico Aeróbico
4	Lomas de San José	Buen Estado	Quebrada Río San José	Anaeróbico
5	Chilayón	En Construcción	Quebrada Río Chilayón	Biológico anaeróbico
6	Villas de la Meseta	Buen Estado	Quebrada Río San José	Anaeróbico

Fuente: elaboración propia.

La tabla XXIII muestra un cuadro analítico general de todas las plantas de tratamiento de aguas residuales. Se observa que todas las plantas se encuentran dentro del área jurisdiccional del municipio de San Lucas Sacatepéquez y el inicio de operaciones de cada una de ellas, con excepción de PTAR Chilayón*, la cual estará iniciando operaciones a mediados del año 2018.

Tabla XXIII. **Cuadro analítico III**

No.	PTAR	Estado del sistema	Inicio de operaciones	Tipo de Planta	Distancia del centro de la población (km)	Latitud (N)	Longitud (O)
1	Choacorrál	Mal Estado	2011	Convencional	3.2	14°35'24.50"	90°38'2.40"
2	Chipablo	Buen Estado	2015	Convencional	3	14°36'51.20"	90°38'32.70"
3	Chichorín	Buen Estado	2007	Convencional	1.5	14°36'3.60"	90°40'2.44"
4	Lomas de San José	Buen Estado	2007	Convencional	1.66	14°35'40.00"	90°39'29.80"
5	Chilayón	En Construcción	2018*	Convencional	0.4	14°36'21.96"	90°39'23.29"
6	Villas de la Meseta	Buen Estado	1998	Convencional	2.09	14°35'27.9"	90°39'10.0"

Fuente: elaboración propia.

6. DISCUSIONES

El número de PTAR bajo la administración municipal es de cinco plantas. Se realizó un recorrido por todas ellas y los resultados se muestran en la tabla IX.

De acuerdo con la tabla VI, Lista de las PTAR privadas que brindan cobertura actual, existen diecinueve residenciales y condominios ubicados dentro de la jurisdicción del municipio de San Lucas Sacatepéquez, pero no se logró el acceso a todas ellas por motivos de seguridad y, en algunos casos, por no contar con un aval del Ministerio de Ambiente. Por ello, no se obtuvo información de su administración y operación. Únicamente se logró trabajar con un residencial que aportó información de su operación y mantenimiento.

La cobertura de tratamiento de las aguas residuales en el municipio de San Lucas Sacatepéquez es aún baja, debido a que algunas plantas no operan de forma eficiente y son escasas para el tamaño de la población que deben servir. Una de las cinco PTAR de administración pública, se encuentra en mal estado debido a la falta de presupuesto para el mantenimiento preventivo que ha requerido, por ello, está colapsada y en completo abandono. A pesar de ello el personal encargado tiene el interés de rehabilitarla y lograr nuevamente cubrir la necesidad del tratamiento de aguas residuales del sector de Choacorrál.

La efectividad de las labores de operación y mantenimiento depende de la adecuada formación del personal encargado para esta actividad, así como la

provisión de los recursos materiales, equipo y presupuesto necesario para el buen funcionamiento y conservación de cada una de las PTAR.

Parte del agua residual vertida por el municipio está sin tratamiento y contamina los ríos que desembocan en el lago de Amatitlán, sumándose a los demás municipios ubicados en la parte alta de la cuenca del Lago de Amatitlán que también vierten sus aguas sin tratar a este mismo lugar.

CONCLUSIONES

1. La cantidad de PTAR con información o que se puede obtener información, dentro del municipio de San Lucas Sacatepéquez es deficiente, ya que únicamente se tiene de seis PTAR de un total de veinticuatro.
2. El número de PTAR municipales (públicas) que se determinaron en esta investigación son cinco, que brindan cobertura dentro de la jurisdicción de San Lucas Sacatepéquez.
3. En residenciales y condominios privados se encuentra una totalidad de diecinueve PTAR.
4. En general las cinco PTAR municipales se encuentran en buen estado con el presupuesto asignado para cubrir este tipo de proyectos municipales. De las PTAR privadas, no se ha logrado el monitoreo y supervisión correspondiente de todas ellas, para determinar su operación y eficiencia o si operan realmente.
5. Actualmente, se tiene conocimiento que una PTAR bajo administración municipal cuenta con caracterización, pero no se logró ubicar dicho documento y sus resultados. El resto de las PTAR no cuenta con ello e incumplen el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.
6. La eficiencia de la PTAR privada en operación del municipio de San Lucas Sacatepéquez está por debajo del 60 %, a excepción de la PTAR

Chilayón que está en su fase final de construcción y se tiene una eficiencia estimada del 98%, luego de iniciar operaciones. En el caso de la PTAR Choacorrál se estima en 0 % debido al abandono en que se encuentra y del resto de PTAR públicas no se tiene información.

RECOMENDACIONES

1. Aumentar el presupuesto destinado a proyectos sanitarios, específicamente, para PTAR, que incluya el proceso no solo de construcción sino también de operación y mantenimiento.
2. Gestionar presupuesto para realizar las caracterizaciones de las PTAR que aún no cuentan con uno con el fin de cumplir con lo establecido en el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 y proyectar la eficiencia adecuada que beneficia a la comunidad.
3. Entablar un medio de cooperación con las entidades privadas que cuentan con una PTAR y facilitar el monitoreo del estado de cada una de ellas.
4. Para el buen funcionamiento y conservación de una PTAR será necesario contar con conexiones de agua para las diferentes labores de limpieza, así como energía eléctrica para una adecuada iluminación y otras funciones.
5. Contar con la cantidad de personal necesario y capacitado para atender las plantas de tratamiento de aguas residuales y otros aspectos sanitarios en general. El operador deberá tener su equipo personal de protección, de acuerdo con el Acuerdo Gubernativo No. 33-2016 que da vida al Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional.

6. Llevar una bitácora de las operaciones básicas o rutinarias de cada PTAR, ya que es una forma más sencilla de evitar inconvenientes en cuanto al control del mantenimiento y operación.

7. El mantenimiento de las estructuras de las PTAR, canales, tanques y pozos de inspección se deben vaciar, por lo menos, una vez al año para inspeccionarlos y aplicar alguna reparación en caso sea necesario.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria 1*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 196p.
2. GALVEZ GUDIEL, Carlos Alfonso. *Eficiencia de la planta de tratamiento de agua residual de san Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ingeniería ambiental. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias ambientales y Agrícolas, 2013. 98p.
3. Gobierno de Guatemala (2006) *Acuerdo Gubernativo No. 236-2006* Reglamento. Guatemala. 2006. 24p.
4. GUTIERREZ DIAZ, Joaquín B; TERRY BERRO, Carmen C., ABÓ BALANZA, Mario. *Manejo de aguas residuales en la gestión ambiental*. Proyecto PNUD/GEF. Habana, Cuba. 125p.
5. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. *Situación de la contaminación en Guatemala*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN); Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (URL/IARNA); Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (PNUMA/DEWA). 2016. 138p.
6. Instituto Nacional de Estadística. *Censos Nacionales XI de Población y VI de Habitación de Guatemala*. Guatemala, 2002.

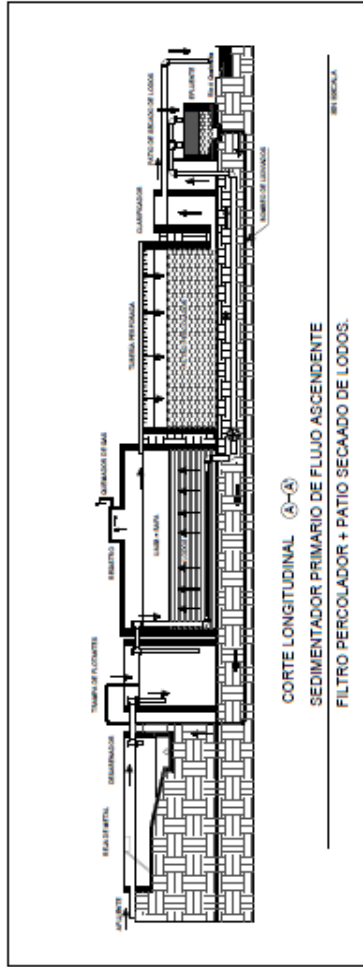
7. LINARES CRUZ, Juan Carlos. *Evaluación de la administración, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua residual del municipio y departamento de Retalhuleu*. Trabajo de graduación maestría en formulación y evaluación de proyectos. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas, 2005. 191p.
8. Ministerio de Trabajo y Previsión Social, Gobierno de Guatemala. *Acuerdo Gubernativo No. 33-2016*. Reglamento. Guatemala, 2016. 12p.
9. Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez. *Plan de Desarrollo Municipal de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez 2010-2015 (PDM)*. Guatemala, 2010. 93p.
10. YANEZ COSSIO, Fabian. *Normas de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. Borrador para discusión*. Guatemala: Organización Panamericana de la Salud. 1993. 52p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Planos**

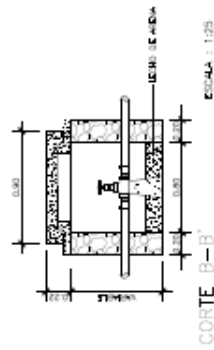
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

PERFIL DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS.



CORTE LONGITUDINAL A-A
SEDIMENTADOR PRIMARIO DE FLUJO ASCENDENTE
FILTRO PERCOLADOR + PATIO SECAADO DE LODOS.

SIN ESCALA



VALVULA DE COMPUERTA TIPO "B"

DISEÑOS HIDRÁULICOS.

PROYECTO: INSTALACION SISTEMA AL CANTILLADO SANITARIO Y CONSTRUCCION PLANTA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES DE SAN JUAN JOSE, SAN LUIS SALTEÑUEZ.

CONTENIDO: PLANTA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES

FECHA:	ELABORADO:	REVISADO:	NOTAS:
10/05/2011	10/05/2011	10/05/2011	10/05/2011

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES

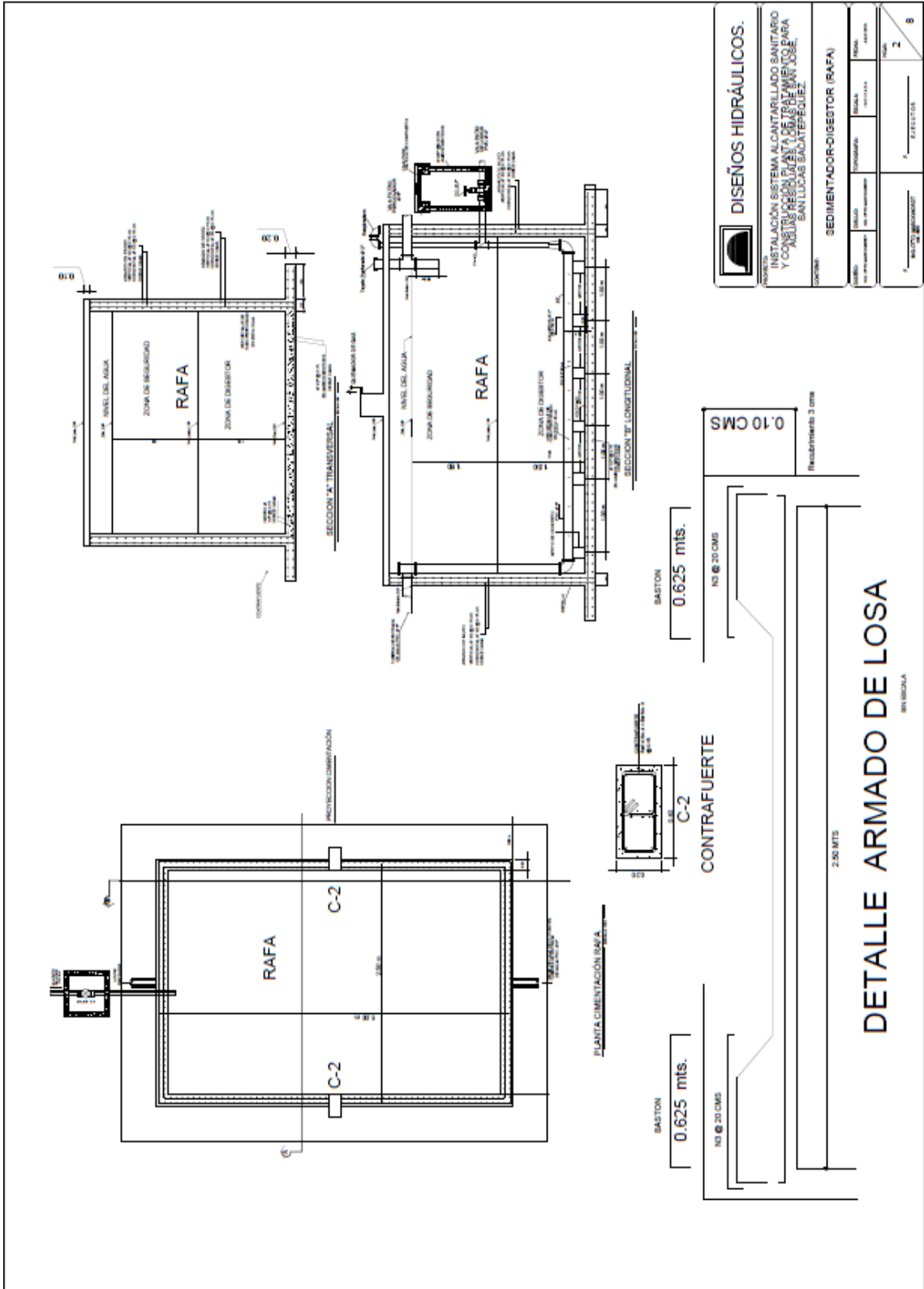
FECHA: 10/05/2011

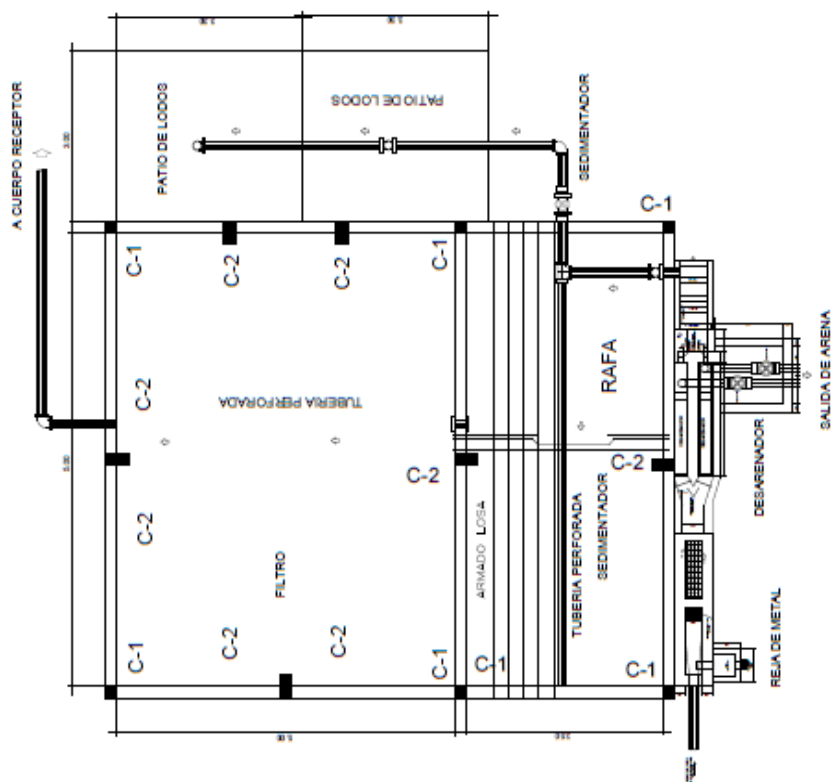
ELABORADO: 10/05/2011

REVISADO: 10/05/2011

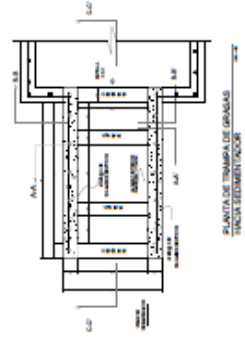
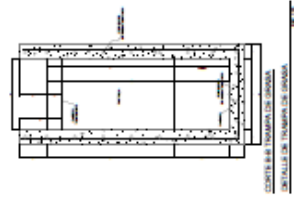
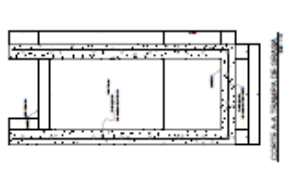
NOTAS:

1 / 8





**DISTRIBUCIÓN DE TANQUES
Y TUBERIAS DE PVC DE 6" 80 PSI.**



DISEÑOS HIDRÁULICOS.

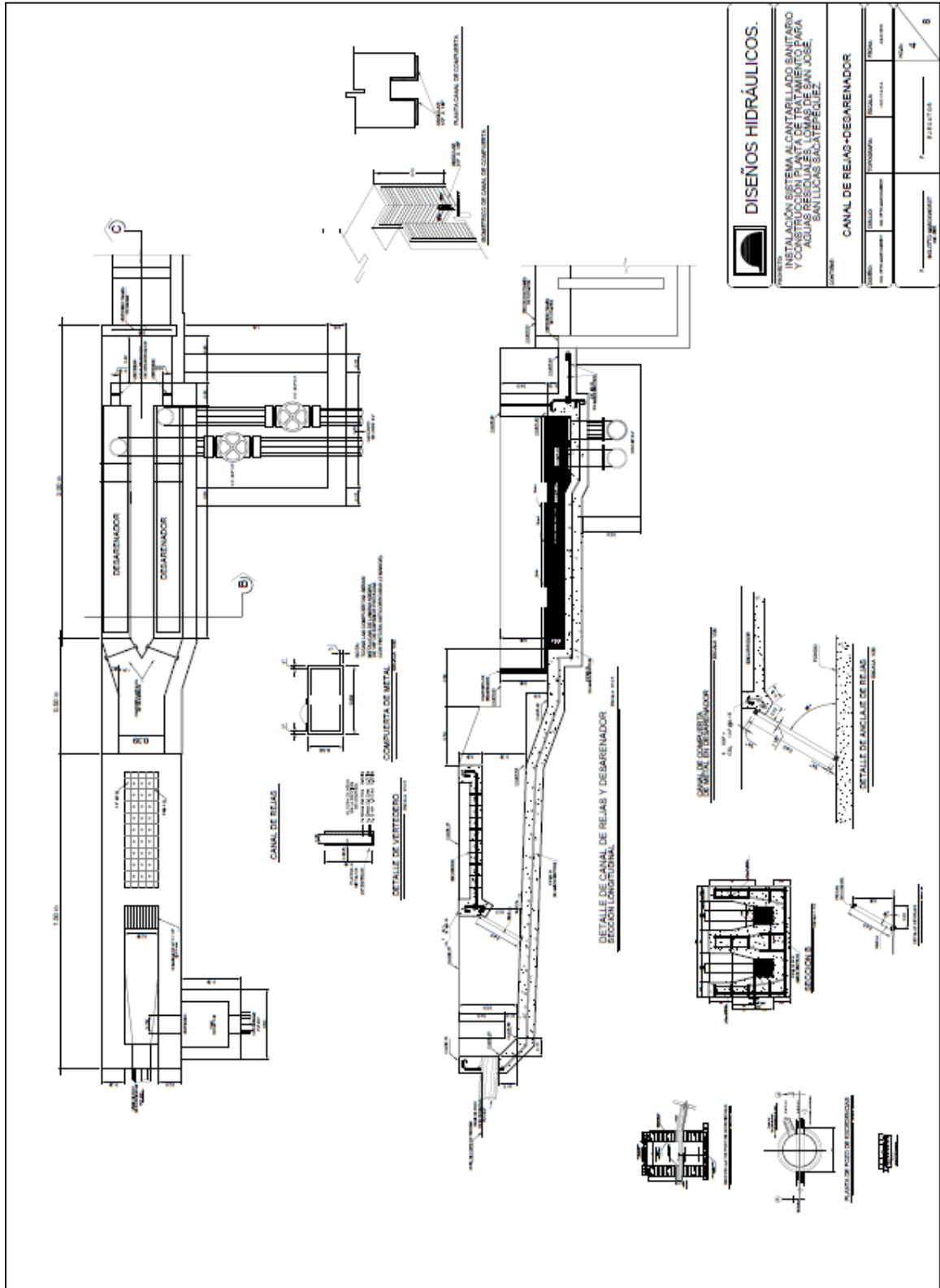
PROYECTO: INSTALACIÓN SISTEMA AL CANTILLADO SANITARIO Y CONSTRUCCIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES DE SAN JOSÉ, SAN LUIS SACATEPEC, QUERÉTARO.

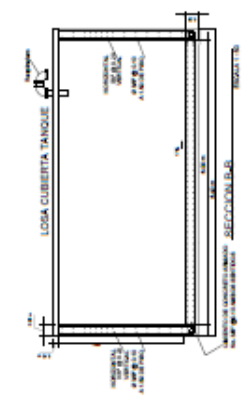
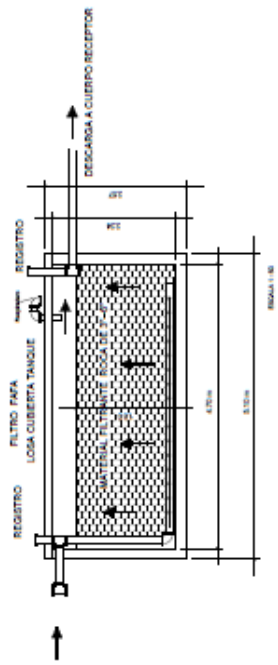
CONTENIDO: DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES DETALLE CAJA DE FLOTANTES

NO.	DESCRIPCIÓN	FECHA	ESTADO
1	PROYECTO		
2	PROYECTO		
3	PROYECTO		

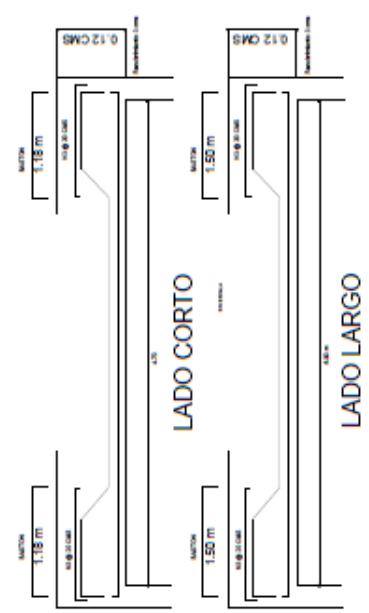
PROYECTISTA: _____ EJECUTOR: _____

3 / 8

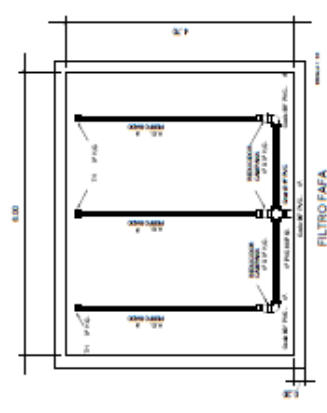




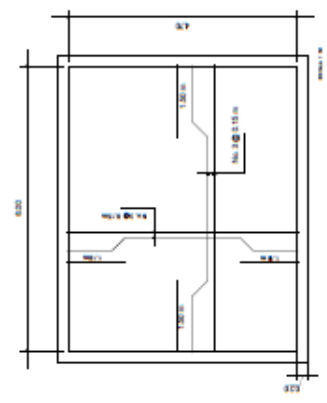
FILTRO-FAFA-
ARMADO DEL TANQUE



DETALLE ARMADO DE LOSA -FAFA-



FILTRO FAF
VISTA DE TUBERIA
DE DISTRIBUCION
EN PISO TANQUE



ARMADO DE LOSA TANQUE FAF

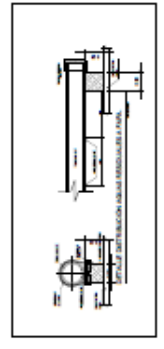
100 LOTES-500 HAB

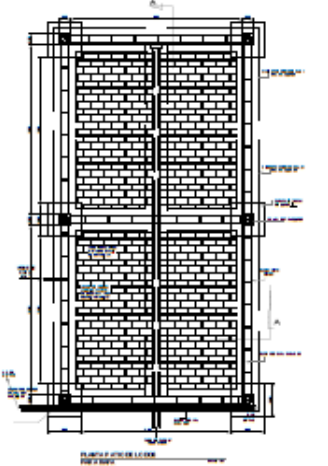
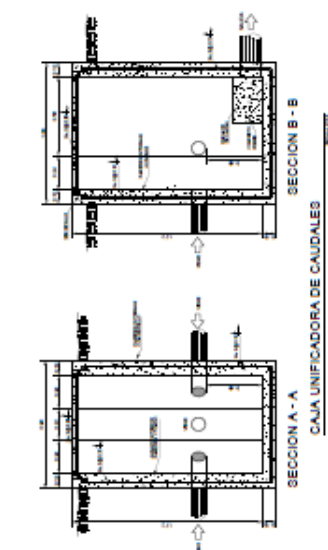
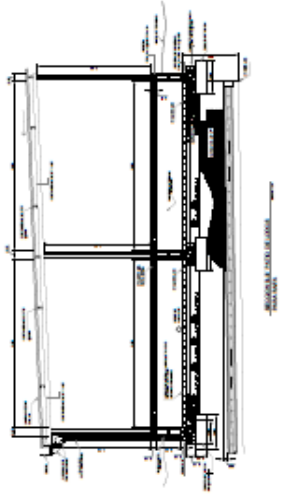
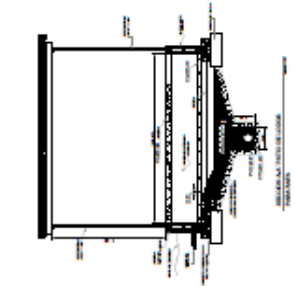
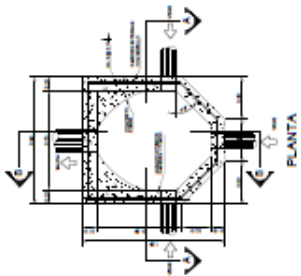
DISEÑOS HIDRÁULICOS.

INSTALACION SISTEMA ALCANTARILLADO SANITARIO
Y CONTROL DE OLORES EN LOS PISOS PARA
LOS LOTES 100-500 HAB EN EL PASEO
SAN LUCAS SACATEPEQUEZ.

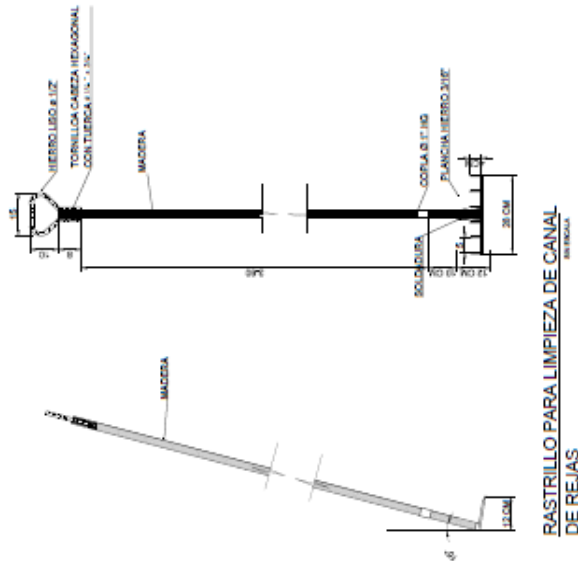
CONTENIDO: FILTRO ANEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE
-FAFA-

PROYECTO	FECHA	ESCALA	HOJA
INSTALACION SANITARIA	15/05/2018	1:10	5
PROYECTISTA	REVISOR	ELABORADOR	APROBADOR
_____	_____	_____	_____
PROYECTO			5
HOJA			8

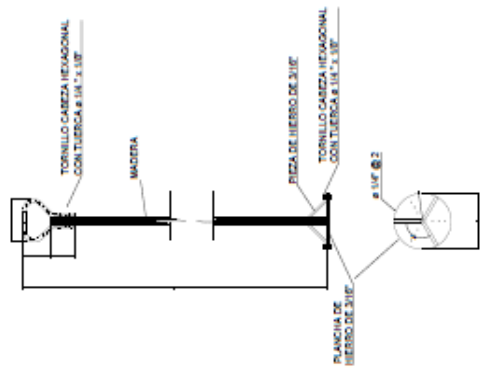




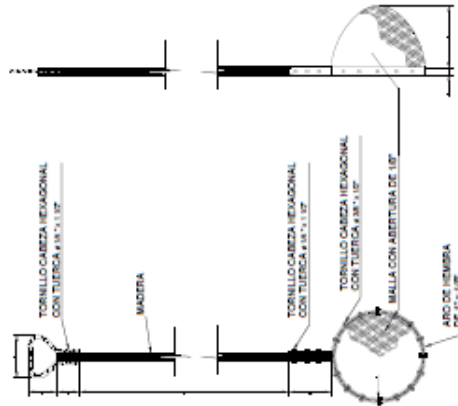
DISEÑOS HIDRÁULICOS.	
INSTALACIÓN SISTEMA ALcantarillado SANITARIO Y CONSTRUCCIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES, LOMAS DE SAN JOSE, SAN LUIS SACATEPEQUEZ.	
TÍTULO: PATIO SECADO DE Lodos	
ESCALA:	HOJA:
AUTORES:	FECHA:
REVISOR:	FOLIOS: 6 / 8



RASTRILLO PARA LIMPIEZA DE CANAL DE REJAS



MEDIDOR DE SEDIMENTACION

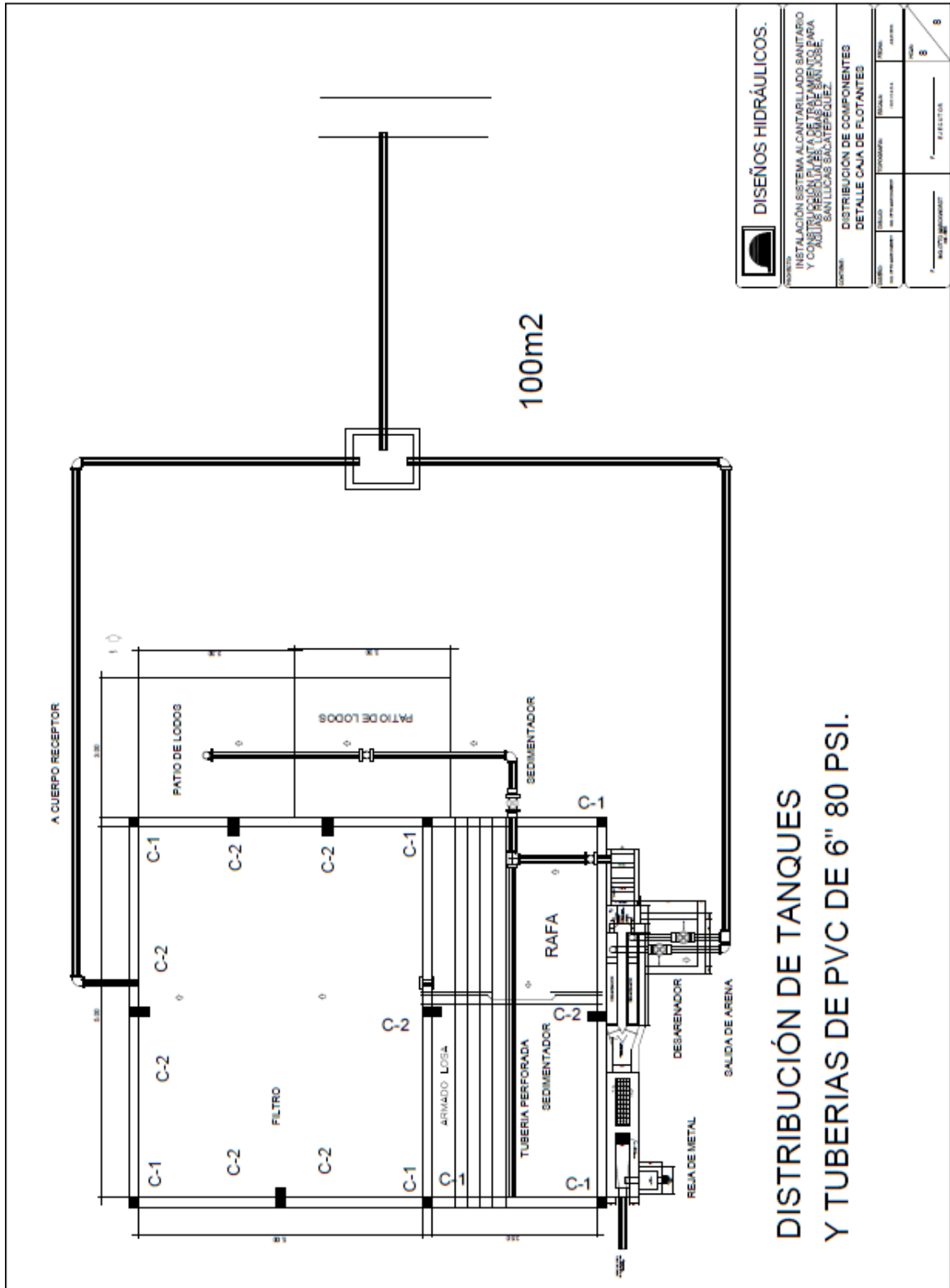


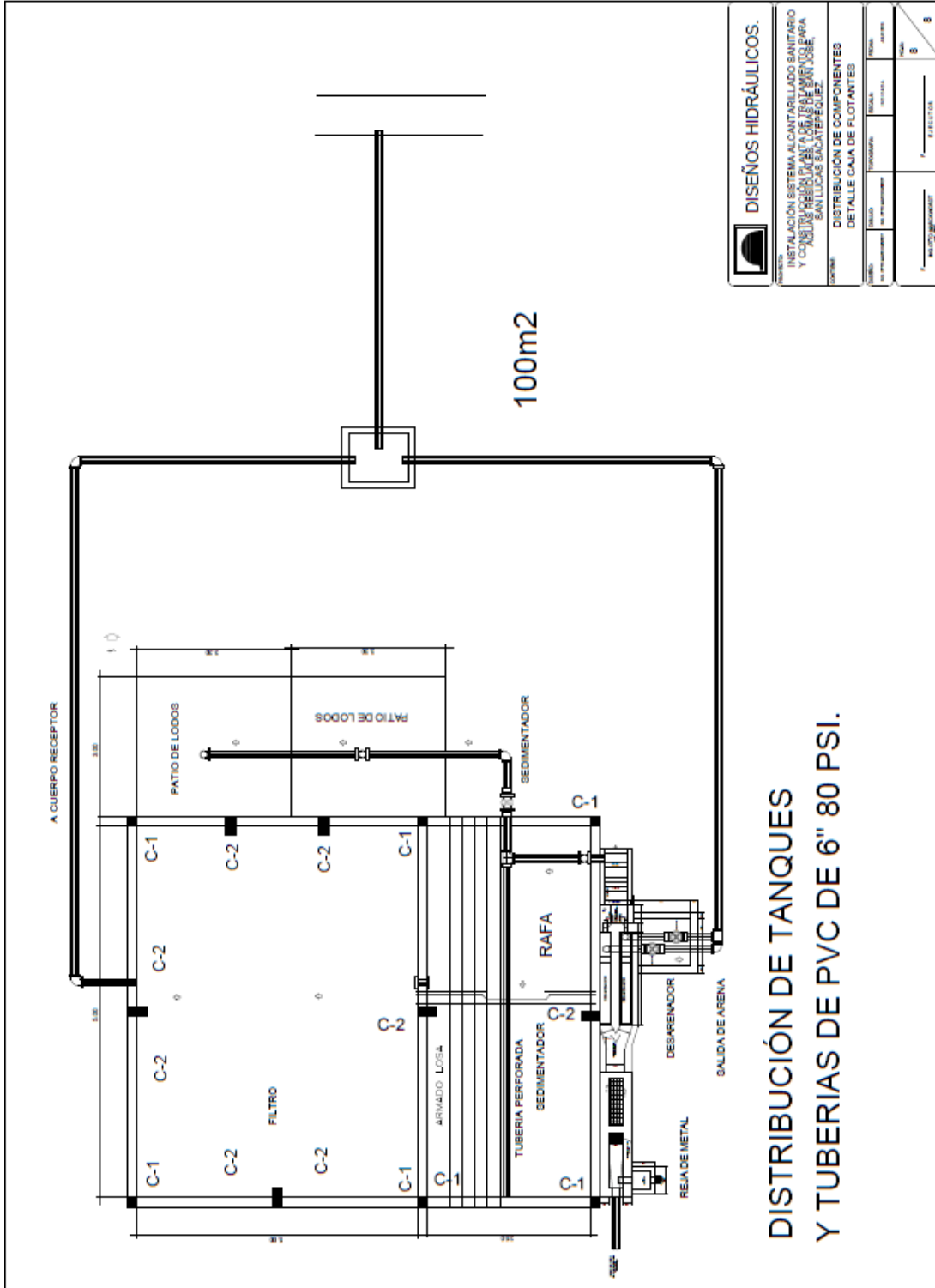
DESNATADOR

DISEÑOS HIDRÁULICOS.


INSTALACION SISTEMA ALCANTARILLADO SANITARIO Y CONSTRUCCION PLANTA DE TRATAMIENTO PARA SANITUS SACAPIESQUE.

EQUIPO DE LIMPIEZA PARA FTAR			
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1		1	UNDA
TOTAL			
FOLIO		7	8





**DISTRIBUCIÓN DE TANQUES
Y TUBERIAS DE PVC DE 6" 80 PSI.**

		DISEÑOS HIDRÁULICOS.	
<small>PROYECTO</small> INSTALACION SISTEMA ALCANTARILLADO SANITARIO Y CONSTRUCCION PLANTA DE TRATAMIENTOS PARA ADOLESCENCIA EN LA CIUDAD DE SAN JOSE, SAN LUCAS SALATEPEQUEZ			
<small>CONTENIDO</small> DISTRIBUCION DE COMPONENTES DETALLE CAJA DE FLOTANTES			
<small>FECHA</small> 15/01/2015	<small>PROYECTANTE</small> E. GARCIA	<small>ESCALA</small> 1:1	<small>HOJA</small> 8
<small>REVISOR</small> E. GARCIA	<small>APROBADO</small> E. GARCIA	<small>PROYECTO</small> 15/01/2015	<small>FECHA</small> 15/01/2015

ANEXOS

Anexo 1. Memoria técnica, PTAR aldea Choacorrall

INGENIERO EMILIO EFRAÍN CELIS RODRÍGUEZ. COLEGIADO 999
 Ing. civil y sanitaria, estudios ambientales, hidráulicos, hidrológicos, aguas subterráneas
 Diseño, construcción, supervisión y asesoría técnica

101

rasantes de los lotes indicados en los planos, de tal manera que puedan drenar a la tubería central.

4.6 Pozos de Visita

Se proyectan 9 pozos de visita (PV), dentro de la red del drenaje, ubicándose estos en los puntos iniciales de los tramos, así como en los cambios de dirección o pendiente indicados en los planos. Se consideró la especificación de que la distancia máxima entre pozos de visita debe ser de 100 m. La ubicación de los pozos de visita, se indica en el plano de red general y sus detalles hidráulicos en el plano adjunto. Por ser necesario bombear el agua residual de la parte baja el último pozo de visita, PV9 se utilizará como pozo de bombeo de conformidad con el plano respectivo.

4.7 Descarga

El drenaje sanitario descarga a la planta de tratamiento y el efluente tratado al sub suelo por medio de pozos de absorción. El cálculo de estos se encuentra en la memoria de la planta de tratamiento.

4.8 Cálculos Hidráulicos.

Cuadro 1. Cálculos drenaje sanitario

Tramo	Long.	Lotes	caudal tramo	factor de flujo	Q. diseño tramo l/s	Q. diseño Acum. l/s	Diam. Pend. Tub. Pulg.	y %	Vel tubo lleno m/s	Cap. Tubo Lleno, l/s	Vel. m/s	Cota invert		q/Q	v/V	h POZOS	
												Salida	Llega			Salida	Llega
1	2	9.60	3	0.098	6.000	0.59	6	12.50	3.84	66.45	1.13	116.09	114.89	0.0089	0.310	1.20	2.38
2	3	72.20	6	0.195	6.000	1.17	6	15.14	4.01	73.12	1.68	114.89	103.96	0.0241	0.420	2.38	1.19
3	4	17.21	0	0.000	6.000	0.00	6	11.68	3.52	64.23	2.61	103.96	101.95	0.0274	0.740	1.19	1.00
4	PT	1.00	0	0.000	6.000	0.00	6	1.00	1.03	18.79	0.76	101.95	101.94	0.0936	0.740	1.63	1.64
4	5	22.79	2	0.065	6.000	0.39	6	9.43	3.16	57.73	0.89	102.15	100.00	0.0068	0.280	0.80	1.67
6	5	40.00	3	0.098	6.000	0.59	6	1.00	1.03	18.79	0.54	100.03	99.63	0.0519	0.520	1.20	2.04
5	7	22.91	2	0.065	6.000	0.39	6	4.63	2.22	40.43	1.02	99.63	98.57	0.0338	0.460	2.04	1.20
8	7	13.00	3	0.098	6.000	0.59	6	1.00	1.03	18.79	0.67	98.31	98.18	0.1038	0.650	1.20	1.59
7	9	23.84	1	0.033	6.000	0.20	6	2.85	1.74	31.74	1.37	98.18	97.50	0.0676	0.790	1.59	1.00

Cálculos del consultor

Se efectuó el cálculo de todos los tramos del drenaje por medio de una hoja de excel. En el cuadro anterior se presenta el cálculo efectuado indicando los tramos de tubería entre pozos de visita identificados como PV numerados y coincidiendo con los planos, tanto de planta general como perfiles. Se manifiestan también la longitud de tubería, los parámetros hidráulicos de pendiente de tubería, cotas invert de entrada y salida, la capacidad y velocidad a tubo lleno, la velocidad real, las relaciones de caudal, velocidad y tirante de agua, así como la profundidad de los pozos de visita.

3

Memoria drenaje sanitario, Chocorrall sector 1, San Lucas Sáenz H. Plaza, Barro Colorado, Panamá

ALCALDE MUNICIPAL

Continuación del anexo 1.

INGENIERO EMILIO EFRAÍN CELIS RODRÍGUEZ. COLEGIADO 999
Ing. civil y sanitaria, estudios ambientales, hidráulicos, hidrológicos, aguas subterráneas
Diseño, construcción, supervisión y asesoría técnica

100

- Qdiseño para el sistema de tratamiento= 0.65 l/s = 56.2 m³ / d.

El caudal de aguas residuales o doméstico se afectó del factor de flujo instantáneo. El factor de flujo aplicado fue de 6 unidades para incluir imprevistos y sobre conexiones.

Caudal de diseño total = caudal medio x 6 = 0.65 *6 = = 3.90 l/s.

5.3 Cálculos Hidráulicos

5.3.1 Diámetros y Pendientes

Se calcularon en base a la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} * (R)^{2/3} * S^{1/2}$$

V = Velocidad en m/s

R = Radio hidráulico en m.

S = Pendiente tubería.

N = Coeficiente de rugosidad. 0.011 para tubería PVC.

4.4.2 Parámetros de Diseño

- Velocidad. Se especifica una velocidad para caudal mínimo de 0.30 m/s y para sección llena 0.60 m/s y 4.00 m/s para tuberías de concreto. En nuestro caso no se usó tubería de concreto. De conformidad con el fabricante la tubería PVC no tiene un límite de velocidad máxima pero recomiendan no mayor de 5 m/s por protección de las estructuras de concreto.
- Diámetro de tubería mínimo de 6 pulgadas.
- Profundidad de colocación a la cota invert de la tubería, no menor de 1.20 m. medida desde la cota de Rasante de calle. La tubería se diseñó instalada en el área peatonal de cada calle una de cada lado en el sentido de la pendiente.
- Las distancias, cotas y pendientes en los cálculos hidráulicos son para cada tramo entre centros de pozos de visita.

4.4.3 Clase de Tubería

Se diseñó para tubería plástica tipo ASTM949 o similar con un coeficiente de rugosidad n = 0.011 el cual se espera en el proceso de operación.

4.5 Conexión Domiciliar

Se proyectan conexiones domiciliarias simples y las candelas consistirán en un tubo de concreto de 16" de diámetro ubicado sobre la tubería del colector. La conexión domiciliar desde la vivienda tiene una profundidad tal a cota invert de 1.00 m lo que permitirá la descarga de las aguas residuales del artefacto sanitario de menor cota invert de salida proyectado. La cometida domiciliar será de un diámetro mínimo de 4" de tubería PVC por lote, bajo las normas indicadas en el numeral precedente, con una pendiente mínima del 2% y máxima del 6%. El diseño tomó en cuenta:

2

Memoria drenaje sanitario. Chocorral sector 1, San Lucas Sac. Yener H. Plaza Matareño
ALCALDE MUNICIPAL



Continuación del anexo 1.

INGENIERO EMILIO EFRAÍN CELIS RODRÍGUEZ. COLEGIADO 999

Ing. civil y sanitaria, estudios ambientales, hidráulicos, hidrológicos, aguas subterráneas
Diseño, construcción, supervisión y asesoría técnica

99

CONSTRUCCION SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES, SECTOR GASPAS, CALLE EL
PALÓN, ALDEA CHOACORRAL, ZONA 4, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ

MEMORIA TÉCNICA

Abril 2017

1- Información general

El proyecto es para un sector de la aldea Choacorrall que actualmente disponen las excretas por medio de pozos ciego los cuales están al fin de su vida útil.

Se construirá un drenaje sanitario para conexiones domiciliarias y que conduzca las aguas residuales hacia la planta de tratamiento.

El terreno para el tratamiento se ubica a una cota altimétrica intermedia por lo que una parte drenará por gravedad directa a la planta y la parte baja se recolectará en el último pozo que será también de bombeo y se llevará el agua a la cota mas alta del tratamiento. La descarga será a pozos de absorción considerando la profundidad de la capa freática a 177 metros de profundidad y a la existencia de estratos de arena blanca que son de alto índice de infiltración.

2- Población y Viviendas

El sector contiene 20 lotes pero por la forma de habitación se estiman 250 habitantes actuales y un 50 % de incremento en los próximos 30 años, para 325 habitantes futuros.

4- Base técnica

El proyecto consistirá en pozos de visita de tubos de cemento y tubería de material plástico, funcionará por gravedad instalando las tuberías en el centro de la calle, en donde se conectaran los diferentes usuarios. La descarga será en un sistema de tratamiento y el efluente tratado al subsuelo por pozos de absorción.

5. Drenaje Sanitario

5.1 Bases de Diseño

Para el cálculo del sistema de drenaje sanitario se tomó como base, las normas para drenajes que deben acatar las municipalidades, los planos de curvas de nivel, de distribución de lotes y rasantes de las calles proyectadas. Todos los planos proporcionados por el promotor así como las visitas de campo realizadas.

El sistema de drenajes es exclusivo para el alcantarillado sanitario. Se ubica la tubería al centro de la calle.

5.2 Cálculo de los Caudales de Diseño

Se integró como sigue.

- Dotación. Se tomó la mínima normada que es de 150 litros por habitante por día
- Caudal medio de agua residual doméstico
 $Q_{rd} = 375 * 150 = 56250 \text{ l/d} = 0.65 \text{ l/s.}$

1

Memoria drenaje sanitario. Chocorrall sector 1, San Lucas Sac.

Yener H. Plaza Natara
ALCALDE MUNICIPAL

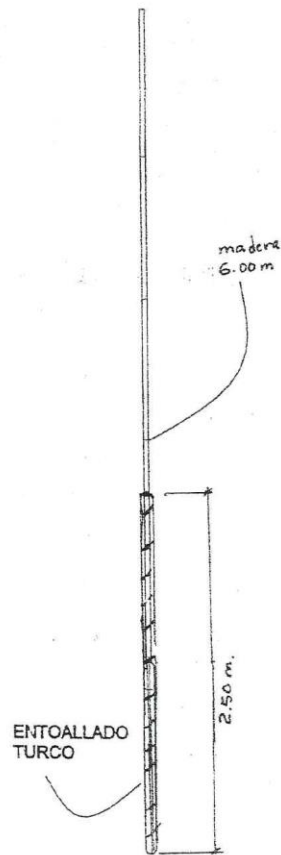


Continuación del anexo 1.

INGENIERO EMILIO EFRAÍN CELIS RODRÍGUEZ. COLEGIADO 999
Ingeniería civil, topografía, ingeniería sanitaria, estudios ambientales, avalúos de bienes inmuebles. Diseño,
construcción, supervisión y asesoría técnica

98

Anexo 2




Yener H. Plazo Natareno
ALCALDE MUNICIPAL



Continuación del anexo 1.

INGENIERO EMILIO EFRAÍN CELIS RODRÍGUEZ. COLEGIADO 999
 Ingeniería civil, topografía, ingeniería sanitaria, estudios ambientales, avalúos de bienes inmuebles. Diseño, construcción, supervisión y asesoría técnica

ANEXO 1

PLAN RUTINARIO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

FRECUENCIA	OPERACIÓN	MANTENIMIENTO	RESPONSABLE	ACTIVIDAD
diario	X		encargado	Caja desarenadora, muestreo y rejilla
diario	X		encargado	Limpieza de la rejilla
eventual		X	Administrador	Remoción de arena de la caja desarenadora
diario	X		auxiliar	Reparación de daños o cambio de rejilla
periódico	X		operador y auxiliar	Reactores anaeróbicos flujo ascendente. Limpieza de canales de distribución y vertederos
semanal			auxiliar	Control y limpieza de tubos de alimentación
eventual		X		Remoción de lodos cuando lleguen a una altura máxima de 1.5 m.
semanal	X		encargado	Limpieza de los tubos de salida hacia filtros
semestral	x		Ingeniero	Reparaciones en la estructura o instalaciones de los reactores anaeróbicos.
mensual		x	encargado	Hipoclorador
semanal		x	encargado	Control de tabletas
				monitoreo
				Limpieza del hipoclorador
				Limpieza del espejo de agua



Yener H. Plaza Rentero
 ALCALDE MUNICIPAL

Continuación del anexo 1.

INGENIERO EMILIO EFRAÍN CELIS RODRÍGUEZ. COLEGIADO 999

Ingeniería civil, topografía, ingeniería sanitaria, estudios ambientales, avalúos de bienes inmuebles. Diseño, construcción, supervisión y asesoría técnica

96

5. Las acciones de limpieza deberán ser realizadas por lo menos por dos trabajadores y que conozcan el contacto unidades de socorro.

6. El área de la planta debe aislarse para evitar que personas se acerquen a las mismas, por evitar perjuicios o daños a las mismas o por riesgo de accidentes causado por los gases emanados de la ventilación de las fosas. En este caso se propone malla metálica y postes de metal.

7. En las operaciones de operación y mantenimiento no debe permanecer personas ajenas al trabajo por seguridad de todos.

8. En las operaciones de limpieza los trabajadores deben utilizar al menos mascarillas, botas de hule, guantes, y ropa exclusiva para estas acciones como un over all y debe existir a la mano un botiquín de primeros auxilios.

18. HERRAMIENTAS PARA OPERACIÓN.

- a) Rastrillo, pala, azadón, cubetas plásticas
- b) Pértiga para medida de lodos. Ver anexo 2.

19. BIBLIOGRAFIA.

- a) Ingeniería Sanitaria. Aplicada a Saneamiento y Salud Pública. Unda Oposo, Francisco. Edit. UTEHA.
- b) Operación y Mantenimiento de Alcantarillados Sanitarios y Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Ing. Carlos Borge
- c) Hidráulica del alcantarillado. Ing Anastasio Guzmán Revista Ingeniería Hidráulica de México.
- d) Ingeniería de Aguas Residuales Metcalf and Eddy. Editorial. Mc Graw Hill.
- e) Manual de tratamiento de aguas negras. Departamento de sanidad del estado de Nueva York.
- f) Tratamiento de aguas residuales. Ing. Jairo Rojas. Editora Colombiana de Ingeniería.
- g) Revisión y perfeccionamiento del sistema de tratamiento. Fosa séptica y Filtro Anaeróbico Ascendente para el Tratamiento de aguas residuales domésticas en pequeñas comunidades. Hissashi Kamiyama y Lorival V. Terciani. SABESP. Brasil.

Manual O y M. Planta de tratamiento aguas residuales. Proyecto San Julián.

Pag. 8

Yener H. Plaza Natareño
ALCALDE MUNICIPAL



Continuación del anexo 1.

INGENIERO EMILIO EFRAÍN CELIS RODRÍGUEZ. COLEGIADO 999

Ingeniería civil, topografía, ingeniería sanitaria, estudios ambientales, avalúos de bienes inmuebles. Diseño, construcción, supervisión y asesoría técnica

95

la superficie libre sea cubierta con grama para darle a la Planta de Tratamiento un aspecto paisajístico al mismo tiempo puedan plantarse algunos árboles frutales y flores para mejorar la apariencia de la misma.

Por lo anterior, es conveniente que los operadores realicen el mantenimiento de las áreas verdes mediante un corte periódico de la grama con la ayuda de una tijera especial machete, etc

A continuación se mencionan otras actividades que los operadores deben tener presente para el correcto mantenimiento de la planta:

- Revisar el estado de los muros de todos los tanques incluyendo el alizado de cemento y la pintura, así como el encalado de los bordillos.
- Revisar el estado del cercado de malla o muros.
- Revisar el funcionamiento de todas las llaves de compuerta
- Limpiar constantemente las cajas, canales, canaletas, pozos de visita, zanjas de absorción y caja de salida del agua tratada.

Al momento de detectar algún problema, que sea imposible de arreglar por los operadores estos deberán dar aviso inmediato al Ingeniero Supervisor para su pronta solución

15. PLAN DE TRABAJO RUTINARIO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

El plan que presenta las actividades rutinarias de operación y mantenimiento, su frecuencia y nivel de operación se presenta en el anexo 1.

16. MEDIDAS AMBIENTALES.

En la operación y mantenimiento, aparte de las indicadas en los estudios ambientales, deberá tomarse las siguientes medidas.

1. Los residuos de la limpieza se prevé disponerlos en bolsas plásticas y depositarlos en los botaderos autorizados para que queden enterrados.

2. Nunca debe ser vaciado el cieno y las natas en el alcantarillado, en drenes de aguas de lluvia o en el río u otras corrientes de agua superficial.

3. Si se utiliza otro medio de disposición, deberán ser aprobados por las autoridades de salud.

17. PLAN PARA LA SEGURIDAD HUMANA

4. Si fuera necesario entrar en el filtro luego de su limpieza, deberá esperarse un tiempo para la adecuada ventilación, para garantizar que los gases residuales hayan desalojado, por riesgos de explosión o de asfixia de los trabajadores.



INGENIERO EMILIO EFRAÍN CELIS RODRÍGUEZ. COLEGIADO 999

Ingeniería civil, topografía, ingeniería sanitaria, estudios ambientales, avalúos de bienes inmuebles. Diseño, construcción, supervisión y asesoría técnica

94

11. EQUIPO NECESARIO QUE DEBE TENER EL OPERADOR.

El operador de la planta de tratamiento deberá tener un equipo personal que le servirá como protección durante la ejecución de las labores de operación y mantenimiento, ya que estará expuesto a varios peligros. El equipo necesario lo conforman los siguientes elementos:

- a) Mascarillas
- b) Botas de Hule, como protección contra la humedad y las infecciones.
- c) Guantes de algodón recubiertos de hule, le proporcionarán protección a las manos.
- d) Ropa de trabajo o cubiertas protectoras para los sitios sucios como pozos de inspección, debiéndose lavar con frecuencia.
- e) Botiquín de primeros auxilios con los medicamentos necesarios para aplicarse en caso de cortaduras o heridas.

12. HABITOS PERSONALES DEL OPERADOR

No se debe fumar dentro de las instalaciones por la posible existencia de gases inflamables. Prácticamente es imposible evitar la contaminación por aguas negras en las boquillas de pipas, cigarros, puros, etc. El fumar constituye una causa potencial de incendio en presencia de un vapor o gas inflamable.

La mayoría de infecciones llega al cuerpo por vía bucal, nasal o por los ojos y oídos. Los operadores deben lavarse las manos antes de hábitos de limpieza o comer.

Se recomienda la vacunación contra la tifoidea. Para la debida protección contra el tétano, hay que aplicar una serie de 2 inyecciones de toxoide tetánico (con un mes de lapso entre una y otra) y repetirse la serie cada 5 años.

13. LUGARES PELIGROSOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Los sitios con alta probabilidad de peligro, debido a la presencia de algún gas o vapor nocivo o falta de oxígeno y que deben inspeccionarse cuidadosamente antes de entrar a ellos, son:

- a) Todas las tuberías principales
- b) Los registros o de inspección.
- c) Cualquier tanque o cámara de válvulas que esté herméticamente cerrado, no importando cual sea su profundidad.
- d) Tanques profundos como los reactores

14. MANTENIMIENTO DE LA PLANTA EN GENERAL

Por lo general, las plantas de tratamiento de aguas negras, han sido vistas con malos ojos debido a la función que estas cumplen, por lo que se sugiere que toda

Manual O y M. Planta de tratamiento aguas residuales. Proyecto San Julián.

Yener H. Plaza Natarén
ALCALDE MUNICIPAL



Continuación del anexo 1.

INGENIERO EMILIO EFRAÍN CELIS RODRÍGUEZ. COLEGIADO 999

Ingeniería civil, topografía, ingeniería sanitaria, estudios ambientales, avalúos de bienes inmuebles. Diseño, construcción, supervisión y asesoría técnica

93

En el canal de recolección en la salida del efluente deben limpiarse los vertederos continuamente para garantizar una lámina de agua uniforme en las descargas.

8 OPERACIONES DEL LODO:

El operador deberá semanalmente inspeccionar la altura del lodo a través de la abertura de transición por medio de una sonda, en los dos reactores para conocer su evolución. Al momento de que el nivel del lodo sobrepase 1.5 m. de altura del piso, se deberá vaciar por medio mecánico por una mepresa autorizada, la que bombeará el lodo a una cisterna y lo llevará a la disposición final que tenga autorizada.

La verificación de las profundidades se hará mediante una varilla de madera con una tohala enrollada para que esta indique el nivel del lodo. Ver anexo 2.

Personal necesario para la operación: El encargado-operador y el auxiliar. Se necesita supervisión técnica.

9. DESINFECCION

Se instalará un hipoclorador de tubo accionado por tabletas, desgastando la tableta en contacto con el agua y soltando así el hipoclorito al agua, descargando al tanque de donde se aplica un período de retención de 5 minutos para que accione el cloro. La operación consiste en revisar la existencia de pastilla, al principio cada dos días y se va espaciando conforme se monitoree el desgaste de pastillas, plazo máximo de 15 días. Las pastillas de cloro se aplican en set de 5 y quedan apiladas esperando el turno de acción. Al estar accionando la última pastilla se aplica otro set de 5, que es el contenido de cada empaque.

El mantenimiento consiste en limpiar el clorador tipo tubo y evacuar natas o basura que puedan resultar eventualmente sobre el espejo del agua y verificar que está accionando el sistema y hay corriente de agua. Mantener limpia la superficie del tanque de contacto y verificar siempre su estado físico para prevenir fallas o defectos de operación.

10. MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DE LA PLANTA.

Las estructuras de la planta de aguas negras, como son los canales, tanques y pozos de inspección, tienen que desaguarse cuando menos una vez al año, para revisarlos y aplicar alguna reparación si fuese necesario. En la planta puede existir la posibilidad que se produzca ácido sulfhídrico, por tanto, no debe usarse pintura a base de plomo. En el mercado hay muchas pinturas especiales y de buena calidad, que son satisfactorias para usarse en la planta.



INGENIERO EMILIO EFRAÍN CELIS RODRÍGUEZ. COLEGIADO 999
Ingeniería civil, topografía, ingeniería sanitaria, estudios ambientales, avalúos de bienes inmuebles. Diseño,
construcción, supervisión y asesoría técnica

92

6.- TANQUES ANAEROBICOS DE FLUJO ASCENDENTE (RAFAS)

6.3 Conceptos Generales

Esta estructura constituye un elemento principal de la planta de aguas residuales proyectada. Por lo tanto, la operación y el mantenimiento deben llevarse a cabo en una forma ordenada, verificando la adecuada entrada de los caudales de aguas negras, así como el caudal de salida, la extracción oportuna de lodos y el tratamiento de los gases producidos, que en conjunto eliminan los malos olores.

6.4 Verificación de Caudales de Entrada y Salida del Tanque Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFAS).

Los reactores anaeróbicos de flujo ascendente utilizan procesos anaeróbicos para una decantación, fermentación y estabilización de la materia orgánica que se encuentra presente en el agua negra. Esta estabilización es llevada a cabo por colonias de bacterias anaeróbicas contenidas en flóculos que forman un manto de lodos suspendido y por el que el agua se obliga a pasar en flujo ascendente.

Para evitar el arrastre de la materia orgánica por el flujo ascendente, estos reactores cuentan con una estructura interna que separa la fase líquida (agua tratada), la fase sólida (lodo) y el biogas producido por la fermentación, que representan los tres sub-productos generados por la planta, potencialmente comercializables. Por su doble efecto de decantación y estabilización, los reactores anaeróbicos representan a la vez un tratamiento primario y secundario.

Para una mejor comprensión de la operación de los reactores se hará una clasificación en base a sus componentes y generación de los sub-productos:

7. OPERACIONES RUTINARIAS

Compende básicamente la limpieza del canal de alimentación de los reactores y los vertederos de cada compartimento. Esta limpieza se deberá hacer diariamente para evitar malos olores y generación de moscas en dicha caja.

Todos los días debe verificarse si el nivel del agua en los 4 tubos de PVC de 4" que del canal de distribución entran a los reactores anaeróbicos guardan el mismo nivel lo cual se hace en observación directa en la entrada de los tubos. Si no guardasen el mismo nivel o las condiciones de funcionamiento no son parejas, se procede a limpiar las tuberías por medio de una sonda como la que se utiliza para destapar desagües. La operación se efectúa hasta que se observe el mismo nivel en todas las tuberías.

A cada mes se deberán limpiar las bocas de alimentación de los tubos de 4 " PVC que conducen el agua negra de la caja distribuidora de caudales.



Continuación del anexo 1.

INGENIERO EMILIO EFRAÍN CELIS RODRÍGUEZ. COLEGIADO 999

Ingeniería civil, topografía, ingeniería sanitaria, estudios ambientales, avalúos de bienes inmuebles. Diseño, construcción, supervisión y asesoría técnica

21

3.- CAJA DE REJAS Y TRAMPA DE GRASA.

El objetivo de la caja de rejatas es interceptar todos aquellos objetos mayores que podrían ocasionar atascamientos en los subsecuentes sistemas de tuberías y canales.

Esta caja contiene una rejilla tipo fina con aberturas de 25 mm. Como se observa en el plano su construcción debe ser de hierro hembra plano de manera que el canto reciba el flujo

Dos veces al día se deberá revisar y limpiar esta rejilla debido a que no se desea que se obstruya para que el flujo sea libre y evitar sedimentación y malos olores. Para el efecto se utilizará el rastrillo. El material atrapado deberá extraerse durante el día en tambos plásticos de cinco galones y por la tarde antes de retirarse de la planta deberán almacenar la basura en bolsas plásticas para ser transportada manualmente al botadero autorizado.

La trampa de grasa tiene como objetivo retener grasas y adicionalmente materia flotante. La grasa se debe extraer diariamente en forma manual mediante un colador con mango de 0.30 m de diámetro al menos de 1 m de largo. El material extraído debe guardarse en tambos o bolsas de plástico. Sudisposición final será enterrarlos en un pozo excavado inmediato o a un botadero controlado donde al menos se entierren los desechos.

4.- CAJA DE MUESTREO

Se recomienda ejecutar limpiezas semanales para evitar acumulación de residuos orgánicos. Deberá oimiparse con cepillos el tubo de entrada y toda la zona húmeda para un adecuado flujo de aguas y acciones de aforo y muestreo.

5. CANALES DE ENTRADA A LOS REACTORES ANAEROBICOS DE FLUJO ASCENDENTE.

La función de estas estructuras es distribuir en igual cantidad los caudales hacia los tanques anaeróbicos de flujo ascendentes RAFAS. Se verificará diariamente que los caudales están siendo adecuadamente distribuidos, inspeccionando las tuberías de 4" del primer canal, que distribuyen los caudales, las cuales deben mantener el mismo nivel de agua. En caso contrario se procederá a la limpieza de las mismas. En igual forma se procederá con las tuberías de 4" que van directamente a los reactores anaeróbicos.

El material extraído se retirará y se dispondrá en igual forma que lo indicado para el canal de rejatas. El personal necesario será el Operador y un auxiliar.

Yener H. Plaza Nolasco
ALCALDE MUNICIPAL



Continuación del anexo 1.

INGENIERO EMILIO EFRAÍN CELIS RODRÍGUEZ. COLEGIADO 999

Ingeniería civil, topografía, ingeniería sanitaria, estudios ambientales, avalúos de bienes inmuebles. Diseño, construcción, supervisión y asesoría técnica

90

**CONSTRUCCION SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES, SECTOR GASPAR,
CALLE EL PALÓN, ALDEA CHOACORRAL, ZONA 4, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ**

1.- GENERALIDADES

El objetivo del mantenimiento de la planta de tratamiento es conservar, en condiciones apropiadas, las diferentes estructuras, sus instalaciones, obras conexas y equipo, a fin de llevar a cabo las operaciones y maniobras a las que están destinadas, de tal manera de conseguir la remoción de los elementos contaminantes de las aguas residuales, con el grado de tratamiento originalmente planificado.

Llevando a cabo lo indicado en el párrafo anterior, se evitarán deterioros imprevistos e inadecuados funcionamientos, de tal manera que la planta funcione adecuadamente el mayor tiempo posible.

La efectividad de las labores de mantenimiento, depende de la adecuada formación de personal que se disponga para el efecto, así como del apoyo que se le de, proveyéndole de los recursos, materiales, equipo, etc. Necesarios.

Para el buen funcionamiento y conservación de la planta será necesario contar con conexiones de agua para las diferentes labores de limpieza, así como de energía eléctrica para una adecuada iluminación y otras funciones.

Básicamente para llevar a cabo el mantenimiento, en la mejor forma posible, conviene empezar por una buena dirección y observar las siguientes reglas:

- Conservar la Planta en una forma aseada y limpia.
- Establecer una planificación para la ejecución de las operaciones cotidianas.
- Llevar un control de datos y registros de los diferentes elementos de la planta, haciendo énfasis en las condiciones poco usuales y deficiencias observadas. Los controles básicos son la medición de caudales en el vertedero proporcional y toma de muestras en el canal de aproximación, en la entrada de los filtros y en la salida de los mismos.
- Llevar a cabo las medidas de seguridad establecidas.

2.- PERSONAL NECESARIO

- 1 Ingeniero sanitario o civil, en tiempo parcial o temporal, con conocimiento de plantas de tratamiento de aguas negras y aspectos sanitarios en general.
- 1 Encargado-Operador, con grado de escolaridad básica, a quien se le debe impartir un conocimiento previo sobre plantas de tratamiento de aguas negras.
- 1 auxiliar .

Yener H. Plaza Nataren
ALCALDE MUNICIPAL



Continuación del anexo 1.

INGENIERO EMILIO EFRAÍN CELIS RODRÍGUEZ. COLEGIADO 999

Ingeniería civil, topografía, ingeniería sanitaria, estudios ambientales, avalúos de bienes inmuebles. Diseño, construcción, supervisión y asesoría técnica

89

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
CONSTRUCCION SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES, SECTOR GASPAR,
CALLE EL PALÓN, ALDEA CHOACORRAL, ZONA 4, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ
2017

CONTENIDO

	PAG.
1.- GENERALIDADES	2
2.- PERSONAL NECESARIO	2
3.- CAJA DE REJAS Y TRAMPA DE GRASA.	3
4.- CAJA DE MUESTREO	3
5. CANALES DE ENTRADA A LOS REACTORES ANAEROBICOS DE FLUJO ASCENDENTE.	3
6.- TANQUES ANAEROBICOS DE FLUJO ASCENDENTE (RAFAS)	4
6.1 Conceptos Generales	4
6.2 Verificación de Caudales de Entrada y Salida del Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFAS).	4
7. OPERACIONES RUTINARIAS	4
8. OPERACIONES DEL LODO	5
9. DESINFECCION	5
10. MANTENIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS DE LA PLANTA.	5
11. EQUIPO NECESARIO QUE DEBE TENER EL OPERADOR.	6
12. HABITOS PERSONALES DEL OPERADOR	6
13 LUGARES PELIGROSOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	6
14. MANTENIMIENTO DE LA PLANTA EN GENERAL	6
15. PLAN DE TRABAJO RUTINARIO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.	7
16. MEDIDAS AMBIENTALES.	7
17 PLAN PARA LA SEGURIDAD HUMANA	7
18 HERRAMIENTAS PARA OPERACIÓN.	8
19. BIBLIOGRAFIA.	8

Yener H. Plaza Nájera
ALCALDE MUNICIPAL



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Manual O y M. Planta de tratamiento aguas residuales. Proyecto San Julián.

Pág. 1

Continuación del anexo 1.

INGENIERO EMILIO EFRAIN CELIS RODRÍGUEZ. COLEGIADO 999
Ingeniería civil y sanitaria, estudios ambientales, hidráulicos é hidrogeológicos
Diseño, construcción, supervisión y asesoría técnica

88

ph entre 5.0 a 8.0, alcalinidad promedio de CaCO_3 de 600 mg/lit y ácidos orgánicos en una concentración media de 500 mg/lit.

En los lodos de las aguas residuales domésticas no es común la presencia de elementos que se indican en el reglamento, como Cadmio, Arsénico, Cromo, Mercurio y Plomo.

10. TRATAMIENTO DE LOS LODOS Y GASES

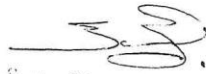
Dentro del plan del tratamiento de las aguas residuales se contempla la evacuación conjunta de los lodos de las unidades de tratamiento por medio de una empresa privada autorizada para la evacuación, tratamiento y disposición final de los lodos. El gas producto del tratamiento en el digestor, se evacuará por medio de una tubería de 1 1/2" PVC, con descarga al menos a 6 m sobre el nivel del terreno.

11. PLANOS

Planta perfil del conjunto de la planta de tratamiento
Reactor anaeróbico de flujo ascendente y caja aforo-rejas-trampa de grasa
Tanque de contacto, clorador y caja de muestreo final
Pozo de absorción típico

12 MONITOREO

Para cumplir con los monitoreos o inspecciones al sistema de tratamiento se construirán dos cajas de muestreo y aforo, previa y posterior para el control del funcionamiento y eficiencia de los procesos. Los detalles se indican en el plano de pretratamiento.


Emilio Efraín Celis Rodríguez
INGENIERO CIVIL Y SANITARIO
MAESTRIA EN ADMINISTRACION INDUSTRIAL
Colegiado 999

Emilio Efraín Celis Rodríguez
Ing Civil y Sanitario. Col. 999


Yener H. Plaza Natareño
ALCALDE MUNICIPAL



Continuación del anexo 1.

INGENIERO EMILIO EFRAIN CELIS RODRIGUEZ. COLEGIADO 999

Ingeniería civil y sanitaria, estudios ambientales, hidráulicos é hidrogeológicos
Diseño, construcción, supervisión y asesoría técnica

87

- Diámetro de pozos 1.20 m
- Diámetro de tubos perforados de revestimiento 36 pulgadas

b) Cálculo hidráulico.

Coefficiente de infiltración: de conformidad con el perfil del pozo del proyecto "Entre Encinos", vecino del proyecto en estudio, que indica que el estrato luego de la capa superficial de tierra en arena pómez. El coeficiente mínimo que corresponde a este material es de $200 \text{ l/m}^2/\text{d}$ en una prueba estándar de infiltración para un descenso del agua de 2.5 centímetros en un tiempo de 1 minuto. 1 minuto.

- Cálculo hidráulico de la batería de pozos

Caudal de diseño 0.65 l/s
Coeficiente de infiltración $200 \text{ l/m}^2/\text{d}$

$$H = (\text{Caudal de diseño del drenaje}) / (\text{Coeficiente} * \pi * \text{diámetro})$$

$$H = (56000) / (200 * 3.1416 * 1.20) = 74.27 \text{ m.}$$

Se construirá una batería de 2 pozos de 38 metros de profundidad y 1.20 m de diámetro. Este diseño debe revisarse al verificar el coeficiente de infiltración al construir los pozos.

7.3.6 Desinfección

Se aplicará un sistema de desinfección al efluente tratado con el fin de eliminar en lo posible los microorganismos dañinos a la salud. Se implementará un sistema por contacto utilizando pastillas de cloro y se aplicarán mediante un clorador de tubo va diluyendo el cloro de la pastilla.

Se instalará previo al tanque de contacto dentro de un tanque de 0.96 m^3 de capacidad El período de contacto mínimo será de 5 minutos en el tanque.

7.3.7 Caja de muestreo final

Se construirá previo a la descarga a los pozos una caja de muestreo y aforo para monitoreo del proceso en el futuro. La caja será de $0.40 * 0.40$ metros y tendrá una entrada al menos a 0.40 m del piso para el aforo y muestreo correspondiente.

8. CARACTERIZACION DE LAS AGUAS PARA REUSO

No se aplicará ningún reuso de las aguas residuales por la actividad del proyecto.

9. CARACTERIZACION DE LODOS

Los lodos crudos que se generarán luego del tratamiento primario de acuerdo a la experiencia y a la información existentes estará compuesto por sólidos, grasas, proteínas, nitrógeno, fósforo, fosfato, celulosa, hierro pero no como sulfuro, sílice, u

MEMORIA, STAR. SECTOR 1, ALDEA CHOACORRAL. SAN LUCAS SAC.



Continuación del anexo 1.

INGENIERO EMILIO EFRAIN CELIS RODRIGUEZ. COLEGIADO 999
Ingeniería civil y sanitaria, estudios ambientales, hidráulicos é hidrogeológicos
Diseño, construcción, supervisión y asesoría técnica

86

volumen, la velocidad disminuye e inicia un ascenso produciéndose un manto de lodos y el proceso biológico y de decantación de sólidos

a) **Diseño hidráulico del reactor.**

- Parámetros

Carga orgánica máxima = 2 kg DQO /m³/d
Carga hidráulica < = 5 m³/ m³/d
Tiempo de retención = 10 horas
Altura mínima de manto de lodos = 1.5 m
Velocidad de ascenso máxima < = 1 m / h
Número de tubos de distribución < = 1/4m²
Tasa de escurrimiento superficial < = 20 m³/ m²/d
Caudal medio específico en el vertedero < = 2.0 l/ s/ m

- Dimensionamiento

Se calculó para el caudal medio, 56 m³/ d

Tiempo de retención: 10 horas. Volumen mínimo del reactor = 23.33 m³

Forma: cuadrado
Largo : 2.80 m
Ancho 2.80 m
Area superficial: 7.84 m²
Profundidad neta: 3.27 m
Volumen efectivo: 25.64 m³ / unidad que es mayor que el necesario

Tasa superficial de escurrimiento: 7.14 m³/ m² / d, debe ser menor de 20.

Vertedero de salida:

Caudal medio 0.65 l/s y caudal máximo será de 2.60 l/s, tomando como caudal unitario 2.00 l/s/m la longitud del vertedero debe ser de 1.12 m considerando el caudal máximo,

Entradas en el fondo

Area de fondo = 7.84 m²

Se instalarán 4 tubos para 1.96 m² / tubo

7.3.5 Tratamiento secundario

Se aplicará infiltración en el subuelo

a) Parámetros de diseño.

- Período de retención 24 h
- Caudal de diseño 56 m³/ d
- Tasa de infiltración 200 l/ m² / d



Continuación del anexo 1.

INGENIERO EMILIO EFRAIN CELIS RODRIGUEZ. COLEGIADO 999
Ingeniería civil y sanitaria, estudios ambientales, hidráulicos é hidrogeológicos
Diseño, construcción, supervisión y asesoría técnica

25

d) Los detalles del pretratamiento se presentan en el plano respectivo

7.3.3 Caja de rejilla

a) Caja de entrada.

Se construirá en la entrada una caja que permita el aforo y la toma de muestras de las aguas crudas para el monitoreo, esta se acopla al canal de rejillas.

b) canal y cribado por rejillas.

El diseño es para el caudal máximo, o sea 2.60 l/s.

Cuadro 2. Cálculo del canal de rejillas

Cálculo canal de rejillas	Sector 1, Choacorrall zona 4 San Lucas Sac.	
	Caudal máx.	Caudal medio
Párametros hidráulicos		
Caudal de diseño en m ³ /s	0.00260	0.00065
Pendiente de diseño	0.0110	0.0110
Vel. = $1/0.013 * R^{2/3} * S^{1/2}$. m/s	0.51	0.30
Ancho del canal. m	0.3	0.3
Tirante de agua en m	0.018	0.0074

Fuente: Cálculos del consultor

- Cálculos y parámetros

- Condiciones de flujo

Tirante para caudal medio, $y_{Qm} = 0.007$ m

Tirante para caudal máximo, $y_{Qmax} = 0.011$ m

- Diseño de rejillas

Espesor de barra 6.4 mm

Ancho de barra 25.4 mm

Espacio libre 25.4 mm

Inclinación de reja > 60 grados

Número de barras 12


Yener H. Riza Nájera
ALCALDE MUNICIPAL
MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPEC

7.3.4 Tratamiento primario

Se aplicará el reactor anaeróbico de flujo ascendente por su doble acción purificadora, sencilla, operación y mantenimiento.

Se basa en la acción biológica de bacterias anaeróbicas sobre la materia orgánica, produciéndose de esta manera en parte su estabilización y sedimentación. Entra el caudal por una serie de tuberías a altas velocidades en el fondo, ya en el reactor por el

Continuación del anexo 1.

INGENIERO EMILIO EFRAIN CELIS RODRÍGUEZ. COLEGIADO 999
Ingeniería civil y sanitaria, estudios ambientales, hidráulicos é hidrogeológicos
Diseño, construcción, supervisión y asesoría técnica

84

7.3. Diseño Hidraulico del tratamiento

7.3.1 Caudal de diseño

Según datos proporcionados los usuarios son 250 personas y considerando un incremento a 20 años del 50 % debido a ser lotes que ya solo pueden ser divididos la población de diseño es de 375 personas.

De conformidad con el reglamento del INFOM la dotación mínima es de 150 l/h/d, la Caudal medio = $(375 * 150) / 86,400 = 0.65 \text{ l/s} = 56.24 \text{ m}^3 / \text{d.}$

7.3.2 Pretratamiento

b) Trampa de grasa

Es una cámara pequeña en la cual la grasa flota a la superficie del agua y es retenida y sustraída, siendo el agua clara subyacente descargada. La entrada y la salida del agua se lleva hacia el fondo por medio de pantallas y el flujo es lineal con un tiempo de retención que permita la flotación de la grasa. Su eficiencia depende de la operación y mantenimiento y de la entrada de súbitos incrementos de aguas residuales.

El diseño es el siguiente

$1 < \text{TRH} < 5$ tiempo en minutos. TRH, tiempo de retención hidráulica

Volumen adoptado 500 litros

Para Q medio = 0.65 l/s el TRH = 12.82 de TRH. < 5

Para Q pico = 2.60 l/s el TRH = 3.20 de TRH > 1

Dimensiones

Forma rectangular relación 1 : 2

Ancho 0.90 m

Largo 2.00 m

Alto útil 0.65

Volumen útil 1,200 litros

Altura del fondo 0.20 m

Altura total 1.00 m

Altura sobre lámina de agua mínima de 0.20

Grasas esperadas 30-50 mg/l = 10.41 litros por día

c) Caja distribuidora y desarenadora

Consiste en una caja donde descarga el efluente de la caja de trampa de grasas de donde por rebose se distribuye el caudal en dos partes iguales y luego y por medio de tubería PVC para drenaje de 6 " al canal de distribución de cada reactor anaeróbico. Como se iniciará con una sola unidad trabajará solo una celda de distribución.

Yener H. Plaza Navarro
ALCALDE MUNICIPAL

MEMORIA, STAR. SECTOR 1, ALDEA CHOACORRAL. SAN LUCAS SAC.

Página 5

Continuación del anexo 1.

INGENIERO EMILIO EFRAÍN CELIS RODRÍGUEZ. COLEGIADO 999

Ingeniería civil y sanitaria, estudios ambientales, hidráulicos é hidrogeológicos

Diseño, construcción, supervisión y asesoría técnica

03

b) Proceso de tratamiento primario-secundario

Se aplicará el reactor anaeróbico de flujo ascendente, RAFA, por su doble acción de purificación, sencilla operación y mantenimiento.

Se basa en la acción biológica de bacterias anaeróbicas sobre la materia orgánica, produciéndose de esta manera en parte su estabilización y sedimentación. Entra el caudal por una serie de tuberías a altas velocidades en el fondo, ya en el reactor por el volumen, la velocidad disminuye e inicia un ascenso produciéndose un manto de lodos y el proceso biológico y de decantación de sólidos

Se estima una eficiencia del 60-70 % en el tratamiento, y produce dos residuos principales, los lodos digeridos los que se extraen periódicamente y el biogas producto de la degradación biológica.

c) Proceso secundario por infiltración en el suelo

El efluente clorado se depositará en pozos de absorción para un a purificación por infiltración en el suelo. Esta solución es factible porque la napa freática se ubica a 177 m del condominio entre encinos, vecino del proyecto en estudio de conformidad con el perfil estatigráfico del pozo.

7.2. Rendimiento esperado con el tratamiento propuesto.

El rendimiento esperado con el tratamiento proyectado respecto a la eficiencia de purificación de las aguas residuales es el siguiente:

Se toma como parámetro para el cálculo de la eficiencia la demanda bioquímica de oxígeno medida a 5 días, por ser uno de los indicadores principales de contaminación relacionado con la materia orgánica de los drenajes domésticos.

Los requerimientos del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales es que debe tomarse una carga de demanda bioquímica de oxígeno, DBO, de 300 mg/l de aguas residuales. El tratamiento primario purificará el 60 % o sea pasarán 120 mg/l. La infiltración en el suelo tiene una eficiencia mínima del 95 % o sea pasarán 6 mg / l . La cloración reducirá los organismos patógenos a los límites permisibles por el reglamento y en la infiltración tenderá a cero. La eficiencia esperada total es de 98 %.

Yener H. Plaza Natateño
ALCALDE MUNICIPAL



Continuación del anexo 1.

... y ... estudios ambientales, hidráulicos e hidrogeológicos
Diseño, construcción, supervisión y asesoría técnica

02

$$\text{Caudal medio} = (375 * 150) / 86,400 = 0.65 \text{ l/s} = 56.24 \text{ m}^3 / \text{d.}$$

4. Generación de aguas residuales

Las aguas residuales que se generarán de acuerdo a la clasificación del reglamento del gubernativo 236-2006, son de tipo ordinario, por originarse de actividades puramente domésticas que provendrán de inodoros, duchas, lavamanos, lavaplatos, higiene y limpieza.

5. Recolección de aguas residuales

La recolección de las aguas residuales se efectuará por medio de un sistema de drenaje sanitario, que descargará en el sistema de tratamiento biológico anaeróbico que se presenta.

6. Caracterización de las aguas residuales a generar

Como se ha indicado, el proyecto generará solo aguas residuales tipo doméstico y de acuerdo a las investigaciones la caracterización esperada de estas aguas residuales, es la siguiente:

Cuadro 1. caracterización esperada del agua residual

No.	Parámetro	unidad	Cantidad
1	Grasas	mg/l	50
2	Materia flotante		Presente
3	DQO	mg/l	500
3	DBO	mg/l	250-300
4	Sólidos suspendidos	mg/l	220
5	Nitrógeno total	m/l	40
6	Fósforo total	Mg/l	8
7	Ph		6.5-8

Fuente: compilación del consultor

Los parámetros indicados en el reglamento, arsénico, cadmio, cianuro total, cobre, cromo exavalente, mercurio, níquel, plomo y zinc no son típicos de las aguas residuales domésticas y no se espera que se generen en el proyecto, pero si fuera el caso se estiman dentro de los límites permisibles.

7. Sistema de tratamiento

7.1. Procesos a implementar

a) Pretratamiento

-Trampa de grasa. Se ubicará en el pretratamiento de la planta que se diseña.

-Caja de rejillas: Se aplicará un proceso de cribado con el fin de retener los materiales sólidos de mayor tamaño e indeseables en los procesos de tratamiento. La caja de rejillas llevará incorporado un volumen para sedimentar arenas por estimarse mínimas en este caso.

Yener H. Plaza Natareno
ALCALDE MUNICIPAL

Continuación del anexo 1.

INGENIERO EMILIO EFRAIN CELIS RODRIGUEZ. COLEGIADO 999
Ingeniería civil y sanitaria, estudios ambientales, hidráulicos é hidrogeológicos
Diseño, construcción, supervisión y asesoría técnica

81

MEMORIA TECNICA-DESCRIPTIVA
CONSTRUCCION SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES, SECTOR GASPAR, CALLE EL
PALÓN, ALDEA CHOACORRAL, ZONA 4, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ

1. Introducción.

El proyecto consiste en conducir y tratar las aguas residuales del sector 1 de la aldea Choacorrall, zona 4 San Lucas Sacatepéquez, con una cobertura actual de 250 personas que ocupan 20 viviendas. La disposición de excretas la efectúan en un pozo ciego en cada unidad familiar y por ser lotes reducidos la solución llegó a su vida útil.

Se diseñó una tubería central de drenaje para que se conecten todas las viviendas y se conduzcan las aguas residuales a una planta de tratamiento y solucionar la disposición de excretas con beneficio de la salud y el ambiente.

Considerando el uso las aguas residuales, estas tendrán un alto contenido de materia orgánica permite utilizar un tratamiento biológico para la purificación de las aguas previo a su vertido al cuerpo receptor.

Se implementará un pretratamiento para eliminar sólidos inorgánicos y grasas, un tratamiento primario por medio de un Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente, RAFA, y un tratamiento secundario por infiltración en el suelo, método que se usa en caso de no existir cuerpo receptor de aguas superficiales, previo la cloración correspondiente.

Se incluye el Manual de operación y mantenimiento para el adecuado funcionamiento del sistema propuesto durante su vida útil y el de especificaciones técnicas y operaciones.

2. Bases de diseño

Para el diseño del sistema de tratamiento de aguas servidas se toma como base lo siguiente:

- a) Población actual de 250 habitantes y una dotación de 150 l/h/d, de conformidad con la normas para proyectos municipales.
- b) Acuerdo gubernativo No. 236-2006, "REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS"
- c) Criterios de diseño internacionales para procesos e tratamiento de aguas servidas o residuales, por no existir esta normativa en Guatemala.
- d) Plano general de drenaje sanitario y planta perfil del tramo previo al punto de tratamiento., topográfico con curvas de nivel.

3. Caudal de diseño

Según datos proporcionados los usuarios son 250 personas y considerando un incremento a 20 años del 50 % debido a ser lotes que ya solo pueden ser divididos población de diseño es de 375 personas.

De conformidad con la dotación mínima de 150 l/h/d, la

Yener H. Plaza Natario
ALCALDE MUNICIPAL



Continuación del anexo 1.

INGENIERO EMILIO EFRAÍN CELIS RODRÍGUEZ. COLEGIADO 999

Ing. civil y sanitaria, estudios ambientales, hidráulicos, hidrológicos, aguas subterráneas
Diseño, construcción, supervisión y asesoría técnica

102

4.9 Sistema de bombeo

Cuadro 2. Cálculo del equipo de bombeo

Cálculo de la carga dinámica total		
Hfa	Pérdida de carga entre nivel de bomeo y entrada a PV4	0.07
Hfb	Altura nivel dinámico y entrada PV4	7
Hfi	Pérdida por accesorios	1
Hre	Altura de reserva	5
	Altura dinámica total en m	13.07
	Altura dinámica total en pies	42.87
Cálculo de la potencia de la bomba		
$Pot = (HDT * Q) / (75 * e)$	Potencia en caballos de fuerza	
HDT	Carga dinámica total. M	13.07
Q	Caudal de bombeo. l/s	0.33
e	Eficiencia del equipo	0.65
	Potencia calculada . HP =	0.09
	Potencia adoptada. HP =	0.5

El equipo deberá solicitarse

2 Bombas sumergibles de lodos de impulsor abierto para trabajar alternamente en forma automática por control de niveles.

Motor de 0.5 HP

Carga dinámica total 43 pies

Caudal 5.25 GPM

4.10 Planos

Se adjuntan los planos de red general y planta perfil y los del pozo de bombeo y línea de impulsión.


Emilio Efraín Celis Rodríguez
INGENIERO CIVIL Y SANITARIO
MAESTRIA EN ADMINISTRACION INDUSTRIAL
Colegiado 999


Yener H. Pineda
ALCALDE MUNICIPAL