

1era Edición

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A TRAVÉS DE MATERIALES SOSTENIBLES CON BIODIGESTORES COMUNA JOA, CANTÓN JIPIJAPA.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A TRAVÉS DE MATERIALES SOSTENIBLES CON BIODIGESTORES COMUNA JOA, CANTÓN JIPIJAPA.

Glider Nunilo Parrales Cantos
Jhosselyn Jasmín Mero Delgado
Carlos José Zavala Vásquez
Byron Patricio Baque Campozano
Denny Augusto Cobos Lucio
Francisco Segundo Ponce Reyes
Martha Álvarez Álvarez
Freddy Humberto Guillen Morales
Luis Alfonso Moreno Ponce
Wilter Leonel Solórzano Álava

Autores Investigadores

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A TRAVÉS DE MATERIALES SOSTENIBLES CON BIODIGESTORES COMUNA JOA, CANTÓN JIPIJAPA.

AUTORES

INVESTIGADORES

Glider Nunilo Parrales Cantos

Magíster en Administración Ambiental
Universidad Estatal del sur de Manabí;
Ingeniero Civil

 <https://orcid.org/0000-0002-2233-8825>

Jhosselyn Jasmin Mero Delgado

Ingeniero
Universidad Estatal del sur de Manabí;

Carlos José Zavala Vásquez

Ingeniero Civil
Universidad Estatal del sur de Manabí;

 carlos.zavala@unesum.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0001-6265-2651>

Byron Patricio Baque Campozano

Máster en Gerencia Educativa;
Ingeniero Civil;
Profesor titular Principal en la Carrera de Ingeniería Civil de la
Universidad Estatal del sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador

 <https://orcid.org/0000-0001-9701-2179>

Denny Augusto Cobos Lucio

Magíster en Construcción de Obras Viales;
Ingeniero Civil;

Profesor en la Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa; Ecuador

 <https://orcid.org/0000-0003-2094-9689>

Francisco Segundo Ponce Reyes

Magíster en Gerencia Educativa;
Doctor en Educación;

Ingeniero Civil;
Universidad Estatal del Sur de Manabí;
Jipijapa, Ecuador;

 francisco.ponce@unesum.edu.ec;
 <https://orcid.org/0000-0002-0423-1346>

Martha Álvarez Álvarez

Ingeniero Civil;

Magíster en Geotecnia;
Docente de la Carrera de Ingeniería Civil de la
Universidad Estatal del Sur de Manabí

Jipijapa; Ecuador
 martha.alvarez@unesum.edu.ec
 <https://orcid.org/0000-0002-9879-0367>

Freddy Humberto Guillen Morales

Magíster en Administración Ambiental
Ingeniero Civil

Universidad Estatal del sur de Manabí;
 <https://orcid.org/0000-0002-1463-7032>

Luis Alfonso Moreno Ponce

Magíster en Construcción de Obras Viales,
Ingeniero Civil,

Docente Titular de la Carrera de Ingeniería Civil de la
Universidad Estatal del Sur de Manabí,
Jipijapa, Ecuador.

 luis.moreno@unesum.edu.ec
 <https://orcid.org/0009-0000-9026-1009>

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A TRAVÉS DE MATERIALES SOSTENIBLES CON BIODIGESTORES COMUNA JOA, CANTÓN JIPIJAPA.

REVISORES ACADÉMICOS

Aldo José Loqui Sánchez

Doctor en Educación;
Magíster en Riego y Drenaje;
Docente Facultad de Ciencias Agrarias;
Universidad de Guayaquil;
Guayaquil, Ecuador

 aldo_loqui@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8953-5105>

Freddy Carlos Gavilánez Luna

Magíster en Estadística Aplicada;

Magíster en Riego y Drenaje;

Doctor en Ciencias Ambientales;

Ingeniero Agrónomo;

Universidad Agraria del Ecuador;

Guayaquil, Ecuador;

 fgavilanez@uagraria.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0002-7861-514X>

CATALOGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Glider Nuniilo Parrales Cantos
Jhosselyn Jasmín Mero Delgado
Carlos José Zavala Vásquez
Byron Patricio Baque Campozano
Denny Augusto Cobos Lucio
AUTORES: Francisco Segundo Ponce Reyes
Martha Álvarez Álvarez
Freddy Humberto Guillen Morales
Luis Alfonso Moreno Ponce
Wilter Leonel Solórzano Álava

Título: Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales a través de materiales sostenibles con biodigestores comuna Joa, cantón jipijapa

Descriptores: Problemas medioambientales; Calidad del agua; Contaminación del agua; Tratamiento del agua.

Código UNESCO: 3308.10 Tecnología de aguas residuales

Clasificación Decimal Dewey/Cutter: 363.7284/P247

Área: Ingeniería y Tecnología del Medio Ambiente

Edición: 1^{ra}

ISBN: 978-9942-654-56-4

Editorial: Mawil Publicaciones de Ecuador, 2025

Ciudad, País: Quito, Ecuador

Formato: 148 x 210 mm.

Páginas: 121

DOI: <https://doi.org/10.26820/978-9942-654-56-4>

URL: <https://mawil.us/repositorio/index.php/academico/catalog/book/233>

Texto para docentes y estudiantes universitarios

El proyecto didáctico **Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales a través de materiales sostenibles con biodigestores comuna Joa, cantón jipijapa**, es una obra colectiva escrita por varios autores y publicada por MAWIL; publicación revisada por el equipo profesional y editorial siguiendo los lineamientos y estructuras establecidos por el departamento de publicaciones de MAWIL de New Jersey.

© Reservados todos los derechos. La reproducción parcial o total queda estrictamente prohibida, sin la autorización expresa de los autores, bajo sanciones establecidas en las leyes, por cualquier medio o



Usted es libre de:
Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.
Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

Director Académico: PhD. Lenín Suasnábas Pacheco

Dirección Central MAWIL: Office 18 Center Avenue Caldwell; New Jersey # 07006

Gerencia Editorial MAWIL-Ecuador: Mg. Vanessa Pamela Quishpe Morocho

Dirección de corrección: Mg. Ayamara Galanton.

Editor de Arte y Diseño: Leslie Letizia Plua Proaño

Corrector de estilo: Lic. Marcelo Acuña Cifuentes

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
A TRAVÉS DE MATERIALES SOSTENIBLES CON BIODIGESTORES
COMUNA JOA, CANTÓN JIPIJAPA.**

Índices

Contenidos

Prólogo	13
Introducción	15
Capítulo I.	
Revisión de la Literatura: Marco Teórico	19
Capítulo II.	
Metodología.....	72
Capítulo III.	
Resultados y discusión	75
Capítulo IV.	
Diseño el Sistema de Conducción de Aguas Residuales al Biodigestor	87
Capítulo V.	
Características técnicas y diseño del biodigestor y su impacto ambiental	97
Capítulo VI.	
Presupuesto referencial del sistema de conducción de aguas residuales y del biodigestor..... 113	

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
A TRAVÉS DE MATERIALES SOSTENIBLES CON BIODIGESTORES
COMUNA JOA, CANTÓN JIPIJAPA.**

Índices

Figuras

Figura 1. Componentes del biodigestor.....	38
Figura 2. Esquematización del Tanque Biodigestor.....	39
Figura 3. Esquematización tapa del Biodigestor	40
Figura 4. Esquematización del Biofiltro.....	40
Figura 5. Componentes del sistema de tratamiento con biodigestor	43
Figura 6. Funcionamiento del tanque Biodigestor	44
Figura 7. Distancias recomendadas para colocar el tanque	46
Figura 8. Limpieza del Biodigestor	47
Figura 9. Campo de infiltración	48
Figura 11. Toma de lectura	49
Figura 12. Ajuste del nivel de agua	51
Figura 16. Modelo Matriz de Importancia.....	51
Figura 14. Comuna Joa.....	76
Figura 15. Habitantes de cada vivienda.....	79
Figura 16. Tipo de vivienda	79
Figura 17. Disposición final de las aguas residuales	81
Figura 18. Tipo de agua residual.....	82
Figura 19. Frecuencia de enfermedades en los habitantes.....	83
Figura 20. Aprovechamiento de las aguas residuales	84
Figura 21. ASistema de tratamiento de aguas residuales.....	85
Figura 22. Tanque biodigestor para mejorar la calidad de vida.....	86
Figura 23. Implantación del lugar del proyecto en la Comuna Joa del Cantón Jipijapa.....	88

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
A TRAVÉS DE MATERIALES SOSTENIBLES CON BIODIGESTORES
COMUNA JOA, CANTÓN JIPIJAPA.**

Índices

Tablas

Tabla 1. Periodo de diseño para alcantarillado sanitario	26
Tabla 2. Tasa de crecimiento poblacional	27
Tabla 3. Niveles de servicio para poblaciones rurales	27
Tabla 4. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.....	28
Tabla 5. Valores de tasa de infiltración en tubos, F	31
Tabla 6. Especificaciones técnicas de tuberías de PVC, doble pared estructurada.	33
Tabla 7. Velocidades máximas a tubo lleno y coeficientes de rugosidad	36
Tabla 8. Peso del Biodigestor.....	38
Tabla 9. Dimensiones del Biodigestor.....	39
Tabla 10. Capacidad del biodigestor, según consumo diario.....	40
Tabla 11. Volumen de lodos a evacuar.....	41
Tabla 12. Distancias recomendadas para colocar el tanque de biodigestión.....	46
Tabla 13. Recomendaciones para la excavación.....	49
Tabla 14. Purga de lodo y cantidad de cal (mantenimiento anual).....	52
Tabla 15. AyA velocidad de infiltración, en Normas de presentación, diseño y construcción para urbanizaciones y fraccionamientos.....	60
Tabla 17. Resumen del modelo de valoración de la importancia de impacto.	63
Tabla 18. Resumen del modelo de valoración de la importancia de impacto.	78
Tabla 19. Tipo de vivienda	79
Tabla 20. Conexión al sistema de AASS.....	80
Tabla 21. Disposición final de aguas residuales	80
Tabla 22. Tipo de agua residual	81
Tabla 23. Frecuencia de enfermedades	82
Tabla 24. Aprovechamiento de las aguas residuales	83
Tabla 25. Sistema de tratamiento de aguas residuales	84
Tabla 26. Sistema de tratamiento de aguas residuales	85
Tabla 27. Periodo de diseño para alcantarillado sanitario.....	88
Tabla 28. Tasas de crecimiento poblacional.....	89
Tabla 29. Niveles de servicio para poblaciones rurales	90
Tabla 30. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio	90
Tabla 31. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio	93
Tabla 32. Resumen de cálculo para Sistema de Conducción de Agua Residual Comuna Joa	96
Tabla 33. Capacidad del biodigestor, según consumo diario.....	98

Tabla 34. Dimensiones del tanque biodigestor de 3000 litros que es el que cumple con el diseño.....	99
Tabla 35. Datos de campo.....	100
Tabla 36. Matriz de Leopold - Diseño de Sistema de tratamiento de aguas residuales con biodigestor.....	105
Tabla 37. Lista de chequeo.....	106
Tabla 38. Fase de construcción. Movimiento de tierra.....	107
Tabla 39. Fase de construcción. Excavación de zanjas.....	107
Tabla 40. Fase de construcción. Instalación de tuberías.....	107
Tabla 41. Fase de operación. Recolección de aguas residuales.....	108
Tabla 42. Operación del biodigestor	108
Tabla 43. Descarga del efluente	108
Tabla 44. Limpieza de tubería y colectores	109
Tabla 45. Limpieza del biodigestor	109
Tabla 46. Tabla de descripción de rubros, unidades, cantidades y precios.....	111

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
A TRAVÉS DE MATERIALES SOSTENIBLES CON BIODIGESTORES
COMUNA JOA, CANTÓN JIPIJAPA.**

Prólogo

En un mundo cada vez más consciente de la importancia de la sostenibilidad y la protección del medio ambiente, la gestión eficiente de las aguas residuales se ha convertido en una prioridad. Este libro, titulado "Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales a través de Materiales Sostenibles con Biodigestores, Comuna Joa Cantón Jipijapa", es un esfuerzo por abordar este desafío crucial.

El libro se centra en la Comuna Joa, una comunidad vibrante y resiliente en el Cantón Jipijapa, conocida por su compromiso con la sostenibilidad y la innovación. Sin embargo, como muchas comunidades en todo el mundo, Joa se enfrenta al desafío de gestionar eficazmente sus aguas residuales.

Este libro presenta un diseño innovador para un sistema de tratamiento de aguas residuales utilizando biodigestores. Los biodigestores, que utilizan microorganismos para descomponer la materia orgánica, son una solución prometedora para el tratamiento de aguas residuales debido a su eficiencia y su capacidad para generar biogás, una fuente de energía renovable.

A lo largo de este libro, los lectores encontrarán una descripción detallada del diseño del sistema, incluyendo los principios científicos que lo sustentan, los materiales necesarios para su construcción, y las consideraciones operativas para su mantenimiento. También se incluyen estudios de caso y ejemplos prácticos para ilustrar cómo el sistema puede ser implementado en la Comuna Joa y en otras comunidades similares.

Esperamos que este libro sirva como una valiosa herramienta para aquellos interesados en la gestión sostenible de las aguas residuales y en la promoción de comunidades más verdes y resilientes. A través de la innovación y la dedicación, podemos trabajar juntos para proteger nuestro precioso medio ambiente y asegurar un futuro sostenible para todos.

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
A TRAVÉS DE MATERIALES SOSTENIBLES CON BIODIGESTORES
COMUNA JOA, CANTÓN JIPIJAPA.**

Introducción

El agua es un recurso natural, renovable y el más abundante del planeta, que al ser alterado por sustancias extrañas que provienen de las actividades humanas se convierten en aguas residuales también conocidas como aguas de drenaje. Alrededor del mundo el 80% de las aguas residuales que se generan en la sociedad vuelven al ecosistema sin haber obtenido un tratamiento previo, las malas gestiones del tratamiento de las aguas residuales generan un impacto muy negativo en la salud, provocando enfermedades y contaminación al ambiente como es la destrucción de la flora y fauna.

Según estudios realizados 1800 millones de personas se ven afectadas por el consumo de aguas contaminadas trayendo enfermedades como cólera, diarrea, polio, entre otros.

En Ecuador el tratamiento de aguas residuales es un tema al que no se le está dando la mayor prioridad ya que del cien por ciento de aguas residuales generadas tan solo el 12% de estas aguas reciben un tratamiento, es decir, que el 88% está siendo depositado directamente sobre los mantos de aguas naturales como las quebradas y ríos, provocando que esta contaminación aumente. Sanitron Ecuador. (2022, 25 de mayo) expresa que según datos de SENAGUA (Secretaria General del Agua) los ríos que se encuentra bajo la cota de los 2800 msnm están contaminados y sus aguas no son aptas para el consumo humano.

La ciudad de Jipijapa a pesar de contar con una planta de tratamiento de aguas residuales no está trabajando en las condiciones hidráulicas deseables, ya que el agua que sale de esta instalación aún presenta una coloración verdosa.

Actualmente la comuna de Joa perteneciente a la ciudad de Jipijapa no cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario, pero existen estudios para implementarlo, sin embargo, en el presente proyecto “Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales a través de biodigestores en la comuna Joa” se pretende dar otra solución para acarrear la problemática de la contaminación por las aguas residuales que es la implementación de un sistema de tratamiento con biodigestor, una solución para dar el adecuado manejo a estos desechos. Cual consta de un tanque hermético que mediante proceso anaeróbico ayudará a tratar las aguas residuales.

La Comuna Joa, situada en el cantón Jipijapa, representa un caso de estudio ideal para explorar la viabilidad y efectividad de los biodigestores como componente central en sistemas de tratamiento de aguas residuales. Los biodigestores no solo permiten el tratamiento eficiente de los desechos, sino que también generan biogás y fertilizantes orgánicos, contribuyendo así a una

economía circular y sostenible. Este libro aborda el diseño y la implementación de sistemas de tratamiento que utilizan materiales locales y sostenibles, promoviendo la autogestión y la independencia de las comunidades en términos de gestión de recursos.

La creciente preocupación por la sostenibilidad ambiental y la necesidad de gestionar eficazmente los recursos hídricos han llevado a un interés renovado en el desarrollo de sistemas de tratamiento de aguas residuales que sean tanto eficientes como ecológicamente responsables. Este trabajo se centra en la búsqueda de soluciones innovadoras y sostenibles para enfrentar los desafíos del manejo de aguas residuales en comunidades rurales. De acuerdo al alcance del Proyecto de Investigación: "Diagnóstico de infraestructura física para fomentar el desarrollo productivo del sitio Joa del cantón Jipijapa".

La implementación del sistema con Biodigestor trae consigo beneficios para la población ya que se reducirá la contaminación del medio ambiente, y a la vez el agua después de un adecuado tratamiento podrá ser reutilizada para el riego de plantas ornamentales.

En la actualidad, la gestión adecuada de las aguas residuales se ha convertido en un desafío crucial para las comunidades rurales y urbanas de todo el mundo. Este libro, titulado "Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales a través de Materiales Sostenibles con Biodigestores: Comuna Joa, Cantón Jipijapa", aborda la necesidad urgente de implementar soluciones sostenibles y eficientes en el tratamiento de aguas residuales. Enfocándonos en la Comuna Joa, ubicada en el cantón Jipijapa, exploramos el potencial de los biodigestores y otros materiales sostenibles para transformar los desechos en recursos valiosos, promoviendo un enfoque ambientalmente responsable y socialmente beneficioso. A través de un análisis detallado y estudios de caso específicos, este libro ofrece una guía práctica y teórica para diseñar e implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales adaptados a las necesidades locales y globales.

A lo largo de sus capítulos, se presentan los principios fundamentales del tratamiento de aguas residuales, se discute la selección de materiales sostenibles y se detalla el proceso de diseño e instalación de biodigestores adaptados a las condiciones locales de la Comuna Joa. Además, se incluyen estudios de caso y experiencias prácticas que ilustran los beneficios y desafíos encontrados durante la implementación del proyecto.

Con este esfuerzo académico mancomunado no solo pretende ser una guía técnica para ingenieros y profesionales del sector, sino también un recurso valioso para comunidades y organizaciones que buscan adoptar prácticas

sostenibles y mejorar la calidad de vida a través de una gestión eficiente del agua. En un mundo donde la presión sobre los recursos naturales es cada vez mayor, la adopción de tecnologías sostenibles y accesibles es crucial para asegurar un futuro en el que las comunidades puedan prosperar en armonía con su entorno natural.

A través de un enfoque multidisciplinario que integra conocimientos de ingeniería, ciencias ambientales y desarrollo comunitario, "Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales a través de Materiales Sostenibles con Biodigestores, Comuna Joa, Cantón Jipijapa" ofrece una visión comprensiva y práctica para enfrentar uno de los retos más urgentes de nuestro tiempo. Invitamos a los lectores a unirse a este viaje hacia la sostenibilidad y la innovación, con la esperanza de inspirar acciones concretas y transformadoras en la gestión del agua.

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
A TRAVÉS DE MATERIALES SOSTENIBLES CON BIODIGESTORES
COMUNA JOA, CANTÓN JIPIJAPA.**

Capítulo I
Revisión de la Literatura
Marco Teórico

Definición de aguas residuales

Se puede definir como aguas residuales al líquido vital que después de ser empleado por las actividades humanas se ven afectadas negativamente sus características originales, contrayendo gran cantidad de microorganismos y sustancias ajenas.

Las aguas residuales están compuestas por materia orgánica e inorgánica, pero son los microorganismos los encargados de eliminar los compuestos orgánicos que se encuentren. Estas pueden clasificarse según su origen en aguas residuales domésticas, urbanas, de uso industrial, agrícolas y pluviales.

Normalmente cuando las aguas residuales están frescas y a temperaturas de 20 – 25 grados centígrados no tienen olores desagradables. La descomposición comienza pasada las 2 horas volviéndose turbia, cambiando de color y después de 6 a 8 horas liberan gases y su color se torna cada vez más oscuro, convirtiéndose en aguas ácidas.

El vertido directo de las aguas residuales a los mantos acuáticos sin previo o un inadecuado tratamiento genera contaminación, provocando consecuencias como enfermedades, afectaciones a la flora y fauna del lugar (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), 2014).

Aguas residuales domésticas

Son aguas generadas en las viviendas, instalaciones comerciales públicas o privadas. Están compuestas por aguas fecales, aguas de lavado y limpieza, como principales contaminantes están los gérmenes patógenos, materia orgánica, sólidos, detergentes, nitrógeno, fósforo, y otros contaminantes que se encuentran en menor proporción (Aguas Residuales: Clasificación, Características y Composición, s/f, p. 7).

Las aguas residuales domésticas generalmente tienen una composición del 99% agua y el 1% sólidos suspendidos, disueltos o intermedios también conocidos como coloidales.

Blazquez & Montero (2010) mencionan que “Cada persona genera 1.8 litros de material fecal diariamente, correspondiendo a 113.5 gramos de sólidos secos, incluidos 90 gramos de materia orgánica, 20 gramos de nitrógeno, más otros nutrientes, principalmente fósforo y potasio” (p.7).

Características de las aguas residuales

Características físicas.

La característica más importante en las aguas residuales es el contenido total de los sólidos, cual consta de materia flotante y sólidos en suspensión.

Turbidez

Es la propiedad óptica donde se visualiza la calidad de las aguas residuales en relación con los sólidos en suspensión (Pérez, León, & Delgadillo, 2013, p. 23).

Olor

Los olores son causados por la presencia de gases derivados de la descomposición de materiales orgánicos, en particular sulfuro de hidrógeno y otras sustancias volátiles. Las aguas residuales frescas tienen un olor característico, ligeramente desagradable, a medida que aumenta el tiempo el olor aumenta (Anonymous, 2018, p. 2).

Color

Esta característica sirve para determinar la edad del agua residual en presencia de la materia orgánica, los ácidos húmicos aportan un color amarillento, el hierro tonalidades rojizas y el manganeso aporta tonos negros. Las aguas frescas presentan una coloración ligeramente, mientras que las aguas sépticas tienden a ser de color gris oscuro o negro (Pérez et al., 2013, p. 23).

Temperatura

Comúnmente la temperatura de las aguas residuales varía entre los 25 – 35°C por la incorporación de aguas calientes que provienen del uso doméstico e industrial, este parámetro afecta directamente la vida acuática y la capacidad del agua para cumplir propósitos beneficiosos (León, 2015, p. 30).

Sólidos

Es toda materia sólida que se encuentre en las aguas residuales después de haber sido secada a 103 °C aproximadamente. Los sólidos totales se dividen en:

- Sólidos sedimentales o en suspensión. - Sustancias visibles que flotan en las aguas residuales entre la superficie y el fondo, contiene 70% de materia orgánica y 30% de materia inorgánica como arcilla, heces, papel triturado, madera podrida, escombros y restos de comida, pueden eliminarse por medios físicos o mecánicos mediante filtración o sedimentación.

- Sólidos disueltos. – Se componen de pequeñas partículas de materia orgánica e inorgánica, su diámetro aproximado es de 10-3 y 1 micra (León, 2015, pp. 31-33).

Características químicas orgánicas

La química de las aguas residuales se resuelve mediante la cantidad de materia orgánica y las sustancias gaseosas, desordenadas presentes en las aguas residuales.

Materia orgánica

Son aquellos sólidos provenientes del reino animal, vegetal y las actividades del hombre, están formados por combinaciones de carbono, hidrógeno, oxígeno y en algunos casos de nitrógeno, las principales sustancias orgánica que se encuentran presentes son las proteínas en un 40 a 60%, hidratos de carbono del 25 al 50% y las grasas en un 10% (Metcalf & Eddy, 1995, p. 73).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Es el parámetro de contaminación más utilizado donde se detecta la materia orgánica biodegradable, su aplicación es tanto para las aguas residuales como en las aguas superficiales. Su determinación se la logra después del proceso de oxidación bioquímica de los compuestos orgánicos con la medición del oxígeno disuelto consumido por los microorganismos regularmente se realiza a una temperatura de 20°C durante 5 días consecutivos denominándose DBO5 (Metcalf & Eddy, 1995, p. 80).

Demanda química de oxígeno (DQO)

Se emplea para la medición de la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica de las aguas residuales que contengan componentes tóxicos para la vida biológica aplicable tanto en sectores industriales o municipales, este valor debe ser superior al de DQB (Metcalf & Eddy, 1995, p 93).

Materia inorgánica

Las aguas residuales y el agua mineral contienen una serie de componentes inorgánicos que son importantes para el establecimiento y la gestión de la calidad del agua. Las concentraciones de diferentes compuestos inorgánicos pueden tener un impacto significativo en el uso del agua, por lo que se deben investigar sus propiedades.

Los parámetros a considerar incluyen pH, cloruro, alcalinidad, nitrógeno, fósforo, azufre, compuestos tóxicos y metales pesados (Metcalf & Eddy, 1995, p. 95).

Características biológicas

Incluyen a los microorganismos que se encuentran de forma superficial en estas aguas, así como a los que intervienen en el tratamiento biológico y los organismos utilizados en el proceso de polución.

Microorganismos

Al encontrarse superficialmente las aguas y también en las aguas residuales se clasifican en protistas que incluyen las bacterias, hongos, protozarios y algas, plantas y animales; los virus también se incluyen en esta clasificación subdividiéndose según el sujeto infectado (Metcalf & Eddy, 1995, pp. 103-104).

Coliforme y patógenos

Los coliformes son los organismos más numerosos, no son dañinos para la humanidad al contrario son empleados para destruir la materia orgánica en los procesos biológicos para tratar aguas residuales, sin embargo, los patógenos son los causantes de enfermedades gastrointestinales como el cólera, la fiebre tifoidea, disentería, entre otras. Los coliformes se utilizan como indicador de los organismos patógenos, su ausencia en las aguas residuales es indicador de que es exenta de organismos causantes de enfermedades (Metcalf & Eddy, 1995, pp. 106-109).

Tratamiento de las aguas residuales domésticas

Según los datos más recientes del Banco Mundial (2019), sobre la generación de residuos en América Latina, que indican una cifra anual de más de 231 millones de toneladas de residuos sólidos (aproximadamente 630.000 toneladas diarias), con una generación per cápita cercana a 1 kg por día. Sin embargo, tan solo el 5% de las aguas residuales urbanas son tratadas. Ante la falta de un tratamiento eficaz las aguas residuales suelen drenarse en aguas superficiales, lo que pone en peligro la salud humana, los ecosistemas y los animales.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) expresa que el agua que no tiene valor próximo para el fin que se la empleó ni para el objetivo que se necesitó por su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella. Sin embargo, las aguas residuales de un usuario pueden servir de abastecimiento para otro usuario en otro lugar (FAO, 2013).

Sin embargo, las aguas no deben ser consideradas desperdicios después de que su calidad, cantidad o disponibilidad hayan sido afectadas, ya que, con un correcto tratamiento, pueden ser aprovechadas en otros lugares de diversas maneras. "Los flujos de aguas residuales contienen elementos apro-

vechables, como nutrientes, metales y materia orgánica, [...] que pueden ser extraídos y utilizados para otros fines productivos. [...] si se logra su gestión sostenible se convertirán en un pilar fundamental de la economía" (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (WWAP), 2017).

Las aguas residuales domésticas contienen la mayor cantidad de contaminantes, y el tratamiento efectivo antes de su descarga en afluentes naturales es hoy uno de los puntos más importantes para prevenir la degradación ambiental inducida por el hombre.

Debido a los múltiples usos que puede brindar el agua residual doméstica, su nivel de contaminación es muy elevado lo requiere un procedimiento de purificación más extenso en el tratamiento de aguas residuales para eliminar sustancias nocivas como heces, grasas y minerales para esto comúnmente se emplean equipos técnicos altamente certificados utilizados en plantas de tratamiento para la descontaminación de líquidos.

El proceso de tratamiento comienza con la recogida del agua restante a través de una fosa séptica donde se realiza el primer paso conocido como depuración. Allí, se produce un efecto anaeróbico en el que los componentes sólidos de las aguas residuales deben asentarse, formando una capa de material lodoso en el fondo esto facilita la posterior filtración.

Durante la recolección de aguas residuales, se canalizan por medio de tuberías a una estación de purificación dedicada donde se tratan física, química y biológicamente.

En la etapa de post-tratamiento a nivel bioquímico, el agua se libera de los contaminantes a un nivel más profundo y se puede realizar la purificación del líquido necesaria para que el agua sea empleada sin representar riesgos a la salud y al medio ambiente (Anónimo, 2019).

Digestión anaerobia

Este procedimiento de depuración de aguas residuales se utiliza en el mundo para depurar aguas que proceden de industrias y zonas agrícolas recientemente se está aplicando para tratar los desechos sólidos que provienen de las aguas residuales domiciliarias.

La digestión anaeróbica (DA) es la fermentación de microorganismos en ausencia de oxígeno, para producir una mezcla de gases denominada "biogás". Obteniendo principalmente metano (50 – 70%) y dióxido de carbono (30 – 50%) y una suspensión de agua o "lodo" que contiene microorganismos. Es

un procedimiento que es empleado como primera alternativa para tratar las aguas residuales que contienen una carga orgánica elevada.

La intensidad y duración del proceso anaeróbico dependen de muchos factores. Entre estos, sobresalen la temperatura y el pH de los materiales biodegradables. La digestión anaeróbica (DA) al ser un proceso complejo se puede resumir en etapas para ello las cuatro conocidas:

Hidrólisis

Los compuestos macromoleculares deben hidrolizarse mediante enzimas (como la amilasa y la proteasa). En particular, se digieren polímeros tales como polisacáridos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos para formar los respectivos oligómeros y monómeros (azúcares, alcoholes, ácidos grasos, glicerol, polipéptidos, aminoácidos, bases puras y compuestos aromáticos).

Acidogénesis

En esta etapa las bacterias productoras de ácido que transforman estos oligómeros y monómeros en ácidos grasos volátiles (principalmente ácido propiónico, ácido butírico, ácido valérico).

Acetogénesis

Las bacterias productoras de ácido acético convierten los ácidos grasos volátiles (AGV) en ácido acético (ácido acético, formiato, etc.).

Metanogénesis

Los metanógenos acetoclásticos convierten a las sustancias antes mencionadas en metano (CH4) y dióxido de carbono (CO2). Las bacterias tróficas de hidrógeno también participan en el mantenimiento del equilibrio de hidrógeno (H2) en el medio, que se utiliza para reducir el CO2 a CH4 (Aqualimpia Engineering e.K., 2017)-

La reducción de DQO en la digestión anaeróbica no es tan alta en comparación a la digestión aeróbica, sin embargo, el hecho de que produzca biogás que no requiere aireación y pueda usarse con fines energéticos hace que la digestión anaeróbica sea mucho más ventajosa económica y, a menudo, hace que las plantas de tratamiento de aguas residuales sean autónomas o autosuficientes.

Sistema de conducción de aguas residuales

Se conoce como sistema de conducción al conjunto de tuberías, estructuras y accesorios para el transporte de líquidos. Es importante que los diseños de

sistemas alcantarillado sanitario, se realicen dentro de un marco acorde con la realidad de las poblaciones.

Bases de diseño de un sistema de alcantarillado sanitario

Periodo de diseño

Lapso durante el cual una obra o estructura podrá funcionar desde el comienzo de operación sin necesidad de mantenimiento o de alguna ampliación. La normativa ecuatoriana INEN 1997 recomienda diseñar los sistemas de disposición de aguas residuales para un periodo de diseño de 20 años.

Adicional a eso el autor Pablo Gallardo (2020), propone los siguientes periodos de diseño Tabla 1. en función de los componentes del sistema de alcantarillado sanitario.

Tabla 1. Periodo de diseño para alcantarillado sanitario

Componentes del sistema	Periodo de diseño (años)
Red de alcantarillas	15 – 30
Colector primario y secundario	20 – 30
Interceptor y emisor	30 – 50
Estaciones de bombeo	10 – 20
Línea de conducción	20 – 30
Plantas de tratamiento	40

Nota. Extraído de Gallardo (2020)

Población de diseño

Es la población que se estima que exista en un futuro la cantidad de habitantes que se tendrá al final del período o de la etapa de diseño. Este se calcula en base a la población actual del lugar del proyecto.

Proyección geométrica

$$P_f = P_a * (1 + r)^n$$

Donde:

Pf = Población futura (hab.)

Pa = Población actual (hab.)

r = Tasa de crecimiento poblacional, expresada en fracción decimal

n = Periodo de diseño (años)

Para calcular la tasa de crecimiento poblacional, se toma como base datos estadísticos brindados por censos nacionales. Cuando faltan estos datos se adoptan en la proyección geométrica los índices de crecimiento que se indican en la tabla 2. según la norma INEN 5 parte 9-2:1997

Tabla 2. Tasa de crecimiento poblacional

Región geográfica	r (%)
Sierra	1,0
Costa, Oriente y Galápagos	1,5

Nota. Extraído de INEN (1997, p. 18)

Nivel de servicio

Es el grado de facilidad, conveniencia y comodidad para los usuarios acceden a los servicios brindados por los sistemas de disposición de desechos residuales, suministro de agua.

Tabla 3. Niveles de servicio para poblaciones rurales

Nivel	Sistema	Descripción
la	AP	Sistema individual
lb	EE	Diseño de acuerdo a la disponibilidad técnica, usos del agua, preferencia y economía del usuario
lc	AP	Grifos de uso público
ld	EE	Letrinas sin arrastre de agua

SDE	Grifos públicos, incluyendo agua para lavado de ropa y baño
AP	Conexiones domiciliarias, con un grifo por vivienda
IIa	EE Letrinas sin arrastres de agua
SDE	Letrinas con y sin arrastre de agua
AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por vivienda
IIb	ERL Sistema de alcantarillado sanitario

Simbología utilizada AP: agua potable
EE: Eliminación final de excretas
ERL: Eliminación de los residuos líquidos

Nota. Extraído de INEN (1997, p. 19)

Dotación

Es el caudal de agua potable en promedio que consume diariamente cada persona. Donde se incluyen los consumos domésticos, comerciales, industriales y públicos.

Tabla 4. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio

Nivel de Servicio	Clima frío (l/hab*día)	Clima cálido (l/hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
	20	
IIa	60	85
IIb	75	100

Nota: Valores recomendados para poblaciones rurales

Nota. Extraído de INEN (1997, p. 19)

Dotación futura

Donde:

$$D_f = D_o * (1 + \% * n)$$

Df = Dotación futura del sistema (L/hab. día)

Do = Dotación inicial del sistema (L/hab. día)

% = Variación del porcentaje anual, incremento del 1% al 2%

n = Número de años

Caudal de diseño

Los caudales utilizados en el diseño de la unidad de recolección de aguas residuales son retornos por cada caudal relativo de aguas residuales domésticas e industriales, a estos se suman factores de incremento, las líneas intrusivas y caudales por conexiones no autorizadas. El caudal de diseño se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$Q_d = Q_M + Q_{in} + Q_i$$

Donde

Qd = Caudal de diseño (L/s)

QM = Caudal máximo horario (L/s)

Qin = Caudal máximo de infiltración

Qi = Caudal de conexiones ilícitas

Caudal Medio Diario

Es la contribución de las aguas residuales en un lapso de 24 horas, cuando no se logra obtener estos datos se considera este aporte basándose en el consumo de agua potable que es obtenido del diseño del sistema de agua potable.

$$Qm = \frac{P_f * D_f}{86,400}$$

Donde:

Qm = Caudal medio diario (L/s)

Pf = Población futura (hab.)

Df = Dotación futura (L/hab. día)

Caudal medio diario futuro

Es el consumo que se estima realice la población de diseño en un determinado periodo de un día. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_s = Q_m * C_r$$

Donde:

Qs = Caudal medio diario futuro (L/s)

Qm = Caudal medio diario final (L/s)

Cr = Coeficiente de retorno

El coeficiente de retorno es la fracción de agua consumida que se ha convertido en agua residual, varía entre el 60% y 85%.

Caudal máximo horario

Es el consumo máximo diario esperado de la población y se calcula como factor de mayoración o de expansión.

$$Q_M = M * Q_s$$

Donde:

QM = Caudal máximo horario (L/s)

Qs = Caudal medio diario final (L/s)

M = Factor de mayoración

Factor de mayoración. - Sirve para estimar el caudal máximo horario en base al caudal medio diario.

Coeficiente de Harmon. – El rango recomendado es $2 \leq M \leq 3,8$.

$$M = 1 + 14 \frac{14}{4 + \sqrt{P_f}}$$

Dónde: Pf es en miles de habitantes

Experiencia brasileña

$$M = K_1 * K_2$$

Donde:

K1 = Coeficiente del máximo caudal diario el cual varía entre 1,3 y 1,5.

K2 = Coeficiente de variación del máximo caudal diario valor entre 2,0 y 2,3.

Caudal de infiltración

Son aguas que ingresan por las fisuras de las alcantarillas ya sea por juntas mal elaboradas o paredes de pozos de revisión con nivel freático elevado.

$$Q_{in} = F * L$$

Donde:

Q_{in} = Caudal máximo infiltración por tramo (L/s)

F = Tasa de infiltración (L/s/Km)

L = Longitud del tramo (Km)

El Ministerio del agua de Bolivia (2007), propone unos valores para la tasa de infiltración en función del tipo de tuberías y el nivel freático del suelo.

Tabla 5. Valores de tasa de infiltración en tubos, F

Nivel freático	Nivel freático							
	Tubo de cemento		Tubo de arcilla		Tubo de arcilla vitrificada		Tubo de PVC	
	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma
Bajo	0,50	0,20	0,50	0,10	0,20	0,10	0,10	0,05
Alto	0,80	0,20	0,70	0,10	0,30	0,10	0,15	0,50

Nota. Extraído de Ministerio del Agua de Bolivia (2007)

Caudal de conexiones ilícitas

Es el caudal que ingresa a las redes de alcantarillado mediante conexiones clandestinas, adicional el agua que bajan de techos, terrazas entre otros.

Donde:

Q_i = Caudal de conexiones ilícitas o erráticas (L/s)

P_f = Población futura (hab.)

Tuberías

$$Q_i = 0,001 - 0,003 * P_f$$

La tubería o cañería es un sistema formado por tubos de sección circular que cumple la función de transportar agua u otros fluidos, estos se fabrican de distintos materiales de acuerdo a consideraciones técnicas, económicas, su funcionalidad y destino. Se suele elaborar con materiales muy diversos entre los que se pueden mencionar: hormigón, acero, fibra de vidrio, polipropileno, PVC, entre otros.

En general los diseños de drenaje se elaboran para un material específico que debe cumplir los siguientes requerimientos:

- Certificado de calidad por el INEN.
- Cumplir con las Normas INEN o en su defecto adaptarse a normas internacionales conocidas, para garantizar su calidad.
- Desde el punto de vista hidráulico deberá conducir caudales iguales o mayores a los determinados y estructuralmente debe soportar car-

gas mayores de tensión y deformación especificadas (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable 2009 (EMAAP-Q), 2009, pp. 49-50).

Tubos de policloruro de vinilo (PVC)

Los tubos de PVC de doble pared estructurada para alcantarillado sanitario deben ser fabricados únicamente por extrusión bajo las Normas Ecuatorianas INEN 2059:2010 CUARTA REVISIÓN, con cloruro de polivinilo (PVC) como materia prima, trabajarán a superficie libre al igual que sus accesorios (EMAAP-Q, 2009, p. 50).

Especificaciones técnicas

El modelo de tubería utilizado en el diseño está fabricado en PVC de calidad Novafort de la empresa Plastigama. Se trata de una tubería de doble pared con una superficie interior lisa y una superficie exterior corrugada, que consta de varios anillos de refuerzo para mejorar las características de las tuberías convencionales.

Tabla 6. Especificaciones técnicas de tuberías de PVC, doble pared estructurada.**Especificaciones Técnicas: Tuberías de PVC Pared Estructurada Novafort Plus**

Diámetro Nominal	Diámetro Interior	Longitud Útil No incluye campana	RIGIDEZ		
			Rigidez Anular ISO 9969 kPa (kN/m ²)	INEN 2059	Rigidez del Tubo ASTM D-2412 lb/plg ² (kN/m ²)
mm	mm	m	Serie 5	*Serie 6	Serie 5
125	110	6	-	8	-
175	160	6	4	-	29 (199)
220	200	6	4	-	29 (199)
280	250	6	4	-	29 (199)
335	300	6	4	-	29 (199)
400	364	6	4	-	29 (199)
440	400	6	4	-	29 (199)
540	500	6	4	-	29 (199)
650	600	6	4	-	29 (199)
760	700	6	4	-	29 (199)
875	800	6	4	-	29 (199)
* 975	900	6	4	-	29 (199)

Nota. Extraído de Plastigama (2018)

Hidráulica de los conductos

En el diseño de conducción de aguas residuales se analizan dos opciones: la primera cuando la tubería trabaja a sección llena y la segunda cuando la tubería se encuentra parcialmente llena.

Tubería a sección llena

En caso de que las conducciones trabajen a sección llena se calcula mediante las siguientes expresiones:

Radio hidráulico

$$R_h = \frac{A_h}{P_m} = \frac{\pi * D^2}{4\pi * D} = \frac{D}{4}$$

Donde:

Rh = Radio hidráulico (m)

Ah = Área hidráulica (m³)

Pm = Perímetro hidráulico (m)

D = Diámetro de tubería (m)

Velocidad

$$V = \left(\frac{1}{4^{2/3}} \right) * \frac{1}{n} * D^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

V = Velocidad del fluido (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad de manning

D = Diámetro de tubería (m) **S** = Pendiente (m/m)

Caudal de tubería llena

$$Q = \left(\frac{\pi}{4^{5/3}} \right) * \frac{1}{n} * D^{2/3} * S^{1/2} * 1000$$

Donde:

Q = Caudal de tubería llena (L/s)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

D = Diámetro de tubería (m)

S = Pendiente (m/m)

Tubería parcialmente llena

En tubería parcialmente llena se emplean las siguientes ecuaciones:

Altura de la tirante hidráulico

$$d = \left(\frac{1 - \cos \frac{\theta}{2}}{2} \right) * D$$

Donde:

d = Altura del tirante hidráulico **θ** = Ángulo central (en grados) **D** = Diámetro de tubería (m) Radio hidráulico

$$r_h = \left(1 - \frac{180 * \sin \theta}{\pi * \theta} \right) * \frac{D}{4}$$

Donde:

rh = Radio hidráulico sección parcialmente llena (m) **θ** = Ángulo central (en grados)

D = Diámetro de tubería (m)

Gasto

$$q_h = \left(\frac{\pi * \theta}{360} \right) * \left(1 - \frac{180 * \sin \theta}{\pi * \theta} \right)^{5/3} * \left(\frac{1}{4^{5/3}} \right) * \frac{1}{n} * D^{8/3} * S^{1/2} * 1000$$

Donde:

qh = Caudal sección parcialmente llena (L/s) **θ** = Ángulo central (en grados)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

D = Diámetro de tubería (m)

Variables hidráulicas

a) Velocidades. – Se debe considerar la velocidad mínima donde el caudal máximo instantáneo no deberá ser menor a 0,45 m/s y de preferencia no exceda los 0,60 m/s, velocidades recomendadas para evitar que los sedimentos se estanquen en el sistema de tubería.

La velocidad máxima permitida en tuberías, depende del material de su fabricación, a continuación, se muestra una tabla con valores recomendados de velocidad máxima.

Tabla 7. Velocidades máximas a tubo lleno y coeficientes de rugosidad

Material	Velocidad máxima m/s	Coeficiente de rugosidad
Hormigón simple		
-con unión de mortero	4,0	0,013
-con unión de neopreno para nivel freático elevado	3,5 – 4,0	0,013
Asbesto cemento	4,5 – 5,0	0,011
Plástico (PVC)	>4,5	0,011

Nota. Extraído de INEN (1992, p. 190)

b) Pendientes. – En general se recomienda que las alcantarillas tengan una ligera pendiente para evitar grandes excavaciones, permitiendo que las tuberías sigan la pendiente natural del suelo aumentando gradualmente la velocidad sin exceder el límite especificado. Para conexiones domiciliarias se recomienda una pendiente mínima del 1%. (Dávila, 2011).

c) Diámetros. - La norma ecuatoriana indica que el diámetro mínimo que se debe emplear en alcantarillados sanitarios es de 200 mm y para las conexiones domiciliarias se recomienda tubería de 100mm (Dávila, 2011).

Tanques Biodigestores

El Biodigestor también conocido como tanque digestor es un recipiente o cámara cerrada, hermética e impermeable, elaborado con polietileno donde se deposita temporalmente las aguas residuales que incluyen heces humanas, de animales y alimentos no consumidos, dentro del tanque la materia orgánica se diluye para descomponerse, produciendo metano y abono rico en nitrógeno, fósforo y potasio (Ketzalkoatl Periódico, 2013).

Este reactor ha sido diseñado para recibir las descargas de aguas residuales de las casas, hospitales e incluso ciertas industrias. Su forma horizontal favorece a que la corriente de agua tenga un mayor recorrido permitiendo que los sólidos sedimentarios sean retenidos junto a los sólidos flotantes para mejorar la biodegradación. Al ser un sistema adaptable se pueden interconectar más de dos tanques para aumentar la capacidad de almacenamiento.

Implementar este sistema genera ventajas como:

- Sistema económico y adaptable
- Disminuye la tasa de contaminación en un 80%.

- Ocupa poco espacio, liviano y fácil de instalar
- Bajo costo de instalación y mantenimiento
- Las aguas tratadas pueden ser reutilizadas para riego.
- Los lodos que se generan pueden ser utilizados como fertilizantes (en plantaciones no comestibles)

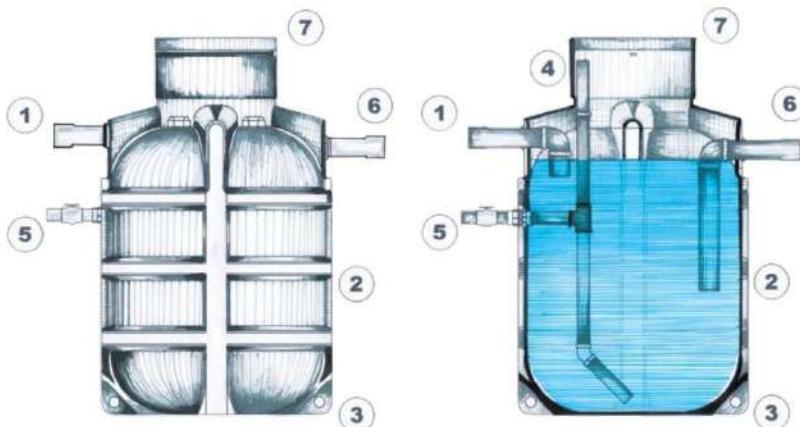
Para el sector rural el biotanque o biodigestor es una alternativa para cambiar el sistema de letrinas que tiene graves desventajas como: olores desagradables, proliferación de moscas, contaminación del suelo, entre otros; causante de muchos problemas de salud y del deterioro ambiental. “La aplicación del biodigestor en las [...] áreas rurales establece un número de nuevos mecanismos; los cuales permiten reducir el impacto ambiental de los combustibles fósiles [...], ya que reducen su nivel de dióxido de carbono, el principal causante del calentamiento global” (Sánchez Quinde, Martillo Pazmiño, & Fiallo Moncayo, 2020).

Con la implementación de los biodigestores se espera que la sociedad tenga una alternativa económica para mitigar los impactos ambientales ocasionados por el actuar del hombre y devolver a la naturaleza poco de lo que se quitado.

Partes que componen el tanque biodigestor

El tanque biodigestor de polietileno es un sistema económico y simple de operar que reduce las cargas orgánicas en lugares donde no hay alcantarillado municipal o donde los caudales de tratamiento son muy bajos, al mismo tiempo que reemplaza a la letrinas y fosas sépticas.

1. Tubería de entrada de las aguas residuales domésticas
2. Tanque de digestión anaeróbica
3. Sedimentador
4. Respiradero o tubería de salida de biogás
5. Tubería para extracción de lodos
6. Tubería de desagüe de las aguas al cuerpo receptor
7. Acceso para registro y limpieza (Durman, 2018)

Figura 1. Componentes del biodigestor

Nota. Extraído de Durman (2018)

Características técnicas del biodigestor

El biodigestor que se implementará para el sistema de tratamiento de las aguas residuales posee características y especificaciones técnicas las cuales son derivadas del uso, la capacidad de almacenamiento y diseño de fábrica.

Material. - Polietileno de Alta Densidad 100% virgen + hojuelas de polietileno

Peso

Tabla 8. Peso del Biodigestor

Medidas	600 litros	1300 litros	3000 litros	7000 litros
Peso* (kg)	20,00	36,00	140,00	182,00

* peso únicamente del polietileno usado en la fabricación

Nota. Extraído de Rotoplas (2020)

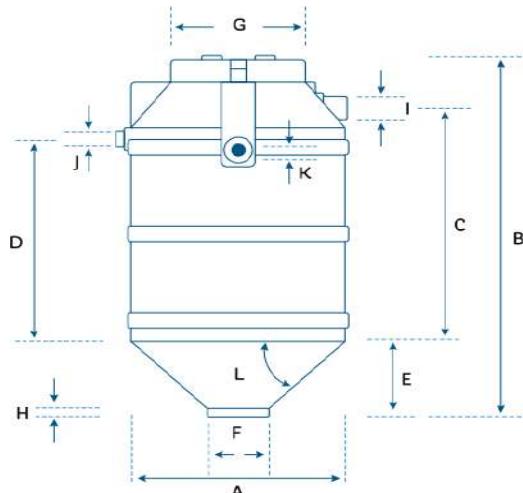
Dimensiones

Tabla 9. Dimensiones del Biodigestor

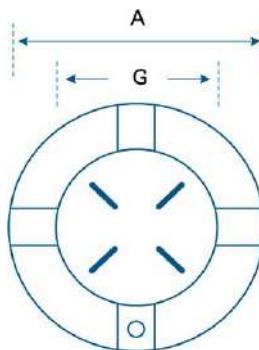
Medidas	600 litros	1300 litros	3000 litros	7000 litros
A	0,88 m	1,15 m	1,46 m	2,42 m
B	1,63 m	1,96 m	2,75 m	2,83 m
C	1,07 m	1,27 m	1,77 m	1,37 m
D	0,96 m	1,18 m	1,54 m	1,28 m
E	0,36 m	0,45 m	0,73 m	1,16 m
F	0,24 m	0,24 m	0,19 m	0,26 m
G	0,55 m	0,55 m	0,55 m	0,55 m
H	0,03 m	0,03 m	0,05 m	0,10 m
I	4"	4"	4"	4"
J	2"	2"	2"	2"
K	2"	2"	2"	2"
L	45°	45°	45°	45°
M	0,66 m	0,89 m	0,89 m	0,89 m
N	0,34 m	0,34 m	0,34 m	0,34 m

Nota. Extraído de Rotoplas (2020)

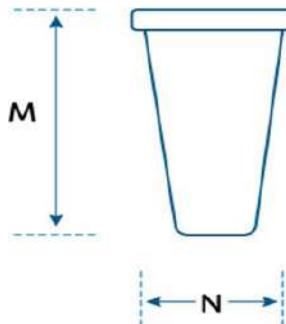
Figura 2. Esquematización del Tanque Biodigestor



Nota. Extraído de Rotoplas (2020)

Figura 3. Esquematización tapa del Biodigestor

Nota. Extraído de Rotoplas (2020)

Figura 4. Esquematización del Biofiltro

Nota. Extraído de Rotoplas (2020)

Capacidades

Tabla 10. Capacidad del biodigestor, según consumo diario.

CAPACIDAD	NÚMERO DE USUARIOS SEGÚN CONSUMO DIARIO		
	Zona Urbana	Zona Periurbana	Zona Rural
	150 L/hab.	90 L/hab.	40 L/hab.
600 litros	4	7	15
1300 litros	9	14	33
3000 litros	20	33	75
7000 litros	47	78	175

Nota. Extraído de Rotoplas (2020)

Volumen de lodos

Tabla 11. Volumen de lodos a evacuar

Volumen de lodos a evacuar				
Biodigestor	600 L	1300 L	3000 L	7000 L
Evacuación de lodos	100 L	184 L	800 L	1500 L

Nota. Extraído de Rotoplas (2020)

Sistema de tratamiento de agua residual a base de biodigestores

La Norma Oficial Mexicana NOM-006-CONAGUA-1997 Fosas Sépticas Prefabricadas. Especificaciones y Métodos de Prueba (Comisión Nacional del Agua, 1997), establece que el sistema de tratamiento primario de los tanques sépticos se basa principalmente en dos partes:

1. *Un tanque biodigestor, también conocido como tanque o fosa séptica*

El agua residual está expuesta a la sedimentación, levitación y descomposición de la materia orgánica, realizando procesos biológicos a través de la actividad microbiana y tiene un bajo contenido de contaminantes.

Consta de una cámara de fermentación y una cúpula. En un fermentador anaeróbico, el material a descomponer se mantiene durante un período de tiempo, llamado tiempo de retención, durante el cual se produce la descomposición y liberación del biogás.

2. *Planta de oxidación y ósmosis de aguas residuales.*

El agua de la que proviene del biodigestor es llevada a un pozo de absorción o estación de filtrado, donde se oxida y descompone por la acción de los microorganismos presentes bajo el suelo, reduciendo el impacto al ambiente (Biotanques BTS, 2020).

Componentes del sistema de tratamiento aguas residuales con biodigestor

1. *Tanque de digestión*

Su forma es cilíndrica o tubular y su capacidad está determinada por la cantidad de materia a degradar. Se compone de tubos de entrada y salida de aguas, salida de lodos sedimentarios.

Caja de registro

Esta caja es de importancia para evitar que los desechos sólidos que viajan por las tuberías lleguen al tanque de biodegradación. Aquí los desechos se separan de la corriente líquida porque su densidad y peso son mayores que los desechos restantes.

Caja de lodos

Se ubica antes de la entrada del tanque de biodigestión, permite la limpieza de los lodos que se encuentran en el fondo del tanque y que ya fueron procesados.

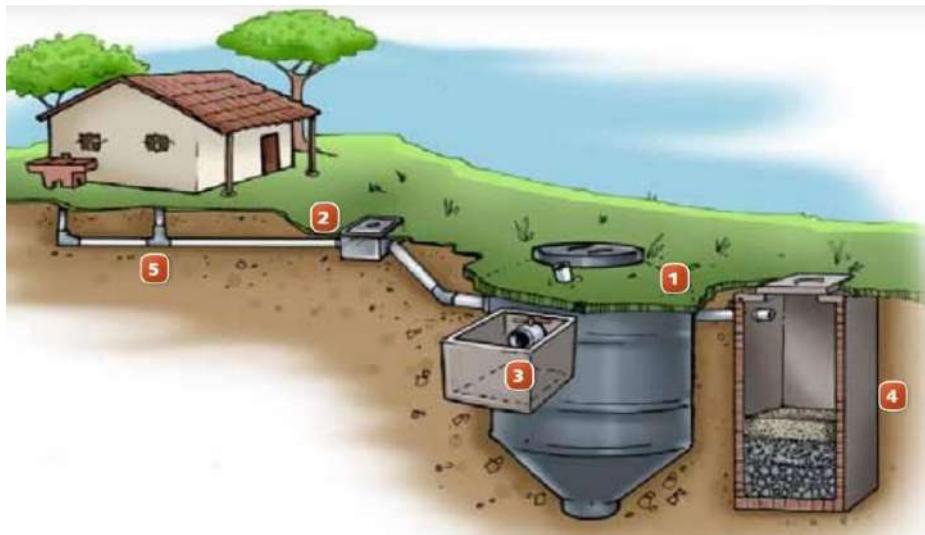
Pozo de absorción

Su función es la de filtrar el agua que ya fue tratada por el biodigestor de forma natural con la finalidad de eliminar el resto de partículas que hayan quedado. Este consiste en una excavación cilíndrica la cual debe colocarse a 1,20 metros sobre el nivel freático, debe contener arena, roca y piedrín para la filtración de las aguas.

Tuberías de conexión

Son las tuberías que conectan todo el sistema:

- Entre las tomas de agua residenciales y el casete de registro
- Entre el casete de registro y tomas de agua
- Entre el dren de salida de agua tratada y el pozo de absorción (Asociación Vivamos Mejor, 2017, pp. 16-17).

Figura 5. Componentes del sistema de tratamiento con biodigestor

Nota. Extraído de Asociación vivamos mejor (2017)

Funcionamiento del tanque biodigestor

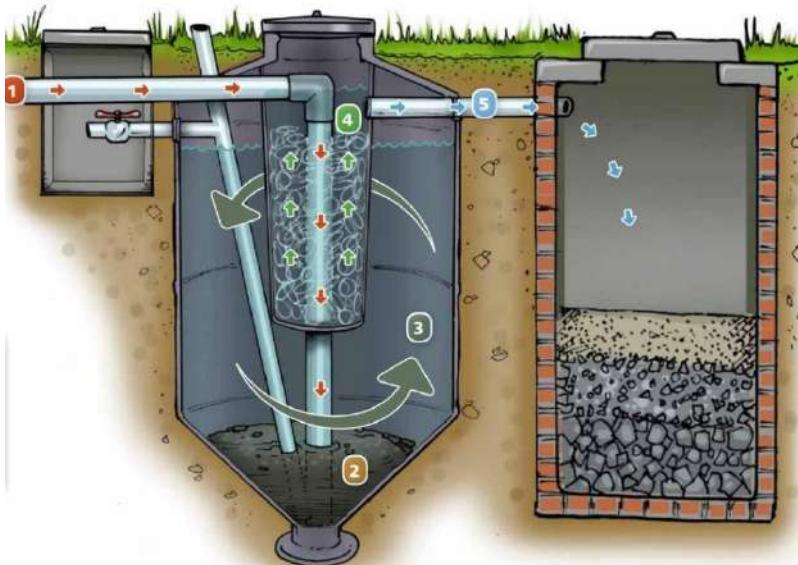
El tanque biodigestor realiza un tratamiento anaeróbico, donde los microorganismos en ausencia del oxígeno descomponen los desechos de las aguas residuales.

1. Las aguas servidas o residuales son dirigidas por el tubo de entrada de agua y son dirigidas a la parte inferior del tanque de biodigestión
2. Los materiales tanto orgánicos como inorgánicos que son transportados en el agua son acumulados en el fondo del tanque y forman la acumulación de lodos, es aquí donde inicial la digestión anaeróbica.
3. Las grasas que fueron transportadas empiezan a flotar, cuando estas grasas se encuentran en la superficie las bacterias las descomponen y las convierte en gas, líquido o lodo espeso el cual desciende y el líquido que aún contiene ciertos residuos asciende a los orificios laterales que se encuentran la parte inferior del filtro y este recorre hacia el tubo de salida.
4. Las bacterias que se encuentran dentro del filtro completan el tratamiento y filtrado del agua, aquí se retiene gran parte de los sólidos ligeros que llegaron a ser arrastrados.

5. El efluente finalmente sale por el tubo de salida donde el agua tratada es depositada en el pozo de absorción o de humedad artificial.

Con el pasar del tiempo, cada vez que se va acumulando la cantidad de sólidos en el fondo del tanque aumenta la cantidad de bacterias anaeróbicas, lo que acelera el proceso de descomposición (Asociación Vivamos Mejor, 2017, pp. 18-19).

Figura 6. Funcionamiento del tanque Biodigestor



Nota. Extraído de Asociación vivamos mejor (2017)

Instalación del tanque biodigestor

Se identifican los siguientes pasos esenciales para instalación del tanque biodigestor

1. Se debe determinar la profundidad de excavación según la altura del equipo y la profundidad alcanzada por las tuberías que salen de la casa. Debe estar ubicado en la tubería de entrada del dispositivo.
2. A continuación, excavé una parte cilíndrica y auméntela al menos 20 cm por encima del diámetro del dispositivo para facilitar la entrada.
3. La base se debe excavar con el mismo cono que el Biodigestor, compacta y libre de partículas de roca potencialmente dañinas.

4. Lleve el biodigestor a la excavación y asegúrese que la parte inferior esté bien apoyada.
5. Antes de iniciar la compactación, la válvula de descarga de lodos debe estar instalada y sellada para llenar la unidad con agua.
6. El proceso de enterramiento y compactación se realiza mezclando arena con cemento seco. Vierta esta mezcla en la parte cónica del dispositivo y asegúrese de que no queden huecos. El resto se rellena con una mezcla de 5 partes de tierra y 1 parte de hormigón.
7. La capacidad requerida de la cámara de succión debe perforarse y fabricarse con mampostería convencional, anillos de hormigón prefabricado o plástico disponible comercialmente.
8. La eliminación de los gases de la biodegradación se realiza a través de los conductos del sistema de ventilación de la casa.
9. Las esferas de PET (polietileno tereftalato) los cuáles están diseñados para soportar biológicamente la filtración anaeróbica por lo que no se deben eliminar en el tanque.
10. Su uso debe comenzar con la instalación de líneas sanitarias desde la casa hasta la entrada del biodigestor, conectando la salida de agua a la salida del campo de permeación y cerrando la válvula de succión (Rotoplas, 2018).

El agua de lluvia que ingresa al biodigestor interfiere con la digestión anaeróbica, que es clave para el funcionamiento del sistema y debe evitarse. De manera similar, se debe evitar el depósito de papel higiénico, tampones, condones y otros artículos ya que pueden interferir con el suministro de agua al sistema o impedir que el sistema funcione correctamente.

Idealmente, las o trampas de grasa o ceniceros deben colocarse frente al sistema. Para una digestión anaeróbica más eficiente (Durman, 2018).

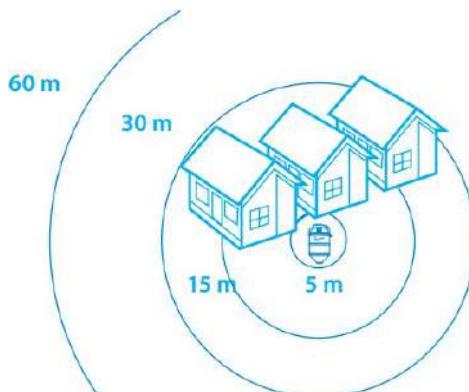
Distancias recomendadas para colocar el biodigestor

Al instalar el sistema se debe tener en consideración las siguientes recomendaciones:

Tabla 12. Distancias recomendadas para colocar el tanque de biodigestión

Distancia	Descripción
60 metros	Distancia desde el depósito o la fuente de agua utilizada como abastecimiento de la población.
30 metros	Distancia del pozo
15 metros	Distancia del arroyo o corrientes de agua

Nota. Extraído de Rotoplas (2020)

Figura 7. Distancias recomendadas para colocar el tanque

Nota. Extraído de Rotoplas (2020)

Recomendaciones para la excavación

Tabla 13. Recomendaciones para la excavación

Tipo de suelo	Suelo plástico blando o rocoso inestable	Suelo estable, estratificado	Suelo duro o roca
			
Ángulo de excavación	Entre 45° y 60°	Entre 60° y 75°	90°
Nivel freático	Se debe evitar instalar el sistema en un lugar donde el nivel de agua subterránea sea excesivamente alto. Sin embargo, si por alguna razón se necesita instalar en un lugar con estas características el agua debe ser drenado con un dispositivo de bombeo hasta que la instalación del sistema lo permita. Por otro lado se debe tener cuidado de no dejar rocas afiladas ya que pueden dañar el biodigestor.		
Pared de la excavación	Cubrir con una capa de 3 cm. de mortero en relación 1:5, y como refuerzo colocar una malla de gallinero	Cubrir con una capa de 2 cm. de mortero en relación 1:5, y como refuerzo colocar una malla de gallinero	
Concreto para la base	Debe emplearse mortero en relación 1:5 con un espesor de 10cm, varillas de refuerzo #3 colocadas a 20cm de manera bidireccional formando una malla, también se puede optar por malla electro soldada.		
Instalación del biodigestor	Al descender el biodigestor debe ser colocado sobre la base que fue preparada anteriormente, tiene que estar libre de piedras o rocas filosas.		

Nota. Extraído de Durman (2018)

Mantenimiento del biodigestor

El mantenimiento debe ser una vez al año, abrir un solo registro del tanque de biodigestión. La extracción de lodos se realiza automáticamente por diferencia de carga hidráulica, sin bombear ni llenar con agua.

Purga de lodos

Mientras sigue ingresando el agua residual domiciliaria aumenta la cantidad de lodo que en el fondo del tanque obstruyendo el espacio para que circule el agua, por lo que este debe ser eliminado.

La extracción de lodos que ya fueron estabilizados se realiza cada 12 o 24 meses en época de verano, este sale sin mal olor ya que fue procesado por las bacterias, en caso de que la extracción de lodos presente dificultad se recomienda introducir un palo de escoba por el acceso designado para la limpieza del biodigestor.

Limpieza del tanque

La limpieza del filtro debe ser cada 2 años o cada 3 o 4 extracciones, pero en caso de obstrucción se debe realizar antes (Asociación Vivamos Mejor, 2017).

Figura 8. Limpieza del Biodigestor



Nota. Extraído de Asociación vivamos mejor (2017)

El lodo extraído puede ser utilizado como abono para plantas ornamentales o para mejoramiento del suelo. Antes de ser reusado debe ser desinfectado agregando cal según indica la tabla 12. Debe estar seco y no se debe reutilizar para hortalizas.

Tabla 14. Purga de lodo y cantidad de cal (mantenimiento anual)

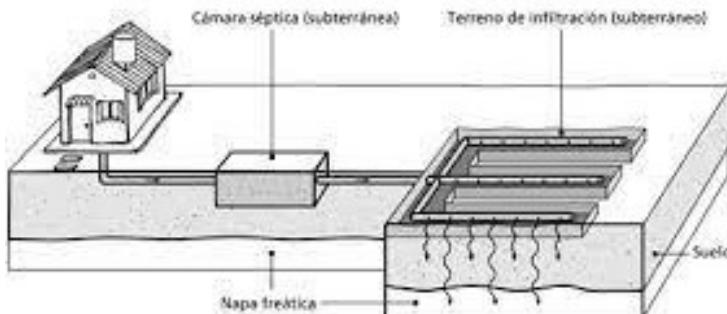
BIODIGESTOR	600 LTR	1300 LTR	3000 LTR	7000 LTR
Usuarios (en zona rural)	5	10	25	60
Purga anual (litr)	100	200	400	1200
Cal para mezclado (kg)	10	20	40	120

*En caso de que el mantenimiento no sea anual y se realice al año y medio se multiplica por 1,5 la cantidad de lodo y cal.

Nota. Extraído de Rotoplas (2013)

Campo de infiltración

El campo de infiltración consta de una serie de zanjas, con tuberías subterráneas que tienen orificios en el fondo para distribuir uniformemente el exceso de agua del suelo. Generalmente se trata de excavaciones planas de 0,80 m de profundidad (según la zona) y 0,45 m de ancho, con tuberías colocadas en una capa de grava limpia 2 a 3 cm, la pendiente debe ser del 0,5%. El llenado de la zanja continua con la adición de 0,25 m de la misma grava, geotextiles intermedios y finalmente suelo excavado para su acabado (Life Rural Supplies, 2015).

Figura 9. Campo de infiltración

Nota. Extraído de Mariñela (2006)

Pruebas de infiltración

El método para realizar las pruebas de infiltración se basa en una investigación realizada por el ingeniero Elías Rosales Escalante, experto en ingeniería sanitaria, las especificaciones están reguladas por el Ministerio de Salud y el Instituto Costarricense de Acueducto y Alcantarillado. Entre ellos, es necesario considerar cuatro aspectos al sistema de tratamiento.

- 1) Se requiere espacio suficiente para tratar todas las aguas residuales y aguas subterráneas al menos 2,00 metros por debajo del fondo propuesto.
- 2) Las fosas sépticas deben tener el tamaño adecuado para el volumen de aguas residuales. Estos tanques deben ser estancos y herméticos.
- 3) Contar con los procedimientos correctos para el mantenimiento y eliminación de lodos del tanque para asegurar el funcionamiento adecuado del sistema.
- 4) Considerando los aspectos culturales del sitio donde se implementa este tipo de sistema de tratamiento, el tratamiento no se distorsiona y se evitan los lavados por exceso de agua en el sistema (Rosales & Zuñiga, 2010, p. 1).

Procedimiento de las pruebas de infiltración

a) Número y localización de las pruebas. - Dependiendo de la importancia del proyecto deben realizarse al menos cuatro pruebas de infiltración distribuidas en el campo propuesto para la instalación del tratamiento de filtración, la separación entre pruebas debe ser de al menos 30 metros, pero no mayor a 50 metros.

b) Tipo de agujero. – Se excava una trinchera entre 80 cm y 1,00 m de lado. Esta excavación debe realizarse a una profundidad de 30 - 60 cm. En un extremo de la excavación se perfora un agujero con diámetro entre 10 y 30 cm, la profundidad mínima es de 30 cm para que el fondo del cilindro corresponda al fondo de la zanja propuesta.

c) Preparación del agujero de prueba. – La parte inferior y las paredes laterales del cilindro de prueba se frotarán con un cuchillo para quitar la superficie del suelo y crear una consistencia natural que permitirá que el agua penetre. Se retira todo el material suelto del cilindro y se agrega una capa de arena gruesa o grava fina de 5 cm para proteger el fondo de socavaciones. Para realizar la clasificación del suelo es necesario tomar una muestra de suelo extraída del cilindro.

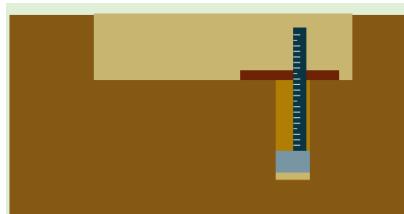
d) Saturación y expansión del suelo. - Es necesario garantizar la saturación completa del suelo. El cilindro de prueba se llenará con agua continuamente durante 2 horas antes de tomar medidas. Si no se realiza la saturación del suelo, el resultado de será inexacto y el sistema no funcionará correctamente durante las fuertes lluvias de cuando el suelo está saturado.

e) Medición de la tasa de infiltración. Transcurrido el tiempo de saturación, se debe graduar la cantidad de agua al menos 15 cm por encima del nivel de la grava, desde la cual se debe colocar una regla fija y se deben realizar lecturas a intervalos de minutos 30. Durante 2 o 4 horas, el cilindro de prueba debe rellenarse tantas veces como sea necesario. La diferencia de los últimos 30 minutos es la que se utiliza para determinar la tasa de infiltración.

El procedimiento a seguir se detalla en el siguiente esquema:

El nivel del agua se ajusta, con una regla se establece una línea de base o de referencia la cual se mantiene para todas las lecturas.

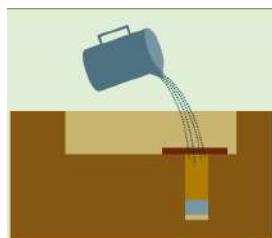
Figura 11. Toma de lectura



Nota. Extraído de Rosales y Zúñiga (2010)

Se debe re establecer el nivel del agua en cada toma de lectura, teniendo en consideración que al inicio de cada lectura la arena o grava debe estar cubierta por lo mínimo 15 cm.

Figura 12. Ajuste del nivel de agua



Nota. Extraído de Rosales y Zúñiga (2010)

a) Datos. La diferencia de la última lectura es la que ayuda a determinar la tasa de infiltración (T), generalmente se expresa en min/cm. cuando hay una diferencia significativa en la toma de lecturas significa que hubo un error y la saturación del suelo no se realizó correctamente.

Cuando se encuentra un valor de tasa de infiltración, se debe usar la Tabla 20. para determinar la velocidad de infiltración la cual se expresa en m/seg (Rosales & Zuñiga, 2010, pp. 2-3).

Tabla 15. AyA velocidad de infiltración, en Normas de presentación, diseño y construcción para urbanizaciones y fraccionamientos.

Velocidad de Infiltración	
T (min/cm)	Vp (m/seg)
2	$1,00 \times 10^{-6}$
3	$8,20 \times 10^{-7}$
4	$7,10 \times 10^{-7}$
5	$6,35 \times 10^{-7}$
6	$5,80 \times 10^{-7}$
7	$5,37 \times 10^{-7}$
8	$5,02 \times 10^{-7}$
9	$4,73 \times 10^{-7}$
10	$4,49 \times 10^{-7}$
11	$4,28 \times 10^{-7}$
12	$4,10 \times 10^{-7}$
14	$3,80 \times 10^{-7}$
16	$3,55 \times 10^{-7}$
18	$3,35 \times 10^{-7}$
20	$3,18 \times 10^{-7}$
22	$3,03 \times 10^{-7}$
24	$2,90 \times 10^{-7}$
25	$2,84 \times 10^{-7}$

Nota. Extraído de Rosales y Zúñiga (2010)

Dimensionamiento de la zanja de infiltración

Para determinar el tamaño de una zanja o un pozo de absorción, se deben seguir estos pasos:

1. Usando la tasa de infiltración del suelo T en (min/cm), la velocidad de infiltración V_p se determina como (m/s), mediante valores tomados de la tabla AyA.

$$T = \frac{\text{minutos entre lecturas}}{\text{ultima diferencia de lectura}}$$

2. Se necesita saber cuánta agua acogerá el sistema, es decir el volumen de agua

(Q) o un suministro de agua diario (litros /día).

3. Con los datos anteriores, el área de absorción requerida para un sistema de metros cuadrados se determinará mediante la siguiente expresión.

$$Ai = \frac{Q}{V_p}$$

4. Además de calcular el área de absorción requerida, deben agregarse otros factores que afectan el diseño:

Precipitación (Fp). - Se recomienda un valor de 2.5 o más, pero debe definirse explícitamente en términos de precipitación que se produce en lugar.

Cobertura superior (rc). - Se recomienda utilizar "0" cuando la superficie del terreno no la cubre nada, casi 1 si está cubierto; no puede ser igual a 1 ya que la ecuación tiende a ser indeterminada.

El área requerida por áreas verdes se determina mediante la ecuación:

$$A'c = Ai * Fp$$

5. Este tamaño de campo intrusivo calculado se obtiene configurando propiedades tales como el ancho de la zanja y la profundidad del medio filtrante graduado debajo del drenaje. A partir de estos datos se obtiene un factor de corrección igual a, que establece un nuevo parámetro denominado perímetro efectivo (Pe).

$$Pe = \frac{0,77 (W + 56 + 2D)}{w + 116}$$

6. La longitud de la filtración (Lz) se calcula como la relación entre el área de filtración y el perímetro efectiva

$$Lz = \frac{Ai}{Pe}$$

7. La distancia entre las zanjas (Ls) y el ancho de la superficie de infiltración está determinada por la longitud de la zanja (Lz). Se calcula según la fórmula:

$$Ls = \frac{Ac}{Lz}$$

Impacto ambiental

Es un cambio ambiental que es causado directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada, o simplemente, un impacto ambiental es un cambio ambiental causado por influencias humanas.

El término “impacto” no debe ser implicado como algo negativo ya que las alteraciones al medio o a sus componentes pueden ser favorables o desfavorables según lo requiera el bienestar y la salud del hombre.

Tipología de los impactos.

Comúnmente los tipos de impactos se generan sobre el medio ambiente, su clasificación no es completa por lo que pueden existir impactos inexplicables, los más comunes son:

Por la calidad del medio:

Impacto Positivo. – Descritos como impactos de mejora ambiental.

Impacto Negativo. – Descripto como la pérdida de los valores estéticos, culturales, paisajistas y otros impactos que causan riesgos ambientales causando la degradación de la zona.

Por su persistencia:

Impacto Temporal. – La alteración al medio no es permanente a lo largo del tiempo, se considera que si el impacto afecta menos de un año es Fugaz, es Temporal si su duración es entre 1 y 3 años, mientras que si dura entre 4 y 10 años se lo considera Pertinaz.

Impacto Permanente. – Uno de sus efectos presupone un cambio indefinido de factores en relaciones ecológicas o ambientales vigentes. Es decir, este efecto permanece en el tiempo por más de 10 años.

Por la relación causa-efecto:

Impacto Directo. – Cuando el efecto genera una repercusión inmediata al medio.

Impacto Indirecto o Secundario. – Su efecto asume un impacto inmediato, incluida la interdependencia o la relación entre un factor ambiental y otro en general

Por la interrelación de sus acciones y/o efectos:

Impacto Simple. – Se presenta para un solo componente lo cual no trae consecuencias de nuevos efectos.

Impacto acumulativo. – Este efecto se prolonga en el tiempo, porque el aumento de acción conlleva a carecer de un mecanismo con un efecto temporal similar, lo que provoca que aumente gradualmente su severidad.

Impacto Sinérgico. – Sucede cuando diferentes agentes o acciones coexistentes se consideran en conjunto asumiendo que el impacto ambiental es mayor que la suma de los efectos considerados por separado (Conesa, 1993, pp. 11-17).

Impacto ambiental generado por las Aguas Residuales

El medio ambiente es el entorno de vida que incluye elementos físicos y naturales. Social, cultural, económico y estético interactúa con los individuos y las comunidades y define su forma, carácter, relaciones y existencia. El inadecuado tratamiento de las aguas residuales genera fuertes impactos ambientales tanto al medio acuático, atmósfera y al suelo provocando la devaluación de los suelos e incluso la disminución del turismo.

Cada año, más de 1000 millones de toneladas de aguas residuales se vierten en aguas subterráneas, ríos, lagos y mares de todo el mundo y se contaminan con metales pesados, disolventes, aceites, grasas, detergentes, ácidos, materiales radiactivos, fertilizantes, pesticidas y otros químicos. La contaminación ambiental causada por esta sustancia química se ha convertido en uno de los problemas mundiales urgentes que enfrenta la humanidad (Rodríguez Pimentel, 2013).

Esta contaminación es más grave en los países industrializados y se manifiesta en el desarrollo intensivo de la agricultura. Por ejemplo, China tuvo que admitir que más del 80% de sus ríos estaban contaminados y no eran aptos para el riego y la limpieza. En los Estados Unidos, dos de cada cinco ríos, casi todos ellos los más grandes, están tan contaminados que los funcionarios de salud han tenido que advertir a la gente que no debe nadar o pescar. La larga esperanza de que el ciclo del agua actuará como una refinería global y el océano como un vertedero común para la civilización moderna ha sido descartada debido a los altos niveles de contaminación que presentan.

Todas las comunidades producen desechos sólidos y líquidos. Sus aguas residuales parcialmente líquidas son esencialmente el agua que sale de las comunidades después de haber sido contaminada en los diversos usos para los que fue utilizada.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), además del impacto en el medio ambiente, existen al menos 25 enfermedades que pueden ser provocadas por la contaminación líquida. En Ecuador, las enfermedades más comunes por esta causa son la hepatitis A, la fiebre tifoidea / paratifoidea y la diarrea aguda.

Los países que tratan aguas residuales domésticas, como Chile, Colombia, Venezuela, México y España, tienen diversas normativas que establecen concentraciones mínimas de ciertos tipos de contaminantes para minimizar su impacto en el medio ambiente.

Los desafíos progresivos para superar los problemas relacionados con la higiene doméstica, los entornos urbanos y rurales y las cuencas hidrográficas siguen sin resolverse. Se planea obligar la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales en población para mejorar la recogida y tratamiento final de residuos sólidos, drenaje de aguas pluviales, brindando un tratamiento adecuado de aguas residuales para eliminar patógenos humanos, aguas residuales industriales, hoteleras, urbanas, etc. Para efectuar una reutilización eficiente de estas aguas residuales.

Evaluación del impacto ambiental (EIA)

La Evaluación del Impacto Ambiental o EIA es un estudio técnico que tiene como propósito predecir, identificar, certificar, evaluar y modificar las consecuencias o impactos ambientales del comportamiento o actividad específica de un proyecto en general.

Sanz (1991), define que el objetivo de la EIA es “formar un juicio previo imparcial y lo menos subjetivo posible sobre la importancia de los impactos o alteraciones que se producen, y la posibilidad de evitarlos o reducirlos a niveles aceptables” (p. 28).

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es el documento técnico de la EIA debe ser presentado por el gerente de proyecto, sobre el cual se realiza un informe o estimación de impacto ambiental (Cruz, Gallego, & González, 2009). Esta investigación solo pretende mostrar la realidad objetiva, y determinar las posibles afectaciones que tendrá el inicio de un proyecto, estructura o actividad en el entorno, así como el nivel de estrés que este entorno debe soportar.

En general, la evaluación del impacto ambiental EIA es una herramienta esencial para mitigar los efectos coercitivos de situaciones que tienen las siguientes características:

- Falta de sincronización entre el crecimiento demográfico y el crecimiento de la infraestructura y los servicios subyacentes que los respaldan.
- La demanda de espacio y servicios debido al aumento de la movilidad de la población y el nivel de vida.
- Degradación gradual del medio ambiente natural, con impactos específicos sobre: contaminación y manejo inadecuado de los recursos aéreos, hidroeléctricos, geológicos, geológicos y paisajísticos.
- Alteración del equilibrio biológico y cadenas de abundancia, de especies vegetales y animales como un resultado de la destrucción.
- Obstáculos por residuos tanto urbanos como industriales
- Recesión y mala gestión del patrimonio histórico y cultural (Cruz, Gallego, & González, 2009).

Como se mencionó anteriormente las EIA no solo son para determinar los impactos negativos hacia el medioambiente, sino que busca elaborar un plan para mitigar los posibles impactos ecológicos, mejorar el entorno y la calidad de vida, sirve de ayuda en el perfeccionamiento del proyecto, etc (Cruz, Gallego, & González, 2009).

A lo descrito anteriormente se pueden agregar muchas otras razones, pero la conclusión es clara. Se requiere una evaluación de impacto ambiental, para la cual el personal del Proyecto también es responsable de asegurar el cumplimiento de las regulaciones ambientales locales, regionales, nacionales e internacionales (Conesa, 1993, p. 3).

Los factores ambientales importantes a tener en consideración son:

- Características fisiológicas: suelo, agua, atmósfera, procesos
- Condiciones biológicas: flora, fauna
- Factores culturales: uso del suelo, entretenimiento, estética e intereses humanos, servicios e infraestructura.
- Relaciones ecológicas: daños por sal, eutrofización, enfermedades, cadena alimentaria, invasión de malezas.

La EIA está sujeta a una serie de pasos y metodologías para abordar impactos ambientales específicos. Hay muchos modelos y procedimientos para evaluar los impactos ambientales, o algunos de sus factores, algunos son comunes con afirmaciones de prevalencia, otros son específicos para una situación particular, otros son cualitativos, algunos funcionan con grandes bases de datos y herramientas informáticas complejas, algunos son estáticos y otros son dinámicos (Cruz, Gallego, & González, 2009).

Hay varias razones por las no se puede implementar una metodología estándar debido a que los factores que influyen son diferentes. Sin embargo, se debe usar un solo método dependiendo de la actividad.

Metodología para elaborar la EIA

Si bien la metodología es sistemática, su aplicación requiere alternar pasos antes y después para identificar y comprender el impacto del proyecto en el medio ambiente.

Matriz de Leopold. (Matriz de impactos)

Es el primer método empleado en 1971 por el Servicio Geológico de los Estados Unidos para evaluar los impactos ambientales. Está formada por tablas de doble entrada útiles para la identificación de impactos a través de la interacción de los factores ambientales con las acciones del proyecto. Presentan la información en forma de matriz determinando así relaciones causa-efecto entre comportamiento e impactos

La matriz de Leopold es muy utilizada como método de valoración cualitativa y permite asignar un carácter a influir (positivo o negativo). Algunas de sus principales ventajas son la facilidad de implementación, el bajo costo y se puede aplicar a todo tipo de proyectos.

La primera fila (en la parte superior), contiene las acciones a realizar en el proyecto que desea evaluar. La primera columna de la izquierda muestra los factores ambientales que pueden verse afectados por cada acción.

Con este enfoque, el número de posibles acciones se fija en 100 y factores ambientales 88 de los cuales muy pocos son importantes. Posteriormente, puede crear una matriz reducida con interacciones óptimas. Esto hace que la operación sea más conveniente ya que generalmente no supera los 50 (Coneisa, 1993, p. 37).

Si hay una interacción, se muestra en diagonal. La línea diagonal indica la magnitud del cambio en los factores ambientales (M) con un signo más (+) o menos (-). Por debajo de la amplitud de variación (I), todos se representan numéricamente, tienen un valor entre 1 y 10, certifican la máxima interacción posible como 10 y un valor de 1 es el mínimo, no existe 0 como opción de valoración (Cruz, Gallego, & González, 2009, p. 30).

- 1 – 3 valoración para efectos negativos bajos.
- 4 – 7 valoración para efectos negativos moderados o medios.
- 8 – 10 valoración para efectos negativos altos.

Figura 16. Modelo Matriz de Importancia

Nota. Extraído de Conesa (1997)

La ecuación para calcular la importancia (I) de un impacto ambiental según la metodología de Conesa Fernández (1997) es:

$$I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + P + MC]$$

Donde:

± = Naturaleza del impacto

I = Importancia del impacto

i = Intensidad o grado probable de destrucción

EX = Extensión o área de influencia del impacto

MO = Tiempo entre el inicio de la acción y la manifestación del impacto **PE** =

Persistencia o permanencia del efecto provocado por el impacto **RV** = Reversibilidad

SI = Sinergia o unión de dos o más efectos simples **AC** = Acumulación o efecto del incremento progresivo **EF** = Efecto (tipo directo o indirecto)

PR = Periodicidad

MC = Recuperabilidad o medida posible de reconstrucción por medios humanos

A continuación, se describen los once símbolos que componen la matriz de valoración del impacto:

Naturaleza del impacto (**±**)

Se refiere al tipo de impacto que tendrá el medio, es positivo (+) cuando la calidad del entorno mejora y negativo (-) cuando la calidad sobre los diferentes factores considerados del entorno disminuye.

Intensidad (i)

Se refiere a la medida en que ocurre una acción sobre un elemento en el dominio particular en el que opera. La escala de calificación va del 1 al 12.

Extensión (EX)

Esta es el área teórica del impacto ambiental del proyecto dividida por el porcentaje del área donde ocurre el impacto. Su valoración es 1 cuando el impacto es puntual y 8 cuando el efecto no admite una ubicación específica en el entorno del proyecto.

Momento (MO)

Se refiere a la duración de un efecto, es el tiempo que transcurre entre la ocurrencia de una acción (to) y el inicio de un efecto (ti) para los factores ambientales considerados.

Persistencia (PE)

Se refiere al tiempo de permanencia del efecto y a partir de cual los elementos afectados volverán a su estado inicial por medios naturales o implementando acciones correctivas.

Reversibilidad (RV)

Se refiere a la capacidad de reconstrucción de los elementos afectados como resultado de una acción realizada, es decir, la capacidad de volver naturalmente al estado original antes de la acción.

Sinergia (SI)

Este atributo asume la integración de dos o más efectos simples. El componente total de la manifestación de los efectos únicos provocados por las acciones concomitantes es mayor que el esperado de la manifestación de los efectos cuando las acciones que los inducen actúan de forma independiente y no simultánea.

Acumulación (AC)

Esta propiedad da la idea de que la manifestación del efecto aumenta a medida que la acción que lo produce es continua o repetida.

Efecto (EF)

Se refiere a la relación entre causa y efecto, es decir, la forma de manifestación del efecto sobre el elemento como resultado de la acción.

Periodicidad

Se refiere a la frecuencia de ocurrencia de efectos, ya sean periódicos o repetitivos (efectos recurrentes), impredecibles en el tiempo (efectos irregulares) o constantes en el tiempo (efecto continuo).

Recuperabilidad (MC)

La capacidad de reconstruir todo o parte del elemento después del proyecto, es decir, la capacidad de volver al estado original antes de la acción a través de la intervención humana (realizar acciones correctivas) (Conesa F., 1997).

Tabla 17. Resumen del modelo de valoración de la importancia de impacto.

Naturaleza		Intensidad (IN)* Grado de Destrucción		
Beneficioso	+	Baja	1	
		Media	2	
		Alta	3	
		Muy alta	8	
		Total	12	
Extensión (EX) Área del efecto		Momento (MO) Plazo de manifestación		
Puntual	1	Largo plazo	1	
		Medio plazo	2	
		Inmediato – Corto plazo	4	
		Crítico	8	
Persistencia (PE) Permanencia del efecto		Reversibilidad (RV)		
Fugaz	1	Corto plazo	1	
		Medio plazo	2	
		Irreversible	4	
Sinergia (SI) Potenciación de la manifestación		Acumulación (AC) Incremento progresivo		
Sin sinergismo	1	Simple	1	
		Acumulativo	4	
Efecto (EF) Relación causa-efecto		Periodicidad (PR) Regularidad de la manifestación		
Indirecto	1	Irregular	1	
		Periódico	2	
Directo		Continuo	4	
Recuperabilidad (MC) Reconstrucción por medios humanos				
Recup. Inmediata	1			
Recuperable				
Mitigable				
Irrecuperable				
		$I = \pm[3IN + 2XE + MO + PE + RV + SI + AC + EF + P + MC]$		

Nota. Extraído de Conesa Fernández (1997)

- La valoración de la matriz de importancia (I) va desde 13 a 100
- Los impactos CRÍTICOS tienen una valoración de importancia superior a 75, donde el daño es irreparable y la posibilidad de recuperar el medio es cero.
- Los impactos SEVEROS tienen una valoración entre 50 y 75, el tiempo de recuperación es en un largo periodo y se lo realiza mediante medidas correctivas.
- Los impactos MODERADOS se encuentran entre 25 y 50 y son aquellos donde la afectación de medio no necesita de prácticas correctivas.
- Por lo tanto, menores a 25 son impactos IRRRELEVANTES, la afectación es baja y su impacto no se compara con el objetivo del proyecto (Hidroar S.A, s,f).

Leyes medioambientales

Constitución del Ecuador

La constitución política de la república del Ecuador en el Art. 415: Sección Séptima, Biosfera, ecología urbana y energías alternativas, establece que:

El estado garantizará un modelo de desarrollo sostenible, sancionará cualquier daño ambiental, restaurará los ecosistemas y compensará a las personas y comunidades afectadas.

Ley de Gestión Ambiental

La ley de Gestión Ambiental 2004, de la República del Ecuador, establece:

Art 20. Todas las actividades en riesgo ambiental requieren una autorización ambiental expedida por el Ministerio de Salud y Medio Ambiente.

Art 6: La higiene se define como una serie de actividades que regulan y controlan el entorno en el que viven las personas con el fin de proteger su salud.

Art 22. Los propietarios de viviendas deben conectar sus sistemas de alcantarillado a sistemas de fertilizantes, aguas residuales, eliminación y tratamiento final.

La Norma de tratamiento de aguas residuales protege la calidad nacional del agua y permite su uso en el futuro. Regulación de organizaciones anfitrionas como ríos, acuíferos, cuencas de canales y humedales. Esta regla le permite contaminar bienes nacionales a cambio de un pago.

Marco Legal

Para que un proyecto se pueda llevar a ejecución hay que tener en cuenta las normas, procedimientos, leyes y reglamentos nacionales. Por esta razón para que este proyecto de investigación se pueda llevar a cabo se ha tomado como referencia los siguiente:

- Constitución de la República del Ecuador
- Ley Orgánica de la Salud
- Código Orgánico de Ordenamiento Autonomía y Descentralización (COOTAD)
- Ley de Gestión Ambiental
- Ley de Prevención y Control de la Contaminación
- Texto unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.
- Reglamento para el Manejo de Aguas Residuales
- Ordenanza de las Aguas Residuales del Cantón Jipijapa.

Constitución de la República del Ecuador, 2008.

Título II - Derechos, capítulo segundo - derechos del buen vivir, sección segunda - ambiente sano.

Art. 14 establece: Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el Buen Vivir, Sumak Kawsay.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (Constitución de la República del Ecuador, 2011).

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua (Constitución de la República del Ecuador, 2011).

Título II - Derechos, Capítulo sexto – derechos de libertad

Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas:

Literal 27. “El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza” (Constitución de la República del Ecuador, 2011).

Título V – Organización territorial del Estado, Capítulo cuarto – régimen de competencias

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

Literal 4. “Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley” (Constitución de la República del Ecuador, 2011).

Ley Orgánica de Salud, 2006.

Título único, Capítulo II – de los desechos comunes, infecciosos, especiales y de las radiaciones ionizantes y no ionizantes

Art. 97.- “La autoridad sanitaria nacional dictará las normas para el manejo de todo tipo de desechos y residuos que afecten la salud humana; normas que serán de cumplimiento obligatorio para las personas naturales y jurídicas” (Ley Orgánica de Salud - LOS), 2015).

Art. 98.- La autoridad sanitaria nacional, en coordinación con las entidades públicas o privadas, promoverá programas y campañas de información y educación para el manejo de desechos y residuos (LOS, 2015).

Art. 101.- Las viviendas, establecimientos educativos, de salud y edificaciones en general, deben contar con sistemas sanitarios adecuados de disposición de excretas y evacuación de aguas servidas.

Los establecimientos educativos, públicos y privados, tendrán el número de baterías sanitarias que se disponga en la respectiva norma reglamentaria.

El Estado entregará a los establecimientos públicos los recursos necesarios para el cumplimiento de lo dispuesto en este artículo (LOS, 2015).

Art. 102.- Es responsabilidad del Estado, a través de los municipios del país y en coordinación con las respectivas instituciones públicas, dotar a la población de sistemas de alcantarillado sanitario, pluvial y otros de disposición de excretas y aguas servidas que no afecten a la salud individual, colectiva y al ambiente; así como de sistemas de tratamiento de aguas servidas (LOS, 2015).

Art. 103.- Se prohíbe a toda persona, natural o jurídica, descargar o depositar aguas servidas y residuales, sin el tratamiento apropiado, conforme lo dispone en el reglamento correspondiente, en ríos, mares, canales, quebradas, lagunas, lagos y otros sitios similares.

Se prohíbe también su uso en la cría de animales o actividades agropecuarias (LOS, 2015).

Art. 104.- Todo establecimiento industrial, comercial o de servicios, tiene la obligación de instalar sistemas de tratamiento de aguas contaminadas y de residuos tóxicos que se produzcan por efecto de sus actividades (LOS, 2015).

Código Orgánico de Ordenamiento Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD).

Título III – Gobiernos autónomos descentralizados, capítulo III – gobierno autónomo descentralizado municipal, sección primera – naturaleza jurídica, sede y funciones.

Art. 55.- Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal.

Los gobiernos autónomos descentralizados municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley (Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD), 2010).

d) Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley

Título VIII – Disposiciones comunes y especiales de los gobiernos autónomos descentralizados, capítulo IV – régimen patrimonial, sección cuarta – reglas especiales relativas a los bienes de uso público y afectados al servicio público.

Art. 431.- De la gestión integral del manejo ambiental. - Los gobiernos autónomos descentralizados de manera concurrente establecerán las normas para la gestión integral del ambiente y de los desechos contaminantes que comprende la prevención, control y sanción de actividades que afecten al mismo (COOTAD, 2010).

Ley de Gestión Ambiental, 2004.

Título I – Ámbito y principios de la gestión ambiental

Art. 2.- La gestión ambiental se sujet a los principios de solidaridad, co-rresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de de-sechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y y respecto a las culturas y prácticas tradicionales (Ley de Gestión Ambiental, 2004).

Título II – Del régimen institucional de la gestión ambiental, capítulo II – de la autoridad ambiental.

Art. 9.- Le corresponde al Ministerio del ramo:

j) Coordinar con los organismos competentes sistemas de control para la ve-rificación del cumplimiento de las normas de calidad ambiental referentes al aire, agua, suelo, ruido, desechos y agentes contaminantes.

Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (LPCCA), 2004.

Capítulo II- de la prevención y control de la contaminación de las aguas.

Art. 6.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes nor-mas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebra-das, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades (Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (LPCCA), 2004).

Art. 7.- El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en coordinación con los Mi-nisterios de Salud y del Ambiente, según el caso, elaborarán los proyectos de normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas de líqui-dos residuales, de acuerdo con la calidad de agua que deba tener el cuerpo receptor (LPCCA, 2004).

Art. 8.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, fijarán el grado de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen (LPCCA, 2004).

Art. 9.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, también, están facultados para supervisar la construcción de

las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito de lograr los objetivos de esta Ley (LPCCA, 2004).

Capítulo III- de la prevención y control de la contaminación de los suelos.

Art. 11.- Para los efectos de esta Ley, serán consideradas como fuentes potenciales de contaminación, las substancias radioactivas y los desechos sólidos, líquidos o gaseosos de procedencia industrial, agropecuaria, municipal o doméstica (LPCCA, 2004).

Reglamento para el tratamiento de Aguas Residuales, 2000.

Ante la falta de un Reglamento vigente para el Tratamiento de Aguas Residuales en el Ecuador, nos referenciamos al Reglamento de la Constitución del Salvador.

Objeto y competencia

Art. 1.- El presente Reglamento tiene por objeto velar porque las aguas residuales no alteren la calidad de los medios receptores, para contribuir a la recuperación, protección y aprovechamiento sostenibles del recurso hídrico respecto de los efectos de la contaminación (Decreto N° 39, 2000).

Ámbito de aplicación

Art. 2.- Las disposiciones del presente Reglamento serán aplicables en todo el territorio nacional, independientemente de la procedencia y destino de las aguas residuales; sin perjuicio de las normas contenidas en la Ley del Medio Ambiente, en lo sucesivo la Ley, y sus demás reglamentos (Decreto N° 39, 2000).

Glosario

Art. 3.- Para los efectos del entendimiento y aplicación adecuados de este Reglamento, se establece el siguiente glosario:

Aforo: Medición de caudal.

Agua Residual: Agua que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes y vertidas a un cuerpo receptor. Ellas son de dos tipos: Ordinario y Especial.

Agua Residual de tipo Ordinario: Agua residual generada por las actividades domésticas de los seres humanos, tales como uso de servicios sanitarios, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa y otras similares.

Agua Residual de tipo Especial: Agua residual generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquéllas que no se consideran de tipo ordinario.

Alcantarillado Sanitario: Red de tuberías o canales que se utilizan para recolectar y transportar las aguas residuales hasta su punto de tratamiento y vertido.

Efluente: Caudal de aguas residuales que sale de la última unidad de conducción o tratamiento.

Reciclaje o Recirculación: Aprovechamiento del agua residual, tratada o no, dentro del espacio confinado en que ha sido generada.

Sistema de Tratamiento: conjunto de procesos físicos, químicos o biológicos, que se aplican al agua residual con el fin de mejorar su calidad (Decreto N° 39, 2000).

Autoridad competente

Art. 4.- Para lo preceptuado en este Reglamento será autoridad competente el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, que en lo sucesivo se denominará el Ministerio, sin perjuicio de las atribuciones establecidas en la legislación nacional a otras instituciones del gobierno central, autónomas o municipales, las cuales serán responsables de su aplicación dentro de sus respectivas competencias y en coordinación con el Ministerio; de igual manera, aplicarán las normas técnicas de calidad ambiental pertinentes (Decreto N° 39, 2000).

Aplicación gradual de medidas

Art. 5.- En cumplimiento de lo estipulado en los Arts. 107, 108 y 109 de la Ley, los titulares de las obras, proyectos o actividades correspondientes deberán considerar en sus Programas de Adecuación Ambiental, la aplicación gradual de las medidas de atenuación o compensación para el impacto negativo ocasionado por aquéllas sobre el recurso hídrico (Decreto N° 39, 2000).

Auditorias e Inspecciones

Art. 6.- En base al Art. 27 de la Ley, el Ministerio realizará las auditorías en la forma en que considere necesarias en las obras, instalaciones y aprovechamientos de aguas residuales, que se identifiquen en el proceso de evaluación ambiental como medidas de prevención, atenuación o corrección de la contaminación de las aguas (Decreto N° 39, 2000).

Sistemas de tratamiento

Tratamiento de aguas residuales

Art. 7.-Toda persona natural o jurídica, pública o privada, titular de una obra, proyecto o actividad responsable de producir o administrar aguas residuales y de su vertido en un medio receptor, en lo sucesivo denominada el titular, deberá instalar y operar sistemas de tratamiento para que sus aguas residuales cumplan con las disposiciones de la legislación pertinente y este Reglamento (Decreto N° 39, 2000).

Disposición de lodos

Art. 8.- En cuanto a la disposición de lodos provenientes de sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipos ordinario y especial, estará sujeta a lo dispuesto en el Programa de Manejo o Adecuación Ambiental correspondiente y a la legislación pertinente (Decreto N° 39, 2000).

Informes operacionales.

Art. 9.- Los titulares deben elaborar y presentar al Ministerio informes operacionales de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y de las condiciones de sus vertidos, que reflejen la frecuencia del muestreo, conforme a lo estipulado en los Arts. 16, 19 y 25 de este Reglamento. El resumen anual formará parte del informe anual de resultado de la aplicación de los Programas de Manejo Ambiental o de Adecuación Ambiental (Decreto N° 39, 2000).

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
A TRAVÉS DE MATERIALES SOSTENIBLES CON BIODIGESTORES
COMUNA JOA, CANTÓN JIPIJAPA.**

Capítulo II
Metodología

Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva debido a que las características, factores y procedimientos son hechos que ocurren de la forma natural. Mediante esta metodología se realiza la interpretación y análisis del problema originado por el mal manejo de las aguas residuales domiciliarias.

Se implementa también la investigación aplicada ya que se propone realizar el diseño mediante diferentes fórmulas de un sistema de tratamiento de aguas residuales implementando biodigestores, permitiendo una reducción a la contaminación ocasionada a los mantos acuáticos y brindar una mejor calidad de vida a los habitantes de la comunidad de Joa del cantón Jipijapa.

Método de investigación

Para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales mediante biodigestores se escogieron los siguientes métodos:

- **Deductivo:** Este método se empleó ya que, de condiciones generales, se determinó visualmente hechos que afectan a la Comuna Joa, logrando clasificar la información obtenida y llegar a conclusiones específicas.
- **Empírico:** Se recurrió a emplear este método con la finalidad de contar con el aporte de los habitantes de la Comuna Joa, de esta manera obtener datos reales para la ejecución del presente propósito.

Técnica e instrumentos de recolección de datos

Técnica

Para la recolección de la información primaria y secundaria del presente proyecto se llevaron a cabo las siguientes técnicas:

Documental

Técnica empleada para recopilar información bibliográfica sobre el diseño de sistema de tratamiento de aguas residuales con la implementación de los biodigestores en áreas rurales o zonas donde no se cuenta con un sistema de alcantarillado convencional

De Campo

Se aplicó esta técnica, debido a que el estudio se realizó en la comunidad de Joa del cantón Jipijapa, Provincia de Manabí.

- **Observación:** Se logró observar la condición ambiental en la que se encuentra la Comuna, donde la falta de servicios básicos (alcantarillado), conlleva a realizar el proyecto con biodigestores.
- **Encuesta:** Mediante esta técnica se logró conocer cuáles son las necesidades del lugar de investigación.

Instrumentos

Información primaria obtenida mediante la aplicación de la técnica de campo:

- Encuesta, realizada a los habitantes de la Comuna.
- Equipo topográfico, para el levantamiento de puntos en la Comuna Joa Información secundaria para complementar la investigación aplicada a la técnica documental, mediante:
 - Libros
 - Páginas de internet
 - Revistas
 - Folletos
 - Archivos de varias instituciones (tesis)
 - Diferentes fuentes bibliográficas

Población y muestra (recolección de la información)

Población

Wigodski S. (2010), menciona “población es el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado”.

Se considera a la Comuna Joa, perteneciente al cantón Jipijapa de la Provincia de Manabí, objeto de estudio contando con una población de 452 habitantes

Muestra

La muestra es un subconjunto de la población a la cual se realiza la investigación. Mediante cálculo se determinó una muestra de 94 habitantes quienes fueron encuestados en representación a la población de la Comuna

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
A TRAVÉS DE MATERIALES SOSTENIBLES CON BIODIGESTORES
COMUNA JOA, CANTÓN JIPIJAPA.**

Capítulo III

Resultados y discusión

Diagnóstico el sitio del proyecto de investigación

La comuna de Joa, perteneciente al Cantón Jipijapa de la Provincia de Manabí, se localiza a 6,8 Km del sur de la Ciudad de Jipijapa y a 21 Km de Puerto Cayo, esta comuna se encuentra a una altura de 193 m.s.n.m, su clima es de Bosque Seco Ecuatorial y cuenta con una extensión aproximada de 1,75 km².

Figura 14. Comuna Joa



Nota. Extraido de Comuna Joa Google Earth Pro (s.f)

La comuna de Joa limita al:

- Norte: Parroquia Jipijapa
- Sur: Comuna Julcuy
- Este: Parroquia Puerto Cayo
- Oeste: Parroquia Jipijapa

Población del área de estudio

Es importante tener conocimiento sobre la población actual del área de estudio, para la toma de decisiones y planificaciones del bienestar del lugar.

Al no contar con datos estadísticos del Instituto Ecuatoriano de Censo (INEC) para conocer la población exacta de la comuna Joa del cantón Jipijapa se determinó con un censo realizado por los mismos habitantes que en el lugar habitan 452 personas.

Problemas que afectan a la Comuna

La Comuna Joa perteneciente al cantón de Jipijapa al igual que muchas otras comunas presenta una serie de problemas que afectan directamente a la población del sector, como:

- La carencia de servicios básicos (agua potable y alcantarillado).
- Infraestructura de instalaciones educativas ineficientes.
- Presentación de problemas de salud de los habitantes de la comunidad debido a la insalubridad.
- Falta de áreas de recreación.
- Falta de pavimentación en vías secundarias, entre otros.

La insuficiente provisión de servicios básicos es el enfoque principal del presente tema de investigación debido a la falta de alcantarillado sanitario en la comuna provoca que los habitantes opten por construir los tanques sépticos tradicionales como solución para el depósito de las aguas residuales domésticas. Una solución que a la actualidad les está trayendo complicaciones en la salud como infecciones respiratorias, enfermedades gastrointestinales, dengue, enfermedades diarreicas y problemas cutáneos.

Se realizó una encuesta a los habitantes de la Comuna Joa para el diagnóstico in situ, el cual dio como resultado que el mayor problema que afecta a la Comuna Joa perteneciente al cantón Jipijapa es la falta de alcantarillado sanitario donde el medio ambiente al estar muy relacionado se está contaminando de a poco causando enfermedades que pueden llegar a ser graves.

De la misma manera se efectuó la encuesta con otro propósito que es dar a conocer a los habitantes del sistema de tratamiento de aguas residuales implementando biodigestores con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los habitantes y mitigar el impacto ambiental originado por la contaminación, para calcular el tamaño de la muestra se empleó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * \sigma^2 * Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 * Z^2}$$

Donde

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

σ = desviación estándar de la población, cuando no se tiene su valor se utiliza un valor constante 0,5.

Z = Niveles de confianza, este valor es constante, si no se tiene el valor se lo relaciona al 95% de confianza lo que equivale a 1,96 o con el 99% de confianza semejante a 2,58, valores que quedan a criterio del investigador.

e = Límite aceptable del error de la muestra, generalmente varía entre el 1% y 9%, valor a escoger según el encuestador.

Reemplazando los valores en la fórmula:

$$n = \frac{N * \sigma^2 * Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 * Z^2}$$

$$n = \frac{452 * 0,5^2 * 1,96^2}{(452-1) * 0,09^2 + 0,5^2 * 1,96^2}$$

$$n = \frac{434,1008}{4,6135}$$

$$n = 94$$

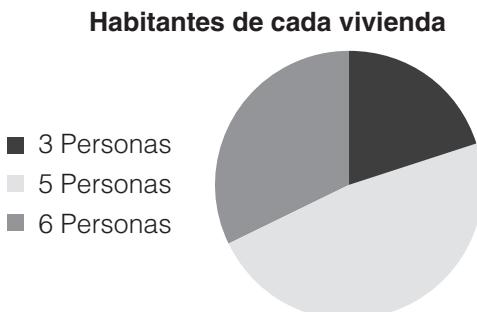
De acuerdo a la población indicada anteriormente. La muestra obtenida es de 94 habitantes con un error de muestreo del 9% y con un nivel de confianza del 95%. Es decir que la encuesta se realizó a 94 habitantes de la comuna Joa del Cantón Jipijapa.

Resultados de la tabulación

Tabla 18. Resumen del modelo de valoración de la importancia de impacto.

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
3 personas	19	20%
5 personas	45	48%
6 personas	30	32%
Total	94	100%

Fuente: Habitantes de la Comuna Joa

Figura 15. Habitantes de cada vivienda

Fuente: Habitantes de la Comuna Joa

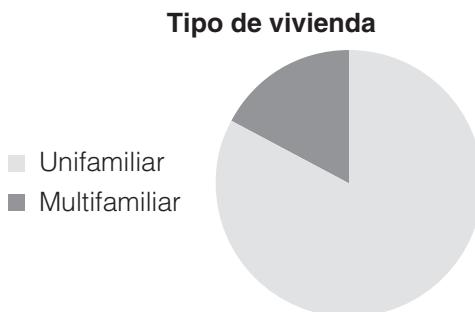
De acuerdo a la respuesta 19 de los encuestados mencionó que en su vivienda habitan 3 personas lo que representa al 20%; el 48% de los encuestados siendo 45 indicó que el total de personas es que habitan en sus viviendas es de 5 personas, y el 32% de los encuestados mencionó que 6 personas habitan en sus viviendas.

Pregunta 1- ¿Cuál considera que es el tipo de vivienda que habita?

Tabla 19. Tipo de vivienda

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
3 personas	19	20%
5 personas	45	48%
6 personas	30	32%
Total	94	100%

Fuente: Habitantes de la Comuna Joa

Figura 16. Tipo de vivienda

Fuente: Habitantes de la Comuna Joa

Se observa en la Figura 16 que 78 personas lo que representa un 83% de las personas encuestadas mencionaron que habitan en una vivienda Unifamiliar, mientras 16 personas representando el 17% habitan en viviendas multifamiliares.

Pregunta 2- Su vivienda está conectada al sistema de alcantarillado sanitario.

Tabla 20. Conexión al sistema de AASS.

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	0	0%
No	94	100%
Total	94	100%

Fuente: Habitantes de la Comuna Joa

En un total de 94 personas encuestadas 0 personas en representación del 0% comentó que sus viviendas SI están conectadas a un sistema de alcantarillado sanitario convencional; mientras que 94 personas representando el 100% de los encuestados dejó evidenciado que sus viviendas NO son cuentan con tal sistema de servicio público.

Pregunta 3- ¿Cuál es la disposición final que da usted a las aguas residuales que son producidas en su vivienda?

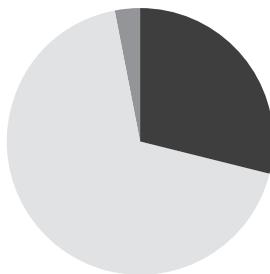
Tabla 21. Disposición final de aguas residuales

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Descargas directas al río o vertiente de agua cercana	27	29%
Pozo séptico construido de forma tradicional	64	68%
Depositada directamente al suelo	3	3%
Total	94	100%

Fuente: Habitantes de la Comuna Joa

Figura 17. Disposición final de las aguas residuales

- Descargas directas al río o vertiente de agua cercana
- Pozo séptico construido de forma tradicional
- Depositada directamente al suelo



Fuente: Habitantes de la Comuna Joa

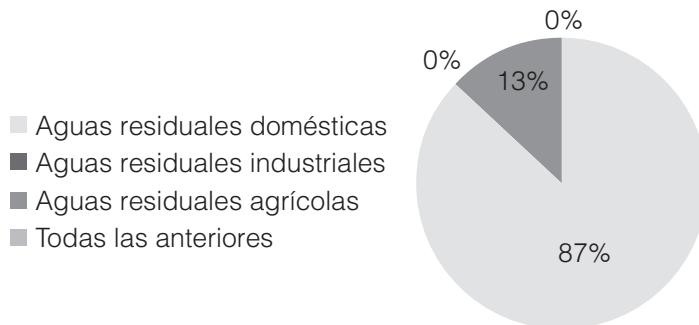
Debido a la falta de un sistema de AASS convencional 27 personas en representación al 29% de los encuestados indicó que sus aguas residuales producidas en sus domicilios son descargadas directamente a vertientes de aguas cercanas; mientras que 64 personas es decir el 68% de los encuestados mencionaron que sus aguas son depositadas en pozos sépticos que fueron construidos de forma tradicional y 3 persona representando al 3% depositan sus aguas residuales directamente al suelo.

Pregunta 4 - ¿Qué tipo de agua residual considera usted que se genera en mayor proporción en la comuna?

Tabla 22. Tipo de agua residual

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Aguas residuales domésticas	82	87%
Aguas residuales industriales	0	0%
Aguas residuales agrícolas	12	13%
Todas las anteriores	0	0%
Total	94	100%

Fuente: Habitantes de la Comuna Joa

Figura 18. Tipo de agua residual

Fuente: Habitantes de la Comuna Joa

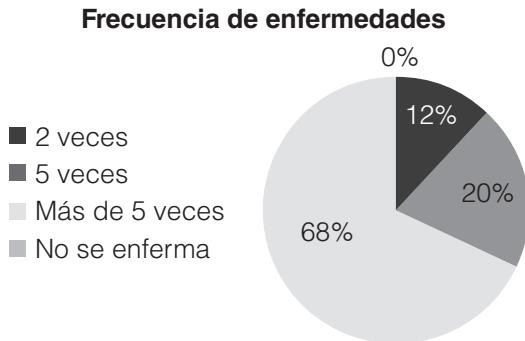
82 personas siendo el 87% de los encuestados menciono que en la Comuna las aguas residuales domésticas son las que se generan en mayor proporción; mientras que 12 personas representando el 13% indicó que las aguas residuales agrícolas son las que se generan en mayor proporción en la Comuna, los otros ítems reflejan el 0% ya que no existen zonas industriales.

Pregunta 5 - ¿Con qué frecuencia al año acude usted o algún miembro de su familia al médico por enfermedades diarreicas o infecciones respiratorias?

Tabla 23. Frecuencia de enfermedades

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
2 veces	11	12%
5 veces	19	20%
Más de 5 veces	64	68%
No se enferma	0	0%
Total	94	100%

Fuente: Habitantes de la Comuna Joa

Figura 19. Frecuencia de enfermedades en los habitantes.

Fuente: Habitantes de la Comuna Joa

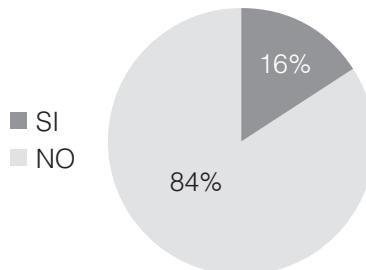
La contaminación de los afluentes superficiales por aguas residuales domiciliarias causa enfermedades diarreicas en los habitantes de la comuna Joa, 11 personas representando el 12% indicó que acude 2 veces al médico; 19 personas en representación del 20% acude 5 veces a un médico, mientras que 64 personas siendo un 68% de los encuestados mencionó que acude más de 5 veces al médico por problemas diarreicos.

Pregunta 6 - ¿Tiene conocimiento de que las aguas residuales pueden ser aprovechadas?

Tabla 24. Aprovechamiento de las aguas residuales

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	15	16%
No	79	84%
Total	94	100%

Fuente: Habitantes de la Comuna Joa

Figura 20. Aprovechamiento de las aguas residuales

Fuente: Habitantes de la Comuna Joa

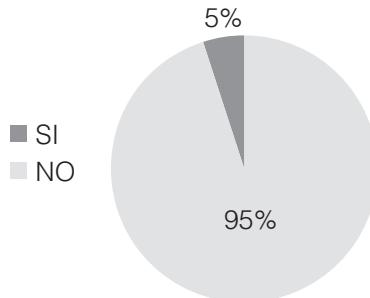
15 personas encuestadas representando el 16% si tiene conocimiento de que las aguas residuales que genera pueden ser tratada para un beneficio ambiental, mientras que 79 personas siendo el 84% de los encuestados no sabe del aprovechamiento de las aguas residuales después de un tratamiento adecuado.

Pregunta 7 - ¿Conoce algún sistema de tratamiento de aguas residuales que pueda implementar en su vivienda y con esto ayudar a disminuir la contaminación ambiental?

Tabla 25. Sistema de tratamiento de aguas residuales

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	5	5%
No	89	95%
Total	94	100%

Fuente: Habitantes de la Comuna Joa

Figura 21. ASistema de tratamiento de aguas residuales

Fuente: Habitantes de la Comuna Joa

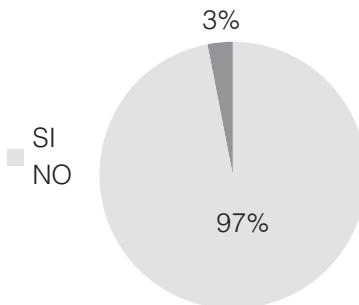
El implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales ayudaría a disminuir la contaminación ambiental de la Comuna sin embargo 5 personas siendo el 5% de los encuestados mencionó que, si conoce los sistemas para tratar las aguas residuales domiciliarias, mientras que 89 personas representando el 95% mencionó que no conoce ningún mecanismo o sistema de tratamiento para este fin.

Pregunta 8 - Ud. Cree que el diseño de un tanque biodigestor para tratar aguas residuales mejore la calidad de vida de los habitantes de la Comuna.

Tabla 26. Sistema de tratamiento de aguas residuales

Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Si	91	97%
No	3	3%
Total	94	100%

Fuente: Habitantes de la Comuna Joa

Figura 22. Tanque biodigestor para mejorar la calidad de vida.

Fuente: Habitantes de la Comuna Joa

Con 91 personas representando el 97% de los encuestados de la Comuna Joa piensan que el sistema de tratamiento de aguas residuales con tanque biodigestor tiene un impacto positivo al mejorar la calidad de vida de sus habitantes, mientras que 3 personas representando el 3% de los encuestados menciona que este sistema de tratamiento no mejoraría la calidad de vida.

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
A TRAVÉS DE MATERIALES SOSTENIBLES CON BIODIGESTORES
COMUNA JOA, CANTÓN JIPIJAPA.**

Capítulo IV

Diseño el Sistema de Conducción de
Aguas Residuales al Biodigestor

Ubicación del proyecto

A continuación, se detalla la ubicación del lugar de proyecto en la Comuna Joa del Cantón Jipijapa, representado en un levantamiento modo satelital a través de Google Earth Pro.

Figura 23. Implantación del lugar del proyecto en la Comuna Joa del Cantón Jipijapa.



Nota. Extraído de Comuna Joa del Cantón Jipijapa Google Earth Pro (s.f)

Periodo de diseño

Para el estudio de este proyecto fue necesario establecer el tiempo de vida útil del sistema de conducción de AASS. La normativa ecuatoriana INEN 5 Parte 9.2 (1997), recomienda para el sistema de disposición de residuos se opte un periodo de 20 años.

El autor Pablo Gallardo (2020), ha establecido algunos valores para determinar el periodo de diseño para alcantarillados.

Tabla 27. Periodo de diseño para alcantarillado sanitario.

Componentes del sistema	Periodo de diseño (años)
Red de alcantarillas	15 – 30
Colector primario y secundario	20 – 30
Interceptor y emisor	30 – 50
Estaciones de bombeo	10 – 20
Línea de conducción	20 – 30
Plantas de tratamiento	40

Nota. Extraído de Gallardo (2020)

Esta autora comparó ambos criterios y tomó en consideración 20 años de vida útil para la línea de conducción de las aguas residuales.

Población de diseño

La población de diseño se calculó en base de la población determinada mediante el recuento poblacional. Donde por medio de la encuesta realizada se llegó a estimar que en cada vivienda unifamiliar habitan un promedio de 5 personas y como tenemos 5 viviendas en la zona de intervención serían 25 habitantes los beneficiarios del sistema de AASS. Según las características de cada comunidad, se determina la población flotante y la influencia de esta en el sistema a diseñarse.

Para el cálculo de la población futura, se empleó el método geométrico:

$$P_f = Pa^*(1 + r)^n$$

Donde:

Pf = Población futura (habitantes)

Pa = Población actual (habitantes)

r = Tasa de crecimiento poblacional, expresada en fracción decimal

n = Periodo de diseño (años)

Para el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional, se toma como base datos estadísticos proporcionados por los censos nacionales y recuentos sanitarios. Por falta de datos, se adoptó los índices de crecimiento geométrico indicados en la tabla siguiente.

Tabla 28. Tasas de crecimiento poblacional.

Región geográfica	r (%)
Sierra	1,0
Costa, Oriente y Galápagos	1,5

Nota. Extraído de INEN (1997, p. 18)

$$P_f = Pa^*(1 + r)^n$$

$$P_f = 25^*(1 + 0,015)^{20}$$

$$P_f = 34\text{hab.}$$

Nivel de servicio

En el nivel de servicio se tomó en cuenta la forma actual del depósito de las aguas residuales domiciliarias.

Tabla 29. Niveles de servicio para poblaciones rurales

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
Ia	AP	Sistema individual
	EE	Diseño de acuerdo a la disponibilidad técnica, usos del agua, preferencia y economía del usuario
Ib	AP	Grifos de uso público
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
	SDE	Grifos públicos, incluyendo agua para lavado de ropa y baño
IIa	AP	Conexiones domiciliarias, con un grifo por vivienda
	EE	Letrinas sin arrastres de agua
	SDE	Letrinas con y sin arrastre de agua
IIb	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por vivienda
	ERL	Sistema de alcantarillado sanitario

Simbología utilizada

AP: agua potable

EE: Eliminación final de excretas

ERL: Eliminación de los residuos líquidos

Nota. Extraído de INEN (1997, p. 18)

Dotación

De acuerdo al nivel de servicio escogido en la tabla 3. se determina cual es la dotación de agua inicial según el clima.

Tabla 30. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio

Nivel de Servicio	Clima frio (l/hab*día)	Clima cálido (l/hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Nota. Extraído de INEN (1997, p. 19)

Dotación futura

$$D_f = D_o * (1 + \% * n)$$

$$D_f = 30 \text{L/hab*dia} * (1 + 1\% * 20)$$

$$D_f = 36 \text{L/hab * dia}$$

Donde:

D_f = Dotación futura

D_o = Dotación inicial

% = Variación del porcentaje anual, incremento del 1% al 2%

n = periodo de diseño

La dotación futura de agua que se consideró para el diseño según los niveles de servicios es de 36 L/hab*día ya que la Comuna Joa cuenta con un clima cálido.

Después de haber obtenido los datos generales, se procede a calcular el sistema de conducción de la tubería para AASS. de cada tramo. Se detalla el procedimiento del tramo PR1-PR2:

Datos:

L = 36,00m = 0.036km

A_i = 0.15 Ha

A_T = 0.54 Ha

Dotación poblacional

$$D_p = \frac{P_f}{A_t}$$

$$D_p = \frac{34 \text{ hab.}}{0,54 \text{ Ha}}$$

$$D_p = 62,96 \text{ hab/Ha}$$

Población futura

$$P_f = D_p * A_i$$

$$P_f = 62,96 \frac{\text{hab}}{\text{Ha}} * 0,15 \text{ Ha}$$

$$P_f = 9 \text{ hab.}$$

Caudal de diseño

$$Q_d = Q_{MH} + Q_{in} + Q_e$$
$$Q_d = 0,0118L/s + 0,0180L/S + 0,014L/s$$
$$Q_d = 0,0438L/s$$

Caudal medio diario (Qm)

$$Q_m = \frac{Pf * Df}{86400}$$
$$Q_m = \frac{9\text{hab.} * 36\frac{L}{hab} * \text{día}}{86400}$$
$$Q_m = 0,00375L/s$$

Caudal medio diario futuro de agua residual (Qs)

$$Q_s = Q_m * Cr$$
$$Q_s = 0,00375L/s * 80\%$$
$$Q_{MH} = 0,0118L/s$$

Coeficiente de mayoración Harmon

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{Pf}}$$
$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{9}}$$
$$M = 4,42$$

Coeficiente de mayoración Experiencia brasileña

$$M = K_1 * K_2$$
$$M = 1,5 * 2,3$$
$$M = 3,45$$

Caudal de infiltración (Qin)

Tabla 31. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio

Nivel Freático	F (L/s/Km)							
	Tubo de Cemento		Tubo de Arcilla		Tubo de Arcilla Vitrificada		Tubo de PVC	
	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma
Bajo	0,50	0,20	0,50	0,10	0,20	0,10	0,10	0,05
Alto	0,80	0,20	0,70	0,10	0,30	0,10	0,15	0,50

Nota. Extraído de Ministerio del Agua de Bolivia (2007)

Se considera el valor de 0,50 L/s/Km, considerando que se trata de tuberías de PVC con unión de goma y un nivel freático alto.

$$Q_{in} = F * L$$

L/s

$$Q_{in} = 0,50_{km} * 0,036km$$

$$Q_{in} = 0,018L/s$$

Caudal de conexiones ilícitas (Qi)

$$Q_i = 0,0015 * P_f$$

$$Q_i = 0,0015 * 9$$

$$Q_i = 0,014L/s$$

Sistema de tubería Pendiente

$$S = \frac{H_{ini.} - H_{fin.}}{L}$$

$$S = \frac{199,62m - 197,54m}{36,00m}$$

$$S = 0,058$$

La pendiente natural del terreno del primer tramo es de 0,058 m/m es decir del 5,8%. Sin embargo, para el diseño del presente proyecto se consideró una pendiente del 2% y 1%.

Diámetro

De acuerdo a la Norma Ecuatoriana (1997), INEN 5 el diámetro mínimo de tubería para el sistema de alcantarillado es de 125 mm.

Cálculo de velocidad a tubo lleno

- Radio hidráulico

$$R_h = \frac{A_h}{P_m} = \frac{\pi * D^2}{4\pi * D} = \frac{D}{4}$$

$$R_h = \frac{0,125m}{4} = 0,03m$$

Ecuación de Manning para secciones circulares a tubo lleno

$$v = \frac{1}{4^{\frac{2}{3}}} * \frac{1}{n} * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$v = \frac{1}{4^{\frac{2}{3}}} * \frac{1}{0,011} * 0,125m^{\frac{2}{3}} * 0,02^{\frac{1}{2}}$$

$$v = 1,28m/s$$

Gasto

$$Q = \left(\frac{\pi}{4^{\frac{5}{3}}} \right) * \frac{1}{n} * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * 1000$$

$$Q = \left(\frac{\pi}{4^{\frac{5}{3}}} \right) * \frac{1}{0,011} * 0,125m^{\frac{8}{3}} * 0,02^{\frac{1}{2}} * 1000$$

$$Q = 15,65L/s$$

Cálculo de velocidad a tubo parcialmente lleno

- Altura de la tirante hidráulico

$$d = \left(\frac{1 - \cos \frac{\theta}{2}}{2} \right) * D$$

$$d = \left(\frac{1 - \cos \frac{120^\circ}{2}}{2} \right) * 0,125m$$

$$d = 0,03m$$

Radio hidráulico

$$R_h = \left(1 - \frac{180 * \sin \theta}{\pi * \theta} \right) * \frac{D}{4}$$

$$R_h = \left(1 - \frac{180 * \sin(120^\circ)}{3,1416 * 120^\circ} \right) * \frac{0,125 \text{ m}}{4}$$

$$R_h = 0,02 \text{ m}$$

Velocidad a tubo parcialmente lleno

$$V_h = \left(1 - \frac{180 * \sin \theta}{\pi * \theta} \right)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{1}{\frac{1}{4^{\frac{2}{3}}}} \right) * \frac{1}{n} * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$V_h = \left(1 - \frac{180 * \sin(120^\circ)}{3,1416 * 120^\circ} \right)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{1}{\frac{1}{4^{\frac{2}{3}}}} \right) * \frac{1}{0,011} * 0,125 m^{\frac{2}{3}} * 0,02^{\frac{1}{2}}$$

$$V_h = 0,90 \text{ m/s}$$

Gasto

$$Q = \left(\frac{\pi * \theta}{360} \right) * \left(1 - \frac{180 * \sin \theta}{\pi * \theta} \right)^{\frac{5}{3}} * \left(\frac{1}{\frac{1}{4^{\frac{5}{3}}}} \right) * \frac{1}{n} * D^{\frac{8}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * 1000$$

$$Q = \left(\frac{\pi * 120^\circ}{360} \right) * \left(1 - \frac{180 * \sin(120^\circ)}{4 * 120^\circ} \right)^{\frac{5}{3}} * \left(\frac{1}{\frac{1}{4^{\frac{5}{3}}}} \right) * \frac{1}{0,011} * 0,125 m^{\frac{8}{3}} * 0,02^{\frac{1}{2}} * 1000$$

$$Q = 2,18 \text{ L/s}$$

Relaciones hidráulicas

- Diámetro

$$\frac{d}{D} = \frac{0,03 \text{ m}}{0,125 \text{ m}} = 0,25$$

Radio hidráulico

$$\frac{r}{R} = \frac{0,02 \text{ m}}{0,03 \text{ m}} = 0,67$$

Gasto

$$\frac{q}{Q} = \frac{2,18 \text{ L/s}}{15,65 \text{ L/s}} = 0,139$$

Tabla 32. Resumen de cálculo para Sistema de Conducción de Agua Residual Comuna Joa

Calle	Pozo	At		Dp	Pf	M	Gasto		Infiltración		Ilicitas	
		Acum	Acum				Acum	Acum	Acum	Acum	Acum	Acum
1	C1	36	0.15	0.15	62.96	9	9	3.94	0.0030	0.0118	0.0180	0.014
1	C2	16.8	0.07	0.22	62.96	4	13	3.93	0.0013	0.0051	0.0169	0.0264
1	C3	12.8	0.07	0.29	62.96	5	18	3.92	0.0017	0.0067	0.0236	0.0064
1	C4	20.1	0.07	0.36	62.96	4	22	3.91	0.0013	0.0051	0.0287	0.0101
1	C5	17.8	0.08	0.43	62.96	5	27	3.91	0.0017	0.0066	0.0353	0.0089
1	C6	30.5	0.11	0.54	62.96	7	34	3.90	0.0023	0.0090	0.0443	0.0153
1	BIODIG.										0.0670	0.011
											0.051	0.051

El sistema de conducción de las aguas residuales hasta el tanque biodigestor se diseñó para un periodo de 20 años, contando con una población futura de 34 habitantes en un área de 0,54 Ha. Transportará un caudal de 0,162 L/s por una longitud de 137,00 metros dividida en seis tramos, para lo cual se utilizará tubería de 125mm de doble pared estructurada y tendrá una pendiente inicial del 2% y una pendiente final del 1%, la cual es óptima para conservar el fluido entre los rangos de velocidades mínimas y máximas recomendadas por la norma ecuatoriana.

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
A TRAVÉS DE MATERIALES SOSTENIBLES CON BIODIGESTORES
COMUNA JOA, CANTÓN JIPIJAPA.**

Capítulo V

Características técnicas y diseño del
biodigestor y su impacto ambiental

Diseño del biodigestor

Para todo tipo de proyecto es necesario establecer el tiempo de vida útil del sistema implementar, en este caso para el sistema de AASS. se estimó un periodo de 20 años lo común para este tipo de obras en nuestro país. A parte también se estudia la vida útil de los materiales y equipos que se utilizan en el proyecto, tomando en cuenta también la accesibilidad al sitio donde se va a instalar el biodigestor, cabe mencionar que la densidad poblacional también influye en la vida útil del tanque biodigestor, estimando que el periodo de diseño es máximo cuando la población es pequeña ocurriendo lo contrario el periodo de diseño es corto.

Para el estudio del presente proyecto se tomó en consideración el dimensionamiento de los biodigestores del mercado nacional, sistema empleado con el objetivo de evitar la contaminación causada por las descargas de aguas residuales domiciliarias y eliminar los pozos sépticos que perjudican la salud de los habitantes de la Comuna Joa del cantón Jipijapa.

El mercado nacional sugiere que el tamaño de este dependerá de la cantidad de habitantes del hogar, como ya se mencionó y se calculó anteriormente en cada vivienda unifamiliar habitan un promedio de 5 personas, las cuáles descargan aguas negras y grises al sistema de AASS.

De acuerdo a la población de diseño calculada para el diseño de la conducción de las aguas residuales, el tanque biodigestor de 3000 litros cumple con el rango del número de usuarios en zonas rurales, tal como lo indica la Tabla 33.

Tabla 33. Capacidad del biodigestor, según consumo diario.

Capacidad	Número de usuarios según consumo diario		
	Zona Urbana 150 L/hab	Zona Periurbana 90 L/hab.	Zona Rural 40 L/hab
600 litros	4	7	15
1300 litros	9	14	33
3000 litros	20	33	75
7000 litros	47	78	175

El principal tratamiento del tanque es la digestión anaeróbica la cual mediante procesos biológicos y fermentativos en ausencia de oxígeno degrada la materia orgánica que proviene de las aguas residuales lo que favorece al cuidado del medio ambiente y evita la contaminación de los mantos acuáticos, los lodos generados deberán ser evacuados del sistema anualmente, periodo donde se estima recoger 800 litros de lodos los mismos que mediante la mezcla de cal

podrían utilizarse como abono y fertilizantes, de la misma forma las aguas tratadas por el biodigestor se podrían emplear para el riego de plantaciones no comestibles.

El biodigestor será colocado en un espacio libre en el cuál se deberá excavar 7,16 m³ aproximadamente para poder instalar el tanque, respetando la forma cónica del mismo. El ángulo de excavación estará comprendido entre los 45° y 60° según lo recomendado por ser un área con suelo plástico.

Características técnicas del biodigestor

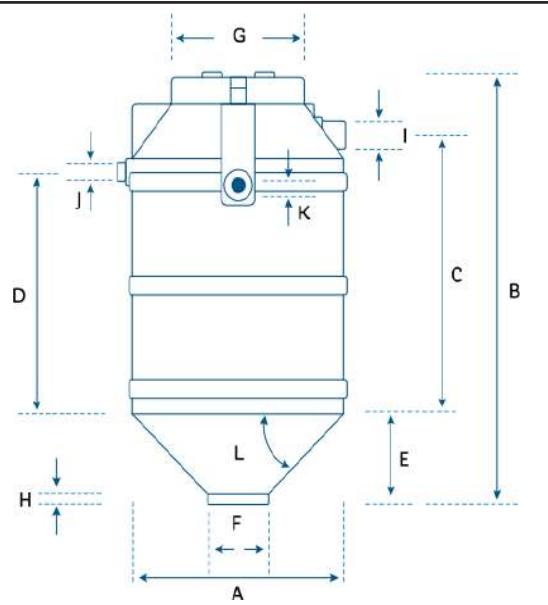
El biodigestor que se implementará para el sistema de tratamiento de las aguas residuales posee características y especificaciones técnicas las cuales son derivadas del uso, la capacidad de almacenamiento y diseño de fábrica.

A continuación, se detallan las características del tanque biodigestor de 3000 litros que es el que cumple con el diseño.

- **Material.** - Polietileno de Alta Densidad 100% virgen + hojuelas de polietileno.
- **Peso.** - El peso aproximado es 140,00 kg. donde solo consta el polietileno que fue usado en la fabricación.

Tabla 34. Dimensiones del tanque biodigestor de 3000 litros que es el que cumple con el diseño.

Medidas	3000 litros
A	1,46 m
B	2,75 m
C	1,77 m
D	1,54 m
E	0,73 m
F	0,19 m
G	0,55 m
H	0,05 m
I	4"
J	2"
K	2"
L	45°
M	0,89 m
	0,34 m



Capacidad. – Se determina según el consumo diario para zonas urbanas con un consumo de 120 L/hab abastece a 20 personas; para zonas periurbanas donde consumen 90 L/hab 33 personas, mientras que para zonas rurales donde el consumo de agua es de 40 L/hab. abastece a 75 personas

- Volumen de lodos. – Se estima que el volumen de lodos a evacuar del biodigestor de 300 litros sería de 800 litros anual y en verano se deberá realizar la evacuación cada dos años.

Dimensiones para el área de infiltración

- Características del sitio de prueba
 - a) Profundidad de gaveta = 45 cm Profundidad del agujero cilíndrico = 50 cm
Diámetro de agujero = 10 cm.
 - b) Tipo de suelo = suelo de grano fino con presencia de arenas, posiblemente de clasificación limo-arcilloso.

Tabla 35. Datos de campo

	Hora de inicio	Hora de fin	Lectura "i" cm	Lectura "f" cm	Diferencia (cm)
1	9:00	9:30	22	35	15
2	9:30	10:00	20	32	14
3	10:00	10:30	22	33	13
4	10:30	11:00	19	29	12
5	11:00	11:30	21	29	12
6	11:30	12:00	20	28	12

Tasa de infiltración (T)

$$T = \frac{\text{minutos entre lecturas}}{\text{última diferencia de lectura}}$$

$$T = \frac{30 \text{ min}}{12 \text{ cm}} = 2,5 \text{ min/cm}$$

Velocidad de infiltración (Vp)

En base al resultado del cálculo anterior se interpoló de la tabla 13. para obtener una magnitud más precisa.

$$V_p = 1,09 * 10^{-6} \text{ m/seg}$$

Gasto de agua que recibirá el suelo (Q)

- Consumo de agua

Para el consumo de agua se retoman los datos obtenidos en el cálculo del sistema de conducción de AASS.

$$Q_{consumo_{diario}} = Df * Pf$$

$$Q_{consumo_{diario}} = \left(36 \frac{L}{hab} \text{ día} \right) * 34 \text{ hab}$$

$$Q_{consumo_{diario}} = 1224 \frac{L}{día}$$

Los rangos de porcentaje de retorno están entre 60% y 85%, para este estudio se consideró 80%, por lo tanto, el caudal de consumo total.

$$Q_{consumo_t} = Consumo_{diario} * Porcentaje_{de\ retorno}$$

$$Q_{consumo_t} = 1224 \frac{L}{día} * 80\%$$

$$Q_{consumo_t} = 979,20 \frac{L}{día}$$

Es decir que el gasto (Q) de agua que recibirá el suelo será:

$$Q = 979,20 \frac{L}{día} = 0,9792 \frac{m^3}{día}$$

$$Q = 0,00001133 \frac{m^3}{seg} = 1,13 \times 10^{-5} \frac{m^3}{seg}$$

$$Q = 0,0113 \frac{L}{seg}$$

Área de infiltración requerida para la zanja (Ai)

$$Ai = \frac{Q}{Vp}$$

$$Ai = \frac{1,13 \times 10^{-5} \frac{m^3}{seg}}{1,09 \times 10^{-6} \frac{m}{seg}}$$

$$Ai = 10,37 m^2$$

Este valor debe estar influenciado por otros factores. Los más importantes son:

Precipitación (Fp). - Se recomienda un valor de 2.5 o más, pero debe definirse explícitamente en términos de precipitación que se produce en lugar.

En este caso, el valor estimado es 2,5; que es para las condiciones más desfavorables.

Cobertura superior (rc). - Se recomienda utilizar "0" cuando la superficie del terreno no la cubre nada, casi 1 si está cubierto; no puede ser igual a 1 ya que la ecuación tiende a ser indeterminada.

Se tomó un valor de cero ya que el diseño no cuenta con cubierta en el área de infiltración

Superficie del terreno o área verde requerida

$$A'c = Ai * Fp$$

$$A'c = 10,37m^2 * 2,5$$

$$A'c = 25,93m^2$$

Superficie total requerida para campo de infiltración

$$Ac = \frac{A'c}{1 - rc}$$

$$Ac = \frac{25,93m^2}{1 - 0}$$

$$Ac = 25,93m^2$$

Longitud de drenaje

Perímetro efectivo

Ancho de la zanja (W) = 60 cm

Distancia de grava bajo el tubo (D) = 60cm

$$Pe = \frac{0,77(W + 56 + 2D)}{w + 116}$$

$$Pe = \frac{0,77(60cm + 56 + (2 * 60cm))}{6cm + 116}$$

$$Pe = 1,03$$

Longitud total de las zanjas

$$Lz = \frac{Ai}{Pe}$$

$$Lz = \frac{10,37m^2}{1,03}$$

$$Lz = 10,07m$$

Separación entre zanjas, ancho de la superficie de infiltración

$$Ls = \frac{Ac}{Lz}$$

$$Ls = \frac{25,93m^2}{10,07 m}$$

$$Ls = 2,57m$$

La superficie requerida para el campo de infiltración debe ser al menos de $2,57m \times 25,93m = 66,64m^2$, área donde será destinada para el vertido del efluente tratado, debe recordarse que en este dato no está implícito el área requerida por el tanque biodigestor y ni las reparaciones recomendadas a linderos o estructuras cercanas. En el caso de que se hubiera colocado cubierta el área de infiltración sería mayor.

Impactos ambientales causados por biodigestor

Es muy importante reconocer que la actividad humana y el funcionamiento normal del medio natural están directa e indirectamente relacionados con cada actividad que se realice. Por esta razón, es muy importante poder determinar la forma óptima de lograr la utilización de los recursos sin causar una sobre-explotación que podría degradar o destruir el medio ambiente que rodea a las personas.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se realizó el fin de analizar los impactos positivos y negativos que produce la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales en la Comuna Joa, se utilizaron diferentes métodos los cuáles se describen a continuación:

Matriz de Leopold

Este método se utiliza con mayor frecuencia para realizar la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). Ayuda identificando el impacto potencial de los proyectos, la interferencia entre factores humanos y naturales, se estiman valores entre 1-10, cuya magnitud es el signo. Despues de asignar valores a la matriz, se sumaron estos valores para ver qué acciones son más beneficiosas o perjudiciales, ver qué factores ambientales tienen el mayor impacto y sugerir soluciones.

Tabla 36. Matriz de Leopold - Diseño de Sistema de tratamiento de aguas residuales con biodigestor.

Factores ambientales		Operación										Mantenimiento			Magnitud total del impacto
		Construcción		Movimiento de tierras		Constructura estructural		Instalación de tubería		Recolección de aguas		Tratamiento	Descarga	Limpieza	
M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	-5
Drenaje de agua	-1	1		-1	1	-1	1	-1	1	-1	1				5
Contaminación del agua	-2	2	-1	1	-1	1	-2	2	-1	1					-7
Aire	Contaminación del aire	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1			-1	1	5	-5
Suelo	Contaminación del suelo	-1	1	-2	2	-2	2	-1	1	-1	1				-7
	Férrida de la capacidad de carga del suelo	-2	2	-1	1	-1	1	-3	3						-7
	Variación de las pendientes	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1						-4
Ruido	Ruido y vibraciones	-4	4	-2	2	-3	3	-1	1						-10
	Flora	-1	1	-1	1	-1	1								-4
	Fauna	-2	2	-1	1	-1	1	-1	1						-7
Estético	Vistas puntuales	-1	1	-1	1	-2	2	-1	1						-7
Factores culturales	Pluralidad					-3	3	-1	1						-4
Servicios	Fertilizantes					-1	1			-3	3	-1	1		-5
Socioeconómico	Empleo y economía Local	-4	4	-3	3	-2	2	-2	3			-1			-12
	Comunidad	-3	3	-2	2	-4	4	-1	1						-10
															96
														Impacto total del proyecto	-94

Lista de chequeo

Se empleó la lista de chequeo simple con la finalidad de que ningún elemento particular se pierda del análisis.

Tabla 37. Lista de chequeo

Nº	Acciones del proyecto	Aportaciones y afectaciones		
		Si	No	Possible
1	Descarga de aguas residuales al cauce o en el suelo		X	
2	Generación de ruidos	X		
3	Producción de malos olores		X	
4	Emisión de polvo	X		
5	Tala de árboles			X
6	Disminución del rendimiento de los trabajadores por el polvo generado			X
7	Alteración de composición microbiológica del suelo por la infiltración de agua			X
8	Aumento de recursos culturales por implementar una tecnología que disminuye la contaminación	X		
9	Reducción de gastos energéticos	X		
10	Alteración de la estructura del suelo por remoción de capas de suelo			X
11	Aumento de peligro de erosión			X
12	Aumento temporario de la tasa de empleo	X		
13	Disminución visual de la capacidad del paisaje		X	
14	Riesgo de accidentes hidráulicos por construcción de biodigestores			X
15	Aumento de la higiene y seguridad por construcción de biodigestor	X		

Matriz de importancia

Al realizar la matriz de importancia valoramos de forma cualitativa de los factores que son impactados en la ejecución del proyecto.

Tabla 38. Fase de construcción. Movimiento de tierra.

Tabla 39. Fase de construcción. Excavación de zanjas

Tabla 40. Fase de construcción. Instalación de tuberías

Medio	Elementos a ser alterados	Instalación de tuberías										Importancia (i)	Tipo de impacto	
		N	In	Ex	Mo	Pe	Rv	Si	Ac	Ef	Pr	Mc		
Suelo	Uso	-	2	4	3	2	1	2	1	4	1	1	-29	M
	Calidad	-	4	2	3	2	1	2	1	4	1	1	-31	M
Aire	Calidad	-	4	4	3	2	1	2	1	4	1	1	-35	M
	Polvo y ruido	-	2	2	3	2	1	2	1	4	1	1	-25	M
Paisaje	V. Puntual	-	2	4	2	2	1	1	1	1	1	2	-25	M
Medio biótico	Flora	-	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	-18	I
	Fauna	-	1	2	2	2	1	2	1	1	2	2	-20	I
Factor socio-económico	Salud	-	2	4	2	2	1	1	1	4	1	2	-28	M
	Empleo	Impacto beneficioso												

Fase de operación

Tabla 41. Fase de operación. Recolección de aguas residuales

Tabla 42. Operación del biodigestor

Tabla 43. Descarga del efluente

Fase de mantenimiento

Tabla 44. Limpieza de tubería y colectores

Medio	Elementos a ser alterados	Limpieza de tubería y colectores											Importancia (i)	Tipo de impacto
		N	In	Ex	Mo	Pe	Rv	Si	Ac	Ef	Pr	Mc		
Suelo	Uso	-	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	-21	I
	Calidad	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-21	I
Paisaje	V. Puntual	-	2	2	4	1	1	1	1	1	2	1	-22	I
Factor socio- económico	Salud	-	2	2	3	1	1	1	1	4	2	1	-24	I
	Empleo	Impacto beneficioso												

Tabla 45. Limpieza del biodigestor

Medio	Elementos a ser alterados	Limpieza del biodigestor											Importancia (i)	Tipo de impacto
		N	In	Ex	Mo	Pe	Rv	Si	Ac	Ef	Pr	Mc		
Agua	Calidad	-	2	2	4	2	2	2	1	4	2	2	-29	I
	Mater parti- culado	-	2	2	4	1	1	1	1	1	2	1	-22	I
Aire	V. Puntual	-	1	1	4	1	1	1	1	4	2	1	-20	I
	Salud	-	4	1	1	2	2	2	4	4	4	4	-37	M
Factor socio- económico	Empleo	Impacto beneficioso												

Análisis de la evaluación del impacto ambiental

Los proyectos con Biodigestor mejoran el tratamiento de aguas residuales sin causar impactos ambientales significativos y sin alterar el ecosistema biológico. Por lo tanto, se considera un proyecto de bajo impacto ambiental, a la vez el implementar un dispositivo de biodigestión reduce la contaminación ambiental y permite el uso de energías limpias.

Al analizar los diferentes métodos empleados para la evaluación del impacto ambiental (EIA) que generará la implementación del Biodigestor se determinó que el mayor impacto será en la fase de construcción dónde el movimiento de tierras tendrá un impacto moderado, la contaminación al agua en su mayoría es irrelevante para las diferentes fases del proyecto, sin embargo todas estas afectaciones son en su mayoría temporales y se estima que no se necesite de acciones correctivas para regresar a su estado inicial, no obstante, cabe señalar que mencionado proyecto será favorecedor para los habitantes de la Comuna ya que generará empleos temporarios ayudando con la economía del lugar.

Es importante realizar un estudio de posibles alternativas que permitan evitar el potencial de degradación ambiental y de ser necesario, proponer otras posibles propuestas. Es sustancial que las alternativas sean viables, económicas,

y también deben tenerse en cuenta durante la implementación del proyecto y durante su vida útil.

Impactos positivos

- Los biodigestores reducen la deforestación
- Reducen las emisiones de gases de efecto invernadero
- Ayuda en la descomposición de aquellos contaminantes provenientes de actividades agrícolas.
- Sin pérdida de flora y fauna
- El uso de tecnología que ayude a reducir la contaminación aumentará la rentabilidad (plusvalía) del capital del sector.
- Las tasas de empleo temporal aumentan a nivel local.

Impactos negativos

- Durante la fase de construcción, el manejo de materiales y maquinaria produce ruido y polvo.
- Generación de residuos durante la instalación de tuberías.
- Cambios en la composición microbiana del suelo cuando el agua tratada se descarga a la tubería
- Aumenta el riesgo de erosión debido a la remoción de la capa de suelo.

Medidas de mitigación del impacto generado

Después del análisis de la EIA es necesario tomar medidas para mitigar el impacto generado las cuales se detallan a continuación:

- En la fase de construcción se puede optar por humedecer la tierra con la finalidad de no generar mucho polvo, utilizar señalización cuando se esté realizando la excavación para evitar accidentes, es preferible que los trabajos se realicen en el día para evitar incomodar a los habitantes con el ruido producido por la maquinaria.
- Se recomienda capacitar a los beneficiados de este sistema sobre los elementos que no deben arrojar por los inodoros o lavamanos ya que si existiese algún elemento que no se descomponga causaría obstrucción y la vida útil del Biodigestor disminuiría.

Presupuesto referencial

Proyecto: Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales a través de Biodigestores para la Comuna Joa del Cantón Jipijapa

Ubicación: Joa - Jipijapa

Fecha: agosto 2021

Tiempo de plazo: 30 días

Tabla 46. Tabla de descripción de rubros, unidades, cantidades y precios

Item	Descripción del rubro	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
A Red de tubería					
1	Excavación en suelo con máquina	m3	89.74	6.14	551.01
2	Limpieza y desalojo de material excavado	m3	26.65	1.72	45.84
3	Replanteo y nivelación de zanja para conducción de tubería	m2	28.39	1.67	47.41
4	Construcción de cajetines de revisión (0,45x0,60x1,00)m	u	4.00	54.43	217.72
5	Construcción de cajetines de revisión (0,60x0,60x1,20)m	u	1.00	66.63	66.63
6	Caja domiciliaria con tubo de 600mm hasta 1,00m de profundidad	u	2.00	122.41	244.82
7	Caja domiciliaria con tubo de 600mm hasta 1,25m de profundidad	u	3.00	160.21	480.63
8	Caja domiciliaria con tubo de 600mm hasta 2,00m de profundidad	u	1.00	201.64	201.64
9	Adquisición e instalación de tapa circular 700mm h=5cm; Hormigón para sumideros y cajas de revisión	u	5.00	112.26	561.30
10	Colocación de colchón de arena	m3	4.59	24.89	114.34
11	Transporte de cama de arena	m3*km	4.56	0.27	1.23
12	Adquisición e instalación de tubería de PVC, doble pared estructurada 125mm (Di 110)	ml	134.00	10.16	1361.44
13	Adquisición e instalación de tubería de PVC, doble pared estructurada 110mm (Di 95)	ml	33.75	9.51	320.96
14	Relleno y compactación con material de excavación	m3	12.06	27.15	327.43
B Biodigestor					
15	Excavación en suelo con máquina pesada	m3	6.41	6.14	39.37
16	Hormigón Simple Clase "C" f'c=140 kg./cm2. Replantillo	m3	0.11	39.60	4.46

17	Adquisición e instalación de Tanque Biodigestor de 3000 ltr.	u	1.00	3017.01	3017.01
18	Material filtrante	m3	12.06	9.05	109.14
19	Transporte de material filtrante	m3*km	12.06	0.27	3.26
20	Geotextil 2000 NT	m2	84.81	2.32	196.76
21	Tubería PVC perforada para subdren d=110mm	ml	10.10	4.47	45.15
COSTO TOTAL DEL PROYECTO:				7980.50	

Son: siete mil novecientos ochenta con 50/100 dólares americanos

Precios no incluyen IVA.

Conclusiones

- Con el diagnóstico del sitio de estudio se logró determinar que la Comuna Joa perteneciente al cantón Jipijapa no posee servicios básicos en especial el alcantarillado sanitario, por lo cual sus habitantes optan por construir pozos sépticos los mismos que son emisores de enfermedades y contaminación al encontrarse al ambiente libre.
- Es importante tener presente la pendiente con la que se va a diseñar el sistema de conducción de aguas residuales ya que la velocidad del fluido no puede ser menor a 0,45 m/s porque provocaría estancamiento de los sedimentos y no superior a 4,50 m/s en tubería de PVC con la finalidad de evitar la rotura del sistema. Se colocará tubería de 125mm de doble pared estructurada en la conexión principal y tubería de 100mm en las conexiones domiciliarias.
- Se determinó que el tanque biodigestor tiene que tener una capacidad de 3000 litros para abastecer las 5 viviendas tomadas para el estudio del proyecto, los impactos ambientales se los clasificó en 3 fases: construcción, operación y mantenimiento donde las afectaciones son irrelevantes y moderadas, es decir que la implementación de los biodigestores no genera impactos negativos mayores, vale recalcar que el impacto positivo mayor es la generación de empleo cual se da en todas las fases mencionadas anteriormente favoreciendo en la economía de la Comuna.
- Se estableció el monto del presupuesto referencial del proyecto en \$7980,50 siendo una base justificable y sustentable de acuerdo al análisis realizado.

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
A TRAVÉS DE MATERIALES SOSTENIBLES CON BIODIGESTORES
COMUNA JOA, CANTÓN JIPIJAPA.**

Capítulo VI

Presupuesto referencial del sistema de
conducción de aguas residuales y del
biodigestor

Discusiones

El proyecto de implementación de un sistema de alcantarillado sanitario en la Comuna Joa del cantón Jipijapa aborda una problemática crítica en la comunidad: la ausencia de servicios básicos de saneamiento. Este diagnóstico inicial ha revelado la dependencia de los habitantes en pozos sépticos, que representan una fuente significativa de enfermedades y contaminación debido a su exposición al ambiente libre.

Eficiencia y Seguridad en el Diseño del Sistema de Conducción

La consideración de la pendiente en el diseño del sistema de conducción de aguas residuales es fundamental. Mantener la velocidad del fluido entre 0.45 m/s y 4.50 m/s es crucial para evitar problemas operativos. Velocidades inferiores podrían causar el estancamiento de sedimentos, afectando la eficiencia del sistema y aumentando los costos de mantenimiento. Por otro lado, velocidades superiores podrían provocar la rotura de las tuberías de PVC, implicando reparaciones costosas y posibles interrupciones del servicio.

El uso de tuberías de 125 mm de doble pared estructurada para la conexión principal y de 100 mm para las conexiones domiciliarias fue una decisión técnica acertada. Estas especificaciones aseguran la resistencia y durabilidad del sistema, minimizando el riesgo de fallos y garantizando una operación continua y efectiva.

Capacidad del Tanque Biodigestor

El dimensionamiento del tanque biodigestor a 3000 litros para atender a 5 viviendas muestra un enfoque detallado y preciso en el diseño del proyecto. Este tamaño es adecuado para manejar el volumen de aguas residuales generado, asegurando un tratamiento eficaz antes de la descarga al ambiente. La implementación de biodigestores es una solución sostenible que no solo trata las aguas residuales de manera efectiva, sino que también minimiza los impactos ambientales.

Impacto Ambiental y Social

La clasificación de los impactos ambientales en las fases de construcción, operación y mantenimiento revela un enfoque integral en la gestión del proyecto. Las evaluaciones indican que las afectaciones serán irrelevantes o moderadas,

lo cual es un indicador positivo de la sostenibilidad del proyecto. La principal preocupación ambiental, que es la correcta gestión de los residuos, ha sido adecuadamente abordada mediante el diseño de biodigestores.

Un aspecto significativo es la generación de empleo. Este proyecto no solo mejora las condiciones de saneamiento, sino que también ofrece beneficios socioeconómicos al crear oportunidades laborales en cada fase de implementación. Este impacto positivo es crucial para el desarrollo económico de la Comuna Joa, ya que promueve el bienestar de la comunidad y fomenta la estabilidad económica.

Viabilidad Económica

El presupuesto referencial de \$7980,50 se presenta como una base justificable y sustentable. Este monto incluye todos los costos necesarios para la implementación del sistema de alcantarillado y biodigestores, y se ajusta a un análisis financiero riguroso. La viabilidad económica del proyecto se apoya en la eficiencia del diseño y en la minimización de los costos operativos a largo plazo. Este presupuesto demuestra que es posible implementar soluciones de saneamiento efectivas sin incurrir en gastos exorbitantes, haciendo el proyecto accesible y sostenible para la comunidad.

En consideración, el proyecto de alcantarillado sanitario en la Comuna Joa representa una solución integral a los problemas de saneamiento y salud pública. El diseño técnico y las consideraciones ambientales y económicas han sido meticulosamente planificadas para garantizar la efectividad y sostenibilidad del sistema. La implementación de biodigestores y la generación de empleo son beneficios adicionales que contribuyen al desarrollo económico y social de la comunidad, haciendo de este proyecto una intervención valiosa y necesaria.

Referencias bibliográficas

- Aguas Residuales: Clasificación, Características y Composición. (s/f). Obtenido de Repositorio de ESPOL: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bits-tream/123456789/6087/5/capitulo%20 2.pdf>
- Anónimo. (junio de 2019). Aguas residuales domésticas. Obtenido de PureWater SAS.: <https://purewater.com.co/aguas-residuales-domesticas/>
- Anonymous. (2 de julio de 2018). Naturaleza del Agua Residual Doméstica y su tratamiento. Obtenido de https://nanopdf.com/download/capitulo-i-naturaleza-del-agua-residual-domestica-y-su_pdf
- Aqualimpia Engineering e.K. (08 de agosto de 2017). Fases de la digestión anaeróbica. Obtenido de <https://www.aqualimpia.com/digestion-anaerobica/>
- Asociación Vivamos Mejor. (25 de septiembre de 2017). Manual Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales y Manejo de Biodigestores Domiciliares. Obtenido de issuu: https://issuu.com/asociacionvivamosmejor/docs/manual_aguas_residuales26-04- 2012
- Banco Mundial. (2019, 6 de marzo). Convivir con basura: el futuro que no queremos. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2019/03/06/convivir-con-basura-el-futuro-que-no-queremos>
- Biotanques BTS. (20 de abril de 2020). Tanques Sépticos BTS. Obtenido de Biotanques BTS: <https://biotanquesbts.com/tanque-septico-biodigestor-fosa-septica/tanque- septic-biodigestor-fosa-septica/>
- Blazquez, P., & Montero, M. C. (12 de octubre de 2010). Reutilización de agua en Bahía Blanca planta tercera cuenca. Obtenido de Universidad Tecnológica Nacional Argentina: http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/agua_reutilizacion.pdf
- Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD). (19 de octubre de 2010). Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal. Quito, Ecuador.
- Comisión Nacional del Agua. (1997). NOM-006-CONAGUA-1997, Fosas sépticas prefabricadas-Especificaciones y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99632/NOM-006-CONAGUA-1997.pdf>

- Conesa, V. (1993). Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. 2. Madrid, España: Mundi-Prensa. Obtenido de https://d1wqxts1xzle7.cloudfront.net/35482347/guia_metodologica_impacto_ambiental-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1628977027&Signature=f5rB9aMtlVQrQjfeit-nPzvZr6GS2UGwoSPt-ARJkYKSb6hgeotUT1ddkEWIzkf6Z1FKMzt6n6H-9CBxMv1PdNzkleaGtGh12O3CZb98ajda2zQVCc7iA6JX
- Conesa, F. (1997). Matriz de importancia. Auditorías medioambientales. Guía metodológica, Segunda, 186-201. Madrid, España: Mundi-Prensa. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=xzvxS8Qs-VY-C&oi=fnd&pg=PA66&dq=conesa+Fernandez+1997&ots=tkypoWMBK-F&sig=rdEOM-Js3cm9JEIGO-cmYn0gV-s#v=onepage&q=matriz&f=false>
- Conesa. (2010). Matriz de Leopold, Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Cuarta edición. Madrid, España: Mundi-Prensa. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=wa4SAQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=conesa+2010&hl=es419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=conesa%202010&f=false
- Constitución de la República del Ecuador. (13 de julio de 2011). Constitución de la República del Ecuador 2008. Montecristi, Ecuador.
- Cruz, V., Gallego, E., & González, L. (2009). Matriz de Leopold. Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/9445/1/MemoriaEIA09.pdf>
- Dávila, J. (2011). Memoria técnica del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de la comunidad de Cielo Verde, Parroquia García Moreno, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura. Obtenido de https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:trW89oeKVe4J:https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe%3FArchivo%3DU0VCBnk_--MF8nOOickeB_KhKyn7PLk9E23zb-uYdpE,+&cd=4&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec
- Durman. (septiembre de 2018). Manual de instalación y mantenimiento Biodigestor de polietileno. Obtenido de <https://www.durman.com/descargas/biodigestor/Guiainstalacion/ManualBiodigestor.pdf>
- Empresa Metropolitana de alcantarillado y agua potable 2009 (EMAAP-Q). (2009). Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q. Obtenido de http://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf

- Gallardo, Pablo. (2020). Caudales de diseño. Lectura alcantarillado sanitario
- Hidroar S.A. (s,f). Metodología para el Cálculo de las Matrices Ambientales. Servicios Hidrológicos y Ambientales. Obtenido de <http://www.ambiente.chubut.gov.ar/wp-content/uploads/2015/01/Metodolog%C3%ADA-para-el-Calculo-de-las-Matrices-Ambientales.pdf>
- INEN. (1997). Código Ecuatoriano de la Construcción. Norma CPE INEN 5 Parte 9- 2:1997. Quito, Ecuador. Obtenido de Código de Práctica para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos, en el Área Rural.
- INEN. (1992). Código Ecuatoriano de la Construcción. Norma CPE INEN 5 Parte 9- 1:1992. Quito, Ecuador.
- KETZALKOATL periódico. (27 de febrero de 2013). El biotanque digestor, sustentabilidad ambiental y sanitaria. Obtenido de Periódico KETZALKOATL: <https://periodicoketzalkoatl.wordpress.com/2013/02/27/el-biotanque-digestor-sustentabilidad-ambiental-y-sanitaria/>
- León, M. C. (2015). Caracterización físico-química, biológica y ecotoxicológica del agua residual de un hospital de la ciudad de cuenca. Obtenido de Repositorio Universidad de Cuenca: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21222/1/TESIS.pdf>
- Ley de Gestión Ambiental, 2004. (10 de septiembre de 2004). Ámbito y principios de la gestión ambiental. Ecuador.
- Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (LPCCA). (10 de septiembre de 2004). De la prevención y control de la contaminación de las aguas. Quito, Ecuador.
- Ley Orgánica de Salud (LOS). (18 de diciembre de 2015). De los desechos comunes, infecciosos, especiales y de las radiaciones ionizantes y no ionizantes. Quito, Ecuador.
- Life Rural Supplies. (28 de agosto de 2015). LAS ZANJAS DE INFILTRACIÓN. Obtenido de <https://ruralsupplies.eu/4-informacion-al-usuario/saneamiento-autonomo/04-saneamiento-autonomo-basico-fosa-septica-y-area-de-percolacion/04-03-las-zanjas-de-infiltacion/>

- Metcalf & Eddy. (1995). Características de las aguas residuales. Ingeniería de aguas residuales Tratamiento, Vertido y Reutilización, I, Tercera, 73-95. Madrid, España. Obtenido de https://www.academia.edu/35963101/Ingenier%C3%ADA_de_aguas_residuales_Volumen_1_3ra_Edici%C3%B3n_METCALF_and_EDDY_FREELIBROS_O_RG_pdf
- Mijangos, R., & López, J. (agosto de 2013). Listados de Chequeo. Metodologías para la identificación y valoración de impactos ambientales. Obtenido de https://www.utm.mx/edi_anteriores/temas50/T50_2Notas1-Metodologiasparaalidentificacion.pdf
- Ministerio del agua de Bolivia. (2007). Norma Bolivariana NB 688-01. Obtenido de Instalaciones Sanitarias - Alcantarillado Sanitario, Pluvial y Tratamiento de Aguas Residuales.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (abril de 2014). Aguas Residuales. Obtenido de Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental : https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827#:~:text=Son%20aquellas%20aguas%20cuyas%20caracter%C3%ADsticas,-descargadas%20al%20sistema%20de%20alcantarillado.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2013). Afrontar la escasez de agua: Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. <https://www.fao.org/4/i3015s/i3015s.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2022, 13 de septiembre). Agua para consumo humano. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Plastigama. (2018). Ficha Técnica Biodigestor Autolimpiable. Obtenido de <https://www.proconsrl.com/pdfs/3.pdf>
- Pérez, C., León, F. M., & Delgadillo, G. R. (mayo de 2013). Tratamiento de las aguas. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional Autónoma de México: http://portal.cuautitlan.unam.mx/manuales/tratamientodeaguas_manualprac.pdf
- Presidente de la República de El Salvador. (2000). Reglamento Especial de Aguas Residuales (Decreto N° 39). Diario Oficial. Recuperado de <https://jurisprudencia.gob.sv/doctrina-y-legislacion/doc/135546059-Microsoft-Word-REGLAMENTO-ESPECIAL-DE-AGUAS-RESIDUALES-DER.pdf>

Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (WWAP). (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas Residuales: El recurso Desaprovechado. París: UNESCO.

Rodríguez Pimentel, H. (13 de marzo de 2013). Las aguas residuales y sus efectos contaminantes. Obtenido de iagua: <https://www.agua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>

Rosales, E., & Zuñiga, J. (2010). ¿Cómo hacer pruebas de infiltración? Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos. Costa Rica. Obtenido de <http://cfia.or.cr/descargas/infiltracion.pdf>

Rotoplas. (09 de enero de 2018). 10 Pasos fáciles para instalar el Biodigestor. Obtenido de <https://rotoplas.com.ar/instalar-el-biodigestor-rotoplas/>

Sánchez Quinde, M. A., Martillo Pazmiño, I. O., & Fiallo Moncayo, D. X. (14 de enero de 2020). El biodigestor como medida ecológica para la generación de gas. Obtenido de Revista Científica FIPCAEC : <https://fipcaec.com/index.php/fipcaec/article/view/159/243>

Sanitron Ecuador. (2022, 25 de mayo). Tratamiento de aguas residuales - Un paso fundamental para el desarrollo sostenible. Sanitron Ecuador. <https://sanitronec.com/tratamiento-de-aguas-residuales-un-paso-fundamental-para-el-desarrollo-sostenible/>

Sanz, J. L. (1991). Concepto de impacto ambiental y su evaluación. Evaluación y Corrección de Impactos Ambientales. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España.

Wigodski S, J. (14 de julio de 2010). Población y muestra. Obtenido de Blog con material de investigación: <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/poblacion-y-muestra.html>

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A TRAVÉS DE MATERIALES SOSTENIBLES CON BIODIGESTORES COMUNA JOA, CANTÓN JIPIJAPA.



Publicado en Ecuador
Enero 2025

Edición realizada desde el mes de Octubre de 2025 hasta diciembre del año 2025, en los talleres Editoriales de MAWIL publicaciones impresas y digitales de la ciudad de Quito.

Quito – Ecuador

Tiraje 30, Ejemplares, A5, 4 colores; Offset MBO
Tipografía: Helvetica LT Std; Bebas Neue; Times New Roman.
Portada: Collage de figuras representadas y citadas en el libro.