

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Suroccidente
Ingeniería en Gestión Ambiental Local**



Trabajo de graduación

**Evaluación del manejo de aguas residuales en la parte sur de la microrregión I del
municipio de Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango.**

Por:

Carlos Fernando Pereira Straube

Carné: 201840659

DPI: 2886467111017

Correo electrónico: lobito.pere10@gmail.com

Mazatenango, Suchitepéquez, abril de 2024

Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro Universitario de Suroccidente

Ingeniería en Gestión Ambiental Local



Trabajo de graduación

**Evaluación del manejo de aguas residuales en la parte sur de la microrregión
I del municipio de Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango.**

Por

Carlos Fernando Pereira Straube

201840659

Asesor:

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

Revisor:

Ing. Alberto Benjamín Gómez Alvarado

Presentado ante las autoridades del Centro Universitario de Suroccidente -
CUNSUROC-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a
conferírsele el título que le acredita como Ingeniero en Gestión Ambiental
Local en el grado académico de Licenciado.

Mazatenango Suchitepéquez, abril de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

Rector

Lic. Luis Fernando Cordón Lucero

Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
SUROCCIDENTE**

M.A. Luis Carlos Muñoz López

Director en Funciones

REPRESENTANTE DE PROFESORES

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón

Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vílser Josvin Ramírez Robles

Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutierrez Gamboa
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

M.A. Edín Aníbal Ortiz Lara
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Dr. Nery Edgar Saquimux Canastuj
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

MSc. Tania María Cabrera Ovalle
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales Abogacía y
Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Coordinador de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos
Coordinador de las carreras de Pedagogía

M.A. Juan Pablo Ángeles Lam
Coordinador Carrera Periodista Profesional y Licenciatura en Ciencias de la
Comunicación

Acto que dedico

A Dios, por su Misericordia, las bendiciones recibidas y especialmente por brindarme la sabiduría. A mis padres Mynor Pereira Rodríguez y María Straube Urizar por todo el amor, apoyo y orientaciones que me han brindado. A mí hermano Javier Pereira Straube por su apoyo incondicional en cada etapa de este trayecto de mi vida. A mis abuelos Arturo Straube, María Urizar, Humberto Pereira y Amanda Rodríguez por su amor. A toda mi familia, mi novia Ligia Mota y amigos por el amor, aprecio y amistad.

Agradecimientos

- A:** La Universidad San Carlos de Guatemala (USAC), el Centro Universitario de Suroccidente (CUNSUROC) y a la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local por haberme permitido formarme como profesional y brindarme los conocimientos durante mi formación académica.
- A:** Los docentes de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local por sus orientaciones y conocimientos brindados durante mi formación académica.
- A:** La Municipalidad de Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango por permitirme desarrollar el Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-, así como el apoyo recibido durante el proceso.
- A:** Al personal de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal, de la municipalidad de Colomba Costa Cuca, por su amistad, apoyo y asesoría brindada durante el proceso de -EPS-.
- A:** MSc. Karen Pérez, por su apoyo y asesoría en la etapa como estudiante y durante el desarrollo del -EPS-.
- A:** Ing. Benjamín Gómez, por el conocimiento y apoyo brindado durante el desarrollo del -EPS-.
- A:** Ing. Yvonne Cárdenas y MSc. Eysen Enríquez por el apoyo, conocimientos y consejos brindados durante mi etapa como estudiante.

Índice General

Contenido	Pág.
Resumen	vi
Abstract	viii
I. Introducción.....	1
II. Revisión de literatura.....	2
2.1 Marco referencial.....	2
2.1.1 Características del municipio de Colomba Costa Cuca	2
2.1.2 Parte sur de la microrregión I	4
2.1.3 Sistema de drenaje del municipio de Colomba Costa Cuca	4
2.1.4 Dotación de agua potable en la población.....	5
2.1.5 Sistemas de tratamiento de aguas residuales en el municipio.	5
2.1.5.1 Planta de tratamiento de aguas residuales de colonia Monte Real	5
2.1.5.2 Planta de tratamiento de aguas residuales de la colonia San Francisco.	5
2.2 Marco conceptual	7
2.2.1 Aguas residuales	7
2.2.2 Plantas de tratamiento de aguas residuales.....	7
2.2.3 Procesos de las plantas de tratamiento de aguas residuales.	8
2.2.3.1 Pre-tratamiento	8
2.2.3.2 Tratamiento primario	8
2.2.3.3 Tratamiento secundario.....	9
2.2.3.4 Tratamiento de lodos.....	9
2.2.4 Componentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales	9
2.2.4.1 Vertedero de demasías	9
2.2.4.2 Desarenador	10
2.2.4.3 Canal de rejillas.....	10
2.2.4.4 Caja atrapa grasa.....	10

2.2.4.5 Sedimentador.....	11
2.2.4.6 Filtro percolador (sistema de biomasa adherida).....	11
2.2.4.7 Pileta de secado de lodos	12
2.2.5 Legislación ambiental Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.....	12
2.2.5.1 Acuerdo Gubernativo No. 129-2015	13
2.2.5.2 Acuerdo Gubernativo No. 110-2016	13
2.2.5.3 Acuerdo Gubernativo No. 270-2016.....	13
2.2.5.4 Acuerdo Gubernativo No. 138-2017	13
2.2.5.5 Acuerdo Gubernativo No. 304-2017	14
2.2.5.6 Enmienda vigente Acuerdo Gubernativo No. 58-2019.....	14
2.2.6 Características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales	14
2.2.6.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅).	15
2.2.6.2 Carga contaminante	15
2.2.7 Puntos de descarga de aguas residuales y medición del caudal.....	16
2.2.7.1 Puntos de descarga de aguas residuales.....	16
2.2.7.2 Método volumétrico de la medición del caudal	16
2.2.8 Muestreo	17
2.2.8.1 Muestras simples	17
2.2.9 Manual de mantenimiento	18
III. Objetivos	19
IV. Materiales y Métodos	20
4.1 Materiales.....	20
4.2 Métodos	21
4.2.1 Identificación de puntos de descarga	21
4.2.2 Medición de caudal	21
4.2.2.1 Método volumétrico de la medición del caudal.	23
4.2.3 Caudal medio de desfogue proyectado	24
4.2.4 Análisis de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	24
4.2.5 Cálculo de la carga contaminante	25
4.2.6 Cálculo de la eficiencia de la disminución de la carga contaminante	26

4.2.7 Manual de mantenimiento	26
V. Resultados y discusión	27
VI. Conclusiones	34
VII. Recomendaciones	36
VIII. Referencias bibliográficas	38
IX. Anexos	44

Índice de tablas

Tabla	Pág.
1. Materiales y equipo	20
2. Horario de muestreo de caudal	22
3. Número de muestras para el análisis de demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	25
4. Caudales de entrada y salida de planta tratamiento de aguas residuales.	28
5. Caudal medio de desfogue de aguas residuales.	30
6. Porcentajes del caudal de aguas residuales tratadas.....	31
7. Resultados de DBO ₅ de entrada y salida de PTAR	31
8. Eficiencia del sistema en la reducción de la carga contaminante	32
9. Proyección del crecimiento poblacional de la parte sur de la microrregión I del municipio de Colomba Costa Cuca.	46
10. Límites máximos permisibles.	52
11. Resultados de la medición del caudal de PTAR colonia Monte Real.....	53
12. Resultados de los promedios obtenidos de la medición del caudal.	53
13. Carga contaminante de salida y entrada de PTAR de colonia Monte Real.....	55

Índice de figuras

Figura	pág.:
1. Micro regionalización y comunidades del municipio de Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango.....	7
2. Mapa de ubicación de plantas de tratamiento de aguas residuales de la microrregión I Colomba Costa Cuca.....	10
3. Mapa de puntos de desfogue de aguas residuales de la parte sur de la microrregión I.....	29
4. Parte sur de la microrregión I, Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango.....	42
5. Mapa de puntos de descargas finales de aguas residuales sin tratamiento.....	43
6. Sistema de tratamiento de aguas residuales de la microrregión I.....	45
7. Sistema de desarenador.....	46
8. Sistema de caja atrapagrasa.....	46
9. Sistema de sedimentación.....	47
10. Sistema de filtro percolador.....	48
11. Sistema de patio de secado de lodos.....	49
12. Análisis de resultados de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5).....	52
13. Análisis de los resultados la carga contaminante.....	53
14. Visita de campo a PTAR de colonia Monte Real.....	74
15. Daños en la tubería de entrada de PTAR de colonia San Francisco.....	74
16. Daños en la infraestructura de la pileta de secado de lodos de colonia San Francisco.....	75

Resumen

El municipio de Colomba Costa Cuca forma parte del departamento de Quetzaltenango, siendo uno de los municipios con mayor extensión del departamento con 212 kilómetros cuadrados (km²). Según registros de la oficina de planificación municipal, cuenta con una población de 50,000 habitantes y está organizado en cinco microrregiones. Es un municipio predominantemente de producción agrícola, entre los cultivos más abundantes se encuentra el café (*Coffea arabica*), macadamia (*Macadamia integrifolia*), cacao (*Theobroma cacao*) y hule (*Hevea brasiliensis*).

En la parte sur de la microrregión I del municipio de Colomba Costa Cuca se encuentran las colonias Monte Real y San Francisco. En el año 2017 fueron construidos sistemas de tratamiento de aguas residuales anaerobios de flujo descendente. Las plantas de tratamiento tienen una capacidad para un caudal de entrada de 4.56 litros por segundo (L/s) y cuentan con procesos de pre-tratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario.

Es importante mencionar que al ser instalados los sistemas de tratamiento no se realizó un estudio técnico o una caracterización de las aguas residuales, desconociéndose la eficiencia de los sistemas y los procesos a seguir en cumplimiento de la legislación ambiental.

Para la evaluación del manejo de aguas residuales de la parte sur de la microrregión I del municipio de Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango. Inicialmente se identificaron los puntos de desfogue, como también el caudal medio de desfogue. Posteriormente se evaluó la carga contaminante y la eficiencia de los sistemas, la cual se interpretó en función del cumplimiento del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 Reglamento de descargas y reúso de aguas residuales y del Acuerdo Gubernativo No. 58-2019.

Se identificó que la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en colonia San Francisco presenta desperfectos en la tubería de entrada y el caudal de agua residual es dispuesto sin ningún tratamiento a las fuentes hídricas. Tomando en cuenta lo anterior y que el sistema de tratamiento se encuentra fuera de funcionamiento, por lo tanto, no se tiene un manejo adecuado de las aguas residuales. Haciendo evidente la importancia de reemplazar la tubería principal del sistema de tratamiento y reconstruir el patio de secado de lodos.

Así mismo se encontró que el sistema de tratamiento de la colonia Monte Real presenta deficiencia en la ejecución de los procesos de mantenimiento por parte de la Unidad de Mantenimiento Municipal. Los resultados obtenidos al momento de la evaluación demostraron que el sistema de tratamiento es eficaz para la reducción de la carga contaminante, con una eficiencia del 95% y cumple con los límites máximos permisibles. Se recomienda implementar el manual de mantenimiento preventivo y correctivo en la planta de tratamiento elaborado como producto de esta investigación con la finalidad de mantener los resultados satisfactorios del sistema.

Abstract

The township of Colomba is part of the department of Quetzaltenango, being one of the largest municipalities with 212 square kilometers (km²). According to records from the municipal planning office, it has a population of 50,000 inhabitants and is organized into five microrregions. It is a municipality predominantly of agricultural production, among the most abundant crops are coffee (*Coffea arabica*), macadamia (*Macadamia integrifolia*), cacao (*Theobroma cacao*) and rubber (*Hevea brasiliensis*).

In the southern part of microrregión I of Colomba Costa Cuca are the suburbs of Monte Real and San Francisco. In 2017 Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) were built, the treatment plants have a capacity for an inlet flow of 4.56 liters per second (L/s). The systems have pre-treatment processes, primary and secondary treatments.

It is important to mention that when the treatment systems were installed, a technical study or a characterization of the wastewater was not carried out, ignoring the efficiency of the systems and the processes to be followed in compliance with environmental legislation.

For the evaluation of wastewater management in the southern part of microregion I of the municipality of Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango. Initially, the release points were identified, as well as the average release flow. Subsequently, the polluting load and efficiency of the systems were evaluated, which was interpreted based on compliance with Government Agreement No. 236-2006 Regulation of discharges and reuse of wastewater and Government Agreement No. 58-2019.

It was identified that the wastewater treatment plant located in colonia San Francisco has defects in the inlet pipe and the wastewater flow is disposed of without any treatment to the water sources. Considering the above and that the treatment system is out of operation, therefore, there is no adequate management of wastewater. Making evident the importance of replacing the main pipe of the treatment system and rebuilding the sludge drying yard.

Likewise, it was found that the treatment system of the Monte Real neighborhood presents a deficiency in the execution of maintenance processes by the Municipal Maintenance Unit. The results obtained at the time of the evaluation demonstrated that the treatment system is effective in reducing the contaminant load, with an efficiency of 95% and complies with the maximum permissible limits. It is recommended to implement the preventive and corrective maintenance manual in the treatment plant, prepared as a product of this research to maintain the satisfactory results of the system.

I. Introducción

En la microrregión I parte sur del municipio de Colimba Costa Cuca del departamento de Quetzaltenango, se cuenta con dos plantas de tratamiento de aguas residuales del tipo anaerobias de flujo descendente. La función de los sistemas está orientada a captar y darle tratamiento a las aguas residuales provenientes de las viviendas de las colonias Monte Real y San Francisco para su posterior desfogue.

Según registro de la Dirección Municipal de Planificación, las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) fueron construidas en el año 2017 y cuentan con el mismo diseño en sus procesos de tratamiento. Estas constituyen un recurso importante para darle un manejo adecuado a las aguas residuales y disminuir el impacto negativo de contaminación al medio ambiente.

Tomando en cuenta que se carece de un estudio técnico o instrumento ambiental para los dos sistemas de tratamiento y se desconoce la eficiencia de los sistemas de tratamiento, esta investigación tuvo como objetivo evaluar el manejo de las aguas residuales de la parte sur de la microrregión I del municipio.

Para el desarrollo de la investigación se inició realizando visitas de campo y entrevista a miembro del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) con el objetivo de obtener información de las PTAR. Posteriormente se identificaron puntos de descarga directa y las conectadas al sistema de tratamiento. Así mismo se determinó el caudal de entrada y de salida de los sistemas de tratamiento en el horario de mayor distribución de agua potable dentro del municipio, haciendo uso del método volumétrico o también denominado del recipiente.

Se realizaron procesos de muestreo simple para analizar la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) de la entrada y salida del agua residual al sistema de tratamiento, de los resultados obtenidos se cuantificó la carga contaminante y se interpretó de acuerdo con lo establecido en la normativa nacional Acuerdo Gubernativo 236-2006 y su enmienda vigente Acuerdo Gubernativo 58-2019.

II. Revisión de literatura

2.1 Marco referencial

2.1.1 Características del municipio de Colomba Costa Cuca

Colomba Costa Cuca es un municipio del departamento de Quetzaltenango, al cual se le ha designado de diferentes formas, tomando en cuenta el Acuerdo de fecha 11 de junio de 1,881 en el cual los líderes municipales y vecinos del cantón San Antonio de la Costa Cuca denominaron a las áreas identificadas como: Reducción Agrícola de la Costa Cuca, Comisión Política, Reducción Agrícola Saquichillá y Reducción Agrícola de Chuva con el nombre de Morazán. Esta extensión ocupaba aproximadamente los municipios de Colomba Costa Cuca, Flores Costa Cuca, El Asintal y Nuevo San Carlos. (Flores, 2014)

En el año de 1882 se suprimió el municipio de Morazán, para surgir lo que se denominó Franklin. El 10 de abril de 1889 se emitió el Acuerdo que disponía que el poblado de la cabecera de lo que anteriormente se conocía como Franklin pasará a llamarse Colomba Florida.

Durante la administración presidencial del General Manuel Lisandro Barillas, en el año de 1890 se omite el nombre de Florida y se agregó Costa Cuca; de esta forma fue que se nombró Colomba Costa Cuca.

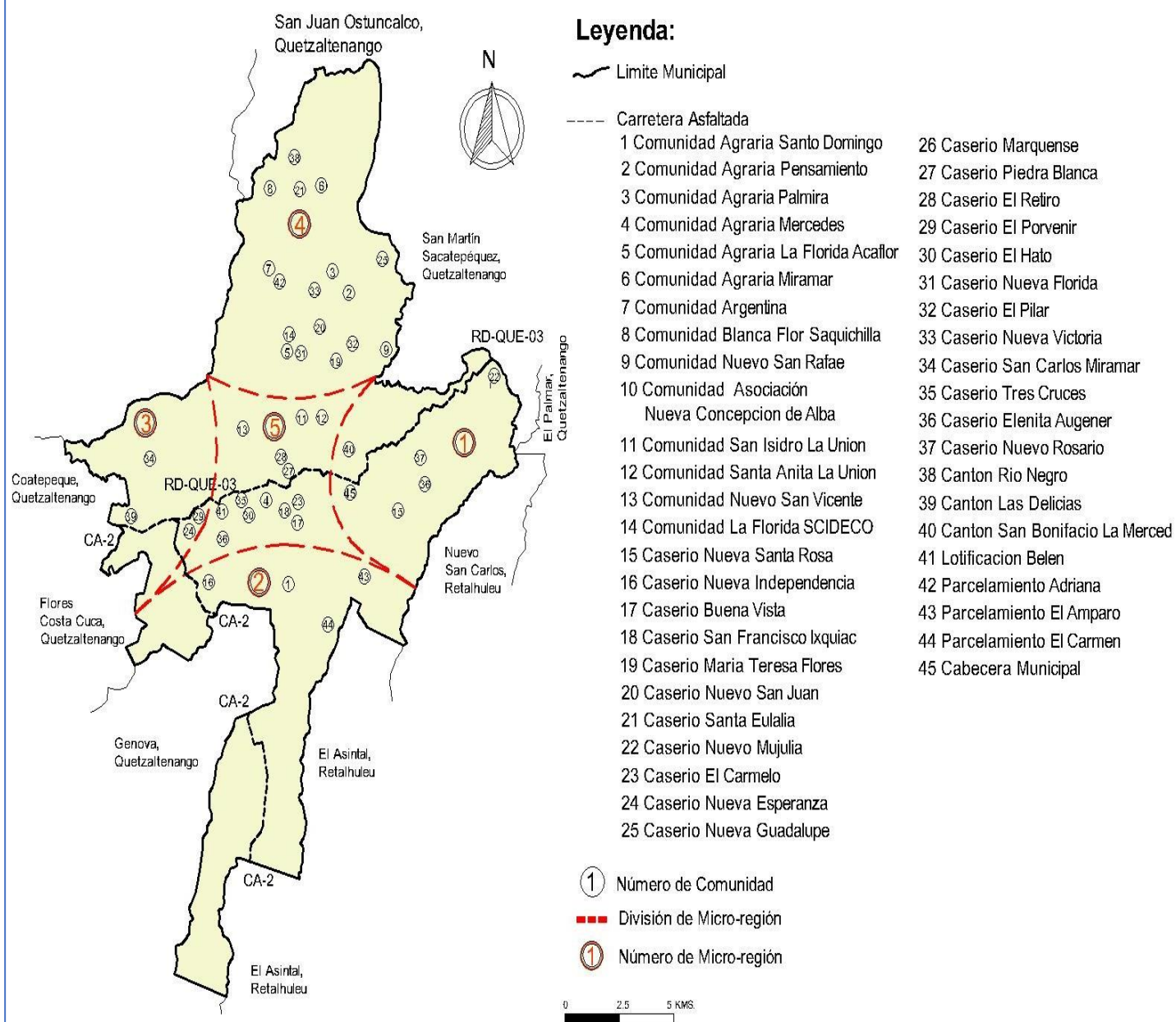
Colinda al norte con el municipio de San Martín Sacatepéquez, al sur con los municipios de Flores de Costa Cuca y Génova; al este con el municipio de Palmar siendo estos del departamento de Quetzaltenango, de igual forma al este con municipios del departamento de Retalhuleu: El Asintal y Nuevo San Carlos; al oeste con municipios del departamento de San Marcos: El Quetzal y San Cristóbal Cucho. (Flores, 2014)

Figura 1

Micro regionalización y comunidades del municipio de Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango

Fuente: IGN, SEGEPLAN, proceso PDM-OT, DMP Colomba Costa Cuca.

Noviembre 2019



2.1.2 Parte sur de la microrregión I

La parte sur o parte baja de la microrregión I del municipio de Colomba Costa Cuca abarca una extensión territorial de 120,424 metros cuadrados (m^2) y cuenta con alrededor de 125 viviendas. En la parte sur se ubican las colonias Monte Real y San Francisco. (ver anexo I, pág. 45)

En el año 1990 la colonia Nuevo San Francisco formaba parte de la finca San Francisco la cual fue seccionada y vendida por lotes, esto durante la década de 1990-2000. En el año 2000, se formó lo que se conoce como colonia San Francisco y con el pasar de los años se construyeron 30 viviendas con un número aproximado de 180 habitantes. En la referida colonia en el año 2017 se ejecutó un proyecto de alcantarillado, con el que se implementó una planta de tratamiento de aguas residuales; este sistema de tratamiento se encuentra fuera de funcionamiento debido a daños en la infraestructura y el caudal es desviado de forma directa sin ningún tratamiento.

La colonia Monte Real se creó a partir del año 1989 y era denominada como Rosario Pequeño, al estructurarse el Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE); en el año 2000 la colonia pasó a llamarse Monte Real. En la referida colonia existen 95 viviendas con un número 570 habitantes y se implementó un sistema de tratamiento de aguas residuales en el que desfogon las aguas residuales de alrededor de 75 viviendas de la colonia.

2.1.3 Sistema de drenaje del municipio de Colomba Costa Cuca

Según análisis realizado por la Unidad de Gestión Ambiental Municipal (UGAM), en el tema de aguas residuales, en el año 2018 en el casco urbano del municipio de Colomba Costa Cuca se identificó un número de 32 descargas con respecto a aguas residuales; los diámetros del sistema de desfogue son de seis pulgadas a diámetros mayores, sin embargo, se encontraron varias descargas directas de viviendas a los ríos de la cuenca del río Naranjo. (Dual Consulta, 2018)

2.1.4 Dotación de agua potable en la población

Tomando en cuenta la evaluación de aguas residuales, elaborado por Dual Consulta (2018) se identificó que el servicio de dotación de agua entubada es de 120 litros por habitante al día (lts/hab/día), con un factor de retorno de aguas residuales 95%.

2.1.5 Sistemas de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Colomba Costa Cuca.

El municipio cuenta con dos sistemas de tratamiento ubicados en la parte sur de la microrregión I en las colonias Monte Real y San Francisco, comparten el mismo diseño en sus procesos de tratamiento.

2.1.5.1 Planta de tratamiento de aguas residuales de colonia Monte Real

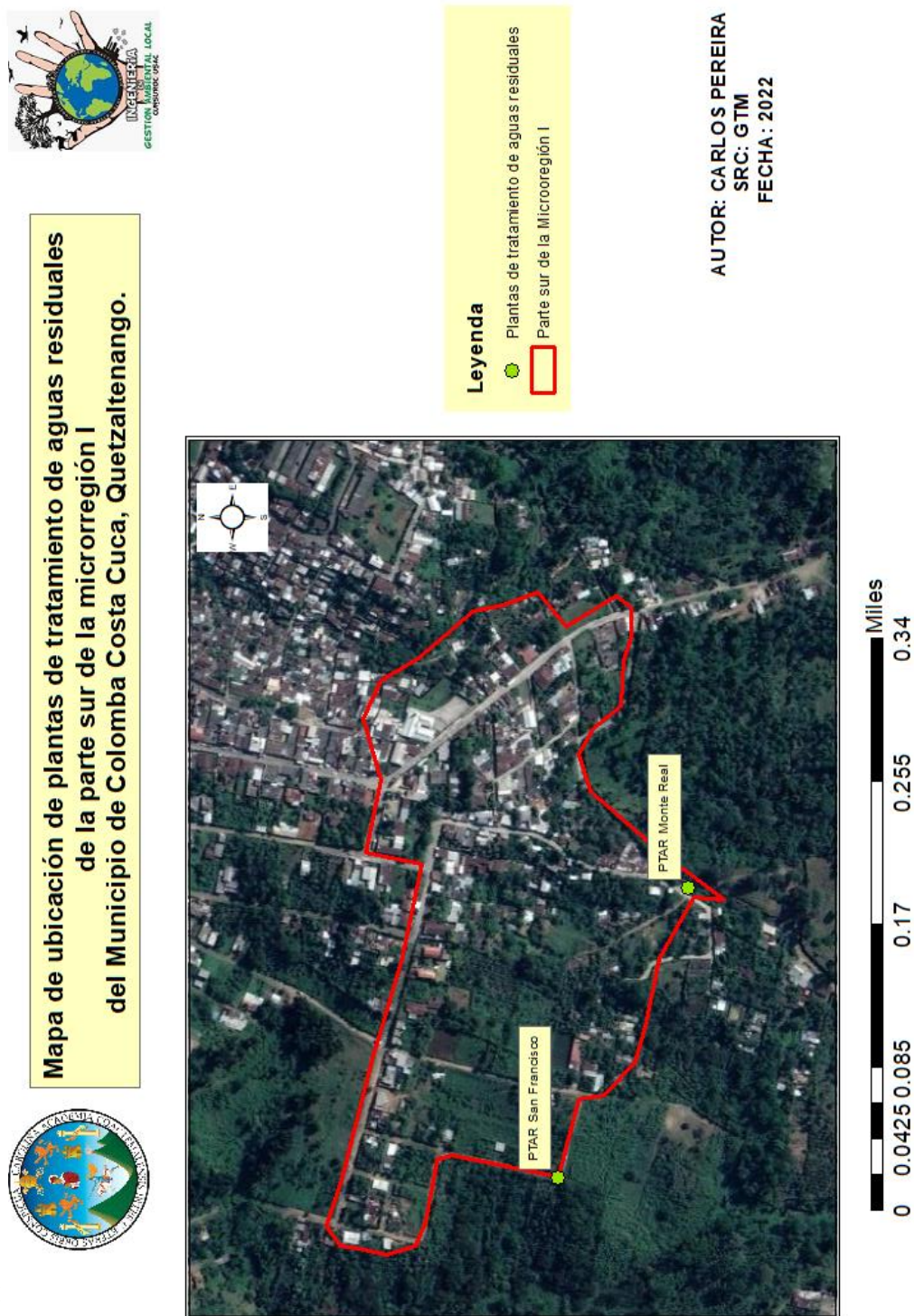
La planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en la colonia Monte Real cuenta con un sistema de pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario. La infraestructura del sistema es la siguiente: vertedero de demasías, desarenador, canal de rejillas, caja atrapa grasa, sedimentador primario, filtro biológico o percolador, sedimentador secundario y patio de secado de lodos; en la entrada y salida de sistema se incorporó tubo de PVC de 10" y el caudal máximo aceptable para el funcionamiento de la planta es de 4.56 l/s. El sistema fue puesto en funcionamiento sin la elaboración de un estudio técnico o caracterización. (Dual Consulta 2018) (ver anexo 2, pág. 48).

2.1.5.2 Planta de tratamiento de aguas residuales de la colonia San Francisco.

La planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en colonia San Francisco se construyó en el año 2017 en la parte sur de la microrregión I. Dicho sistema de tratamiento se encuentra fuera de funcionamiento, esto debido a que las tuberías que conectan a los elementos de tratamiento se encuentran averiadas; el caudal entrante es desviado de forma directa a las fuentes hídricas. La infraestructura de la PTAR se planeó para dar tratamiento primario y secundario al agua residual, teniendo como elementos un vertedero de demasías, desarenador, canal de rejillas, caja atrapa grasa, sedimentador primario, filtro biológico o percolador, sedimentador secundario y patio de

Figura 2

Mapa de ubicación de plantas de tratamiento de aguas residuales de la microrregión I Colomba Costa Cuca



secado de lodos. El sistema fue puesto en funcionamiento sin la elaboración de un estudio técnico o caracterización. (Dual Consulta 2018) (ver anexo 2, pág. 48).

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Aguas residuales

Las aguas residuales son aquellas aguas en las cuales las acciones del ser humano han afectado sus características. La interacción del agua con la naturaleza y con las actividades empleadas por el ser humano alteran sus propiedades, estas alteraciones pueden ser de muchas maneras y ocasionan graves daños al medio natural. (Seoánez, 1997)

Son muchas las procedencias de las aguas residuales, entre ellas domiciliarias, industriales las cuales son dispuestas a un medio de tratamiento y posterior a un afluente para disminuir su contaminación. (Campos, 2000)

Cuando se habla de aguas residuales también se menciona las aguas grises, son las aguas que provienen de lavar ropa, alimentos y utensilios del hogar; estos pueden contener pequeñas partes de excremento y por lo tanto se debe disponer a un proceso de tratamiento. (Carrasco, 2012)

En Guatemala para disminuir la contaminación por aguas residuales se presentó la legislación nacional de aguas residuales la cual contiene el Acuerdo Gubernativo 236-2006, que abarca la disminución de contaminación por aguas residuales en el sector de estudio.

2.2.2 Plantas de tratamiento de aguas residuales

Para las aguas residuales se debe disponer un proceso de tratamiento, como lo son las plantas de tratamiento que funcionan como procesos para degradar la materia y de esta forma las aguas sean dispuestas a las fuentes hídricas, disminuyendo su contaminación. Las estructuras de los sistemas de tratamiento pueden variar esto dependiendo de las condiciones que se deseen alcanzar con respecto al agua, por lo general en ciudades donde no se reutilizan se implementan procesos de tratamiento primario y secundario. (Lahera, 2010)

Según Lizarazo y Orjuela (2013) las plantas de aguas residuales degradan la materia y con ello reducen la contaminación que se desemboca al recurso hídrico, beneficiando a los ecosistemas acuáticos y la salud del personal que tienen contacto con estas aguas.

2.2.3 Procesos de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales de la parte sur de la microrregión I del municipio de Colomba Costa Cuca cuentan con procesos de pre-tratamiento, tratamiento primario y secundario.

2.2.3.1 Pre-tratamiento

El pre-tratamiento es un conjunto de operaciones, fundamentales para eliminar sólidos de gran tamaño, arenas, gravas, grasas y aceites. También es implementado para proteger los tratamientos posteriores, en la etapa del pretratamiento se producen residuos sólidos urbanos, lodos contaminados y afluyente parcialmente descontaminado que será objeto de tratamiento para las demás unidades de la PTAR. (TChobanoglous y Crites, 2000)

2.2.3.2 Tratamiento primario

Los tratamientos primarios son aquellos utilizados para reducir los sólidos en suspensión y de igual forma reducir la contaminación biodegradable. Por lo general se utilizan métodos de sedimentación. (Serrano, 2018)

Parafraseando Martínez (2016) existen diferentes métodos para aplicar un tratamiento primario, este proceso dependerá de los análisis realizados a las aguas residuales. El tratamiento primario puede consistir en regular pH, temperatura, color, olor, reducción de sólidos en suspensión y elementos que puedan dañar las etapas siguientes del sistema de tratamiento.

2.2.3.3 Tratamiento secundario

Los tratamientos secundarios tienen la función de reducir los niveles de contaminación química y biológica, a través de procesos biológicos o químicos. Este proceso convierte la materia orgánica, en sólidos sedimentables floculantes que pueden ser separados en sedimentación; los procesos más utilizados son lodos activos y filtros percoladores. Los tratamientos biológicos en este proceso tienen del 85 al 95 % de eficiencia en la reducción de DBO. (Rojas, 2022)

2.2.3.4 Tratamiento de lodos

Es un proceso de separación entre el caudal del agua residual y el lodo resultante del tratamiento de dichas aguas, principalmente para ser estabilizados, desinfectados y espesados antes de ser llevados a un siguiente uso o disposición final. (MARN, 2006)

2.2.4 Componentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales implementados en la microrregión I del municipio de Colomba Costa Cuca son de tipo anaerobio de flujo descendente, dichos sistemas cuentan con los siguientes componentes: vertedero de demasías, desarenador, canal de rejillas, caja atrapa grasa, sedimentador primario, filtro percolador o biológico, sedimentador secundario y patio de secado de lodos.

2.2.4.1 Vertedero de demasías

Es una unidad que funciona como válvula de emergencia en caso de que el caudal que ingresa a la planta de tratamiento de aguas residuales tenga un incremento inesperado, el sistema funciona por medio de un vertedero lateral que evacua el excedente de ingreso, este excedente es trasladado hasta el afluente de la planta, en condiciones normales de funcionamiento no debería funcionar, pero debe existir como protección de la misma planta de tratamiento. (Rodríguez, 2019)

2.2.4.2 Desarenador

“Los desarenadores son obras hidráulicas que sirven para separar y remover el material sólido que lleva el agua”. Tomando en cuenta lo mencionado por Marina (2020) los desarenadores son importantes para disminuir la cantidad de partículas que ingresan a la infraestructura de la planta de tratamiento y de esta forma hacer menos complejo el proceso de degradación de la materia.

Los desarenadores tienen como principal objetivo disminuir la carga de arenas y partículas de menor densidad que pueden entrar al sistema y obstruir el paso del caudal a tratar. (Collazos, 2008) (ver anexo II, pág. 49)

2.2.4.3 Canal de rejillas

Basado en Tchobanoglous y Crites (2000) el uso de rejillas en el tratamiento de aguas residuales es uno de los procesos más antiguos, que tiene como función el eliminar los contaminantes gruesos provenientes de la corriente y que previene daños en la infraestructura.

El canal de rejas según Romero (1999) es una unidad sencilla que busca evitar que sólidos grandes ingresen a la planta de tratamiento, como sólidos grandes se puede mencionar a cualquiera de mayor de una pulgada, bolsas plásticas, o cualquier elemento ajeno al drenaje.

2.2.4.4 Caja atrapa grasa

Según Hidroplaya (2011) las trampas de grasa o interceptor de grasa es un proceso ubicado en las líneas de ingreso de la infraestructura de la planta de tratamiento de aguas residuales, las grasas y aceites afectan de gran modo a los sistemas de tratamiento. (anexo II, pág. 49)

2.2.4.5 Sedimentador

Los sedimentadores desarrollan sus funciones bajo procesos físicos, aprovechando la diferencia de densidades y peso entre líquidos y las partículas, la infraestructura de los sedimentadores puede variar estos pueden ser rectangulares o circulares. (Collazos, 2008)

Se basan en separar las partículas de densidades mayores que el líquido que esté ingresando al proceso de tratamiento, este proceso se da con la ayuda de la gravedad. (Feres, 1999)

“El nombre genérico de los sólidos inorgánicos de tamaño pequeño es arenas, por lo consiguiente, la función del desarenador es la de eliminar la materia inorgánica dentro del sistema”. (Feres, 1999) (ver anexo 2, pág. 50)

2.2.4.6 Filtro percolador (sistema de biomasa adherida)

Un filtro percolador o sistema de biomasa adherida es un relleno cubierto de material biológico, en el cual se percola el agua residual. El agua residual se distribuye uniformemente y se filtra de forma descendente.

Se utilizan diferentes materiales para el funcionamiento de este, entre ellos: roca volcánica, piedra, empaques plásticos de formas diversas y placas en arreglos específicos. (Collazos, 2008)

El filtro percolador o filtro biológico tienen la función de oxidar los sólidos disueltos que se encuentran en los líquidos que pasaron por sistema de tratamiento anterior, en la grava que se coloca en el filtro percolador, por la misma acción de los elementos orgánicos dentro de los líquidos se forma una capa biológica que es la que realiza la función de limpieza del agua. (Iglesias, 2015) (ver anexo 2, pág. 51)

2.2.4.7 Pileta de secado de lodos

La pileta de lodos o secado de lodos es el último componente de las plantas de tratamiento y sirve para retener las partículas que se obtuvieron de la degradación de la materia. (Kegne y Tilley, 2009) (ver anexo II, pág. 52)

Luego de que los lodos han pasado por el proceso de biodegradación es necesario secarlos para luego proceder a la disposición final de los mismos, el secado de los lodos se da en el patio de secado, donde pierden el exceso de agua que contienen. (Dodane y Rontelap, 2016)

2.2.5 Legislación ambiental Acuerdo Gubernativo No. 236-2006

El Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 es el Reglamento de descargas y reúso de aguas residuales y la disposición de lodos para entes generadores, este Acuerdo fue creado el 15 de mayo del 2006 durante el periodo de gobierno de Oscar Berger, tiene como objetivo establecer criterios y requisitos que los entes generadores deben cumplir para disminuir la contaminación por aguas residuales a las fuentes hídricas. (MARN, 2006)(Ver anexo III, pág. 53)

El A.G. 236-2006 establece que los parámetros de medición para determinar las características de las aguas residuales siendo estos los siguientes: temperatura, potencial de hidrogeno, grasas y aceites, materia flotante, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, nitrógeno total, fósforo total, arsénico, cadmio, cianuro total, cobre, cobre hexavalente, mercurio, níquel, plomo, zinc, color y coliformes fecales. (MARM, 2006)

Como también establece que los entes generadores deben disponer del estudio técnico el cual incluye la caracterización del afluente de aguas residuales y lodos; los parámetros de reducción son etapas establecidas en las cuales se busca reducir los niveles de contaminación a un valor en específico y se encuentran basados en las características de las aguas residuales. (MARM, 2006)

La legislación ambiental con respecto a aguas residuales contenida en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 Reglamento de descargas y reúso de aguas residuales, ha tenido múltiples modificaciones contenidas en seis enmiendas presentadas en los siguientes Acuerdos Gubernativos: Acuerdo Gubernativo 129-2015, Acuerdo Gubernativo 110-2016, Acuerdo Gubernativo 270-2016, Acuerdo Gubernativo 138-2017, Acuerdo Gubernativo 304-2017 y el actual vigente Acuerdo Gubernativo 58-2019.

2.2.5.1 Acuerdo Gubernativo No. 129-2015

Es una de las enmiendas que fueron presentadas con el objetivo de modificar o postergar las fechas de las etapas de cumplimiento que contiene el Acuerdo Gubernativo 236-2006. (MARN, 2015)

2.2.5.2 Acuerdo Gubernativo No. 110-2016

En el año 2016, se presentó el Acuerdo Gubernativo 110-2016 en esta enmienda se presentaron nuevas fechas para el cumplimiento de las etapas para la reducción de la contaminación por aguas residuales y además se solicitó a los entes generadores el presentar instrumento ambiental. (MARN, 2016)

2.2.5.3 Acuerdo Gubernativo No. 270-2016

En el año 2016, se presentó la enmienda del Acuerdo Gubernativo. 270-2006 la cual se basó en modificar las fechas de cumplimiento. Además, se indicó que las municipalidades deberán tener en operación sistemas de tratamiento primario de aguas residuales; así mismo cumplir con el Artículo 49 (toma de muestras de aguas residuales y lodos, anuales) según el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. (MARN, 2016)

2.2.5.4 Acuerdo Gubernativo No. 138-2017

En esta enmienda se agregó que los entes generadores deben presentar un estudio técnico de las aguas residuales y de igual forma se realizaron cambios en fechas de cumplimiento. (MARN, 2017)

2.2.5.5 Acuerdo Gubernativo No. 304-2017

En la enmienda presentada en el A.G. 304-2017 se agregaron aspectos como el incluir presupuestos en el plan operativo anual dirigidos a tratar las aguas residuales. (MARN, 2017)

2.2.5.6 Enmienda vigente Acuerdo Gubernativo No. 58-2019

La enmienda 58-2019 fue aprobada el 30 de abril del año 2019 durante el mandato del Sr. Jimmy Morales como presidente, la cual hace modificaciones en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 donde se reforma el Artículo 24 y se eliminó el Artículo 65.

Dicha enmienda estipula criterios como la realización del estudio técnico, tener sistemas de tratamiento en funcionamiento para las principales descargas de aguas residuales en el año 2019 y de igual forma para el año 2023 las municipalidades deberán tener un sistema de tratamiento para el 60% del total de descargas de aguas residuales y para el año 2027, el 100% de descargas residuales dispuestas a un sistema de tratamiento. Los límites máximos permisibles se establecieron en tres etapas de reducción. (MARN, 2019)

En esta enmienda se simplifica la manera de evaluar la reducción de contaminantes y esto muchas veces no permite medir la eficiencia de un sistema de tratamiento.

2.2.6 Características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales

En el Reglamento de descargas y reúso de aguas residuales y la disposición de lodos para entes generadores, se establecen los parámetros que se deben analizar para determinar la calidad del agua residual, la cual es dispuesta a las fuentes hídricas, estos aspectos pueden variar según el tipo de entre generador y la disposición o el reúso de estas aguas residuales. Según este Acuerdo Gubernativo se tomaron como referencia los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno. (MARN, 2006)

2.2.6.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).

La demanda bioquímica de oxígeno es uno de los parámetros medibles más importantes que establece el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 y su importancia radica en que es la medida indirecta de materia orgánica biodegradable dispuesta en las aguas residuales y que a través de esta medición se puede establecer procesos de reducción de la materia orgánica. (MARN, 2006).

La demanda bioquímica de oxígeno representa a todos aquellos contaminantes que requieren oxígeno para degradarse, según Raffo y Ruíz (2014) “ En el caso de los contaminantes residuos que demandan oxígeno, afectan a las corrientes de agua como a las aguas estancadas.”

El oxígeno utilizado para la degradación de la materia es utilizado para el desarrollo de la fauna y flora acuática. Esta materia afecta en cambios de la calidad del agua y elevación del pH. (Barrera, 2016)

Según Raffo y Ruíz (2014) “La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias”.

La DBO₅ es el parámetro más usado para medir la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica; en condiciones de laboratorio, esta demanda se cuantifica a 20° C, el resultado se realiza a cinco días de la incubación. (Sánchez, 1994)

2.2.6.2 Carga contaminante

La carga contaminante o carga de demanda bioquímica de oxígeno es la concentración de elementos contaminantes en un recurso natural, por lo general en el agua. Dicho aspecto es el resultado de multiplicar el caudal por la concentración determinados en un afluente y expresada en kilogramos por día.

La importancia de la medición de la carga contaminante radica en que expresa la concentración de contaminantes producida en un intervalo de tiempo establecido y es interpretada como valor esencial para determinar la eficiencia de un sistema de tratamiento, como también es utilizada como parámetro en los procesos de reducción progresiva de la contaminación que se produce derivado de las aguas residuales. (MARN, 2006)

Carga Contaminante: Caudal*Concentración* factor de conversión.

Fuente: (MARN 2006).

2.2.7 Puntos de descarga de aguas residuales y medición del caudal

Caudal es el flujo de un líquido que se precipita por una determinada área. Según Salcedo (2011) un caudal es una dimensión volumétrica de un líquido el cual circula por un determinado lugar en cierta dimensión de tiempo.

Para determinar el caudal de un cauce o un flujo se utiliza el método volumétrico, el cual beneficia en su utilización debido a la facilidad de su aplicación.

2.2.7.1 Puntos de descarga de aguas residuales

Los puntos de descarga de aguas residuales son identificados como el sitio en el cual el efluente de aguas residuales confluye en un cuerpo receptor o con otro efluente de aguas residuales. (MARN, 2006)

2.2.7.2 Método volumétrico de la medición del caudal

El método volumétrico es un método de medición de caudal para corrientes pequeñas; siendo este uno de los más exactos. Se realiza mediante la implementación de un recipiente impermeable del cual se conoce su volumen y se cuantifica el tiempo de llenado, tomando en cuenta que el caudal es volumen dividido en tiempo ($Q=V/T$). (ICC, 2017)

2.2.8 Muestreo

El muestreo es un método analítico empleado para obtener una parte representativa de algún material o sustancia bajo estudio (agua, agua residual), por lo general después de realizar un muestreo es necesario contar con un recipiente de almacenamiento. Los muestreos se pueden realizar a través de muestras simples o puntuales y muestras compuestas. (ITD, 2016)

El Acuerdo Ministerial No. 105-2008, manual general del Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, establece que los entes generadores deben disponer procesos de muestreo para evaluar las características físicas y químicas de las aguas residuales, siendo fundamentales para la realización del estudio técnico y permita evaluar el desempeño ambiental de los sujetos al reglamento 236-2006. (MARN 2008)

En función de la investigación se realizó un proceso de muestreo de dos muestras simples para determinar la demanda bioquímica de oxígeno.

2.2.8.1 Muestras simples

Son aquellas porciones tomadas en un tiempo y lugar determinado, para su análisis individual. Este tipo de muestra representa la composición del agua original para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en que se realizó su captación. (ITD, 2016)

El Acuerdo Ministerial No. 105-2008, manual general del Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos establece que las muestras simples deben realizarse de forma manual con envases esterilizados y que contengan la identificación de la persona responsable del muestreo, horario de toma de muestra, aspecto a medir y lugar de toma de la muestra. (MARN 2008).

2.2.9 Manual de mantenimiento

El manual de mantenimiento es un formato donde se resumen normas, la organización y los procedimientos a implementar en una empresa o parte de ella. Es implementado en áreas donde se necesita tener un control que busca mantener o mejorar las condiciones. (Botero, 1991)

El mantenimiento en infraestructuras se divide en correctivo y preventivo, el mantenimiento preventivo evita posibles daños y aumenta la vida útil de las mismas. Los mantenimientos correctivos identifican fallas y buscan solucionarlas de manera inmediata. Estos dos procesos en conjunto son fundamentales para el correcto funcionamiento. (Gómez, 2021)

III. Objetivos

General:

- Evaluar el manejo de aguas residuales de la parte sur de la microrregión I del municipio de Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango.

Específicos

- Identificar los puntos de descarga de aguas residuales de la parte sur de la microrregión I.
- Cuantificar el caudal medio de desfogue de la parte sur de la microrregión I del municipio de Colomba Costa Cuca
- Evaluar los procesos de tratamiento de aguas residuales en cumplimiento del A.G. 58-2019 enmienda vigente del A.G. 236-2006 en la parte sur de la microrregión I.

IV. Materiales y Métodos

A continuación, se describen las actividades realizadas para evaluar el manejo de las aguas residuales en la parte sur de la microrregión I de Colombia Costa Cuca.

4.1 Materiales

En la siguiente tabla se presenta los materiales y equipo utilizado para realizar la investigación inferencial.

Tabla 1

Materiales y equipo

No.	Material/Equipo	Cantidad	Costo por unidad	Costo total:
1	Equipo de cómputo (hp model 14)	1	Q 4,500.00	Q4,500.00
2	Software Microsoft® Excel (Licencia anual)	1	Q 769.48	Q769.48
3	Lapiceros	2	Q 2.00	Q4.00
4	Libreta para anotaciones	1	Q 12.50	Q12.50
5	Recipiente (muestreo de caudal)	1	Q 12.50	Q12.50
6	Muestras y análisis del agua residual (DBO) *	2	Q 300.00	Q600.00
7	Cronómetro	1	Q 300.00	Q300.00
8	Recipientes para muestras	4	Q 50.00	Q400.00
Total				Q6,598.48

4.2 Métodos.

A continuación, se describen los métodos utilizados para cumplimiento de los objetivos establecidos.

4.2.1 Identificación de puntos de descarga

Se realizó un recorrido en el área de las colonias Monte Real y San Francisco, como también se realizó una entrevista a miembros del COCODE, con el objetivo de identificar los puntos de desfogue directo y los desfogues que se encuentran conectados al sistema de tratamiento de aguas residuales, mediante el uso de GPS y una libreta de campo se registraron los puntos y como resultado del proceso se generaron mapas satelitales haciendo uso de un software Gis.

4.2.2 Medición de caudal

Se cuantificó el caudal de entrada y salida de la planta de tratamiento de aguas residuales de la colonia Monte Real en el horario de mayor descarga, haciendo uso de un recipiente con las dimensiones conocidas y un cronómetro. Tomando en cuenta la fórmula de caudal del método volumétrico que consiste en tomar mediciones haciendo uso de un recipiente con el volumen conocido relacionado con el tiempo de llenado de este.

En virtud que el sistema de tratamiento de aguas residuales de la colonia San Francisco no es funcional y el caudal es dispuesto a las fuentes hídricas sin ningún tratamiento, no se realizó medición del caudal de dicho sistema.

Tabla 2*Horario de muestreo de caudal*

No.	Horario	Repeticiones.
1	7:00 am	3
2	8:00 am	3
3	9:00 am	3
4	10:00 am	3
5	11:00 am	3
6	12:00 pm	3
7	13:00 pm	3
8	14:00 pm	3
9	15:00 pm	3
Total de mediciones		27

Para obtener una medición de caudal se realizaron tres muestras dentro de un horario de 7:00 am a 15:00 pm como está descrito en la tabla anterior, esto con el propósito de obtener un promedio que garantice un resultado más preciso, tomando en cuenta que el horario de distribución del servicio de agua potable en la colonia Monte Real se encuentra dentro de este horario, para facilitar el estudio de la carga contaminante.

4.2.2.1 Método volumétrico de la medición del caudal.

En el método volumétrico se utilizó un recipiente con las dimensiones conocidas, para determinar el volumen de este; se debe conocer el ancho, largo y alto, esto corresponde si el recipiente es un prisma rectangular.

Formula de Volumen (recipiente rectangular)

$$V = A * L * H$$

V= Volumen

A= Ancho

L= Largo

H= Alto

Formula de Caudal:

$$Q = \frac{V}{T}$$

Q= caudal

V= volumen del recipiente

T= Tiempo en llenado (volumen del recipiente).

Fuente: (ICC 2017)

Formula de Promedio

$$Promedio: \frac{A + B + C}{N}$$

A, B, C= muestras tomadas con respecto al tiempo de llenado del recipiente.

N= número de muestras realizadas.

4.2.3 Caudal medio de desfogue proyectado

Se hizo uso de información proveniente de la Dirección Municipal de Planificación (DMP), dicha información solicitada contenía los siguientes aspectos: la tasa de crecimiento poblacional, total de viviendas de las colonias de la parte sur de la microrregión I, densidad de viviendas, dotación de consumo al día y la tasa de retorno.

Se realizó una proyección del crecimiento poblacional de diez años con respecto a la microrregión I del municipio, tomando en cuenta la dotación del consumo al día y la tasa de retorno; se obtuvo un caudal medio de desfogue de aguas residuales. El resultado será utilizado para evaluar el caudal medio de desfogue de agua residuales con tratamiento y sin tratamiento y un porcentaje de estas.

4.2.4 Análisis de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Se realizó el muestreo de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) de las aguas residuales en el caudal de entrada y salida de la PTAR, a través de dos muestras simples. Se siguió el procedimiento de muestreo descrito a continuación:

Para asegurar el resultado del análisis de laboratorio se procedió a tomar las muestras en envases plásticos esterilizados con capacidad de 2 litros (L); siendo llenado a su completa capacidad para evitar el contenido de oxígeno. La persona encargada de la obtención de las muestras utilizó equipo de protección, como lo son guantes y mascarilla.

Se identificaron los recipientes con una etiqueta con las siguientes características: datos de la persona responsable que realiza el muestreo, horario y fecha, tipo de muestra y lugar de realización de la muestra. Se utilizó un recipiente de almacenamiento para la conservación de la muestra.

Tabla 3

Número de muestras para el análisis de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Lugar de muestra	No. de muestras
Entrada de caudal a la planta (cámara de regulación).	1
Salida del caudal (cámara de salida)	1
Total de muestras	2

Para la obtención de las muestras se utilizaron recipientes esterilizados, un recipiente para la conservación de la muestra y el uso de equipo de protección.

4.2.5 Cálculo de la carga contaminante

Se realizó el cálculo de la carga contaminante, siendo la carga contaminante la concentración por el caudal vertido. De los análisis de laboratorio se obtuvo la concentración y de la medición del caudal se obtuvo un promedio. Se debe tomar en cuenta el factor de conversión (0.0864) de mg/l a kg/día. Fórmula de la carga contaminante:

$$\text{Carga Contaminante: Concentración} * \text{Caudal} * 0.0864$$

Fuente: (MARN 2006.)

Los resultados se interpretaron según el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 en su Artículo 24.

4.2.6 Cálculo de la eficiencia de la disminución de la carga contaminante

Para el cálculo de la eficiencia se utilizó la siguiente fórmula:

$$E = \frac{(SO - S)}{SO} * 100$$

Donde:

E=Eficiencia

S=Carga contaminante de salida

SO= Carga contaminante de entrada

Fuente: (López, B. 2014)

Se interpretaron los resultados con respecto a carga contaminante de entrada y salida de la PTAR, para evaluar la eficiencia en cuanto a su disminución de forma porcentual de acuerdo con lo establecido en la normativa nacional.

4.2.7 Manual de mantenimiento

Se realizaron visitas de campo para identificar fallas o daños en la infraestructura, herramientas, equipo de protección y características del funcionamiento; teniendo de base los planos elaborados para la ejecución del proyecto.

Se consultaron diferentes fuentes bibliográficas y guías para la elaboración de manuales de mantenimiento de PTAR para establecer criterios bases.

La estructura del manual de mantenimiento está comprendida en capítulos:

Capitulo I. Personal de mantenimiento (equipo de protección y funciones).

Capitulo II. Mantenimiento preventivo y correctivo.

Capitulo III. Frecuencia de mantenimiento.

V. Resultados y discusión

De los procedimientos realizados en la investigación del manejo de las aguas residuales en la parte sur de la microrregión I de Colomba Costa Cuca, se obtuvieron los siguientes resultados:

5.1 Mapa de puntos de descarga de aguas residuales de la parte sur de la microrregión I.

Con base a las vistas de campo y entrevista a miembros de Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) se elaboró el mapa de puntos de descarga en donde se identificaron un total de 50 puntos de descarga directa sin tratamiento dispuesto a las fuentes hídricas y un total de 75 puntos con descarga al sistema de tratamiento de la colonia Monte Real. (ver mapa en página No. 29, figura 3)

Los puntos de descarga que están dirigidos al sistema de tratamiento de aguas residuales de la colonia San Francisco fueron identificados como puntos de descarga directa, en virtud que el sistema de tratamiento no es funcional y que el caudal de aguas residuales es descargado sin ningún tratamiento, por lo tanto, no se realizó ningún proceso de medición de caudal y de eficiencia del sistema.

5.2 Medición del caudal

De acuerdo con la metodología empleada en las visitas de campo con respecto a la medición de caudal de entrada y salida de la planta de tratamiento de aguas residuales de la colonia Monte Real el tiempo promedio del caudal de entrada fue de 4.95 segundos y 29.02 segundos del tiempo del caudal de salida. La diferencia con respecto a la dimensión del tiempo es debido a los procesos del sistema de tratamiento de aguas residuales disminuyen la velocidad del caudal entrante. (Ver anexo IV, pág. 51)

En virtud que el sistema de tratamiento de la colonia San Francisco no es funcional y que el caudal de aguas residuales no ingresa al sistema, no se realizó la medición del caudal.

Tabla 4

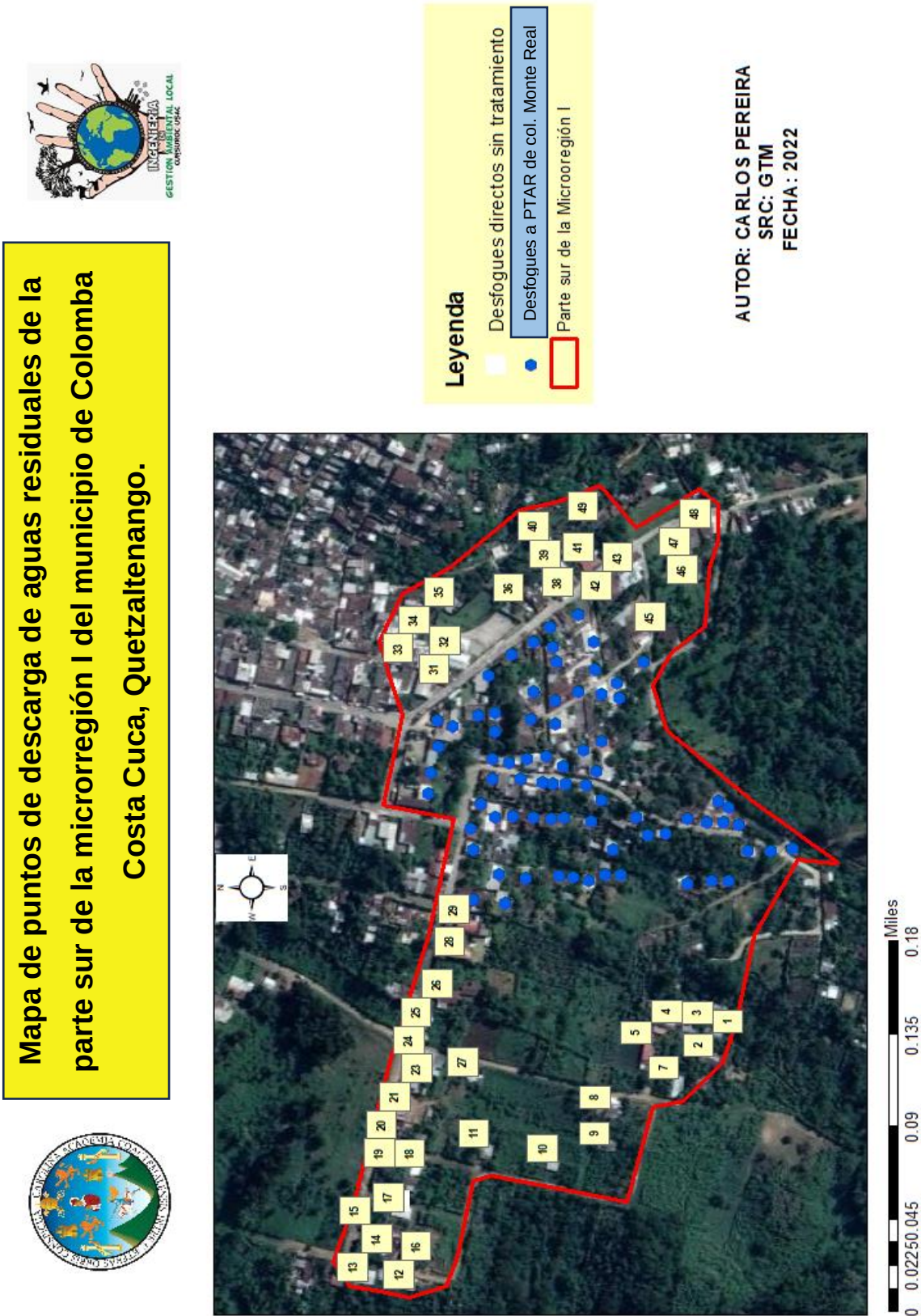
Caudales de entrada y salida de planta tratamiento de aguas residuales.

Caudal de entrada. (l/s)	Caudal de salida. (l/s)
0.61	0.10

De los procesos realizados se cuantificó un caudal de entrada a la planta de tratamiento de aguas residuales de 0.61 litros por segundo (litros/segundo) y un caudal de salida de 0.10 litros por segundo (litros/segundos).

Figura 3

Mapa de puntos de desfogue de aguas residuales de la parte sur de la microrregión I



5.3 Caudal medio de desfogue.

Se identificó un caudal medio de desfogue 51,300 litros por día (litros/día) que corresponde al total de 75 puntos de desfogue dispuestos al sistema de tratamiento de la colonia Monte Real. Como también se identificó el caudal medio de desfogue sin tratamiento el cual es de 23,760 litros por día (litros/día) y el cual hace referencia a 33 puntos de desfogues directos sin tratamiento, de los cuales están distribuidos a la planta de tratamiento no funcional de la colonia San Francisco.

Los puntos de desfogue directo que no están dirigidos a un sistema de tratamiento no se tomaron en consideración para la medición de caudal medio de desfogue.

Tabla 5

Caudal medio de desfogue de aguas residuales.

	Total de casas conectadas a la PTAR	Total de casas no conectadas a la PTAR		Casas conectadas a PTAR	Casas no conectadas a PTAR				
	75	33	Dota-ción de agua (l/Hab/día)	Total de consu-mo (l/día)	Total de deman-da (l/día)	Factor de retor-no	Caudal medio que es tratado en la PTAR (L/día)	Caudal medio de desfogues sin tratamien-to (casa no conecta-das) (L/día)	Caudal medio total (L/día)
Habitantes	450	198	120	54000	23760	95%	51,300	22572	73872

Tabla 6

Porcentajes del caudal de aguas residuales tratadas

Porcentaje de aguas residuales tratadas en la PTAR respecto a la microrregión I (%)	Porcentaje de aguas residuales sin tratamiento respecto con la microrregión I (%)
60.00%	40.00%

5.4 Carga contaminante de aguas residuales de entrada y salida de PTAR ubicada en colonia Monte Real.

Se realizó un proceso de muestreo a base de dos muestras simples de agua residuales, estas de la entrada y salida del sistema de tratamiento de colonia Monte Real. Se evaluó en laboratorio la demanda bioquímica de oxígeno.

Tabla 7

Resultados de DBO₅ de entrada y salida de PTAR

Resultados de DBO ₅	
DBO ₅ de entrada (mg/l)	DBO ₅ de salida (mg/l)
31	9

Se muestran los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno para lo cual en la entrada del sistema de tratamiento se obtuvo un total de 31 miligramos/litro y para la salida de 9 miligramos/litro, tomando en cuenta los análisis se identifica que el sistema de tratamiento reduce la contaminación.

Se cuantificó una carga contaminante de entrada de 1.63 kilogramos/día y una carga contaminante de salida de 0.077 kilogramos/día. Tomando en cuenta lo establecido en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 en su Artículo 24 el cual determina que los entes generadores deberán cumplir con los límites máximos permisibles, para lo cual los resultados obtenidos presentan una reducción considerable de la carga contaminante y se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles establecidos, según el artículo del reglamento anteriormente descrito. (Ver anexo v, pág. 52)

5.5 Cálculo de la eficiencia en la disminución de la carga contaminante del sistema de tratamiento de aguas residuales ubicado en Colonia Monte Real.

Tabla 8

Eficiencia del sistema en la reducción de la carga contaminante

Eficiencia del sistema		
Carga Contaminante de entrada (kg/día)	Carga Contaminante de salida (kg/día)	Eficiencia del sistema (%)
1.633824	0.07776	95%

Se cuantificó una eficiencia del sistema del 95% en la disminución de la carga contaminante, desde el punto de vista técnico es beneficioso para mitigar el impacto ambiental causados por las aguas grises y con ello demuestra que los procesos de fortalecimiento del mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales son eficientes para mejorar el funcionamiento de un sistema. (ver anexo VII, pág.57)

5.6 Evaluación de planta de tratamiento de aguas residuales de la colonia San Francisco del municipio de Colomba Costa Cuca.

De las vistas de campo y observaciones realizadas al sistema de tratamiento de aguas residuales ubicado en la colonia San Francisco, se identificó que el sistema de tuberías principal que conduce el caudal al sistema de tratamiento cuenta con fisuras y grietas, por lo cual las aguas residuales son dispuestas sin ningún tratamiento a las fuentes hídricas; tomando en cuenta lo anterior la eficiencia del sistema es nula e incuantificable, la contaminación por aguas residuales a las fuentes hídricas es directa, por lo que se recomienda sustituir la tubería principal e implementar el mantenimiento requerido al sistema de tratamiento.

5.7 Propuesta de manual de mantenimiento para el sistema de la planta de tratamiento de aguas residuales de la colonia Monte Real del municipio de Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango

El manual de mantenimiento para sistema de tratamiento de aguas residuales tiene como objetivo detallar los procesos y actividades que se deben realizar para el correcto mantenimiento preventivo y correctivo de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en la colonia Monte Real. Como también, se encuentran las funciones y responsabilidades del personal operativo y el equipo de protección necesario para su realización. Tomando en cuenta que no se ejecuta ningún proceso de mantenimiento en los sistemas y que el personal encargado desconoce del correcto mantenimiento, es de vital importancia su implementación.

El manual se elaboró de forma descriptiva, el cual detalla el mantenimiento preventivo y correctivo de cada uno de los procesos con los que cuenta el sistema de tratamiento. Como también se detallan de forma ordenada y especificada las tareas diarias, semanales y/o mensuales. (ver anexo VIII, pág. 58)

VI. Conclusiones

- 1) Se identificaron un total de 125 puntos de desfogue de aguas residuales, de los cuales 50 son descargas directas y de estos 33 corresponden al sistema de tratamiento no funcional con un caudal medio de desfogue de 23,760 litros por día y 75 puntos de desfogue dispuestos al sistema de tratamiento para un total de 51,300 litros por día.
- 2) Por los análisis realizados al manejo de las aguas residuales en la parte sur de la microrregión I del municipio de Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango; se identificó una carga contaminante presente en el agua residual de 1.63 kilogramos/día de entrada y 0.0777 de kilogramos/día del caudal de salida; con base a los resultados y a lo establecido en el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, Artículo No. 24 límites máximos permisibles de descargas para cuerpos receptores de aguas residuales municipales, se determinó que el sistema ubicado en la colonia Monte Real, cumple con los parámetros básicos establecidos, tomando en cuenta que los resultados están por debajo del límite máximo permisible.
- 3) Se identificó una eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales ubicado en colonia Monte Real de 95% de reducción en la carga contaminante. Para garantizar la efectividad en el manejo de aguas residuales es necesario contar con un manual de mantenimiento, que indique los procedimientos y recomendaciones que debe realizar el personal operativo encargado del mantenimiento.

- 4) De las vistas de campo y observaciones realizadas se identificó que el sistema de tratamiento de aguas residuales ubicado en colonia San Francisco no es funcional, debido a los daños en su sistema de tuberías principal el cual presenta fisuras y grietas por lo cual el caudal de aguas residuales está expuesto sin ningún tratamiento a las fuentes hídricas y la eficiencia del sistema es nula.

VII. Recomendaciones

- 1) Reestructurar la pileta de secado de lodos del sistema de tratamiento de aguas residuales de la colonia San Francisco, esto debido a daños en el lecho filtrante el cual es de alta utilidad para la retención de los lodos.
- 2) Reemplazar la tubería de distribución del agua residual en la entrada a la planta de tratamiento de aguas residuales de la colonia San Francisco, con tubos de PVC, debido a los daños que presenta la tubería se encuentra fuera de funcionamiento el sistema de tratamiento.
- 3) Implementar infraestructura en la pileta de secado de lodos en función de generar sombra para facilitar el proceso del secado de lodos, tanto para la planta de tratamiento de aguas residuales de la colonia Monte Real y San Francisco, reconociendo que Colomba Costa Cuca es un área de recarga hídrica, las altas precipitaciones se presentan durante todo el año y se observa deficiencia en el secado de los lodos.
- 4) Implementar el manual de mantenimiento preventivo y correctivo en las plantas de tratamiento de aguas de la parte sur de la microrregión I del municipio de Colomba Costa Cuca.
- 5) Capacitar y orientar a todos los operarios encargados de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), en los temas de: funcionamiento y mantenimiento de las PTAR, así también en el uso correcto del equipo de protección a través del director de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal (UGAM) con apoyo del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

- 6) Realizar procesos de control y acompañamiento por parte de Unidad de Gestión Ambiental Municipal (UGAM) para garantizar el cumplimiento en la aplicación del manual de mantenimiento preventivo y correctivo.

VIII. Referencias bibliográficas

- Barrera, E. (2016). DQO y DBO. Hanna instruments confidencial. Obtenido de:
https://cdn.hannacolombia.com/hannacdn/marketing/capacitacion/2016/05/Hanna_Instruments._DQO_y_DBO.pdf
- Botero, C. (1991). Manual Mantenimiento. Sistemas de bibliotecas SENA. Obtenido de:
https://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/#
- Campos Gómez, I. (2000). Saneamiento Ambiental. Universidad Estatal a Distancia. Primera edición. Obtenido de:
<https://books.google.com.gt/books?id=lsgrGBGIGeMC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Carrasco, P. (2012). Sistema de saneamiento ambiental. (vol. 6). Editorial CARE.
- Collazos, C. (2008). Tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales. Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de:
<https://docplayer.es/25737237-Tratamiento-de-aguas-residuales-domesticas-e-industriales.html>
- Dodane, P., y Ronteltap, M. (2016). Lecho de secado sin planta. Obtenido de:
https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/EWM/FSM_Libro_low_res/manejo_fsm_cap7_120ppi.pdf
- DUALCONSULTA. (2018). Diagnóstico de aguas residuales del municipio de Colomba C.C. Quetzaltenango. Dual S.A.
- Feres, M (1999). Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana de Altamira Tamaulipas. [Tesis. Universidad Virtual del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey]. Obtenido de
<file:///C:/Users/Carlos/Downloads/33068000900976.pdf>

Flores Almengor, E. (2014). Diagnóstico financiero municipal. [EPS. Universidad de San Carlos de Guatemala], Obtenido de: http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0852_v9.pdf

Gómez R. (2021). Manual preventivo y correctivo. Universidad Nacional de Asunción. Obtenido de: <https://qui.una.py/wp-content/uploads/2020/06/Manual-de-Mantenimiento-Preventivo-y-Correctivo-FCQ-2021.pdf>

Hidroplayas EP (2011). Trampas atrapa grasa. Obtenido de: <http://hidroplayas.gob.ec/leydetransparencia/trampasdegrasa.pdf> (pág. 1.)

Iglesias, R. (2015). Filtros Percoladores. Red tecnológica MID. Obtenido de: https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-03-24_01-55-39140455.pdf

Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC). 2017. Manual de medición de caudales. Obtenido de: <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medici%C3%B3n-de-caudales-ICC.pdf>

Instituto de Toxicología de la Defensa (ITD) (2016). Protocolo de toma de muestra de agua residual. Obtenido de: https://www.defensa.gob.es/itoxdef/Galerias/documentacion/protocolos/ficheros/PROTOCOLO_DE_TOMA_DE_MUESTRAS_DE_AGUA_RESIDUAL_ver_2.pdf

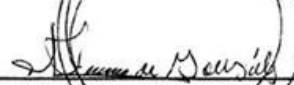
Kengne, I., y Tilley, E. (2009). Lechos de Secado con Plantas. Obtenido de: https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/EWM/FSM_Libro_low_res/manejo_fsm_cap8_120ppi.pdf

- Lahera, V. (2010). Infraestructura sustentable: las plantas de tratamiento de aguas residuales. Revista, Quivera, 12, (2), 60-63. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/401/40115676004.pdf>
- Lizarazo, J., y Orjuela, M. (2013). Sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales de Colombia. [Tesis. Universidad Nacional de Colombia.] Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20486>.
- Marina, G. (2020) Diseño de desarenadores. Ingeniería de los recursos hidráulicos. Obtenido de: <https://es.scribd.com/document/468801200/Diseno-de-Desarenadores-pdf>
- Martínez Arriola, A. (2016). Introducción de agua potable en el Caserío El Astillero, Aldea el Hato, Antigua Guatemala, Sacatepéquez. [EPS. Universidad de San Carlos de Guatemala], Obtenido de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5174/1/Ana%20Luc%C3%ADa%20Mart%C3%ADnez%20Arriola.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2006). Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y la disposición de lodos. Obtenido de: http://www.infom.gob.gt/archivos/Docs-Pdf/Anexo-Legal/ANEXO_1_Reglamento-descargas-de-aguas-residuales-AG236-2006.pdf
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2008). Acuerdo Ministerial No. 105-2008 manual general del reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos, Obtenido de: <https://dokumen.tips/documents/acuerdo-ministerial-nmero-105-2008-el-9-de-enero-de-2008-acuerdo-gubernativo.html?page=13>

- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2015). Acuerdo Gubernativo No. 129-2015 reglamento de descargas y reuso de aguas residuales y la disposición de lodos. Obtenido de: <https://sgp.gob.gt/wp-content/uploads/2015/12/AG-129-2015.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2016). Acuerdo Gubernativo No. 110- 2016 reglamento de descargas y reuso de aguas residuales y la disposición de lodos. Obtenido de: <https://sgp.gob.gt/wp-content/uploads/2016/11/AG-110-2016.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2016). Acuerdo Gubernativo No. 270-2016 reglamento de descargas y reuso de aguas residuales y la disposición de lodos. Obtenido de: <https://sgp.gob.gt/wp-content/uploads/2016/27/AG-270-2016.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2017). Acuerdo Gubernativo No. 138-2017 reglamento de descargas y reuso de aguas residuales y la disposición de lodos. Obtenido de: <https://sgp.gob.gt/wp-content/uploads/2017/13/AG-138-2017.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2017). Acuerdo Gubernativo No. 304-2017 reglamento de descargas y reuso de aguas residuales y la disposición de lodos. Obtenido de: <https://sgp.gob.gt/wp-content/uploads/2017/30/AG-304-2017.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2019). Acuerdo Gubernativo No. 58-2019 reglamento de descargas y reuso de aguas residuales y la disposición de lodos. Obtenido de: <https://sgp.gob.gt/wp-content/uploads/2019/05/AG-058-2019.pdf>
- Raffo, E., y Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. Revista. Industria Data, 17, (1), 75-77. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>

- Rodríguez, C. (2019). Vertedero de demasías. Obtenido de: <https://dokumen.tips/documents/106307357-vertedero-de-demasias.html>
- Rojas, R. (2022). Curso Internacional "gestión integral de tratamiento de aguas residuales. División de salud y ambiente. Obtenido de: file:///C:/Users/Carlos/Downloads/Curso_Internacional_GETION_INTEGRA_L_DE_T.pdf
- Romero, J. (1999). Tratamiento de Aguas Residuales, teoría y principio de diseño. Escuela Colombiana de Ingeniería. Obtenido de: file:///C:/Users/Carlos/Downloads/Tratamiento_de_Aguas_Residuales_Romero_R.pdf
- Salcedo, M. R. (2011). Mecánica de fluidos medición de caudales. Universidad de Alicante. Obtenido de: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/7/tema3_medida%20de%20caudales.pdf
- Sánchez, M. (1994). Demanda bioquímica de oxígeno. [Tesis. Universidad Autónoma de Nuevo León.] Obtenido de: <http://eprints.uanl.mx/7204/1/1020091184.PDF>
- Seoánez, M. (1997). Ingeniería medioambiental aplicada. Ediciones mundi-prensa. V.A. Impresores, S.A.
- Serrano, A. (2018). Tratamiento de aguas residuales en pequeñas aglomeraciones urbanas de Aragón. Fundación Centro de Nuevas Tecnologías del Agua. Obtenido de: <https://www.aragon.es/documents/20127/24009052/Pretratamientos+y+tratamientos+primarios.pdf/6a26dd5c-d5d8-1bcc-7b34-2ead6af5e66b?t=1575982127807>

Tchobanoglous, G., y Crites, R. (2000). Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Editorial Mc Graw-Hill. Obtenido de file:///C:/Users/Carlos/Downloads/517694528-Tratamiento-de-Aguas-Residuales-en-Pequeñas-Poblaciones.pdf.

Vo. Bo. 
Lcda. Ana Teresa de González
Biblioteca CUNSUROC.



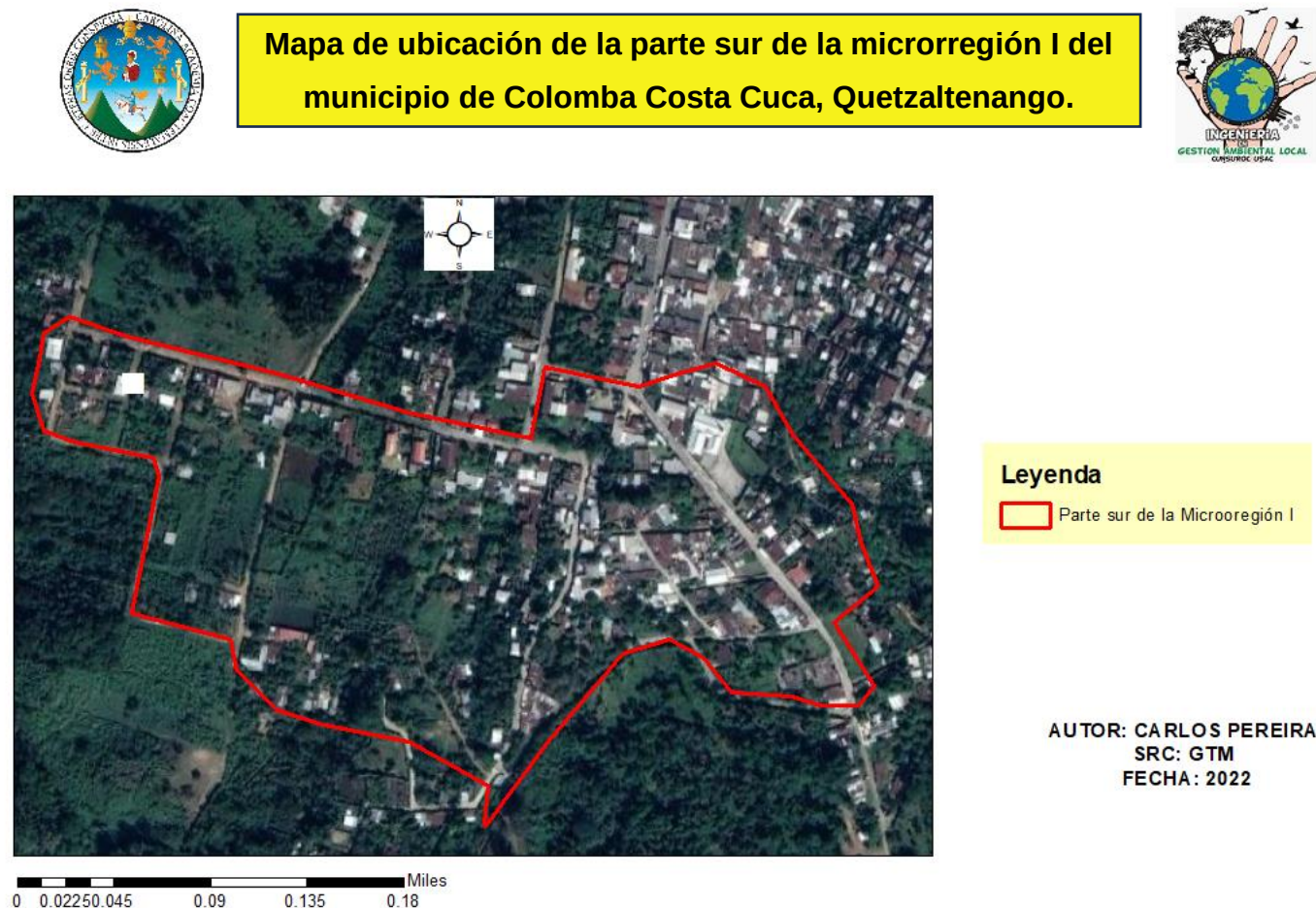
IX. Anexos

Anexo I

Microrregión del municipio de Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango.

Figura 4

Parte sur de la microrregión I, Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango.



- La parte sur de la microrregión I del municipio de Colomba Costa Cuca tiene una extensión territorial de 120,424 metros cuadrados y comprende las colonias Monte Real y San Francisco. Al sur colinda con la finca Carmen Amalia, al norte con la colonia 15 de septiembre, al este con la colonia San Antonio y al oeste con la lotificación Nuevos de San Francisco.

Figura 5

Mapa de puntos de descargas finales de aguas residuales sin tratamiento



- En el anterior mapa satelital se presenta de forma gráfica la georreferenciación de los puntos de desfogue directo sin tratamiento identificados en la parte sur de microrregión I del municipio de Colimba Costa Cuca, Quetzaltenango.

Tabla 9

Proyección del crecimiento poblacional de la parte sur de la microrregión I del municipio de Colomba Costa Cuca.

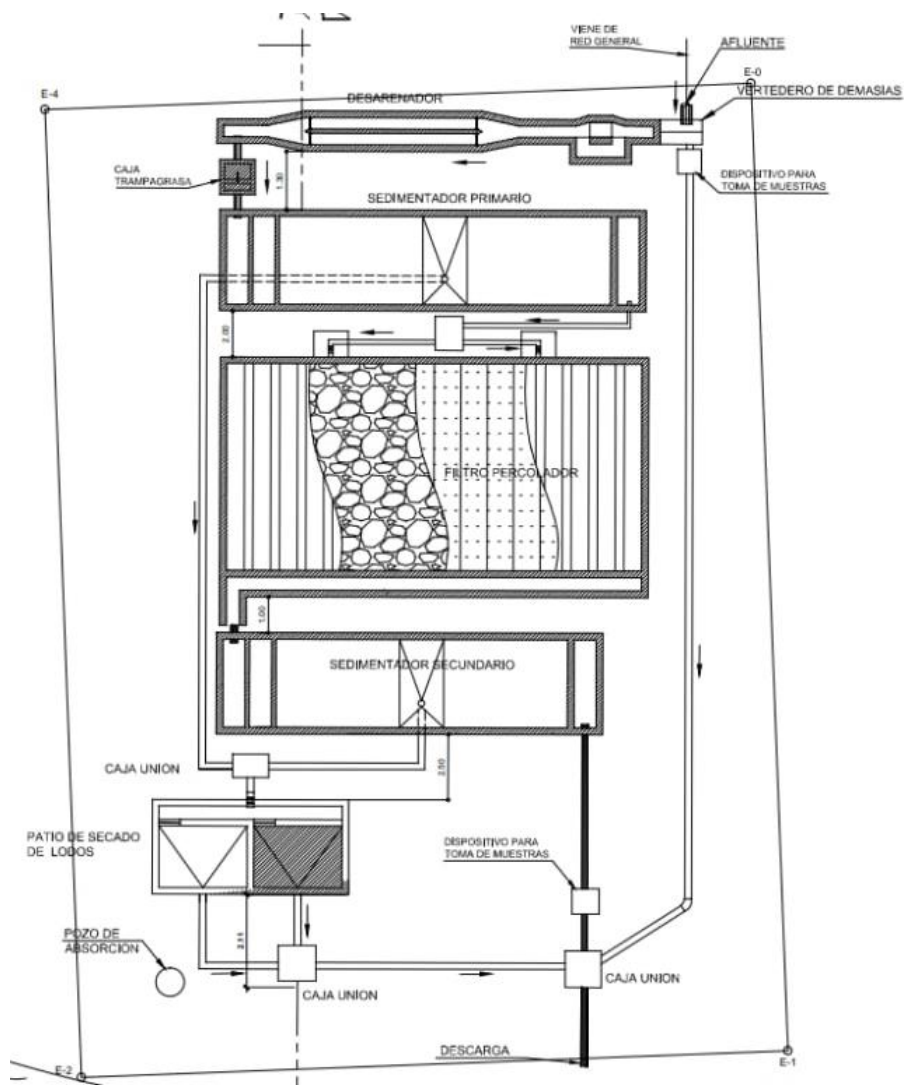
No.	Año	Población de la parte sur de la microrregión I.	Dotación de agua (l/Hab/día)	Total de demanda o consumo (l/día)	Factor de retorno	Caudal medio de desfogue (lts/día)
0	2022	648	120	77,760	95%	73,872
1	2023	666	120	79,937	95%	75,940
2	2024	684	120	82,114	95%	78,008
3	2025	702	120	84,291	95%	80,077
4	2026	721	120	86,469	95%	82,145
5	2027	739	120	88,646	95%	84,214
6	2028	757	120	90,823	95%	86,282
7	2029	775	120	93,000	95%	88,350
8	2030	793	120	95,178	95%	90,419
9	2031	811	120	97,355	95%	92,487
10	2032	829	120	99,532	95%	94,556

Anexo II

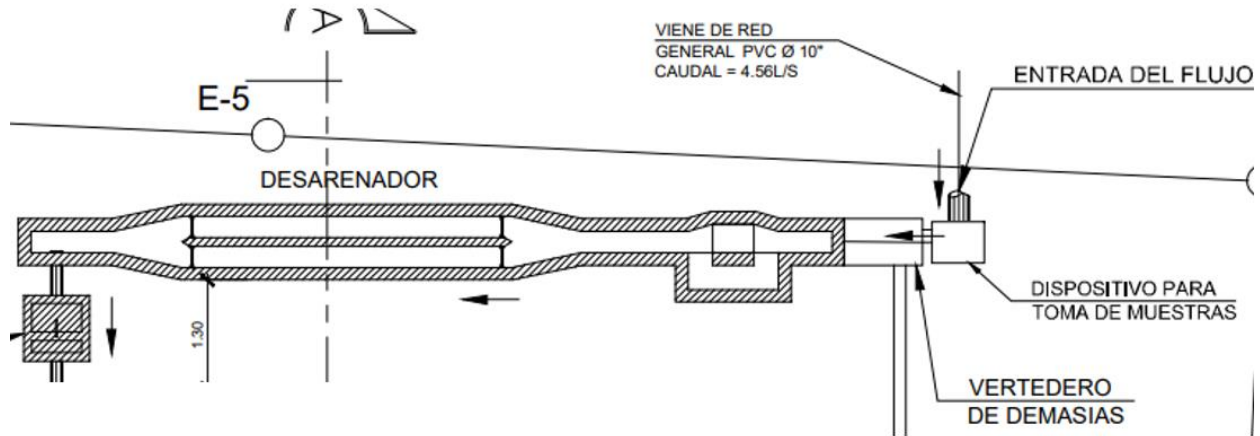
Figuras de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Figura 6

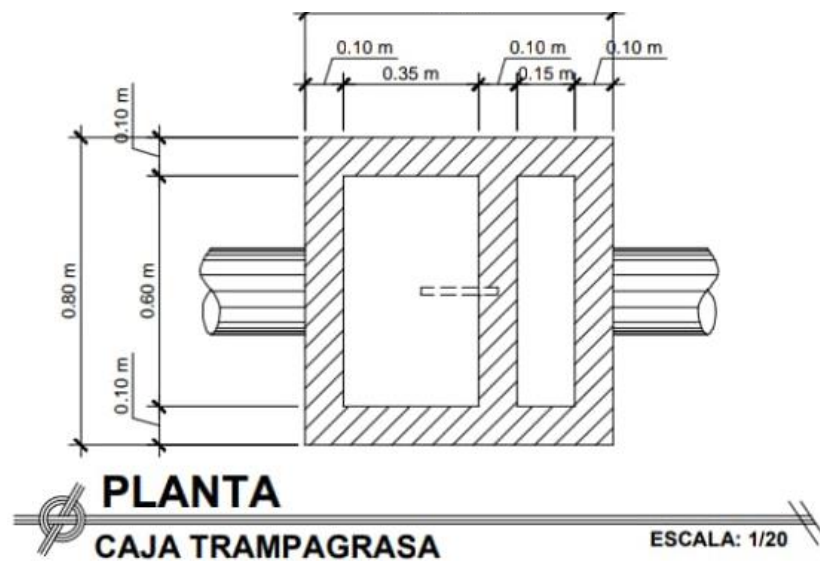
Sistema de tratamiento de aguas residuales de la microrregión I



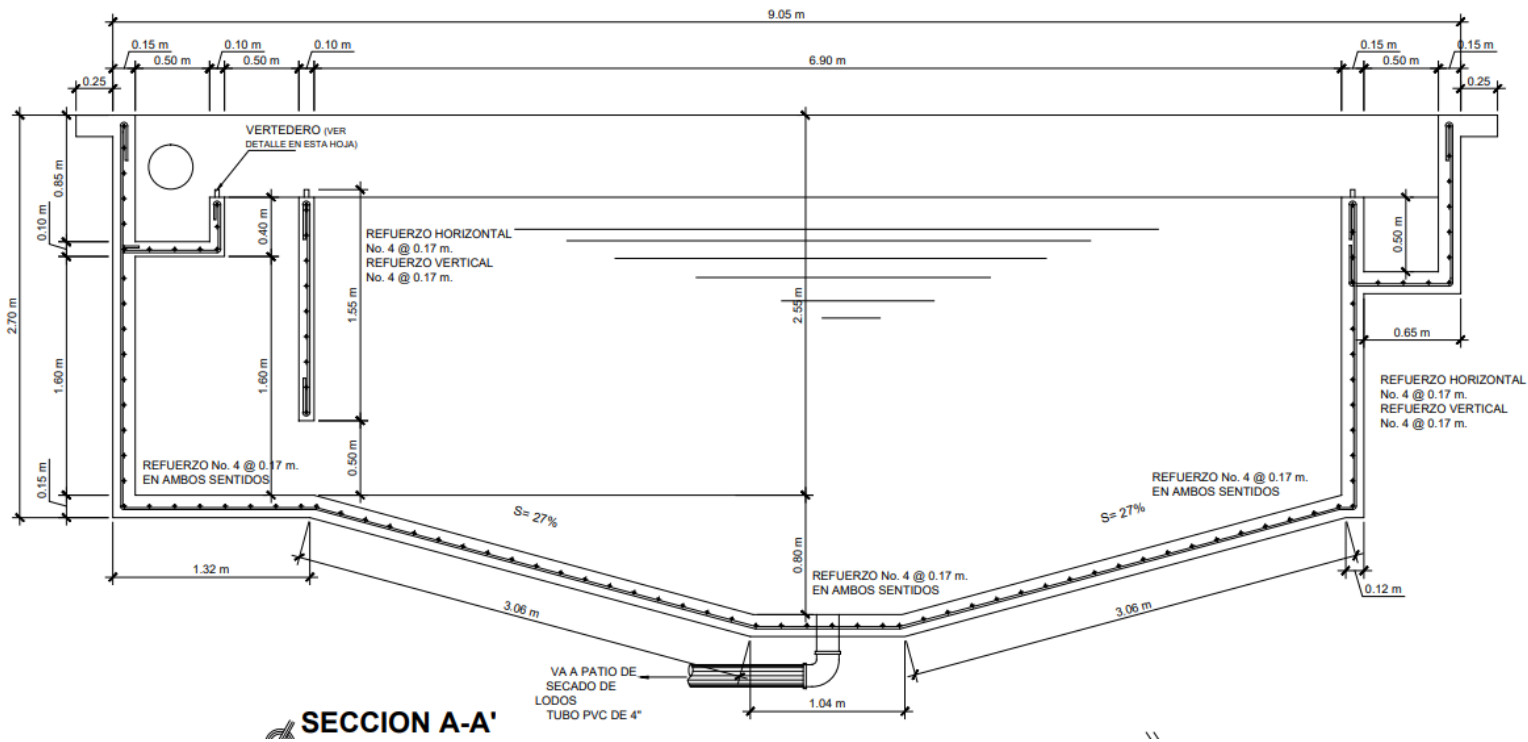
- Cuenta con los siguientes elementos: desarenador y canal de rejillas, caja trampagrasa, sedimentar primario, filtro percolador, sedimentador secundario y patio de secado de lodos.

Figura 7*Sistema de desarenador*

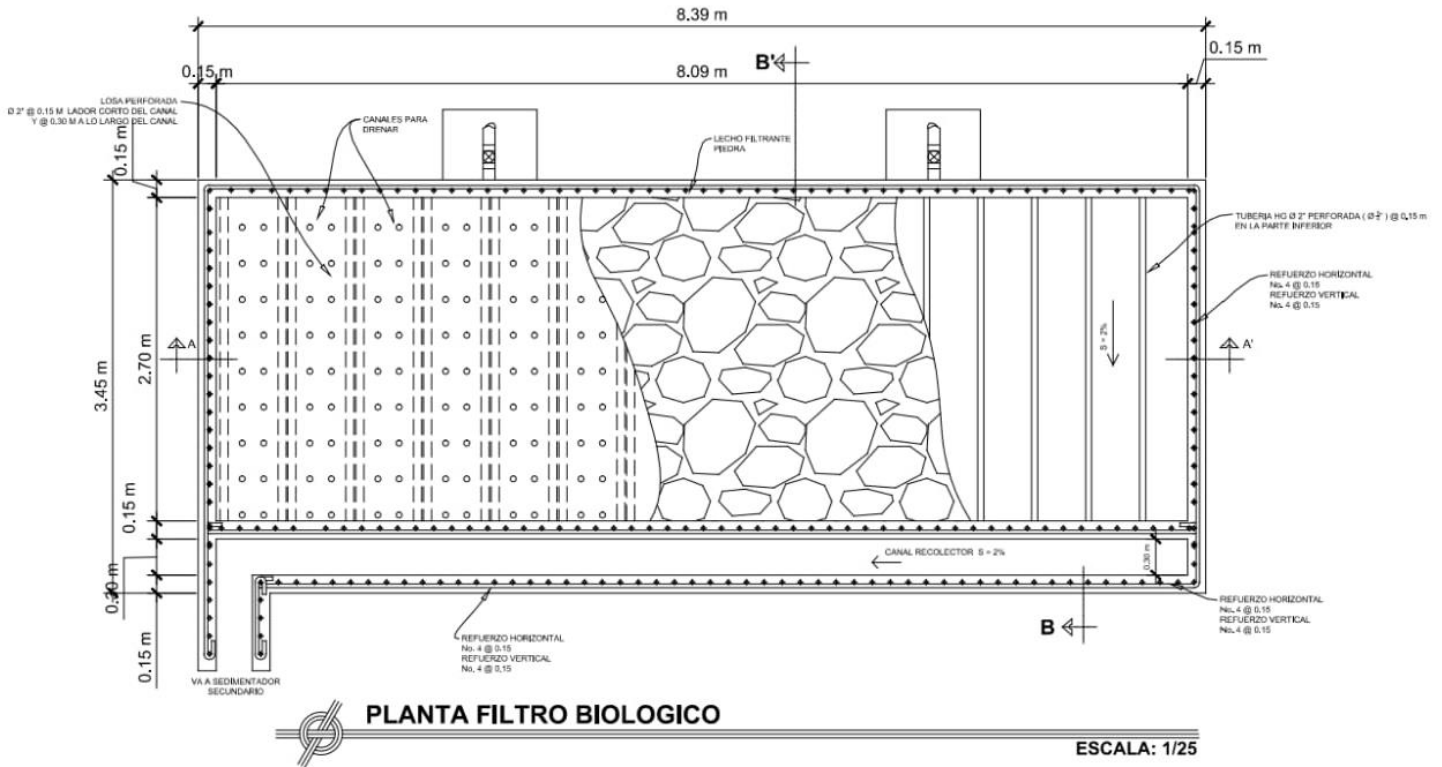
- Cuenta con compuertas para disminuir la velocidad del caudal y esta forma aumentar la eficiencia en la retención de arenas.

Figura 8*Sistema de caja atrapagrasa*

- Tiene las siguientes dimensiones de 0.80 m * 0.80 m y su función de interceptar grasas, jabones o espumas.

Figura 11*Sistema de sedimentación*

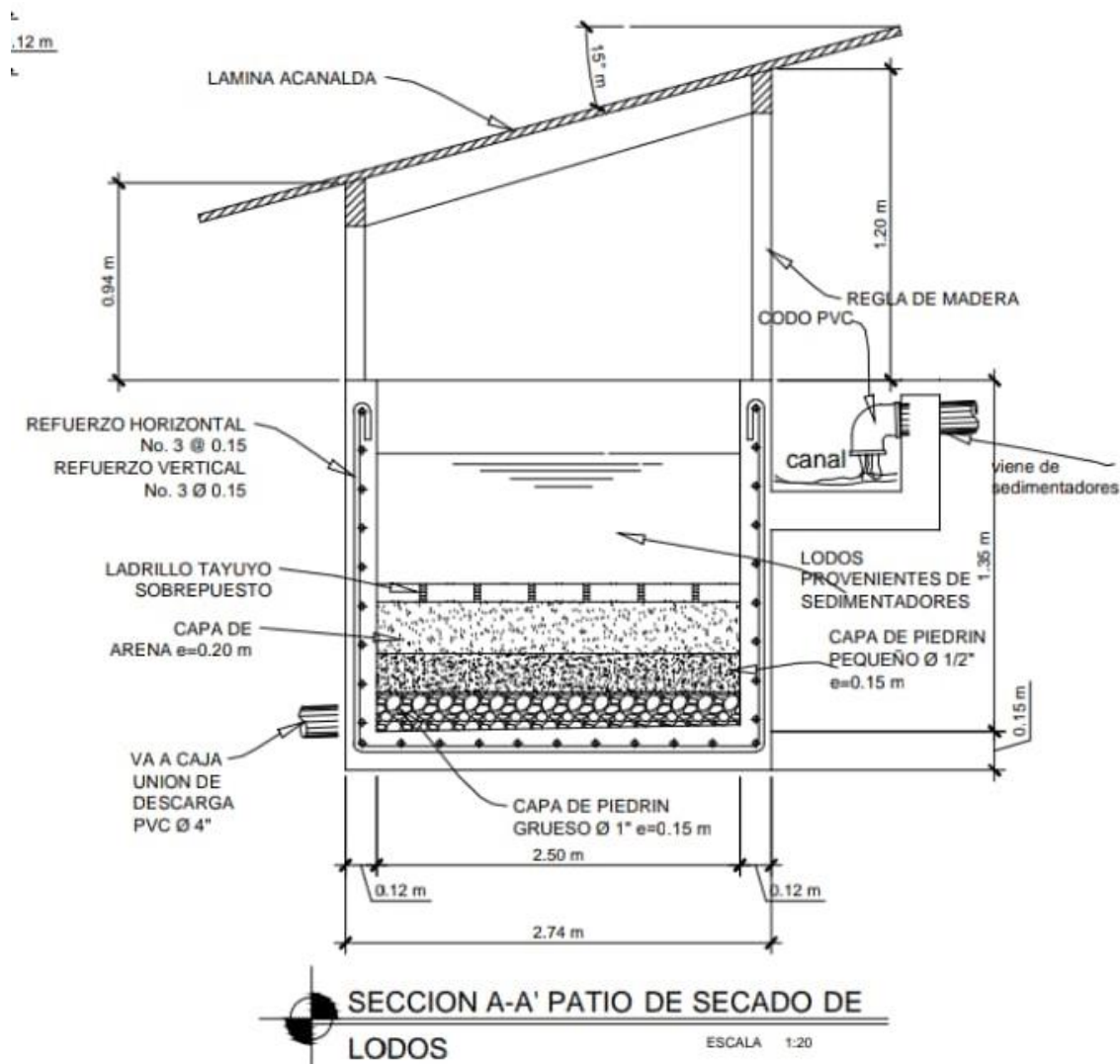
- Posee válvulas en la parte inferior, las cuales se conectan a través de un sistema de tuberías al patio de secado de lodos.

Figura 14*Sistema de filtro percolador*

- El filtro percolador o filtro biológico es el parte medular y fundamental de las plantas de tratamiento de aguas residuales del tipo anaerobias de flujo descendente, cuenta con un material particulado de rocas y gravilla en la cual se filtra el agua residual y se distribuye uniformemente por medio de un sistema de tubos con orificios.

Figura 17

Sistema de patio de secado de lodos.



- Es el elemento final de la planta de tratamiento de aguas residuales, donde son retenidos los lodos y mediante un lecho filtrante compuesto de ladrillos, arena y piedrín, se realiza la reparación o filtración del agua.

Anexo III

Acuerdo Gubernativo 58-2019 reforma al Artículo 24.

Tabla 11

Límites máximos permisibles.

		Fecha máxima de cumplimiento		
		Veintinueve (29) de Noviembre del año Dos Mil Diecinueve (2019)	Dos (2) de Mayo del año Dos Mil Veinticuatro (2024)	Dos (2) de Mayo del año Dos Mil Veintiocho (2028)
		Etapa		
Parámetros	Dimensionales	Uno	Dos	Tres
temperatura	Grados Celsius	TCR +/-7	TCR +/-7	TCR +/-7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	50	10	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Ausente	Ausente	Ausente
Demanda bioquímica de Oxígeno	Miligramos por litro	250	100	100
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	275	200	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	150	70	20
Fósforo total	Miligramos por litro	40	20	10
Potencial de Hidrogeno	Unidades de potencial de Hidrogeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien (100) mililitros	<1x10 ⁷	<1x10 ⁴	<1x10 ⁴
Arsénico	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.02	0.02	0.01
Níquel	Miligramos por litro	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10
Color	Unidades Platino Cobalto	1000	750	500

Anexo IV

Resultados de los tiempos de la medición del caudal en la PTAR de la colonia Monte Real.

Tabla 13

Resultados de la medición del caudal de PTAR colonia Monte Real

Horario de muestreo	Entrada a la PTAR			Salida de la PTAR		
7:00 a.m.	9.5	9.53	9.52	32.15	32.2	32.17
8:00 a.m.	8.55	8.6	8.62	31.25	31.23	32.21
9:00 a.m.	7.62	7.6	7.65	55.19	55.17	55.22
10:00 a.m.	3.69	3.66	3.67	19.66	19.6	19.66
11:00 a.m.	6.43	6.44	6.47	19.3	19.35	19.31
12:00 p.m.	2.89	2.88	3	21.25	21.22	21.2
1:00 p.m.	2.2	2.18	2.22	26.17	26.22	26.2
2:00 p.m.	2.05	2.08	2.03	27.43	27.49	27.45
3:00 p.m.	1.5	1.55	1.58	28.15	28.21	28.23

Tabla 14

Resultados de los promedios obtenidos de la medición del caudal.

Horario.	Promedio del tiempo de entrada	Promedio del tiempo de salida
7:00 a.m.	9.5167	32.1733
8:00 a.m.	8.59	31.5633
9:00 a.m.	7.6233	55.1933
10:00 a.m.	3.6733	19.64
11:00 a.m.	6.4467	19.52
12:00 p.m.	2.9233	21.2233
1:00 p.m.	2.2	26.1967
2:00 p.m.	2.0533	27.4567
3:00 p.m.	1.5433	28.1967
promedio de tiempo total:	4.95	29.02

- En las tablas anteriores se presenta los resultados de los tiempos obtenidos en la medición del caudal y el promedio de estos mismos. Teniendo como resultado un promedio de 4.95 segundos de entrada y 29.02 segundos de salida.

Anexo V

Gráfico de los resultados la demanda bioquímica de oxígeno y carga contaminante.

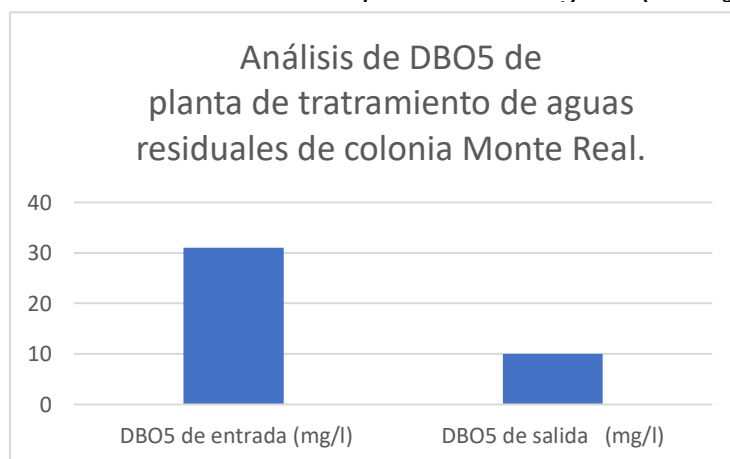
Tabla 15

Carga contaminante de salida y entrada de PTAR de colonia Monte Real.

CARGA CONTAMINANTE DE ENTRADA			
DBO	Caudal	Factor de conversión	Carga C.
31 mg/L	0.61 L/s	0.0864	1.633824 kg/día
CARGA CONTAMINANTE DE SALIDA			
DBO	Caudal	Factor de conversión	Carga C.
9 mg/L	0.1 L/s	0.0864	0.07776 kg/día

Figura 20

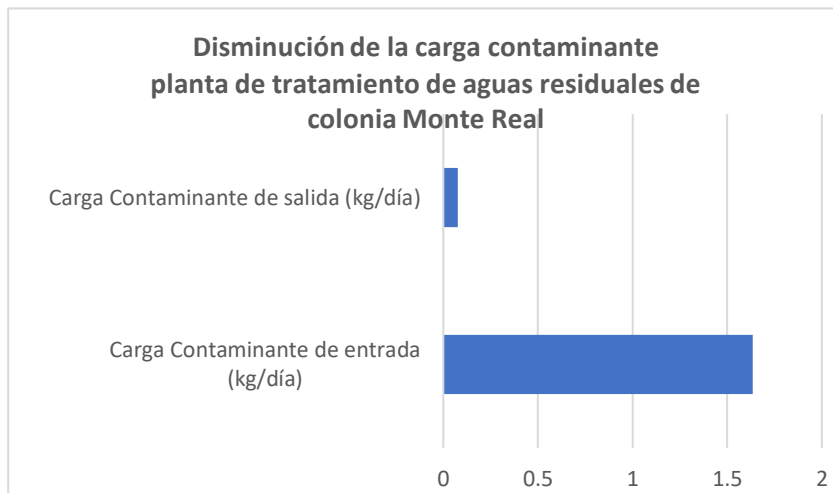
Análisis de resultados de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)



- El total de la demanda bioquímica de oxígeno en el agua residual de entrada es de 31 mg/l mientras que la de salida es de 9 mg/l. lo que indica que el grado de contaminación de la entrada es mayor a la de salida, por lo que se puede determinar que el sistema de tratamiento de aguas residuales cumple su función en disminuir la cantidad de materia orgánica presente.

Figura 22

Análisis de los resultados de la carga contaminante



La carga contaminante de entrada es de 1.6338 kg/día y la de salida es de 0.07776 kg/día. Teniendo una eficiencia del 95%.

Anexo VI Entrevista a miembro de COCODE y visitas de campo a PTAR de colonia Monte Real y San Francisco.

Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro Universitario de Suroccidente -CUNSUROC-

Ingeniera Gestión Ambiental Local

Ejercicio Profesional Supervisado -ESP-

Entrevista al COCODE de la parte sur de la microrregión I:

Datos de la persona entrevistada:

1. ¿Cuál es su nombre?

R/ Rodrigo Rivera

2. ¿Cuál es el nombre de la comunidad?

R/ colonia Monte Real

3. ¿Puesto que desempeña dentro del COCODE?

R/ Representante de la asamblea del COCODE

4. ¿Conoce si existe un sistema de tratamiento de aguas residuales en la parte sur de la microrregión I de Colomba Costa Cuca, particularmente en la colonia Monte Real?

R/ Sí ☒ No ☐

5. ¿Con cuántas plantas de tratamiento de aguas residuales cuentan en la colonia Monte Real?

R/ Con una

6. ¿En qué año fue construido el sistema de tratamiento de aguas residuales de la colonia Monte Real?

R/ En el año 2017

7. ¿La planta de tratamiento se encuentra en funcionamiento?

R/ Si ☒ No ☐

- 8. ¿Conoce cuál es el número de viviendas que se encuentran conectadas al sistema de tratamiento?**

R/ Se tiene registradas un total de 75 viviendas.

- 9. ¿Conoce si existen viviendas que no cuentan con un sistema de alcantarillado?**

R/ Si ☒ No ☐

- 10. ¿Sí su respuesta es sí, tienen registro de cuantas viviendas son en total?**

R/ Se tiene conocimiento de un aproximado de 50 casas.

- 11. De las viviendas identificadas que no cuentan con sistema de alcantarillado, ¿conoce a dónde desfogan las aguas residuales?**

R/ Se ha observado que las dirigen directamente al Río que pasa por la comunidad conocido como Río La Ceiba.

- 12. ¿Por qué considera que estas casas no se encuentran conectadas al sistema de tratamiento?**

Debido a que muchas de estas casas fueron construidas después de que la planta de tratamiento, y ya no se interesaron en conectarse. Otro grupo de viviendas se encuentran ubicadas en lugares como barrancos y con esto se les imposibilita conectarse.

- 13. ¿Como representantes del COCODE, ustedes realizan visitas control sobre el funcionamiento de las plantas de tratamiento?**

R// Si ☐ No ☒

Anexo VII

Eficiencia del sistema de tratamiento en la reducción de la carga contaminante.

- Carga contaminante de entrada: 1. 633824 kg/día
- Carga contaminante de salida: 0.07776 kg/día

Fórmula de la eficiencia:

$$E = \frac{(SO - S)}{SO} * 100$$

Donde:

E=Eficiencia

S=Carga contaminante de salida

SO= Carga contaminante de entrada

$$\text{Eficiencia} = \frac{(1.633824 - 0.07776)}{1.633824} * 100\% = 95.24\%$$

- La eficiencia es la capacidad de cumplir o realizar de forma adecuada una función. Particularmente el sistema de tratamiento de aguas residuales de colonia Monte Real, tiene una eficiencia de 95%.

Anexo VIII

Manual de mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales de la parte sur de la microrregión I de Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango.



MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARTE SUR DE LA MICRORREGIÓN I.

INTRODUCCIÓN

El presente documento “Manual de Mantenimiento”, como instrumento y guía de instrucción busca asegurar el funcionamiento adecuado de las unidades que conforman el sistema de tratamiento de aguas residuales ubicados en la parte Sur de la microrregión del municipio de Colomba Costa Cuca.

En su contenido el manual de mantenimiento describe de manera sencilla y aplicable las actividades a realizar para cada uno del componente que conforman el sistema. Además, orienta sobre las funciones y responsabilidades que el personal de mantenimiento debe cumplir para garantizar el óptimo desempeño de las plantas de tratamiento; así también describe el equipo de protección necesario para resguardar la salud del personal operativo y establece las recomendaciones para el tema del resguardo de la salud.

OBJETIVOS

General

- Orientar al personal que opera y brinda mantenimiento al sistema de tratamiento de aguas residuales de la parte sur de la microrregión I de Colomba Costa Cuca.

Específicos:

- Dar a conocer al personal las acciones a desarrollar en el proceso del mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Indicar las funciones y responsabilidades del personal operativo a cargo del mantenimiento.

GLOSARIO:

- **Bitácora:** Cuaderno en el que se reportan los avances y resultados preliminares de un proyecto de investigación o proceso realizado.
- **Caudal:** Cantidad o volumen de agua que atraviesa o lleva una superficie.
- **Equipo de protección personal:** Equipos, piezas o dispositivos que evitan que una persona tenga contacto con posibles peligros.
- **Inmunización:** Proceso mediante el cual el sistema inmunológico de un individuo se fortalece contra un agente, por lo general se realiza a través de la administración de una vacuna.
- **Mantenimiento correctivo:** Acciones que se realizan en función de corregir una falla identificada y que es crucial para el funcionamiento de un sistema.
- **Mantenimiento preventivo:** Acción de realizar labores programadas periódicamente con el fin de evitar futuras anomalías.
- **Muestreo de aguas residuales:** Extracción de una muestra representativa de agua residual, para analizar y determinar las características que posee.
- **Pintura anticorrosiva:** Base que tiene la función de impedir y obstruir la corrosión.
- **Taponamiento:** Obstrucción de una masa en un flujo.

CAPITULO I.

PERSONAL DE MANTENIMIENTO

Para mantener el control y el mantenimiento de las PTAR es fundamental designar tres operarios, dos de ellos encargados del mantenimiento y un encargado de la seguridad del área.

Los operarios deben ser capacitados con el objetivo de mantener en óptimo funcionamiento las PTAR, conocer los tipos de muestreos e interpretación del análisis físico, químicos y microbiológicos.

- **EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)**

El equipo de protección personal es importante para resguardar la seguridad del individuo encargado de los procesos de mantenimiento de la PTAR. Como mínimo se debe contar:

- Gorra o casco de seguridad
- Mascarilla
- Guantes de protección de goma (para evitar infecciones durante el proceso)
- Uniforme completo
- Botas de hule
- Lentes

Para prevenir infecciones se recomienda tener en cuenta las siguientes medidas:

- **Primeros auxilios:** Proveer un botiquín de primeros auxilios para el tratamiento inmediato de cortaduras o heridas pequeñas.
- **Inmunizaciones:** Promover las inmunizaciones periódicamente mediante vacunas contra el tétano y fiebre tifoidea.
- **Precauciones personales:** No tocarse la cara o cabeza mientras se realizan acciones dentro del sistema de tratamiento. No fumar mientras se manipula

materia orgánica. Antes de ingerir alimentos lavarse las manos con abundante agua y jabón antiséptico.

- **FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES DEL PERSONAL OPERATIVO**

Los operarios deben contar con un cuaderno o bitácora de operaciones, donde se registren diariamente las actividades realizadas durante la jornada de trabajo, así como las anomalías o sucesos presentados y realizar reportes constantes a la Unidad de Gestión Ambiental Municipal.

Los operarios deben eliminar de forma inmediata obstrucciones, fugas y reparar daños que se presenten en los sistemas. Cualquier anomalía que no puede ser solucionada debe ser comunicada al director de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal.

Los operarios deben responder por la herramienta, equipo y demás logística que se les sea entregada, al igual que la limpieza en la oficina o caseta de seguridad.

NOTA: es importante contemplar un área de almacenamiento, oficina o garita para resguardar las herramientas y equipo, además de una toma de agua para el lavado de manos y herramientas.

CAPITULO II.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO.

VERTEDERO DE DEMASÍAS

Esta unidad permite conducir la mayor cantidad de caudal que ingresa a la planta de tratamiento, como también contiene un rebalse al momento de tener un excedente de aguas residuales.

Unidad	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo	Herramientas a utilizar.
Vertedero de demasías	La operación de esta unidad es únicamente limpieza periódica, aproximadamente de una a dos veces al día. Procedimiento: Con una pala retirar toda especie de piedras, gravillas y demás material depositado que pueda obstruir el paso del caudal. Con el uso de un cepillo o escoba remover la lama que esté adherida a los muros del canal.	N/A	- Escoba - Cepillo plástico. - Pala - Espátula metálica - Cubeta o carretilla de mano Equipo de protección: - Guantes de látex - Mascarilla - Uniforme completo - Botas de hule - Lentes - Gorra o casco.

CANAL DE REJAS

La unidad de canal de rejas o rejillas tiene como función evitar la entrada de sólidos de gran tamaño protegiendo los sistemas posteriores. Está constituido por barras metálicas.

Los residuos de materia orgánica obtenida del proceso de mantenimiento deben ser dispuestos en un pozo, estos deben cubrirse con una capa de cal y una capa de arcillas (agregar un centímetro de capa de cal y dos centímetros de capa de arcillas).

Unidad	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo	Herramientas a utilizar.
Canal de rejas	El proceso debe efectuarse de tres a cuatro veces al día. la capa de sólidos atrapados por el sistema no debe exceder el 60% de su capacidad. Levantar la reja y retirar manualmente el material acumulado con la ayuda de un rastrillo. Esto debe realizarse como mínimo dos veces al día, una vez por la mañana y otra en la tarde. (es importante utilizar guantes) Con la ayuda de un cepillo plástico retirar toda la lama que se encuentre adherida al sistema. Haciendo uso de una pala retirar todo tipo de material sólido que se encuentre en el canal.	Este proceso debe realizarse cada seis meses. Identificar cuando se presente oxidación en el sistema y aplicar una pintura anticorrosiva.	• Cepillo • Rastrillo • Pala • Pintura anticorrosiva. Equipo de protección: • Guantes de látex • Mascarilla • Uniforme completo • Botas de hule • Lentes • Gorra o casco.

DESARENADOR

El sistema de desarenador tiene como objetivo principal el separar las arenas del agua residual. Tomando en cuenta que este sistema evita que se produzcan depósitos y protege los otros elementos del sistema de tratamiento. Este sistema retiene partículas superiores a los 0.2 mm.

La materia obtenida del proceso de mantenimiento debe ser dispuesta en un pozo al cual debe agregarse una capa de 10 cm de tierra y una capa de 1 cm de cal por cada porción de materia sustraída.

Unidad	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo	Herramientas a utilizar.
Desarenador	El proceso debe efectuarse dos veces por semana o cuando se identifique que el almacenamiento está ocupado en un 50 o 60 %. (limpieza manual). Al identificarse una capa de arenas de proporciones considerables, haciendo uso una pala y carretillas retirarlos para su posterior almacenamiento. Hacer uso de una manguera que inyecte agua a presión para desprender todo el material retenido.	Este proceso debe realizarse cada seis meses. Identificar cuando se presente oxidación en el sistema y aplicar una pintura anticorrosiva.	• Carretilla • Pala • Pintura anticorrosiva. • Manguera. Equipo de protección: • Guantes de látex • Mascarilla • Uniforme completo • Botas de hule • Lentes • Gorra o casco.

CAJA ATRAPA GRASA

Este elemento del sistema de tratamiento es utilizado para separar las aguas grises de las grasas y aceites, debido a que las grasas y aceites obstruyen la tubería y afectan en el funcionamiento de los elementos de tratamiento posteriores.

Unidad	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo	Herramientas a utilizar.
Caja atrapa grasa	El proceso debe efectuarse una vez por semana. (limpieza manual). Al identificarse una capa de grasas en la parte superior hacer uso de un medio filtrante (colector manual o cedazo) para colocarlas en una cubeta. • Una vez por día realizar una revisión del sistema de tubería para evitar taponamientos.	En el caso de presentarse taponamientos parciales o totales, con un objeto de hierro realizar presión en el área y retirar el material con una pala.	• Colector Manual o cedazo • Pala • Cubeta Equipo de protección: • Guantes de látex • Mascarilla • Uniforme completo • Botas de hule • Lentes • Gorra o casco.

SEDIMENTADOR PRIMARIO/SECUNDARIO

El sedimentador es una unidad de tratamiento de aguas residuales que permite la decantación de partículas en suspensión.

Unidad	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo	Herramientas a utilizar.
Sedimentador	Una vez por semana debe inspeccionarse los vertederos que se encuentren perfectamente nivelados. Diariamente deben eliminarse los sólidos flotantes (espumas, natas o grasas) con un colector manual. Se debe limpiar diariamente el canal de egreso del fluido con una pala. Los lodos se deben descargar una vez por día abriendo las válvulas deslizantes. Las válvulas deslizantes deben ser engrasadas una vez al mes. Para evitar que se presenten taponamientos en la línea de extracción de lodos se debe limpiar las tuberías con una manguera y presión de agua de forma mensual.	En el caso de presentarse taponamientos parciales o totales, con un objeto largo de hierro realizar presión en el área y retirar el material con una pala.	• Colector manual • Pala • Tubo de hierro • Manguera. Equipo de protección: • Guantes de látex • Mascarilla • Uniforme completo • Botas de hule • Lentes • Gorra o casco.

FILTRO PERCOLADOR O FILTRO BIOLÓGICO.

La unidad de tratamiento de aguas residuales de filtro biológico funciona como un medio filtrante mediante un lecho rocoso y el agua residual que ingresa es distribuida por un sistema de tubos que tienen aberturas a cada cierta distancia.

Unidad	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo	Herramientas a utilizar.
Filtro percolador	Dos veces al día debe realizarse una limpieza de los agujeros de los tubos de distribución mediante el uso de un alambre de ¼". Una vez por día se debe verificar en el canal de salida del filtro que no se encuentren lodos, piedras, hojas de árboles o arenas que puedan obstruir la salida del caudal. Si se presenta cualquiera de estos materiales retirarlos mediante una pala y disponerlos en el lugar seleccionado por el operador.	Se debe observar el nivel del agua sobre la superficie del lecho filtrante, si se encuentra por encima de la superficie se removerá con una pala todo tipo de material que esté obstruyendo el paso del agua residual.	• Carretilla • Pala • Pintura anticorrosiva. • Manguera. Equipo de protección: • Guantes de látex • Mascarilla • Uniforme completo • Botas de hule • Lentes • Gorra o casco.

PILETA DE SECADO DE LODOS

Esta unidad del sistema de tratamiento es utilizada para remover las partículas de lodos por medio de evaporación y filtración. Este no necesita adicionar reactivos ni elementos mecánicos.

Los lodos deben disponerse en un pozo para evitar malos olores y de esta forma terminen su proceso de estabilización.

Unidad	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo	Herramientas a utilizar.
Pileta de secado de lodos	Los lodos deben retirarse entre 20 a 30 días con una pala y carretilla. Debe verificarse una vez por semana que no se presente crecimiento de malezas. Al identificarse crecimiento de maleza debe arrancarse de forma manual. Nota: Se debe tener fuera de funcionamiento la pileta para poder retirar los lodos.	En este proceso debe verificarse de forma manual el sistema de filtrado, al verse algún desperfecto debe realizarse una reparación inmediata. La verificación debe realizarse una vez por semana.	• Carretilla • Pala Equipo de protección: • Guantes de látex • Mascarilla • Uniforme completo • Botas de hule • Lentes • Gorra o casco.

CAPITULO III.

FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO DE LA PTAR

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO				
	DIARIO	SEMANAL	QUINCENAL	MENSUAL	MEDIO AÑO
A) VERTEDERO DE DEMASÍAS					
Retirar toda especie de piedras, gravillas y demás material	X				
B) CANAL DE REJAS					
Levantar la reja y retirar manualmente el material acumulado	X				
Retiro de lama y material sólido	X				
Aplicar pintura anticorrosiva.					X

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO				
	DIARIO	SEMANAL	QUINCENAL	MENSUAL	MEDIO AÑO
C) DESARENADOR					
Retiro de arenas o material del canal de desarenador.	X				
Limpieza del canal con agua a presión	X				
Aplicar pintura anticorrosiva.					X
D) CAJA ATRAPA GRASAS					
Extracción de grasas		X			
Revisión del sistema de tuberías	X				

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO				
	DIARIO	SEMANAL	QUINCENAL	MENSUAL	MEDIO AÑO
E) SEDIMENTADOR					
Inspección de los vertederos, debidamente nivelados		x			
Eliminarse lo sólidos flotantes (espumas, natas o grasas) con un colector manual.	x				
Limpiar diariamente el canal de egreso del fluido	x				
Descarga de lodos.	x				
Limpiar las tuberías con una manguera y presión de agua				x	

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO				
	DIARIO	SEMANAL	QUINCENAL	MENSUAL	MEDIO AÑO
F) FILTRO BIOLÓGICO.					
Limpieza de los agujeros de los tubos de distribución	x				
Verificar en el canal de salida del filtro	x				
Observar el nivel del agua sobre la superficie del lecho filtrante	x				
G) PILETA DE SECADO DE LODOS.					
Extracción de lodos				x	
Eliminar malezas que se presenten en los lodos.		x			
Verificación del medio filtrante.		x			

Anexo IX

Visitas de campo a plantas de tratamiento de agua residuales de la parte sur de la microrregión de Colomba Costa Cuca.

Figura 25

Visita de campo a PTAR de colonia Monte Real



Figura 28

Daños en la tubería de entrada de PTAR de colonia San Francisco.



Figura 31

Daños en la infraestructura de la pileta de secado de lodos de colonia San Francisco





Mazatenango, 05 de julio de 2023

Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC

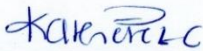
Respetable Coordinadora:

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para presentarle el Informe Final de Investigación Inferencial titulado **“Evaluación del manejo de aguas residuales de la parte sur de la microrregión I del municipio de Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango”**, del estudiante **Carlos Fernando Pereira Straube** carne **201840659**, dentro del programa de Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local. – EPSIGAL-.

Este documento se presenta para que de acuerdo con el artículo 6, inciso 6.4 del Normativo de Trabajo de Graduación, pueda a través de sus buenos oficios darse el procedimiento para poder ser considerado como Trabajo de Graduación, para la obtención del título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local.

Sin otro particular, con mis más altas muestras de estima y respeto.

Atentamente,


MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Supervisora EPSIGAL
CUNSUROC





Mazatenango, 23 de agosto del 2023

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de la carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC

Respetable Maestra Pérez:

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para informarle que de acuerdo al artículo 9, del Normativo de Trabajo de Graduación de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, he realizado la revisión y observaciones de la Investigación titulada: "**Evaluación del manejo de aguas residuales en la parte sur de la microrregión I del municipio de Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango**", presentada por el estudiante: Carlos Fernando Pereira Straube, quién se identifica con número de carné: 201840659, y con Código Único de Identificación: 2886 46711 1017

Por lo tanto, en mi calidad de revisor le informo que después de realizar el proceso que se me fue asignado y verificar la incorporación de las observaciones por parte del estudiante a la investigación, procedo a dar visto bueno al documento para que se continúe con el proceso de mérito.

Respetuosamente, se despide de usted.

Atentamente,

Alberto Benjamín Gómez Alvarado
Ingeniero agrónomo.
Revisor de Trabajo de Graduación IGAL
CUNSUROC



Karen Pérez
recibido
23.08.2023



Mazatenango 21 de noviembre, 2023

Lic. Luis Carlos Muñoz López
Director en Funciones
Centro Universitario del Suroccidente

Respetable Señor Director:

De la manera más atenta, me dirijo a usted para referirle el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado "**Evaluación del manejo de aguas residuales en la parte sur de la microrregión I del municipio de Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango**", del estudiante **Carlos Fernando Pereira Straube** número **201840659**, de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

Con base en el dictamen favorable emitido y suscrito por el revisor del informe, el cual fue corregido de acuerdo a las recomendaciones indicadas.

Por lo tanto, en mi calidad de Coordinadora de la Carrera, me permito solicitarle el **IMPRÍMASE** respectivo para que el estudiante continúe con el proceso de mérito y pueda presentarlo en el Acto Público de Graduación.

Sin otro particular


MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-18-2024

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, el catorce de marzo de dos mil veinticuatro-----

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del Asesor y Revisor, se autoriza la impresión del Trabajo de Graduación Titulado: **“EVALUACIÓN DEL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PARTE SUR DE LA MICRORREGIÓN I DEL MUNICIPIO DE COLOMBA COSTA CUCA, QUETZALTENANGO”** del estudiante: **Carlos Fernando Pereira Straube** Carné **201840659**. CUI: **2886 46711 1017** de la Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

M.A. Luis Carlos Muñoz López
Director



/gris