

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



Trabajo de Graduación

**Caracterización de las aguas residuales del casco urbano del Municipio de
Chicacao, Suchitepéquez.**

Kevin Alberto Pérez Morales

Carne: 201145782

Mazatenango Suchitepéquez, agosto de 2018

DEDICATORIA

- A DIOS:** Por ser el centro de mi vida, pilar y el dador de múltiples bendiciones que lograron cumplir mis metas, objetivos y sueños.
- A MIS PADRES:** Ángel Alberto Pérez Morales y Nimcy Yadira Morales Samayoa quienes me apoyaron, aconsejaron y demostraron su amor. Sobre todo por sus sacrificios y esfuerzos que me lograron alcanzar este triunfo.
- A MIS ABUELOS:** Gracias por su cariño brindado, apoyo incondicional y por ser parte fundamental de este éxito en especial a Raúl Antonio Morales Rodríguez (QEPD).
- A MI FAMILIA:** Quienes a través de su gran ejemplo han contribuido a mi formación y me han apoyado en cada situación en especial a mi hermana Eluvia Lisseth Pérez Morales.
- A MIS COMPAÑEROS :** Por el apoyo y amistad durante mi tiempo universitario, ya que fueron participes para alcanzar esta meta.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos

Rector

Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo

Secretario General

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

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano

Director

REPRESENTANTES DE PROFESORES

MSc. José Norberto Thomas Villatoro

Secretario

Dra. Mirna Nineth Hernández Palma

Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Ángel Estuardo López Mejía

Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

Lcda. Elisa Raquel Martínez González

Vocal

Br. Irrael Esduardo Arriaza Jerez

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador Académico

MSc. Alvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

Lic. Edin Anibal Ortiz Lara
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Mauricio Cajas Loarca
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

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

Lic. Sergio Rodrigo Almengor Posadas
Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Coordinador de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

MSc. Tania Elvira Marroquín Vásquez
Coordinadora de las carreras de Pedagogía

Lic. Henrich Herman León
Coordinador Carrera Periodista Profesional y
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

AGRADECIMIENTO

- A:** Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser mi alma mater y por formarme como un profesional orgulloso.

- A:** Centro Universitario de Suroccidente, casa de estudios en donde tuve la oportunidad de formarme académicamente, de igual manera a mis catedráticos por compartir los conocimientos que me llevarán al éxito.

- A:** Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, por brindarme los conocimientos necesarios para ser un profesional exitoso.

- A** Kimberlyn Paola Echeverría Cotom, por sus consejos, apoyo y amor incondicional en el periodo de mi formación académica.

- A:** Inga. Iris Yvonnee Cárdenas Sagastume por dedicar su tiempo en la asesoría y orientación para realizar el Ejercicio Profesional Supervisado y documento de graduación.

- A:** MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes por el apoyo y dedicación en la revisión de los documentos del Ejercicio Profesional Supervisado.

- A:** Municipalidad de Chicacao, Suchitepéquez, en especial al señor alcalde Nicolás Rocché Tuch por el apoyo brindado en el Ejercicio Profesional Supervisado.

- A:** MSc. Eysen Rodrigo Enríquez Ochoa por sus consejos y apoyo a lo largo de mi formación académica.

Índice General

Contenido	Página
I. Abstract	v
II. Resumen	1
III. Introducción	3
IV. Planteamiento del problema	5
V. Objetivos	6
5.1. General	6
5.2. Específicos	6
VI. Revisión de literatura	7
6.1. Marco referencial	7
6.1.1. Antecedentes históricos del municipio	7
6.2. Marco conceptual	7
6.2.1. Las aguas residuales	7
6.2.2. Marco legal de las aguas residuales	8
6.2.2.1. Acuerdo Gubernativo No. 236-2006	8
6.2.3. Caracterización de las aguas residuales	13
6.2.4. Parámetros de medición de las aguas residuales	14
6.2.5. Medición de caudal	16
6.2.5.1. Método volumétrico	17
6.2.6. Pasos del tratamiento de agua residual	17
6.2.7. Sistemas de tratamiento de agua residual	18
6.2.7.1. Pre-tratamiento	18
6.2.7.2. Sistema mixto	19
6.2.8. Planta de tratamiento de aguas residuales	19
6.2.8.1. Tratamiento primario	19
6.2.8.2. Tratamiento secundario	20
6.2.8.3. Proceso anaerobio	21
6.2.8.4. Proceso biológico	21
VII. Materiales y métodos	22

7.1. Materiales	22
7.1.1. Materiales y presupuesto	23
Tabla No. 2: Descripción de los materiales.....	23
7.2. Metodología	23
7.2.1. Ubicación de los puntos de descarga	23
7.2.2. Determinación de la concentración de los contaminantes	24
7.2.3. Análisis de laboratorio de las aguas residuales	25
7.2.4. Interpretación de los resultados de los análisis	26
7.2.5. Propuesta del tratamiento para las aguas residuales	26
VIII. Resultados y discusión.....	28
8.1. Ubicación los puntos de descarga	28
8.2. Determinación de la concentración.....	31
8.2.1. Medición de caudales	31
8.2.2. Calculo de la carga contaminante.....	32
8.2.3. Valores de los parámetros medidos in situ	33
8.2.4. Resultados del análisis de laboratorio	35
8.2.4.1. Parámetros de incumplimiento:	37
8.2.4.2. Carga contaminante	39
8.2.4.3. Carga hidráulica	41
8.2.4.4. Propuesta de puntos a tratar	41
8.2.5. Propuesta del sistema del tratamiento de las aguas residuales	42
• Sedimentador primario.	42
• Filtro anaerobio de flujo ascendente.	42
• Clarificador de placas tipo serpentina.	42
• Dosificador de cloro y tanque de contacto.	42
8.2.6. Estudio Técnico de las aguas residuales.....	44
8.2.7. Proyecciones de las plantas de tratamiento	44
IX. Conclusiones	46
X. Recomendaciones	47
XI. Bibliografía.....	48
XII. Anexos	50

Anexo 1: Cálculo de la carga contaminante por punto de descarga.....	50
Anexo 2: Fotografías	53

Índice de tablas

Contenido	Página
1. Límites máximos permisibles de los parámetros.....	11
2. Descripción de los materiales.....	23
3. Ubicación geográfica del casco urbano de Chicacao.....	28
4. Condición de las fosas sépticas del casco urbano.....	29
5. Horario de mayor descarga.....	31
6. Carga contaminante de los puntos de descarga.....	32
7. Parámetros in situ de las aguas residuales de los puntos de descarga.....	34
8. Resumen de incumplimiento de los parámetros en puntos de descarga directos.....	35
9. Resumen de incumplimiento de los parámetros en fosas sépticas.....	36
10. Incumplimiento de metales pesados.....	38
11. Puntos de descarga que se tratarán en planta número uno.....	40
12. Puntos de descarga que se tratarán en planta numero dos.....	41
13. Proyección del año 2017 al 2027.....	45

Índice de figuras

Contenido	Página
1. Mapa de los puntos de descarga de las aguas residuales.....	30
2. Identificación de los puntos de descarga.....	53
3. Identificación fosa séptica caserío El Molinillo.....	53
4. Medición de caudal de fosa séptica El Socorro No. 1.....	54
5. Medición de caudal de fosa séptica El Socorro No. 2.....	54
6. Medición de parámetros in situ en fosa séptica El Cementerio.....	55
7. Medición de parámetros in situ en punto directo Cementerio.....	55
8. Toma de muestras de las aguas residuales en fosa séptica de colonia La Bendición.....	56
9. Toma de muestras de las aguas residuales del punto directo colonia El Recreo.....	56

I. Abstract

Chicacao is located in the northern part of the department of Suchitepéquez, 151.1 km from the capital city by the CA-9 highway (Nahualate) and 25.4 km from the departmental capital, Mazatenango. It has an approximate population of 56,018 inhabitants; the territorial extension of the urban helmet is 26 km². According to Holdridge, this territory is located between very humid subtropical forest (warm) and humid subtropical forest (warm) forest zones.

Chicacao has three rivers, Mixpilla, Nahualate and Cutzán, whose waters are contaminated by solid waste, such as: batteries, metals, plastic, dead animals and sewage from homes.

The project to evaluate the discharge of wastewater from the urban area of Chicacao, Suchitepéquez, consisted in identifying the pollutants contained in the wastewater, discharged to the water tributaries, which allowed to elaborate the technical study of the management of wastewater to, according to Government Agreement No. 138-2017.

Fifteen download points located in the urban area of the municipality were identified, which were georeferenced and placed on a map, for which the global positioning system (GPS) was used in a GIS software. The flow was measured during 24 hours and simple samples were taken to analyze the 19 parameters established by the aforementioned agreement, a population growth projection was made for the year 2037 and according to this data the flow to be treated for that year.

In addition, a field investigation was carried out to identify the operation of the septic tanks and the homes that are connected to them. It was found that most of the homes are connected to the municipal sewerage system and that the wastewater does not comply with the parameters of temperature, fats and oils,

floating matter, suspended solids and faecal coliforms as established in Government Agreement No 138-2017.

The discharge flow of the 15 points is $0.8804 \text{ m}^3 / \text{s}$ and for the year 2037 it will be $1.6324 \text{ m}^3 / \text{s}$, so it is recommended the construction of two treatment plants to treat the 15 discharge points; one with a capacity of $1.1914 \text{ m}^3 / \text{s}$ and the other with $0.4410 \text{ m}^3 / \text{s}$ capacity.

II. Resumen

El Municipio de Chicacao, se encuentra ubicado en la parte norte del departamento de Suchitepéquez, a 151.1 km de la ciudad capital por la carretera CA-9 (Nahualate) y a 25.4 km de la cabecera departamental de Mazatenango. Tiene una población aproximada de 56,018 habitantes, la extensión territorial del casco urbano es de 26 km². Según Holdridge, este territorio se encuentra entre las zonas de vida Bosque muy Húmedo Sub Tropical (cálido) y el Bosque Húmedo Subtropical (cálido).

Chicacao cuenta con tres ríos, Mixpilla, Nahualate y Cutzán los que sus aguas están contaminadas por desechos sólidos, tales como: baterías, metales, plástico, animales muertos y aguas servidas provenientes de los hogares.

El proyecto de evaluación del vertido de las aguas residuales del casco urbano del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez, consistió en la identificación de los contaminantes que contienen las aguas residuales, vertidas a los afluentes hídricos, lo que permitió realizar el estudio técnico del manejo de las aguas residuales según el Acuerdo Gubernativo No. 138-2017.

Se identificaron quince puntos de descarga ubicados en el casco urbano del municipio, los que se georreferenciaron y se ubicaron en un mapa, para lo cual se utilizó el sistema de posicionamiento global (GPS) en un software Gis. El caudal se midió durante 24 horas y se tomaron muestras simples para analizar los 19 parámetros que establece el Acuerdo antes mencionado, se realizó una proyección del crecimiento poblacional para el año 2037 y de acuerdo a este dato el caudal a tratar para ese año.

Además se realizó una investigación de campo para identificar el funcionamiento de las fosas sépticas y los domicilios que están conectados a las mismas. Se encontró que la mayoría de los domicilios se encuentran conectados a la candela del alcantarillado municipal y que las aguas residuales no cumplen con los

parámetros de temperatura, grasas y aceites, materia flotante, sólidos suspendidos y coliformes fecales según lo establecido en el Acuerdo Gubernativo No. 138-2017.

El caudal de descarga de los 15 puntos es de 0.8804 m³/s y para el año 2037 será de 1.6324 m³/s, por lo que se recomienda la construcción de dos plantas de tratamiento para tratar los 15 puntos de descarga; Una capacidad de 1.1914 m³/s y la otra de 0.4410 m³/s.

III. Introducción

Actualmente se ha convertido en una necesidad el tratamiento de las aguas residuales, debido a la contaminación que se ha generado en el recurso hídrico a nivel nacional de Guatemala, identificándose la misma problemática en el casco urbano del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez; lo que hace necesario el tratamiento de las aguas residuales.

Chicacao es un municipio del departamento de Suchitepéquez, ubicado a 151.1 km de la ciudad capital por la carretera CA-9, y a 25.4 km de Mazatenango; Se encuentra en la zonas de vida Bosque muy Húmedo Sub tropical (cálido) y el Bosque Húmedo Subtropical (cálido). La cabecera municipal está ubicada a 506 msnm, la temperatura media es de 28.6° centígrados, está ubicado dentro del área protegida del Lago de Atitlán y es muy importante por el recurso hídrico.

La investigación se realizó con el objetivo de determinar los contaminantes de las aguas residuales generadas en el casco urbano del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez, se analizaron 19 parámetros según Acuerdo Gubernativo No. 138-2017. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Aguas de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del Centro Universitario de Suroccidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala; Además se realizó el estudio técnico tomando como base el caudal y la carga contaminante.

Se identificaron 15 puntos de descarga de las aguas residuales con caudales que varían entre 0.0020 y 0.019 m³/s y las concentraciones de sólidos suspendidos, grasas y aceites, coliformes fecales y temperatura no cumplen con lo establecido en el Acuerdo Gubernativo No. 138-2017, mientras que las concentraciones de nitrógeno, fósforo, arsénico, cadmio, cianuro, cobre, cromo, níquel, plomo, zinc y la Demanda Bioquímica de Oxígeno, se encuentran en los límites máximos permisibles según lo establecido en el acuerdo. Para el año 2037 se producirán 1.6324 m³/s de aguas residuales en los 15 puntos de descarga.

De acuerdo a la concentración de la carga contaminante (3,011.99 kg/día) que poseen las aguas residuales; se propone la construcción de dos plantas de tratamiento aerobio con un proceso biológico. Una planta para tratar las aguas de los puntos de descarga El Socorro No. 2, El Porvenir, El Rastro, Caserio Molinillo, El Recreo No. 1, río Mixpilla y finca Bélgica con capacidad para tratar 1.1914 m³/s en el año 2037 y la otra para tratar las aguas residuales de los puntos La Bendición, El Socorro No. 1, El Recuerdo No. 2, Colonia El Recreo, El Cementerio No.1, Río de aguas negras Cementerio, El Cementerio No. 2 y El Mesón para tratar un caudal de 0.4410 m³/s para el mismo año.

IV. Planteamiento del problema

Según el diagnóstico ambiental del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez, la contaminación hídrica en el casco urbano, es una problemática ambiental con la que se enfrenta el municipio, debido a las descargas del efluente, contaminando a los ríos Mixpilla, Nahualate y Cutzán, que sus aguas son utilizadas para consumo humano, animal y riego en varias comunidades del departamento de Suchitepéquez; lo que causa graves enfermedades y se tienen que invertir más en el recursos sistema de salud.

Por tal razón, es necesario mejorar la calidad de las aguas residuales producidas en el casco urbano del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez. Para iniciar con este proceso se determinó la carga contaminante de las aguas residuales vertidas a los ríos Mixpilla, Nahualate y Cutzán.

La caracterización fue establecida según el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, Reglamento de las descargas y reúso de las aguas residuales y la disposición de lodos, reformado en el Acuerdo Gubernativo No. 138-2017, identificándose como otra problemática el tiempo establecido para la entrega del estudio técnico con fecha límite de 29 de septiembre del año 2017, en donde hace referencia a la adición de los límites máximos permisibles de descarga a cuerpos receptores para aguas residuales municipales, la gestión municipal y la conformidad del cumplimiento del mismo, para la ejecución de la construcción de los procesos de tratamiento.

Con esta investigación se dio respuesta a las siguientes interrogantes:

¿Cuál es la carga contaminante de las aguas residuales del casco urbano del Municipio de Chicacao Suchitepéquez?

¿Qué caudal de agua residual se produce en este municipio?

V. Objetivos

5.1. General

- Caracterizar las aguas residuales del casco urbano del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez.

5.2. Específicos

- Determinar la concentración de los 19 contaminantes de las aguas residuales según Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, Reglamento de las descargas y reúso de las aguas residuales y la disposición de lodos, reformado en el Acuerdo Gubernativo No. 138-2017.
- Proponer un sistema de tratamiento de las aguas residuales del casco urbano del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez.
- Realizar el estudio técnico de las aguas residuales.

VI. Revisión de literatura

6.1. Marco referencial

6.1.1. Antecedentes históricos del municipio

La aldea Chicacao fue ascendida a la categoría de municipio después de varios Acuerdos Gubernativos, siendo el último el de fecha 11 de diciembre de 1891 y el de fecha 14 de mayo de 1934 anexó a Chicacao al departamento de Suchitepéquez. (PDM, 2011).

Sobre el origen del nombre de Chicacao existe dos versiones, una que proviene del apellido Chicajau que fue de los primeros pobladores del lugar y la otra, que sostiene que es un hibridismo quiché, porque “Chi” significa “entre” y cacao el nombre de la plantación de cacao, siendo la más acertada es la de “lugar entre los cacaotales”. (PDM, 2011).

Chicacao se localiza a 151.1 km de la ciudad capital por la carretera CA-9, y a 25.4 km de la cabecera departamental de Mazatenango, Suchitepéquez. En la parte norte del departamento de Suchitepéquez, su extensión territorial es de doscientos dieciséis (216) kilómetros cuadrados.

Está ubicado entre las zonas de vida Bosque muy Húmedo Sub Tropical (cálido) y Bosque Húmedo Subtropical (cálido) con temperatura media de 28.6° C para el casco urbano.

6.2. Marco conceptual

6.2.1. Las aguas residuales

Se denomina aguas residuales a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les llama también aguas servidas, aguas negras o aguas cloacales. Son residuales pues, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen. Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales. En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno. (Díaz, 2012).

6.2.2. Marco legal de las aguas residuales

6.2.2.1. Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. Reglamento de las descargas y reúso de las aguas residuales y la disposición de lodos

En Guatemala en el año 2006 tomando en cuenta el Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional según la Constitución Política de la República en el artículo 97, Medio Ambiente y Equilibrio Ecológico están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga el impacto adverso del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico; para lo cual es necesario dictar normas que garanticen la utilización y el aprovechamiento racional de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, evitando su depredación.

Así mismo es el responsable de emitir las disposiciones y reglamentos correspondientes, para ejercer el control, aprovechamiento y uso de las aguas; prevenir, controlar y determinar los niveles de contaminación de los ríos, lagos y mares y cualquier otra causa o fuente de contaminación hídrica.

Por tanto, es importante contar con un instrumento normativo moderno que ofrezca certeza jurídica para la inversión, permita la creación de empleo, propicie el mejoramiento progresivo de la calidad de las aguas y contribuya a la

sostenibilidad del recurso hídrico; coordinando para el efecto los esfuerzos de los órganos de la administración pública con las municipalidades y la sociedad civil.

El acuerdo cuenta con un manual general del reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos según el Acuerdo Ministerial No. 105-2008 que establece el Estudio Técnico como un instrumento para la aplicación de sus disposiciones, que permitirá la evaluación, control y seguimiento del desempeño ambiental del ente generador y la persona que descarga al alcantarillado público; de su adecuada formulación dependerá que los entes generadores y las personas que descargan al alcantarillado público logren alcanzar las metas de cumplimiento y los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento en las etapas correspondientes, y consecuentemente con ello, que paulatinamente se vaya consolidando un proceso de mejora cualitativa y cuantitativa del recurso hídrico.

A falta de cumplimiento del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 se han establecido una serie de enmiendas, las cuales se describen a continuación:

A. Acuerdo Gubernativo No. 129-2015

Enmienda en la cual se establece la reforma del artículo 24 donde las municipalidades deberán cumplir con tener en operación, por lo menos con sistemas de tratamiento primario o más tardar el dos de mayo del año dos mil diecisiete. Identificándose una gran problemática ambiental debido a que en el país no se pueden establecer procesos de conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente y los recursos naturales, por la sencilla razón de la falta de educación ambiental y el índice de pobreza que se presenta en los municipios; no haciendo factible la inversión del presupuesto anual en proyectos ambientales. (MARN, 2006).

B. Acuerdo Gubernativo No. 110-2016

En el año 2016 debido al cambio de gobierno surge una nueva enmienda la cual esta especificada en el Acuerdo Gubernativo No. 110-2016, estableciendo los

límites máximos permisibles y la elaboración del estudio técnico para el 30 de julio del año 2017 debido a la disposición legal que intenta erradicar la contaminación hídrica por aguas residuales; modificando el plazo para la construcción de plantas de tratamiento de las aguas residuales para el 6 de mayo del año 2019.

El motivo que ocasionó dicha ampliación se debe a que las municipalidades no contaban con recurso económico para iniciar estos proyectos, por lo que se buscó el financiamiento económico por medio del Crédito Hipotecario Nacional (CHN).

C. Acuerdo Gubernativo No. 138-2017

En la reforma 138-2017 de Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 Reglamento de las descargas y reúso de las aguas residuales y la disposición de lodos indica que el esfuerzo realizado por cumplir las disposiciones contenidas en la normativa citada, las autoridades municipales han manifestado que por diversas circunstancias no imputables a su administración, aún se encuentra en proceso la preparación de los estudios técnicos que exige el artículo 5 del referido reglamento y el desarrollo de los instrumentos ambientales de los proyectos identificados en los estudios técnicos, por lo que se hace procedente la emisión de la disposición legal respectiva para apoyar la gestión de todas las municipalidades del país.

Tabla No. 1: Límites máximos permisibles en urbanizaciones no conectadas al alcantarillado público, según artículo 24 del Acuerdo Gubernativo 236-2006.

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

Para cumplir con el desarrollo de la totalidad de obras relacionadas con redes de drenaje y sistema de tratamiento de aguas residuales, dentro del plazo aplicable a las municipalidades, estas observarán lo siguiente:

- a) El 29 de septiembre del año 2017 las municipalidades deberán contar con el estudio técnico, determinando el número de descargas y evaluando los parámetros establecidos de cada una de ellas.

- b) Las municipalidades deberán llevar el control e inventario de todas las redes de alcantarillado sanitario y de todas las descargas sin tratamiento, dichos inventarios deben formar parte de los anexos del estudio técnico.
- c) El 2 de mayo del 2019, todas las municipalidades deberán cumplir, por lo menos, con tener en operación sistemas de tratamiento completos para las dos descargas principales que en el inventario se reporten.
- d) Sin tratamiento y que concentren la mayor carga de demanda bioquímica de oxígeno. Los efluentes ya tratados deben cumplir con los límites máximos permisibles de la etapa uno del presente artículo o menos.
- e) Para completar el tratamiento de las descargas restantes, a partir del 2019, las municipalidades deberán cumplir con ejecutar y tener en operación, sistemas de tratamiento de las descargas consignadas en el inventario que se adjuntará a los estudios técnicos y cuyos efluentes deben cumplir con los límites máximos permisibles de la etapa que corresponda o menos. El desarrollo de las obras se hará según los siguientes porcentajes:
 - e.1) El 2 de mayo de 2023, todas las municipalidades deberán cumplir con tener en operación sistemas de tratamiento para el 45% del total de las descargas consignadas en el inventario, que debe adjuntarse al estudio técnico.
 - e.2) El 2 de mayo de 2027, todas las municipalidades deberán cumplir con tener en operación sistemas de tratamiento para el 35% del total de las descargas consignadas en el inventario, que debe adjuntarse al estudio técnico. El acumulado de obras ejecutadas en esta etapa, debe corresponder al 80% del total de las descargas del inventario.
 - e.3) El 2 de mayo de 2031, todas las municipalidades deberán cumplir con tener en operación sistemas de tratamiento para el 20% del total de las

descargas consignadas en el inventario que debe adjuntarse al estudio técnico. El acumulado de obras ejecutadas en esta etapa, debe corresponder al 100% del total de las descargas del inventario.

Para la presentación de los instrumentos ambientales y con base a lo establecido a los párrafos anteriores, las municipalidades deberán cumplir lo siguiente:

- a) El 29 de diciembre de 2017, presentar ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales los instrumentos ambientales de los proyectos identificados en la literal c) de este artículo.
- b) El 27 de diciembre de 2019, presentar ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales los instrumentos ambientales de los proyectos identificados en la literal e.1) de este artículo.
- c) El 29 de diciembre de 2023, presentar ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales los instrumentos ambientales de los proyectos identificados en la literal e.2) de este artículo.
- d) El 30 de diciembre de 2027, presentar ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales los instrumentos ambientales de los proyectos identificados en la literal e.3) de este artículo.

Las municipalidades contemplarán en los Planes Operativos Anuales (POA), las asignaciones correspondientes para el desarrollo de las obras contempladas en el inciso e) del presente año.

6.2.3. Caracterización de las aguas residuales

Según Acuerdo Gubernativo 236-2006, deberán ser caracterizadas todas aquellas aguas de tipo especial y ordinario recogidas en comunidades o municipios que sean conducidas y vertidas a cuerpos de agua receptores.

En donde se hace necesario ser separadas las aguas domiciliarias, industriales y comerciales, con la finalidad de identificar los contaminantes presentes en estas aguas, para aplicar un tratamiento adecuado que evite la degradación y contaminación del afluente. (Díaz, 2012).

6.2.4. Parámetros de medición de las aguas residuales

Las aguas residuales contienen diversas concentraciones de sustancias con diferente estructura por lo que se hace necesaria la descripción de las propiedades de la misma, identificando las características principales de cada descarga.

a. Propiedades físicas

- **Color:** se determina según la presencia de sustancias que son descargadas en el cuerpo receptor, en las aguas residuales domiciliarias se puede identificar un color blanquecino debido a que la población utiliza jabones y detergentes, siendo estos indicadores más comunes de color en las aguas.
- **Olor:** se identifica por la descomposición de la materia orgánica y la generación de gases.
- **Materia flotante:** se identifican como sólidos flotantes que son desechados en los drenajes, los cuales son derivados del plástico.
- **Temperatura:** se identifica según la utilidad del agua residual, el tipo de descarga relativo al potencial de hidrogeno.

b. Propiedades químicas

- **Grasas y aceites:** suelen estar presentes en hidrocarburos que la población utiliza, de igual forma se encuentra presente en la materia orgánica que es desechada por las cañerías conducidas hacia los drenajes, las cuales deben ser separadas en un pre tratamiento.

- **Sólidos suspendidos:** son partículas de materia orgánica desintegrada que pueden unificarse con materiales arrastrados por la erosión del suelo.
- **Demanda bioquímica de oxígeno:** se refiere a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra
- **Nitrógeno total:** es un nutriente fundamental de todos los seres vivos, de forma que contenidos anormalmente altos de estos en las aguas pueden producir un crecimiento incontrolado de la biomasa acuática.
- **Fósforo total:** es un no metal presente en sedimentos de la superficie terrestre; de igual forma se encuentra en jabones y detergentes, que son vertidos al alcantarillado de las aguas residuales por actividades industriales y domésticas.
- **Potencial de hidrógeno (pH):** es el grado de concentración presente por la descomposición en las aguas residuales, puede identificarse con ácido, neutro o base.
- **Coliformes fecales:** es el indicador de carga contaminante determinado por la presencia de heces fecales en las aguas residuales.
- **Cadmio:** es descargado únicamente por industrias, es un metal muy tóxico que generalmente se encuentra en minas y canteras.
- **Cianuro total:** los cianuros son compuestos potencialmente tóxicos, ya que ante un cambio de pH puede liberar ácido cianhídrico, al mezclarse con algún compuesto orgánico siendo muy tóxico.
- **Cromo hexavalente:** el cromo es un elemento metálico inodoro e insípido que forma parte de la corteza terrestre. También se encuentra en grandes cantidades en el aire, el agua, la tierra y los alimentos.
- **Zinc:** es un elemento químico muy importante para fortalecer el sistema inmunológico, por lo que se encuentra presente en el agua residual domiciliar por los alimentos que ingiere el ser humano.
- **Cobre:** el cobre posee varias propiedades físicas que propician su uso industrial en múltiples aplicaciones, se encuentra en una gran cantidad de alimentos habituales como ostras, mariscos, legumbres y vísceras. Suele

llegar al afluente hídrico por los drenajes descargados de cada vivienda de la población.

- **Plomo:** el plomo es un metal pesado el cual se utiliza para elaborar tejados y cristales de ventanas, generalmente el plomo es disuelto en el agua residual ya que proviene de calles, tuberías y suelos. También es utilizado en la producción de petróleo, baterías y pintura.
- **Níquel:** es el que se encuentra en mayor proporción en la superficie terrestre, se encuentra una alta cantidad de níquel en los cuerpos de agua receptores producto de las aguas residuales generadas en donde se vierten carburos derivados de aceites y combustibles.
- **Mercurio:** es un metal de color plateado, líquido a temperatura ambiente, genera un estado de oxidación al mezclarse con agua residual que contenga materia orgánica, puede convertirse en compuesto inorgánico, óxido de mercurio o nitrato de mercurio generados en procesos industriales.
- **Arsénico:** la principal fuente de arsénico lo constituyen las rocas de origen volcánico cuyo proceso de erosión libera este elemento; también se encuentra en rocas marítimas sedimentarias, yacimientos hidrotermales y combustibles fósiles, incluyendo carbón y petróleo los que en algunas ocasiones son vertidos por talleres mecánicos al drenaje por lo que se encuentra presente en el agua residual.

Algunos metales pesados como cobre, arsénico, mercurio, níquel y plomo son evaluados únicamente cuando existen procesos industriales, los cuales deben ser tratados de manera individual antes de ser vertidos al alcantarillado público.

6.2.5. Medición de caudal

La medición del caudal de las corrientes de las aguas residuales nunca puede ser exactas debido a que el canal suele ser irregular y por lo tanto es irregular la relación entre desfogue y caudal. Los puntos de descarga de las aguas residuales

están también sometidos a cambios debidos a utilización de agua de la población y presión ejercida. Es importante la medición del caudal para obtener datos confiables respecto a la cantidad de agua que está siendo vertida hacía un afluente hídrico. Para ello se debe analizar el método que más se acople al caudal a medir. (Carter y Tracey, 2006).

6.2.5.1. Método volumétrico

La forma más sencilla de calcular los caudales pequeños es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. La corriente se desvía hacia un canal o tubería que descarga en un recipiente aforado y el tiempo que demora su llenado se mide por medio de un cronómetro.

El tiempo que se tarda en llenarlo se medirá con precisión, especialmente cuando sea de sólo unos pocos segundos. La variación entre diversas mediciones efectuadas sucesivamente dará una indicación de la precisión de los resultados.

Se deben realizar por lo menos 5 pruebas para obtener un caudal promedio, nunca se debe llenar todo el recipiente, sólo hasta cierta altura, por lo que se deberá tener dentro de el, una escala que indique cual es el volumen. El proceso para calcular el caudal con este método es el siguiente: (Carter y Tracey, 2006).

$$Q = V/T$$

En donde:

Q es el caudal en metros³/s

V es volumen en m³

T tiempo en segundos.

6.2.6. Pasos del tratamiento de agua residual

En el tratamiento de aguas residuales se pueden distinguir hasta cuatro etapas que comprenden procesos químicos, físicos y biológicos:

- **Tratamiento preliminar o pretratamiento:** Destinado a la eliminación de residuos fácilmente separables y en algunos casos un proceso de pre-aireación.
- **Tratamiento primario:** Que comprende procesos de sedimentación y tamizado.
- **Tratamiento secundario:** Que comprende procesos biológicos, aerobios, anaerobios y físico-químicos (floculación) para reducir la mayor parte de la DBO.
- **Tratamiento terciario o avanzado:** que está dirigido a la reducción final de la DBO, metales pesados y/o contaminantes químicos específicos y la eliminación de patógenos y parásitos. (Ocw, 2000.)

6.2.7. Sistemas de tratamiento de agua residual

Se puede definir el agua residual a la descargada por residencias como de instituciones públicas y establecimientos industriales y comerciales a los que pueden agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales. En la medida en que se vaya presentando acumulación y estancamiento del agua residual pueden generarse gases que emiten mal olor debido a la descomposición orgánica que ésta posee; En el agua residual existen numerosos microorganismos patógenos causantes de enfermedades del aparato intestinal humano o que pueden estar en ciertos residuos industriales. Pero no todo es negativo, las aguas residuales contienen nutrientes que en gran parte ayudan al crecimiento de plantas acuáticas. (Ocw, 2000).

6.2.7.1. Pre-tratamiento

Los dispositivos utilizados en el tratamiento preliminar o también llamado pre-tratamiento, son para eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes, los sólidos inorgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de aceites y grasas. Para poder cumplir con este objetivo, se pueden utilizar distintos métodos, según Díaz, 2012 son:

- Rejillas o cribas de barras.
- Desarenador o sedimentador de sólidos gruesos.

6.2.7.2. Sistema mixto

Los sistemas mixtos de tratamiento domiciliario incluyen diferentes sistemas de tratamiento con el fin de lograr la máxima remoción en el menor tiempo, esto se realizará combinando digestores para aguas negras, lechos vegetales, sistemas de enramado, aireadores, etc. Básicamente consisten en la adaptación práctica de los diferentes sistemas en un todo integrado, que se adapte a las necesidades específicas de cada lugar. (Díaz, 2012).

6.2.8. Planta de tratamiento de aguas residuales

Toda agua servida o residual debe ser tratada, tanto para proteger la salud pública como para preservar el medio ambiente. Antes de tratar cualquier agua servida se debe conocer su composición. Esto es lo que se llama caracterización del agua. Permite conocer qué elementos químicos y biológicos están presentes y da la información necesaria para el diseño de las plantas de tratamiento.

Una estación depuradora de aguas residuales tiene la función de eliminar parte de contaminación química y bacteriológica del agua que pueda ser nociva para los seres humanos, la flora y la fauna, de manera que se pueda devolver el agua al medio ambiente en condiciones adecuadas. El proceso, además, debe ser optimizado de manera que la planta no produzca olores ofensivos hacia la comunidad en la cual está inserta. Una planta de aguas servidas bien operada debe eliminar al menos un 90 % de la materia orgánica y de los microorganismos patógenos presentes en ella. (Díaz, 2012).

6.2.8.1. Tratamiento primario

El fin de este tratamiento es retirar de las aguas residuales los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables que se encuentran suspendidos, mediante el proceso físico de sedimentación. La actividad biológica en esta etapa tiene poca importancia.

Lo esencial de este tratamiento es disminuir la velocidad de las aguas, para que puedan sedimentarse los sólidos orgánicos e inorgánicos susceptibles de degradación. Los métodos o elementos de tratamiento primario más utilizados son:

- Fosas sépticas.
- Tanques Imhoff.
- Sedimentadores simples o primarios.

Los sólidos de mayor tamaño se separan por medio de tamizado y colado, para lo cual se utilizan rejas y tamices; los sólidos de regular tamaño se separan por medio de desarenadores y las grasas se separan por medio de trampas de grasa.

Con el tratamiento primario se pretende eliminar alrededor del 30% de los sólidos, se busca una reducción del 30 al 40% del número de organismos coliformes y además la demanda bioquímica se reduce entre 25 y 40%. (Ocw, 2000.)

6.2.8.2. Tratamiento secundario

Incluye los sistemas de tratamiento del tipo biológico, en donde se aprovecha la acción de microorganismos presentes en las aguas residuales, los cuales funcionan con ventilación, oxígeno, formándose estructuras floculentas por los procesos vitales desarrollados en el agua. Los flóculos formados se asientan como películas en los campos de riego o lechos bacterianos. La presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua residual definen dos grandes grupos o procesos de actividad biológica: proceso aeróbico y proceso anaeróbico. (Ocw, 2000.)

Según Ocw los elementos que se usan en el tratamiento secundario pueden dividirse en:

- Filtro goteador con tanques de sedimentación secundario
- Tanques de aireación
- Filtro percolador (goteador, biofiltro o biológico)
- Filtros de arena
- Lechos de contacto
- Laguna de estabilización.

6.2.8.3. Proceso anaerobio

Consiste en una serie de procesos microbiológicos, dentro de un recipiente hermético, dirigidos a la digestión de la materia orgánica con producción de metano. Es un proceso en el que pueden intervenir diferentes tipos de microorganismos pero que está dirigido principalmente por bacterias. Presenta una serie de ventajas frente a la digestión aerobia: generalmente requiere de instalaciones menos costosas, no hay necesidad de suministrar oxígeno por lo que el proceso es más barato y el requerimiento energético es menor.

Por otra parte se produce una menor cantidad de lodo (el 20% en comparación con un sistema de lodos activos), y este último se puede disponer como abono y mejorador de suelos. Además es posible producir un gas útil. Para el tratamiento anaerobio a gran escala se utilizan rectores de flujo ascendente o U.S.B. (Por sus siglas en inglés) con un pulimento aerobio en base de filtros percoladores y humedales. (Díaz, 2012).

6.2.8.4. Proceso biológico

Los objetivos del tratamiento biológico son tres: El primero reducir el contenido en materia orgánica de las aguas, el segundo reducir su contenido en nutrientes, y tercero eliminar los patógenos y parásitos. Estos objetivos se logran por medio de procesos aeróbicos y anaeróbicos, en los cuales la materia orgánica es metabolizada por diferentes cepas bacterianas. (Díaz, 2012).

VII. Materiales y métodos

7.1. Materiales

- Libreta de campo
- Lápiz
- Botas de hule
- Guantes de hule
- Mascarilla
- Cinta métrica
- Hielera
- Traje impermeable
- Casco
- Lentes de protección
- Linterna de frente
- Turril de 19 litros
- Sistema de procesamiento global (GPS), modelo Gs Mspain x30.

7.1.1. Materiales y presupuesto

Tabla No. 2: Descripción de los materiales.

No	Materiales	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub total	Colaboradores
1	Libreta de campo	unidad	1	Q. 5.00	Q. 5.00	Estudiante de EPS
2	Lápiz HB	unidad	1	Q. 1.50	Q. 1.50	Estudiante de EPS
3	Botas de hule	par	1	Q. 75.00	Q. 75.00	Municipalidad
4	Guantes de hule anti deslizable	par	1	Q. 65.00	Q. 65.00	Municipalidad
5	Mascarilla con tubo	unidad	1	Q. 55.00	Q. 55.00	Municipalidad
6	Cinta métrica de 5 metros	unidad	1	Q. 75.00	Q. 75.00	Estudiante de EPS
7	Hielera Coleman	unidad	1	Q. 60.00	Q. 60.00	Estudiante de EPS
8	Cámara frigorífica de gel	unidad	1	Q. 125.00	Q. 125.00	Estudiante de EPS
9	Traje impermeable	unidad	1	Q. 275.00	Q. 275.00	Municipalidad
10	Casco ajustable	unidad	1	Q. 60.00	Q. 60.00	Municipalidad
11	Linterna de frente	unidad	1	Q. 20.00	Q. 20.00	Estudiante de EPS
12	Análisis de aguas residuales	15	15	Q. 1,995.59	Q. 29,933.96	Municipalidad de Chicacao, Suchitepéquez.
Total					Q. 30,750.46	

7.2. Metodología

Para la evaluación de las aguas residuales del casco urbano se desarrollaron las siguientes actividades:

7.2.1. Ubicación de los puntos de descarga de las aguas residuales del casco urbano

- Se identificaron los puntos de descarga de las aguas residuales, por medio de caminamientos en el casco urbano del Municipio de Chicacao,

Suchitepéquez, con el apoyo del Delegado de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal (UGAM).

- Se verificó las coordenadas de cada punto de descarga utilizando un GPS, se procesaron en ArcGis y se elaboró un mapa de la ubicación geográfica de los puntos de descarga del casco urbano del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez.

7.2.2. Determinación de la concentración de los contaminantes que se descargan a las aguas residuales del casco urbano

7.2.2.1. Medición de caudales

- Se realizó por el método volumétrico, se dividió el volumen de agua colectada en el recipiente de volumen conocido entre el tiempo de llenado del recipiente, por medio de la fórmula:

$$Q = V/T$$

En donde:

Q es el caudal en metros³/s.

V es volumen en m³.

T tiempo de llenado en segundos.

Para lo cual se utilizó una cubeta de 19 litros (0.019 m³), y se calculó el tiempo de llenado de la misma. Se hicieron cinco repeticiones y se calculó el tiempo promedio. La medición se realizó a cada hora durante 24 horas, lo que permitió calcular el caudal medio y el caudal máximo.

7.2.2.2. Toma de muestras

- En el horario de mayor caudal se tomaron las muestras simples en cada punto de descarga, las que fueron enviadas al Laboratorio de Aguas de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del Centro

Universitario de Suroccidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala para el análisis de los 19 parámetros. La carga contaminante se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Carga contaminante } \left(\frac{\text{kg}}{\text{día}} \right) = Q * 0.0864$$

En donde:

Q es el caudal.

0.0864 es el factor de corrección de la constante que especifica la carga de contaminación en el horario de mayor descarga.

- Para la toma de muestras físico químicas y microbiológicas se utilizaron recipientes plásticos debidamente esterilizados y para la toma de muestras de grasas y aceites se utilizaron recipientes de vidrio.
- Se lavaron las paredes de los recipientes para las muestras físicas químicas, con el agua residual a ser muestreada, por tres veces antes de tomar la muestra.
- Se midieron los parámetros de temperatura, potencial de hidrógeno y oxígeno disuelto in situ (en el lugar) por medio del multiparámetro.
- Las muestras de las aguas residuales se preservaron en refrigeración (4°C) y se transportaron al laboratorio bajo estas condiciones para evitar la modificación de su composición.

7.2.3. Análisis de laboratorio de las aguas residuales

- Los análisis físico, químico y microbiológico se analizaron en el Laboratorio de Aguas de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, CUNSUROC USAC.

7.2.4. Interpretación de los resultados de los análisis

- Para establecer en cada descarga los límites máximos permisibles de contaminación en las aguas residuales generadas en el casco urbano del municipio; se evaluó el resultado de cada uno de los parámetros y se comparó con lo que dicta el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, Reglamento de las descargas y reúso de las aguas residuales y la disposición de lodos, reformado en el Acuerdo Gubernativo No. 138-2017.

7.2.5. Propuesta del tratamiento para las aguas residuales del casco urbano del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez

El estudio técnico se presenta en el anexo 3, se realizó incluyendo los contenidos de este estudio según el artículo 6 del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, se debe presentar la siguiente información:

I. Información general:

- a) Nombre, razón o denominación social.
- b) Persona contacto ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- c) Descripción de la naturaleza de la actividad de la persona individual o jurídica sujeta al presente reglamento.
- d) Horarios de descarga de aguas residuales.
- e) Descripción del tratamiento de aguas residuales.
- f) Caracterización del efluente de aguas residuales, incluyendo sólidos sedimentables.
- g) Caracterización de las aguas para reúso.
- h) Caracterización de lodos a disponer.
- i) Caracterización del afluente. Aplica en el caso de la deducción especial de parámetros del artículo 23 del presente Reglamento.

- j) Identificación del cuerpo receptor hacia el cual se descargan las aguas residuales, si aplica.
- k) Identificación del alcantarillado hacia el cual se descargan las aguas residuales, si aplica.
- l) Enumeración de parámetros exentos de medición y su justificación respectiva.

II. Documentos:

- a) Plano de localización y ubicación, con coordenadas geográficas, del ente generador o de la persona que descarga aguas residuales al alcantarillado público.
- b) Plano de ubicación y localización, con coordenadas geográficas, del o los dispositivos de descarga, para la toma de muestras, tanto del afluente como del efluente. En el caso del afluente cuando aplique.
- c) Plan de gestión de aguas residuales, aguas para reuso y lodos. Las municipalidades o empresas encargadas de prestar el servicio de tratamiento de aguas residuales, a personas que descargan sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, incluirán la siguiente información: el catastro de dichos usuarios y el monitoreo de sus descargas.
- d) Plan de tratamiento de aguas residuales, si se descargan a un cuerpo receptor o alcantarillado.
- e) Informes de resultados de las caracterizaciones realizadas.

Incisos no evaluados:

- a) Caracterización de las aguas para reuso.
- b) Caracterización de lodos a disponer.
- c) Caracterización del afluente.

Los incisos anteriormente descritos no fueron evaluados debido a la falta de recurso económico, no influyendo el resultado del Estudio Técnico que solicita el Acuerdo Gubernativo No. 138-2017.

VIII. Resultados y discusión

8.1. Ubicación los puntos de descarga de las aguas residuales del casco urbano

En el casco urbano del Municipio de Chicacao existen 15 puntos de descarga de aguas residuales, la ubicación geográfica se presenta en la siguiente tabla:

Tabla no 3: Coordenadas geográficas del casco urbano del Municipio de Chicacao Suchitepéquez.

No	Nombre del punto de descarga	Latitud	Longitud
1	Fosa El Porvenir	14°32'50.6"	91°19'30.7"
2	Fosa La Bendición	14°32'49.1"	91°19'32.01"
3	Fosa El Socorro No. 1	14°32'48.2"	91°19'33.1"
4	Fosa El Socorro No. 2	14°32'44"	91°19'38.75"
5	Fosa El Rastro	14°32'21.08"	91°19'43.3"
6	Caída directa finca Bélgica	14°32'39.02"	91°19'44.4"
7	Caída directa rio Mixpilla	14°32'19.0"	91°19'20.7"
8	Fosa El Cementerio	14°32'24.7"	91°19'37.1'
9	Caída directa colonia El Recreo	14°32'33.6"	91°19'20.01"
10	Fosa colonia El Recreo	14°32'31.2"	91°19'21.7"
11	Fosa caserío Molinillo	14°32'31.9"	91°19'11.1"
12	Caída directa Cementerio	14°32'23.2"	91°19'36.07"
13	Fosa colonia El Recuerdo	14°32'26.6"	91°19'24.6"
14	Fosa El Mesón	14°32'40.6"	91°19'22.1'
15	Rio de aguas negras Cementerio	14°32'24.6"	91°19'33.07"

De los 15 puntos de descarga, cinco son descarga directa y 10 son tratados previamente a través de fosas sépticas, pero las fosas (Ver, tabla 4) El Rastro, colonia El Recuerdo, colonia El Recreo, El Cementerio y El Mesón necesitan atención por no estar funcionando correctamente, porque el tubo de desfogue se encuentra en la parte inferior de las mismas lo que genera que el agua salga directa sin ningún tratamiento.

De igual forma las fosas El Rastro, colonia El Recreo y El Cementerio poseen aberturas en las paredes, siendo insuficiente el tiempo de retención para realizar la sedimentación que se establece en la etapa uno del tratamiento de aguas residuales, según el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, reformado en la enmienda del artículo No. 138-2017.

Tabla No. 4: Condición de las fosas sépticas del casco urbano.

No.	Nombre de la descarga	Observaciones
1	Punto la Bendición	Funcionando correctamente
2	Punto El Socorro No. 1	Funcionando correctamente
3	Punto El Socorro No. 2	Funcionando correctamente
4	Punto El Porvenir	Funcionando correctamente
5	Punto El Rastro	Se encuentra de forma directa, no que existe un proceso de sedimentación. Necesita sellado en una de las paredes.
6	Punto colonia El Recuerdo	Funcionando correctamente, únicamente existe una alta demanda debido a la cantidad de domicilios conectados. Se recomienda la construcción de otra fosa séptica.
7	Punto caserío Molinillo	Funcionando correctamente
8	Punto colonia El Recreo	Se encuentra de forma directa, no existe un proceso de sedimentación. Necesita sellado en una de las paredes.
9	Punto El Cementerio	Se encuentra de forma directa, no que existe un proceso de sedimentación. Necesita sellado en una de las paredes.
10	Punto El Mesón	Necesita reparación en el tubo de rebalse, ya que tiene una fractura en el mismo provocando derrame de las aguas residuales.

De igual forma se identificaron cinco puntos de descarga directos de las aguas residuales; denominados El Recreo, Cementerio, río Cementerio, Mixpilla y Bélgica a los cuales se les debe prestar mayor importancia por no recibir ningún tipo de tratamiento, ya que son vertidas directamente a los ríos Mixpilla, Nahualate y Cutzán, ríos que aportan la mayor parte del recurso hídrico al Municipio de Chicacao, Suchitepéquez.



Mapa de puntos de descarga de las aguas residuales del casco urbano del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez.

Ubicación Geográfica de Chicacao

Latitud: 14° 32' 34"

Longitud: 91° 19' 44"

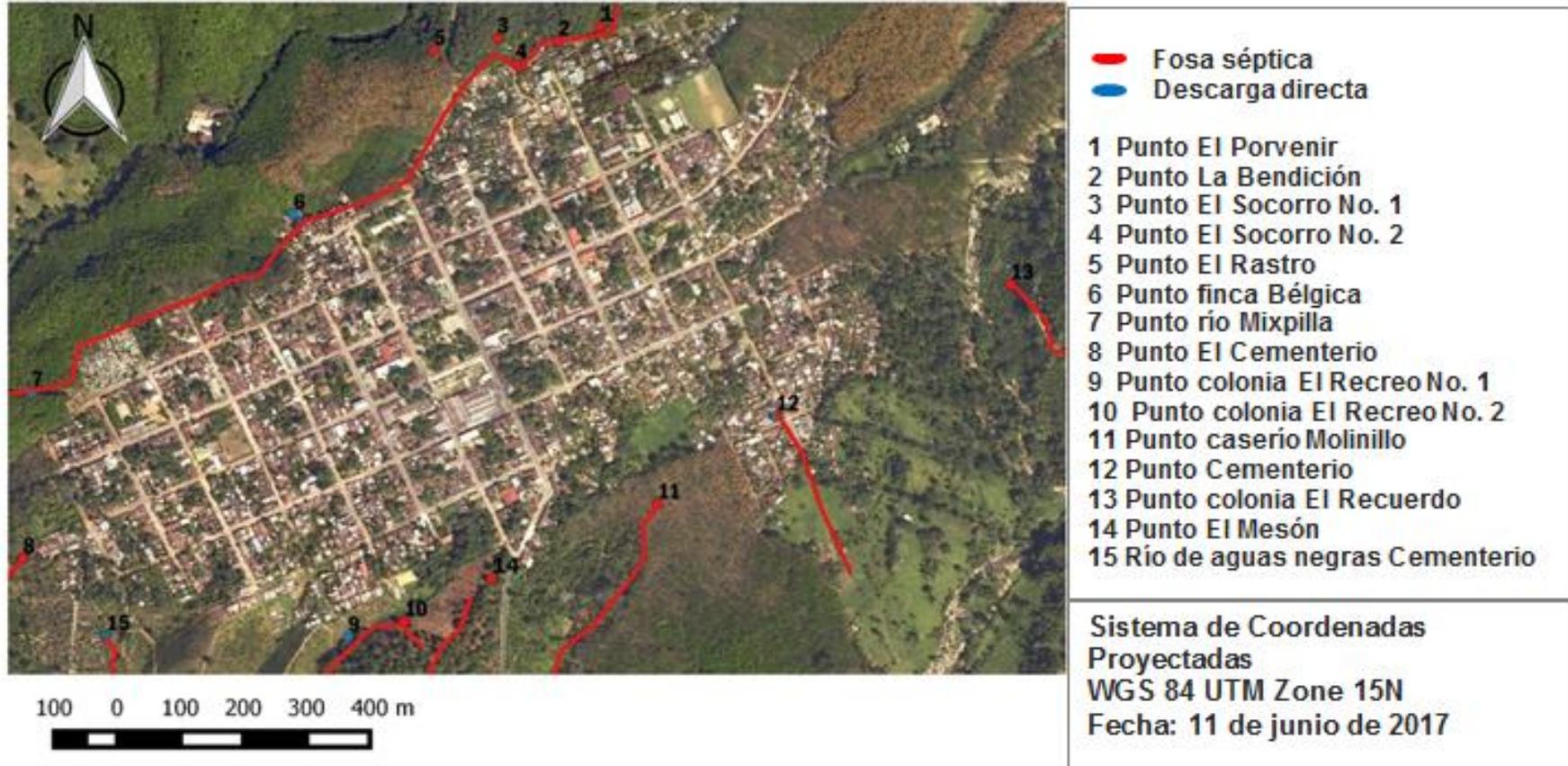


Figura No. 1 Mapa de los puntos de descarga de las aguas residuales del casco urbano del Municipio de Chicacao Suchitepéquez.

8.2. Determinación de la concentración de los contaminantes que se descargan de las aguas residuales del casco urbano.

8.2.1. Medición de caudales

Los mayores caudales de descarga de las aguas residuales en los 15 puntos están entre 11:45 a 14:00 horas como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla no 5: Horario del punto de mayor descarga.

No.	Nombre del punto de descarga	Caudal (L/s)	Horario de mayor descarga
1	La Bendición	2.2	11.45 am
2	El Socorro No. 1	3.7	12.00 pm
3	El Socorro No. 2	19	12.15 pm
4	El Porvenir	3.9	12.30 pm
5	El Rastro	19	12.45 pm
6	Colonia El Recuerdo	2	13.00 pm
7	Caserío Molinillo	19	13.15 pm
8	Colonia El Recreo No. 1	19	13.30 pm
9	Colonia El Recreo No. 2	2.1	13.00 pm
10	El Cementerio No. 1	21	13.30 pm
11	Rio aguas negras cementerio	11	14.00 pm
12	El Cementerio No. 2	1.4	13.00 pm
13	Río Mixpilla	34	13.30 pm
14	Finca Bélgica	18	13.00 pm
15	El Mesón	1.8	13.30 pm

Las mayores descargas de aguas residuales se deben a que entre 11:45 y 14:00 horas la población se reúne en los hogares para consumir alimentos.

8.2.2. Calculo de la carga contaminante

Para la identificación de la concentración se utilizó la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), por ser el parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia orgánica contenido en una muestra líquida, disuelta o en suspensión representada en mg/L, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla no 6: Carga contaminante de los puntos de descarga.

No.	Nombre del punto de descarga	Carga contaminante
1	La Bendición	26.42 kg/día
2	El Socorro No.1	46.67 kg/día
3	El Socorro No. 2	211.76 kg/día
4	El Porvenir	103.44 kg/día
5	El Rastro	270.86 kg/día
6	Colonia El Recuerdo	20.90 kg/día
7	Caserío Molinillo	648.43 kg/día
8	Colonia El Recreo No. 1	559.78 kg/día
9	Colonia El Recreo No. 2	10.70 kg/día
10	El Cementerio No. 1	79.83 kg/día
11	Rio aguas negras Cementerio	72.23 kg/día
12	El Cementerio No. 2	3.99 kg/día
13	Río Mixpilla	423.01 kg/día
14	Finca Bélgica	494.55 kg/día
15	El Mesón	38.88 kg/día
Total de carga contaminante		3,011.99 kg/día

El total de carga contaminante de los 15 puntos de descarga de las aguas residuales del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez es de 3,011.99 kg/día. Este valor es aceptable debido a que en el artículo 19 del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, Reglamento de las descargas y reúso de las aguas residuales y de la disposición de lodos especifica la meta de cumplimiento de 3,000 kg/día de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), esto al aplicar el modelo de reducción progresiva, no es necesario en las aguas residuales del municipio antes mencionado porque se encuentra entre los límites máximos permisibles, pero es necesario monitorearlo debido a que se encuentran ligeramente arriba del valor permisible.

8.2.3. Valores de los parámetros medidos in situ

Los valores de los parámetros medidos in situ de oxígeno disuelto, temperatura potencial de hidrógeno y materia flotante variaron en los diferentes puntos de descarga como se presentan en la tabla siete.

Tabla No. 7: Parámetros in situ de los puntos de descarga.

Nombre del punto de descarga	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)	pH	Materia flotante
La Bendición	2.61	25.1	6.67	Ausente
El Socorro No. 1	4.37	24.05	6.91	Presente
El Socorro No. 2	3.15	25.06	6.68	Ausente
El Porvenir	2.83	24.02	7.30	Ausente
El Rastro	4.03	21.09	7.03	Presente
Colonia El Recuerdo	2.27	24.01	7.01	Presente
Caserío Molinillo	5.80	24.09	6.63	Ausente
Colonia El Recreo No. 1	6.01	23.09	7.45	Ausente
Colonia El Recreo No. 2	5.14	30.09	5.35	Presente
El Cementerio No. 1	4.28	26.1	6.93	Presente
Río aguas negras Cementerio	2.98	27.2	7.25	Presente
El Cementerio No. 2	3.96	23.08	6.25	Presente
Río Mixpilla	6.40	25.01	7.60	Presente
Finca Bélgica	NSD	NSD	NSD	Presente
El Mesón	NSD	NSD	NSD	Ausente

NSD: No se determinó.

Las variaciones de los parámetros in situ se deben a la ubicación geográfica debido a que la mayoría de las fosas sépticas tienen sombra por árboles, lo que cambiaba la temperatura y así mismo el potencial de hidrógeno por el tipo de vertido de los domicilios, el oxígeno disuelto procede de la cantidad de oxígeno que puede tener el agua a una temperatura determinada, lo que favorece a la actividad de los organismos descomponedores de materia orgánica.

8.2.4. Resultados del análisis de laboratorio

A continuación, se muestran los resultados de los análisis de las muestras de las aguas residuales de los 15 puntos de descarga, los que se compararon con los valores establecidos a cumplir en las descargas de aguas residuales a fuentes hídricas según el Acuerdo Gubernativo 138-2017 para el 29 de septiembre del año 2017.

Tabla no. 8: Resumen de incumplimiento de los parámetros en puntos de descarga directos.

Parámetro	El Recreo	Cementerio	Río Cementerio	Río Mixpilla	Bélgica	Limites Máximos Permisibles
Temperatura °C	30.09	26.1	27.2	25.01	ND	+/- 7
Grasas y aceites mg/L	83.35	47.89	163.66	63.89	70.01	50
Materia flotante Presente/Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente
DBO mg/L	59	44	76	144	318	250
Sólidos suspendidos mg/L	512.18	748.55	309.90	254.82	22,926.03	275
Nitrógeno total mg/L	0.6	8.5	4.2	7.4	9.3	150
Fosforo total mg/L	< 0.05	0.65	0.75	0.82	1.25	40
pH unidades	5.35	6.93	7.25	7.60	ND	6 a 9
Coliformes fecales mg/L	≥2,400 nmp/100 ml	≥2,400 nmp/100	≥2,400 nmp/100	≥2,400 nmp/100	≥2,400 nmp/100	<1x10 ⁷
Arsénico mg/L	0.029	0.051	0.018	0.083	0.073	0.1
Cadmio mg/L	0.039	0.016	0.034	0.063	0.049	0.1
Cianuro total mg/L	< 0.010	0.019	0.010	0.003	< 0.010	1
Cobre mg/L	0.39	0.62	0.30	> 6	> 6	3
Cromo hexavalente mg/L	0.03	< 0.05	0.01	0.09	0.05	0.1
Níquel mg/L	0.79	0.47	0.70	0.82	0.69	2
Plomo mg/L	0.10	0.11	0.030	0.03	0.02	0.4
Zinc mg/L	0.53	0.37	0.44	0.44	0.44	10
Color Unidades	10	5	40	40	40	1000
Oxígeno disuelto mg/L	5.14	4.48	2.98	6.40	ND	-----

Observaciones: ND = No detectable

Indicador de cumplimiento:

Cumple

No cumple

Tabla No. 9: Resumen de incumplimiento de los parámetros en fosas sépticas.

Parámetro	La Bendición	Socorro No.1	Socorro no 2	El Porvenir	El Rastro	El Recuerdo	Molinillo	El Recreo	Cementerio	Mesón	Límites Máximos Permisibles
Temperatura °C	21.5	24.05	25.06	24.02	21.09	24.01	24.09	23.09	23.08	ND	+/- 7
Grasas y aceites mg/L	265.75	264.33	183.7	63.01	521.96	71.61	27.09	652	52.25	102.61	50
Materia flotante Presente/Ausente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente
DBO mg/L	139	146	129	307	165	121	395	341	33	250	250
Sólidos suspendidos mg/L	24,886.04	71,911.28	22,529.41	816.07	9,741.8	725.79	434.95	485.42	1,065.04	2,330	275
Nitrógeno total mg/L	2.9	1.6	8.2	3.07	4.04	5.08	15	<0.5	3.4	14.01	150
Fósforo total mg/L	3.79	2.77	1.13	2.20	0.19	1.68	4.28	1.35	0.61	0.75	40
pH unidades	6.67	6.91	6.68	7.03	7.03	7.01	6.63	7.04	6.25	ND	6 a 9
Coliformes fecales mg/L	2,400 nmp/100	≥2,400 nmp/100	<1x10 ⁷								
Arsénico mg/L	0.020	0.062	0.107	0.066	0.019	0.035	0.011	0.059	0.053	0.01	0.1
Cadmio mg/L	0.020	0.009	0.011	0.050	0.046	0.027	0.017	0.066	0.024	0.049	0.1
Cianuro total mg/L	<0.01	<0.010	<0.010	0.015	<0.010	<0.010	0.004	<0.010	0.005	0.008	1
Cobre mg/L	2.33	1.19	>6	0.85	6.01	6.57	>6	0.83	0.20	6.37	3
Cromo hexavalente mg/L	0.11	0.01	0.05	0.05	0.05	0.07	0.09	0.07	<0.05	0.16	0.1
Níquel mg/L	3.78	1.88	0.71	1.35	0.58	1.08	2.31	1.42	0.43	1.20	2
Plomo mg/L	0.4	0.04 mg/l	0.005	0.01	0.01	0.02	0.04	0	0.07	0.004	0.4
Zinc mg/L	0.45	0.4	0.45	0.43	0.43	0.44	0.38	0.41	0.44	0.41	10
Color Unidades	70	50	20	50	40	40	50	70	20	150	1000
Oxígeno disuelto mg/L	2	4.37	3.15	2.83	4.03	2.27	5.80	6.01	3.96	ND	-----

Observaciones: ND = No detectable

Indicador de cumplimiento:

Cumple

No cumple

8.2.4.1. Parámetros de incumplimiento:

Al comparar los resultados obtenidos con los establecidos por el acuerdo (Ver tablas 8 y 9), se puede ver que las descargas de las aguas residuales del casco urbano del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez no cumplen con los parámetros de:

- Temperatura.
- Grasas y aceites.
- Materia flotante.
- Sólidos suspendidos.
- Coliformes fecales.

Se verificó la temperatura en cada uno de los puntos de descarga de las aguas residuales, no identificando la temperatura del afluente.

De igual forma se determinó que el aumento de temperatura se debe a que la mayor parte de los drenajes que transportan las aguas residuales se encuentran ubicados de forma subterránea, en toda la calle principal del casco urbano del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez, con aproximadamente 10 kilómetros de largo, de igual forma el aumento de temperatura también es generado por la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales.

El potencial de hidrógeno es ácido, ya que se encuentra en el rango de 5.35 a 7.04 de concentración. La cantidad de grasas y aceites del municipio se encuentra fuera del límite máximo permisible, derivado de las ventas de hidrocarburos que desechan los aceites quemados directamente al drenaje, incluyendo la inadecuada técnica de la población de arrojar los desechos orgánicos de animales al alcantarillado municipal, entre ellos órganos de aves, plumas y sangre de ganado bovino. Cabe mencionar que únicamente cumple con este parámetro fosa séptica de caserío Molinillo por ser de reciente construcción.

El rastro vierte sus aguas residuales directamente al cauce del río Mixpilla por un riachuelo formado por aguas residuales.

De igual forma existe presencia de materia flotante, además de desechos plásticos que son vertidos en los desagües de sanitarios. En las cuatro etapas no debe existir presencia de materia flotante.

El valor de sólidos suspendidos se encuentra sobre el límite máximo permisible de todas las descargas establecido en la etapa uno de 275 mg/L, parámetro al cual se le debe prestar mayor importancia debido a que el tratamiento previo realizado por las fosas sépticas; no están funcionando correctamente debido a los daños en su estructura, en donde deben establecerse mecanismos de medidas preventivas y correctivas para evitar este tipo de inconvenientes.

La aguas residuales mostraron presencia de coliformes fecales, este aspecto es importante ya que puede ser la fuente de enfermedades gastrointestinales a las personas que entren en contacto con ella. El resultado de ≥ 2400 nmp/1000 ml en todos los puntos de descarga, indicando carga altamente contaminada.

De igual forma existe incumplimiento en los valores presentados de algunos metales pesados en ciertos puntos de descarga que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla No. 10: Incumplimiento en los parámetros de metales pesados.

No.	Nombre del punto de descarga	Metal pesado presente
1	La Bendición	Cromo hexavalente y níquel
2	El Rastro	Cobre
3	Colonia El Recuerdo	Cobre
4	Caserío Molinillo	Cobre y níquel
5	Colonia El Recreo No. 2	Plomo
6	El Cementerio	Plomo
7	Río Mixpilla	Cobre
8	Finca Bélgica	Cobre
9	El Mesón	Cromo hexavalente y cobre

En cinco puntos de descarga de las aguas residuales existe presencia de cobre, el cual proviene del arrastre de materiales depositados a los ríos por el agua residual.

El valor identificado de níquel en fosa séptica La Bendición y fosa séptica Molinillo expresa que existe la presencia de suelo en las aguas residuales, mineral que pudo haber llegado por el agua de escorrentía que posiblemente se desprendió de rocas sedimentarias que se encuentran en el interior de las fosas sépticas.

De igual forma se identificó presencia de plomo en los puntos de descarga El Recreo y El Cementerio, el cual proviene naturalmente del suelo, claramente se determina su presencia en dos puntos de descarga directos por verter sus aguas a flor de tierra.

Existe presencia de cromo hexavalente en los puntos La Bendición y El Mesón, lo que indica que se está generando por un proceso industrial, que no ha sido identificado el lugar de procedencia.

8.2.4.2. Carga contaminante

Al realizar la evaluación de las aguas residuales del casco urbano del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez, se determinó la carga contaminante de (0.053 kg/h/día), con un total de 3,011.99 kg/día.

Por lo que se dividieron los puntos de descarga de las aguas residuales en mayores y menores de carga contaminante. Por lo tanto es necesaria la construcción de dos plantas de tratamiento de aguas residuales.

Para el año 2,037, estas plantas tienen que tener la capacidad de tratar 3,011.99 kg/día de carga contaminante, producida en 15 puntos de descarga. Para disminuir esta carga al límite permisible establecido por la meta de cumplimiento de 3,000 kg/día, según artículo 19 del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, luego de ser tratada por lo que no será complicada la remoción de los contaminantes en las plantas de tratamiento.

En la primera PTAR ingresará el efluente con mayor carga contaminante de siete puntos de descarga de las aguas residuales (ver tabla No. 11), el cual podría disminuirse si el tratamiento previo por fosas sépticas funcionara adecuadamente, por lo que se identifican de la siguiente forma:

Tabla No. 11: Descarga de aguas residuales que se tratarán en la planta número uno.

No.	Nombre del punto de descarga	Carga contaminante kg/día	Caudal (m ³ /s)
1	El Socorro No. 2	211.76	0.019
2	El Porvenir	103.44	0.0039
3	El Rastro	270.86	0.019
4	Caserío Molinillo	648.43	0.019
5	Colonia El Recreo No. 1	559.78	0.019
6	Río Mixpilla	423.01	0.034
7	Finca Bélgica	494.55	0.018
Total		2,711.83	0.8154

En la segunda PTAR ingresará efluente con menor concentración de contaminantes de ocho puntos de descarga (ver tabla No. 12), a pesar de ubicarse tres puntos de descarga directos al cuerpo receptor, ubicados a los límites del casco urbano sus pobladores se dedican a la agricultura y poco contribuyen en el aporte de productos inorgánicos en las aguas residuales

Tabla No. 12: Descarga de aguas residuales que se trataran en la planta número dos.

No.	Nombre del punto de descarga	Carga contaminante kg/día	Caudal (m ³ /s)
1	La Bendición	26.42	0.0022
2	El Socorro No. 1	46.67	0.0037
3	El Recuerdo No. 2	20.90	0.0020
4	Colonia El Recreo	10.70	0.0021
5	El Cementerio	79.83	0.021
6	Rio aguas negras Cementerio	72.23	0.011
7	El Cementerio	3.99	0.0014
8	El Mesón	38.88	0.0018
Total		299.62	0.065

8.2.4.3. Carga hidráulica

Se propone la construcción de dos plantas de tratamiento de las aguas residuales (PTAR), diseñadas en base a los caudales medios calculados durante 24 horas.

En la primer PTAR ingresará un caudal de 0.8154 m³/s proveniente de siete puntos de descarga identificados en la tabla No. 11; de igual forma en la segunda PTAR ingresará un caudal de 0.065 m³/s proveniente de ocho puntos de descarga identificados en la tabla No. 12. Con un caudal total de 0.8804 m³/s de ingreso en las dos plantas.

Tomando en cuenta la ubicación geográfica de cada punto de descarga de las aguas residuales, determinando que es factible la conexión de las tuberías, según el mapa del alcantarillado municipal del casco urbano del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez. (Ver anexo 3, Estudio Técnico, pág. 3, figura No. 1)

8.2.4.4. Propuesta de puntos a tratar

Según el Acuerdo Gubernativo No. 138-2017, para el 2 de mayo de 2019 las municipalidades deben establecer sistemas de tratamiento completos para las dos descargas principales; por lo que en el Municipio de Chicacao, Suchitepéquez se

identificaron dos puntos de descarga, los cuales son caserío Molinillo y colonia El Recreo.

Estos puntos son los que contribuyen con la mayor carga contaminante por lo que se debe implementar el proceso de pretratamiento debido a que se promueve la sedimentación; es necesario revisar los compartimientos oblicuos de serpentina de las fosas sépticas de los puntos antes mencionados, con el fin de que en cada cámara se atrapen sólidos gruesos para ser decantados al fondo de la misma descomponiéndose por las bacterias que se ubican en el fondo.

Luego el caudal previamente tratado de las fosas sépticas de El Molinillo y El Recreo será ingresado a la PTAR No. 1, en donde serán tratados siete puntos de descarga con mayor carga contaminante y en la PTAR No. 2 serán tratados los ocho puntos de descarga de menor carga contaminante.

8.2.5. Propuesta del sistema del tratamiento de las aguas residuales

De acuerdo a la ubicación de los 15 puntos de descarga de las aguas residuales, los caudales medios y las concentraciones de los contaminantes, se propone un sistema de tratamiento para las aguas residuales de tipo biológico anaerobio con sedimentador primario y filtro anaerobio de flujo ascendente, así como un sistema de clarificación de placas, con un pretratamiento de fosas sépticas (que en su mayoría se encuentran funcionando), con la finalidad de atrapar sólidos gruesos; proceso que se divide en las siguientes estaciones:

- Sedimentador primario.
- Filtro anaerobio de flujo ascendente.
- Clarificador de placas tipo serpentina.
- Dosificador de cloro y tanque de contacto.

Las aguas que serán tratadas en estas dos plantas de tratamiento son exclusivamente de tipo domiciliar. El sistema de tratamiento se inicia con el

ingreso del caudal a fosas sépticas, estableciendo un pretratamiento de sedimentación, luego se conducirán por gravedad a un sedimentador primario, en el cual existe un proceso físico de separación por gravedad que hace que una partícula más pesada descienda al fondo.

La velocidad de sedimentación está en función de la densidad del líquido, tamaño, peso específico y morfología de las partículas, esta operación será eficaz cuando mayor sea el tamaño y la densidad de las partículas a separar del agua, es decir, que al ingresar sólidos suspendidos y coliformes fecales, la sedimentación será más rápida por la densidad de las partículas, a esta operación de sedimentación también suele denominarse decantación.

El objeto fundamental de la decantación primaria suele ser de doble propósito

- a) Permite eliminar hasta el 60% los sólidos suspendidos presentes en las aguas residuales.
- b) Elimina hasta en un 30% de la materia orgánica.
- c) Elimina hasta el 50% de coliformes fecales durante el proceso de retención.
- d) Se genera una oxidación biológica produciendo fangos de densidad elevada en donde existirá presencia de metales pesados en el fondo del tanque sedimentador, por ser de mayor densidad.

Se deberá instalar un sistema de filtro anaerobio de flujo ascendente que estará lleno con un medio de soporte de roca volcánica, sobre el cual habrán adheridas bacterias encargadas de la depuración final de agua, luego el agua llegará a un clarificador en forma de serpentina que oxigena el agua y desprenderá partículas microscópicas que aun transporte el sistema.

El exceso de lodos producidos por el sistema en el sedimentador primario, filtro y clarificador serán removidos a través de válvulas de purga de lodos, luego serán transportados para su disposición final.

El objetivo de esta propuesta está centrada en la depuración de las aguas residuales domésticas para llegar a cumplir con un 70% de remoción de sólidos suspendidos, coliformes fecales, grasas y aceites, materia orgánica y algunos metales pesados.

8.2.6. Estudio Técnico de las aguas residuales

El Estudio Técnico se realizó incluyendo los contenidos de este estudio según artículo No. 6 del Acuerdo Gubernativo No. 263-2006 Reglamento de las descargas y reúso de las aguas residuales y la disposición de lodos, el cual se presenta en el anexo 3.

8.2.7. Proyecciones de las plantas de tratamiento de las aguas residuales.

Se presenta la proyección a 20 años (2017 – 2037) para las dos plantas de tratamiento de las aguas residuales del casco urbano del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez, con un incremento del caudal, según el incremento poblacional del 2.3 % actual.

Tabla No. 13: Proyección del caudal de ingreso a las plantas de tratamiento del año 2017 al año 2037

Año	PTAR No. 1 Caudal (m³/s)	PTAR No. 2 Caudal (m³/s)
2017	0.8154	0.065
2018	0.8342	0.0838
2019	0.8530	0.1026
2020	0.8718	0.1224
2021	0.8906	0.1402
2022	0.9094	0.1590
2023	0.9282	0.1778
2024	0.9470	0.1966
2025	0.9658	0.2154
2026	0.9846	0.2342
2027	1.0034	0.2530
2028	1.0222	0.2718
2029	1.0410	0.2906
2030	1.0598	0.3094
2031	1.0786	0.3282
2032	1.0974	0.3470
2033	1.1162	0.3658
2034	1.1350	0.3846
2035	1.1538	0.4034
2036	1.1726	0.4222
2037	1.1914	0.4410

Elaborada en base al caudal de agua residual actual y crecimiento poblacional.

IX. Conclusiones

- El Municipio de Chicacao, Suchitepéquez actualmente genera 0.8804 m³/ s y para el año 2037 generará 1.6324 m³/s y presentan los parámetros de temperatura, sólidos suspendidos, grasas y aceites, materia flotante y coliformes fecales, por arriba de los límites máximos permisibles, según lo establecido en el artículo 24 bis del Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo Gubernativo No. 138-2017.
- Se propone la construcción de dos plantas de tratamiento de aguas residuales con un sistema de tratamiento aerobio con un proceso biológico con una vida útil 20 años, con capacidad de tratar 1.19.14m³/s correspondientes a las descargas El Socorro No. 2, EL Porvenir, El Rastro, caserío Molinillo, colonia El Recreo No. 1, río Mixpilla y finca Bélgica, y la otra para tratar las descargas La Bendición, El Socorro No. 1, El Recuerdo No. 2, colonia El Recreo, El Cementerio No. 1, rio de aguas negras Cementerio, El Cementerio No 2.
- El Estudio Técnico se elaboró en base al artículo 6, del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, contiene la información general de la municipalidad, la documentación de apoyo y los incisos no evaluados por falta de apoyo económico.

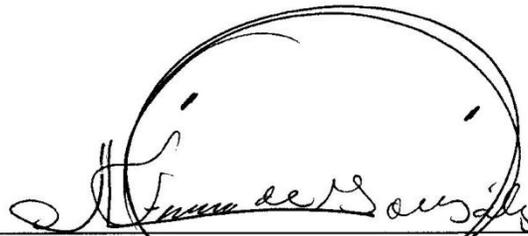
X. Recomendaciones

- Realizar la evaluación y seguimiento periódico de las aguas residuales tratadas en las plantas y los lodos generados con un mínimo de dos muestreos al año, según lo acordado en el artículo 49 del decreto 236-2006, llevando un registro de los resultados de los análisis durante un plazo de cinco años.
- Es conveniente la construcción y operación de dos plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo aerobia con un proceso biológico, debido a que no se necesita mayor espacio físico y el costo de instalación es accesible para tratar 1.1914 m³/s en la planta de tratamiento No.1 y en la No. 2 0.4410 m³/s, en el año 2037.
- Se debe implementar un proceso de tratamiento previo de fosas sépticas para los puntos de descarga principales, río Mixpilla y finca Bélgica, ya que existe un límite de cumplimiento para el 2 de mayo de 2019 legislado en el Acuerdo Gubernativo 138-2017, de igual forma darle mantenimiento a las fosas sépticas que actualmente están en funcionamiento.
- Elaborar un manual de operaciones y mantenimiento para las plantas de tratamiento, con el objetivo de mantener la eficacia y eficiencia de las plantas en todas sus fases y que sirva de guía para ejecutar todas las acciones dentro de la misma.

XI. Bibliografía

1. Arango, R, 2017. Flora de Suchitepéquez. Extensionista Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). Chicacao Suchitepéquez, Guatemala. P. 10 - 14.
2. Carter, R; Tracey, A. 2006. Mediciones de caudal para aguas residuales. Guatemala, Centro América. Documento PDF. P. 129 - 140.
3. Díaz, A. 2012. Tratamiento de aguas residuales. Guatemala, Guatemala. Documento PDF. P. 01 a 09.
4. Holdridge, L, 2002. Zonas de vida de Guatemala. Guatemala, Guatemala. Documento PDF. P. 109 - 111.
5. Instituto Nacional de Estadística (INE) 2002. "XI Censo Nacional de Población y VI de Habitación 2002". Guatemala, Guatemala. Disco compacto. 9,764 p.
6. Ocw, J. 2000. Determinación de los parámetros físicos y químicos para una planta de tratamiento de las aguas residuales. Guatemala. Guatemala. Documento PDF. P. 42 - 78.
7. Plan de Desarrollo Municipal (PDM). 2011 - 2025, del municipio de Chicacao, Suchitepéquez. Diciembre de 2010. Documento PDF.
8. Reglamento de las descargas y reusó de las aguas residuales y de la disposición de lodos. 2006. República de Guatemala. Documento PDF.

9. Registro Nacional de las Personas (RENAP). 2017. Etnias y comunidades. Chicacao, Suchitepéquez, Guatemala.
10. SEGEPLAN (Secretaría de Planificación y Programación), 2010 “Caracterización de Suchitepéquez”. Volumen 1. Guatemala, Guatemala, Editorial Serviprensa. P. 49.
11. Simmons, Ch, S.; Tárano T.; J.M.; Pinto Z., J.H. (1959), Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala, Trad. Pedro Tirado-Sulsona, Guatemala, Guatemala. Instituto Agropecuario Nacional, Servicio Cooperativo, Inter-Americano de Agricultura. Ministerio de Agricultura.
12. Valdez, A. 2011. Determinación de la carga contaminante. Guatemala, Guatemala. Documento PDF. P. 119.



Vo. Bo. Licda. Ana Teresa Cap de González
Bibliotecaria CUNSUROC.

XII. Anexos

Anexo 1: Cálculo de la carga contaminante por punto de descarga.

a. Fosa séptica La Bendición

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) = 139 mg/l

CC = Concentración x caudal x 0.0864

CC = 139 mg/l x 2.2 l/s x 0.0864 = 26.42 kg/día

b. Fosa séptica El Socorro No. 1

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) = 146 mg/l

CC = Concentración x caudal x 0.0864

CC = 146 mg/l x 3.7 l/s x 0.0864 = 46.67 kg/día

c. Fosa séptica El Socorro No. 2

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) = 129 mg/l

CC = Concentración x caudal x 0.0864

CC = 129 mg/l x 19 l/s x 0.0864 = 211.76 kg/día.

d. Fosa séptica El Porvenir

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) = 307 mg/l

CC = Concentración x caudal x 0.0864

CC = 307 mg/l x 3.9 l/s x 0.0864 = 103.44 kg/día

e. Fosa séptica El Rastro

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) = 165 mg/l

CC = Concentración x caudal x 0.0864

CC = 165 mg/l x 19 l/s x 0.0864 = 270.86 kg/día

f. Fosa séptica colonia El Recuerdo

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) = 121 mg/l

CC = Concentración x caudal x 0.0864

CC = 121 mg/l x 2 l/s x 0.0864 = 20.90 kg/día

g. Fosa séptica caserío Molinillo

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) = 395 mg/l

CC = Concentración x caudal x 0.0864

CC = 395 mg/l x 19 l/s x 0.0864 = 648.43 kg/día

h. Fosa séptica colonia El Recreo

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) = 341 mg/l

CC = Concentración x caudal x 0.0864

CC = 341 mg/l x 19 l/s x 0.0864 = 559.78 kg/día

i. Caída directa colonia El Recreo

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) = 59 mg/l

CC = Concentración x caudal x 0.0864

CC = 59 mg/l x 2.1 l/s x 0.0864 = 10.70 kg/día

j. Caída directa El Cementerio

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) = 44 mg/l

CC = Concentración x caudal x 0.0864

CC = 44 mg/l x 21 l/s x 0.0864 = 79.83 kg/día

k. Río aguas negras Cementerio

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) = 76 mg/l

CC = Concentración x caudal x 0.0864

CC = 76 mg/l x 11 l/s x 0.0864 = 72.23 kg/día

l. Fosa séptica El Cementerio

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) = 33 mg/l

CC = Concentración x caudal x 0.0864

CC = 33 mg/l x 1.4 l/s x 0.0864 = 3.99 kg/día

m. Caída directa Río Mixpilla

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) = 144 mg/l

CC = Concentración x caudal x 0.0864

CC = 144 mg/l x 34 l/s x 0.0864 = 423.01 kg/día

n. Caída directa finca Bélgica

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) = 318 mg/l

CC = Concentración x caudal x 0.0864

CC = 318 mg/l x 18 l/s x 0.0864 = 494.55 kg/día

o. Fosa séptica El Mesón

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) = 250 mg/l

CC = Concentración x caudal x 0.0864

CC = 250 mg/l x 1.8 l/s x 0.0864 = 38.88 kg/día

Anexo 2: Fotografías

Identificación de los puntos de descarga de las aguas residuales del casco urbano del Municipio de Chicacao Suchitepéquez.



Figura No. 2: Identificación de los puntos de descarga.



Figura No. 3: Identificación fosa séptica caserío El Molinillo

Medición del caudal de las aguas residuales.



Figura No.4: Medición de caudal de fosa séptica El Socorro No. 1



Figura No. 5: Medición de caudal de fosa séptica El Socorro No. 2

Medición de los parámetros in situ (en el lugar)



Figura No. 6: Medición de parámetros in situ en fosa séptica El Cementerio.



Figura No. 7: Medición de parámetros in situ en punto directo Cementerio.

Toma de muestras de las aguas residuales



Figura No. 8: Toma de muestras de las aguas residuales en fosa séptica de colonia La Bendición.



Figura No. 9: Toma de muestras de las aguas residuales de punto directo colonia El Recreo.

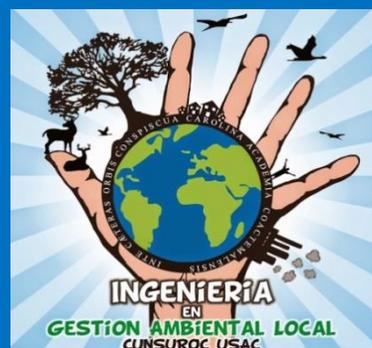
Anexo 3. Estudio Técnico del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez

Estudio Técnico

Anexo No.3: ESTUDIO TÉCNICO MUNICIPIO DE CHICACAO, SUCHITEPÉQUEZ.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Ruby De León

Hewlett-Packard

Mayo 2018

Contenido

I.	Avance del Estudio Técnico	1
1.1.	Información general.....	1
1.1.1.	Nombre, razón o denominación social.....	1
1.1.2.	Persona contacto ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	1
1.1.3.	Descripción de la naturaleza de la actividad de la persona individual o jurídica sujeta al presente reglamento	1
1.1.4.	Horarios de descarga de aguas residuales	1
1.1.5.	Descripción del tratamiento de aguas residuales	2
1.1.8.	Identificación del cuerpo receptor hacia el cual se descargan las aguas residuales.....	4
1.1.9.	Enumeración de parámetros exentos de medición y su justificación respectiva.	5
II.	Documentos	5
2.1.	Plano de localización y ubicación, con coordenadas geográficas.....	5
2.2.	Plano de ubicación y localización, con coordenadas geográficas, del o los dispositivo de descargas.....	6
2.3.	Plan de plan de gestión de aguas residuales, aguas para reuso y lodos	7
2.3.1.	Medidas para la preparación y afinamiento del catastro y monitoreo	7
2.3.1.1.	Medidas preventivas.....	7
2.3.1.2.	Medidas correctivas.....	9
2.4.	Parámetros críticos para el manejo de las aguas residuales y cumplimiento del Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos.....	10
2.5.	Balance de aguas residuales	11
2.5.2.	Forma de manejo de los diferentes tipos de agua residual	12
2.6.	Identificación de la opción de cumplimiento del ente generador o persona que descarga al alcantarillado público.	13
2.7.	Selección de opción de cumplimiento.	13

2.8.	Descripción del manejo del o los efluentes	
	en función del aprovechamiento que en forma de	
	reuso se le dé a las aguas residuales ordinarias y.....	
	especiales debidamente tratadas, exceptuando	
	metales pesados que excedan los límites máximos.....	
	permisibles estipulados en el reglamento.	14
2.9.	Descripción del procedimiento propuesto de extracción,	
	transporte y disposición final de lodos.....	14
III.	Bibliografía.....	15

Índice de tablas

Tabla

1.	Medidas preventivas.....	8
2.	Medidas correctivas.....	9
3.	Seguimiento de medidas correctivas.....	10
4.	Identificación del caudal por punto de descarga.....	12

Índice de figuras

Figura

1.	Mapa de ubicación geográfica del alcantarillado municipal.....	3
2.	Mapa de ubicación del cuerpo receptor de las aguas residuales.....	4
3.	Mapa de ubicación geográfica del casco urbano	5
4.	Mapa de puntos de descarga de las aguas residuales.....	6

I. Avance del Estudio Técnico

La información presentada a continuación es una parte de los aspectos que conformarían un estudio técnico de las aguas residuales del municipio.

1.1. Información general

1.1.1. Nombre, razón o denominación social

En el Municipio de Chicacao, Suchitepéquez se encuentran 15 puntos de descarga de las aguas residuales, en 10 de ellos hay una fosa séptica por cada punto de los que cinco funcionan con normalidad y las otras cinco tienen problemas en su infraestructura y funcionamiento.

1.1.2. Persona contacto ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

Encargado de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal (UGAM): Mynor Antonio Tacaxoy Barrera.

1.1.3. Descripción de la naturaleza de la actividad de la persona individual o jurídica sujeta al presente reglamento

En este caso la municipalidad es un ente público administrador de las aguas residuales.

1.1.4. Horarios de descarga de aguas residuales

Son descargadas durante las 24 horas del día.

1.1.5. Descripción del tratamiento de aguas residuales

En el municipio de Chicacao, Suchitepéquez, actualmente existen 10 fosas sépticas, cinco con buen funcionamiento y cinco no funcionan adecuadamente, las fosas con mal funcionamiento son: El Rastro, El Recuerdo, colonia El Recreo, El Cementerio y El Mesón.

1.1.6. Caracterización del efluente de aguas residuales, incluyendo sólidos sedimentables.

Se caracterizaron las aguas residuales del casco urbano del Municipio de Chicacao Suchitepéquez, para las mediciones durante 24 horas y se determinó un caudal de 0.8804 m³/s. Se realizaron muestreos indicando presencia de carga orgánica.

1.1.7. Identificación del alcantarillado hacia el cual se descargan las aguas residuales, si aplica

Para la descripción de este aspecto no se contó con los planos y la información necesaria de este acápite. Únicamente se conoce que las aguas residuales se descargan al alcantarillado público, a través de una red de conexiones de las diferentes viviendas.



Mapa de ubicación geográfica del alcantarillado municipal del casco urbano del Municipio de Chicacao Suchitepéquez



Leyenda

Municipio de Chicacao,
Suchitepéquez

Coordenadas Geográficas
Latitud: 14° 32' 34"
Longitud: 91° 19' 44"

Sistema de Coordenadas
Proyectadas

WGS 84 UTM Zone 15N

Fecha: 05 de octubre de 2017

 Alcantarillado municipal

Figura No. 1 Mapa de ubicación geográfica del alcantarillado público del Municipio de Chicacao Suchitepéquez.

1.1.8. Identificación del cuerpo receptor hacia el cual se descargan las aguas residuales

El agua residual del Municipio de Chicacao Suchitepéquez es descargada a los ríos Nahualate, Cutzán y Mixpilla.



Mapa de ubicación del cuerpo receptor de las aguas residuales del casco urbano del Municipio de Chicacao Suchitepéquez



Figura No. 2 Mapa de ubicación del cuerpo receptor de las aguas residuales del Municipio de Chicacao Suchitepéquez.

1.1.9. Enumeración de parámetros exentos de medición y su justificación respectiva.

- a. **Mercurio:** Parámetro que no fue analizado debido a que únicamente se encuentra presente en procesos industriales y el Municipio de Chicacao, Suchitepéquez no tiene procesos industriales.

II. Documentos

2.1. Plano de localización y ubicación, con coordenadas geográficas



Mapa de ubicación geográfica del casco urbano del Municipio de Chicacao Suchitepéquez



Leyenda

Municipio de Chicacao,
Suchitepéquez

Coordenadas Geográficas
Latitud: 14° 32' 34"
Longitud: 91° 19' 44"

Sistema de Coordenadas
Proyectadas
WGS 84 UTM Zone 15N
Autor; Kevin Alberto, Pérez
Morales
Fecha: 21 de junio de 2017

Figura No. 3 Mapa de ubicación geográfica del Municipio de Chicacao Suchitepéquez.

2.2. Plano de ubicación y localización, con coordenadas geográficas, del o los dispositivos de descargas



Mapa de puntos de descarga de las aguas residuales del casco urbano del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez.

Ubicación Geográfica de Chicacao
 Latitud: 14° 32' 34"
 Longitud: 91° 19' 44"

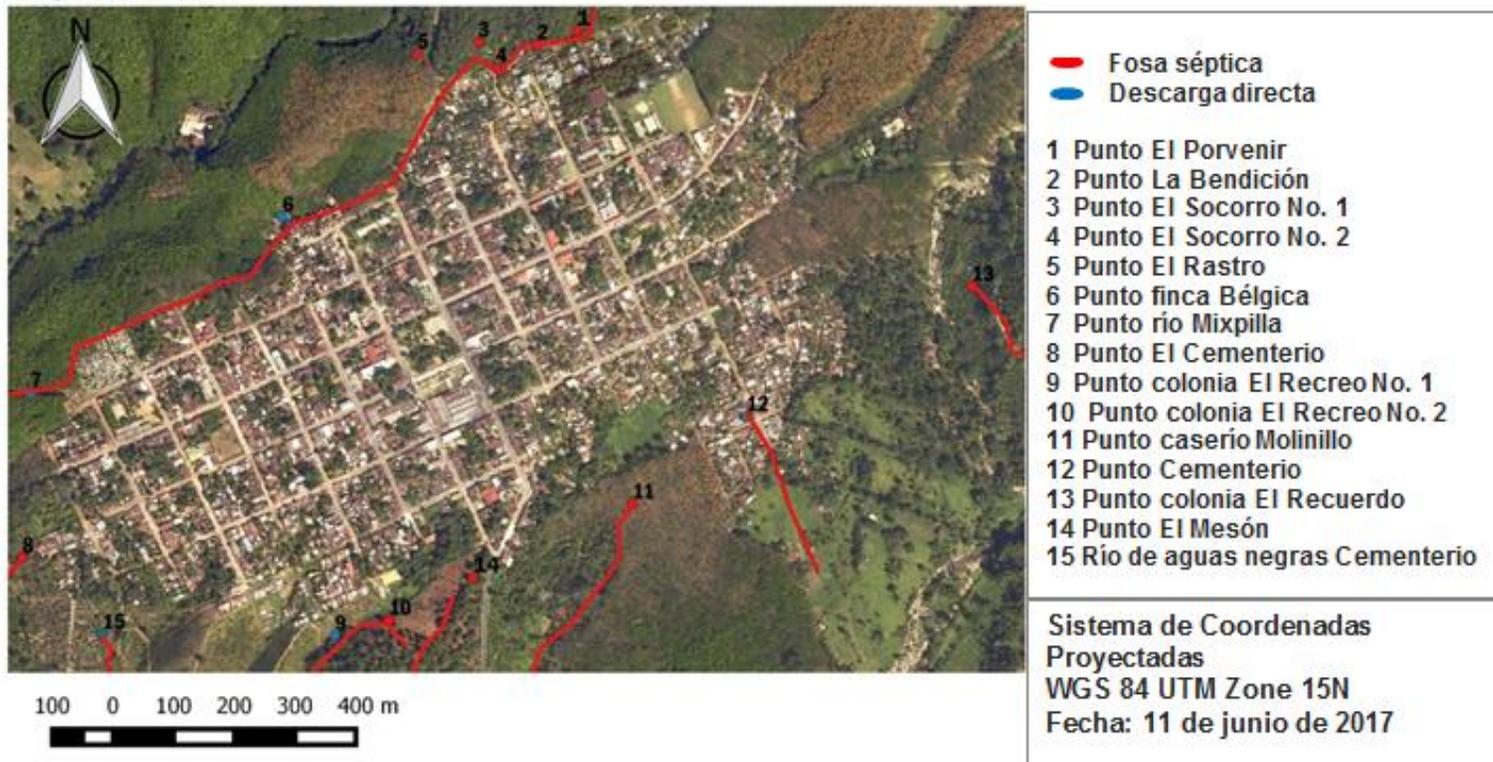


Figura No. 4 Mapa de los puntos de descarga de las aguas residuales del casco urbano del Municipio de Suchitepéquez.

Previamente con la planificación realizada para la ejecución del proyecto, se localizaron los diferentes puntos de descarga de las aguas residuales del casco urbano del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez, estos se ubicaban en diferentes lugares, de los cuales, el mayor efluente se encuentra en el punto directo del río Mixpilla (0.034 m³/s).

2.3. Plan de plan de gestión de aguas residuales, aguas para reúso y lodos

La municipalidad del Municipio de Chicacao Suchitepéquez debe implementar el plan de gestión de aguas residuales, aguas para reúso y disposición de lodos con los criterios de cumplimiento, acciones y medidas para el adecuado monitoreo de las descargas de las aguas residuales, según lo establecido en el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, reformado en el Acuerdo Gubernativo No. 138-2017.

2.3.1. Medidas para la preparación y afinamiento del catastro y monitoreo

2.3.1.1. Medidas preventivas

Estrategia: Planes de manejo ambiental relacionados a la generación de aguas residuales.

Objetivo: Implementar planes de manejo ambiental que permitan prevenir y minimizar los impactos directos e indirectos que afectan en la generación de aguas residuales, así como la salud humana.

Tabla No. 1: Medidas preventivas

Acción	Plazo	Entidad responsable	Entidades de apoyo	Fuente de financiación
Planificación de charlas, capacitaciones y campañas sobre contaminación hídrica y enfermedades por fuentes hídricas contaminadas.	Corto	Concejo Municipal y departamentos	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	Pública
Implementación y socialización de políticas públicas ambientales.	Corto	UGAM	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	Pública
Plan de manejo de agua.	Corto	UGAM	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	Pública
Plan de saneamiento ambiental.	Corto	UGAM / Centro o puesto de salud	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) / Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS).	Pública
Implementación de tasas retributivas	Mediano	UGAM / Oficina aguas y drenajes	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	Pública

2.3.1.2. Medidas correctivas

Estrategia: Prácticas de tratamiento para el sistema de aguas residuales.

Objetivo: Mejorar las prácticas de tratamiento de las aguas residuales a través del sistema de alcantarillado público, desde el ingreso hasta su disposición final.

Tabla No. 2: Medidas Correctivas

Acción	Plazo	Entidad responsable	Entidades de apoyo	Fuente de financiación
Mejorar la ubicación de descarga del efluente.	Corto	Unidad de Gestión Ambiental Municipal (UGAM)	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	Pública
Diseñar un mecanismo de evaluación, control y seguimiento de aguas, a través de la aplicación de análisis y muestreos.	Corto y mediano	Unidad de Gestión Ambiental Municipal (UGAM)	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	Pública
Aumentar las coberturas de acueducto y alcantarillado público en zonas rurales.	Mediano	UGAM/Oficina aguas y drenajes	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	Pública

Tabla No. 3: Seguimiento de medidas correctivas

Realizar un mantenimiento integral de los servicios públicos (limpieza alcantarillado, acueductos, fosas sépticas y demás)	Corto	UGAM/Oficina aguas y drenajes	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	Pública
Gestionar aportes nacionales e internacionales	Mediano	Concejo Municipal	Instituto de Fomento Municipal (INFOM), MARN, ONG´S, etc.	Pública y privada
Diseñar una planta de tratamiento para aguas residuales (PTAR).	Mediano	Concejo Municipal/UGAM	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).	Pública y privada

2.4. Parámetros críticos para el manejo de las aguas residuales y cumplimiento del Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos.

Los parámetros críticos para determinar las características de las aguas residuales y cumplir con lo estipulado en el reglamento No. 138-2017, son los siguientes:

1. Temperatura
2. Grasas y aceites
3. Materia flotante

4. Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius (DBO_5).
5. Sólidos suspendidos
6. Nitrógeno total
7. Fósforo total
8. Potencial de hidrógeno
9. Coliformes fecales
10. Arsénico
11. Cadmio
12. Cianuro total
13. Cobre
14. Cromo hexavalente
15. Mercurio
16. Níquel
17. Plomo
18. Zinc
19. Color

2.5. Balance de aguas residuales

De acuerdo a los resultados obtenidos en la medición del efluente, se determinó un caudal durante 24 horas, expresado en la siguiente tabla:

Tabla No. 4: Identificación del caudal por punto de descarga.

No.	Nombre del punto de descarga	Caudal Promedio (m ³ /s)
1	Fosa La Bendición	0.0022 m ³ /s
2	Fosa El Socorro No. 1	0.0037 m ³ /s
3	Fosa El Socorro No. 2	0.019 m ³ /s
4	Fosa El Porvenir	0.0039 m ³ /s
5	Fosa El Rastro	0.019 m ³ /s
6	Fosa colonia El Recuerdo	0.0020 m ³ /s
7	Fosa caserío Molinillo	0.019 m ³ /s
8	Fosa colonia El Recreo	0.019 m ³ /s
9	Caída directa colonia El Recreo	0.0021 m ³ /s
10	Caída directa El Cementerio	0.021 m ³ /s
11	Rio aguas negras cementerio	0.011 m ³ /s
12	Fosa El Cementerio	0.0014 m ³ /s
13	Caída directa rio Mixpilla	0.034 m ³ /s
14	Caída directa finca Bélgica	0.018 m ³ /s
15	Fosa El Mesón	0.0018 m ³ /s

2.5.2. Forma de manejo de los diferentes tipos de agua residual

La forma de manejo para el agua residual será dependiendo de su calidad, siendo de tipo especial el agua proveniente de actividades agrícolas y pecuarias que se desarrollan en el municipio; y de tipo ordinario la que proviene de usos domésticos.

- ✓ El agua de tipo ordinario será tratada por medio del alcantarillado público, realizando limpieza y mantenimiento gradual en las tuberías y acueductos colectores de agua. Asimismo realizando mantenimiento al tratamiento actual que corresponde al sistema de fosas sépticas.
- ✓ El agua de tipo especial será tratada a través de procesos físicos y biológicos en una planta de tratamiento para aguas residuales, en un lapso futuro.

Recomendación: para el manejo y forma de tratamiento de agua residual de estos tipos, es necesario contar con apoyo técnico y financiero, así como con el espacio físico requerido para realizar una planta de tratamiento (PTAR).

2.6. Identificación de la opción de cumplimiento del ente generador o persona que descarga al alcantarillado público.

La municipalidad de Chicacao, Suchitepéquez como opción de cumplimiento de ente generador, trata las aguas residuales a través de 10 fosas sépticas de las cuales cinco se encuentran en mal funcionamiento debido a la falta de mantenimiento.

2.7. Selección de opción de cumplimiento.

a) Artículo 24 del reglamento No. 236-2006, reformado en el Acuerdo Gubernativo No. 138-2017:

- Modelo de reducción progresiva de cargas, sus etapas, porcentajes de remoción y metas correspondientes
- Demanda química de oxígeno
- Metas de cumplimiento: 3000 kg/día de DBO, 200 mg/L en el parámetro de calidad asociado.
- Límites máximos permisibles de los demás parámetros

b) Del artículo 24 del presente reglamento, debe cumplir con lo siguiente:

- Cumplir con los límites máximos permisibles de descargas a cuerpos receptores para aguas residuales municipales y de urbanizaciones no conectadas al alcantarillado público y plazos establecidos y contenidos en este inciso.

2.8. Descripción del manejo del o los efluentes en función del aprovechamiento que en forma de reúso se le dé a las aguas residuales ordinarias y especiales debidamente tratadas, exceptuando metales pesados que excedan los límites máximos permisibles estipulados en el reglamento.

El manejo del efluente será aprovechado de manera que su flujo pueda ser reutilizado de acuerdo a lo establecido en el artículo 34 del presente reglamento se puede hacer reúso del agua para lo siguiente:

- Riego agrícola
- Cultivos comestibles
- Acuacultura
- Pastos y otros cultivos
- Uso recreativo

Éstos únicamente pueden realizarse si cumplen con los parámetros y límites máximos establecidos en el artículo 35 del reglamento.

Además se permite la disposición final de lodos según el artículo 41, que cumplan con los parámetros y límites máximos del artículo 42, en lo siguiente:

- Aplicación al suelo: acondicionador, abono o compost
- Disposición en rellenos sanitarios
- Confinamiento o asilamiento, y
- Combinación de las antes mencionadas

2.9. Descripción del procedimiento propuesto de extracción, transporte y disposición final de lodos.

El proceso de extracción, transporte y disposición final de lodos se realizará de acuerdo a lo estipulado en el reglamento, siempre y cuando exista una planta de tratamiento para las aguas residuales.

III. Bibliografía

13. Plan de Desarrollo Municipal (PDM). 2011 - 2025, del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez. Diciembre de 2010. Documento PDF.
14. Reglamento de las descargas y reúso de las aguas residuales y de la disposición de lodos. 2006. República de Guatemala. Documento PDF
15. SEGEPLAN (Secretaría de Planificación y Programación), 2010 "Caracterización de Suchitepéquez". Volumen 1. Guatemala, Guatemala, Editorial Serviprensa. P. 49.

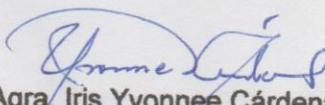
Mazatenango 24 de enero 2018

Coordinación de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

De la manera más atenta, me permito presentarle el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado "**Caracterización de las aguas residuales del casco urbano del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez**", del estudiante Kevin Alberto Pérez Morales, con carné número **201145782**, documento que forma parte 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 seis, inciso 6.4 del Normativo de Trabajo de Graduación, pueda 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



Inga. Agr. Iris Yvonnee Cárdenas Sagastume
Asesor de EPSIGAL
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC



Mazatenango, 22 de mayo del 2018.

Inga. Iris Yvonne Cárdenas Sagastume
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Respetable ingeniera Cárdenas

Respetuosamente me dirijo a usted para informarle que de acuerdo al artículo nueve, del Normativo de Trabajo de Graduación de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, se realizó la revisión y observaciones de la investigación titulada "**Caracterización de las aguas residuales del casco urbano del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez**" presentado por el estudiante: Kevin Alberto Pérez Morales, quien se identifica con carné 201145782 y CUI 2163 62539 0401.

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

Respetuosamente, se despide de usted

Atentamente

Eysen Rodrigo Enríquez Ochoa
Ingeniero Agrónomo
Revisor de Trabajo de Graduación



Mazatenango 24 de mayo 2018

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano
Director
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

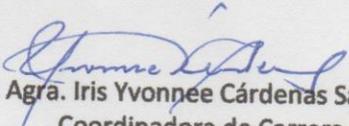
Respetable Señor Director:

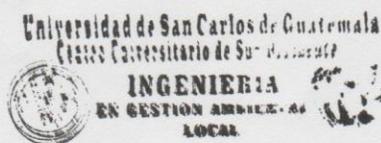
De la manera más atenta, me dirijo a usted para referirle el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado "**Caracterización de las aguas residuales del casco urbano del Municipio de Chicacao, Suchitepéquez**", del estudiante Kevin Alberto Pérez Morales, con carné número **201145782**, de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

Con base en el dictamen favorable emitido y suscrito por Msc. Eysen Rodrigo Enríquez Ochoa 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


Inga. Agrá. Iris Yvonnee Cárdenas Sagastume
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC





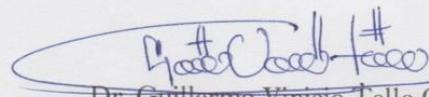
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-08-2018

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, el diecisiete de agosto de dos mil dieciocho_____

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del Asesor y Revisor, se autoriza la impresión del Trabajo de Graduación Titulado: **"CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE CHICACAO, SUCHITEPÉQUEZ"** del estudiante: **Kevin Alberto Pérez Morales**, Carné **201145782** de la Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Dr. Guillermo Vinicio Tello
Director



/gris