



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA

**INFORME DE PROYECTO DE TITULACIÓN
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGÍSTER EN
GESTIÓN AMBIENTAL**

MODALIDAD:

PROYECTO DE TITULACIÓN

TEMA:

**EVALUACIÓN DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL EN EL
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS, COMO
ALTERNATIVA DE DESARROLLO SOSTENIBLE, SITIO SAN
JUAN, MANTA-MANABÍ**

AUTORES:

**IRVIN LENIN GRACIA SALVATIERRA
BRAYAN SANTIAGO INTRIAGO CHÁVEZ**

TUTOR:

ING. JOSE MIGUEL GILER MOLINA, Mg.

CALCETA, AGOSTO 2023

DERECHOS DE AUTORÍA

Irvin Lenin Gracia Salvatierra y Brayan Santiago Intriago Chávez, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, que se han respetado los derechos de autor de terceros, por lo que asumimos la responsabilidad sobre el contenido del mismo, así como ante la reclamación de terceros, conforme a los artículos 4, 5 y 6 de la Ley de Propiedad Intelectual.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido en el artículo 46 de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.



Irvin Lenin Gracia Salvatierra
Firma maestrante



Brayan Santiago Intriago Chávez
Firma maestrante

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Brayan Santiago Intriago Chávez, con cédula de ciudadanía 131381045-7, autorizo a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del informe de investigación, con la modalidad proyecto de titulación, con el tema: evaluación de un humedal artificial en el tratamiento de aguas residuales domésticas, como alternativa de desarrollo sostenible, sitio San Juan, Manta-Manabí, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.



Brayan Santiago Intriago Chávez
Firma maestrante

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Irvin Lenin Gracia Salvatierra, con cédula de ciudadanía 131578134-2, autorizo a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del informe de investigación, con la modalidad proyecto de titulación, con el tema: evaluación de un humedal artificial en el tratamiento de aguas residuales domésticas, como alternativa de desarrollo sostenible, sitio San Juan, Manta-Manabí, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.



Irvin Lenin Gracia Salvatierra
Firma maestrante

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. José Miguel Giler Molina, Mg., certifica haber tutelado el proyecto de titulación: evaluación de un humedal artificial en el tratamiento de aguas residuales domésticas, como alternativa de desarrollo sostenible, sitio San Juan, Manta-Manabí, que ha sido desarrollado por **Irvin Lenin Gracia Salvatierra y Brayan Santiago Intriago Chávez**, previo la obtención del título de **Magister en Gestión Ambiental**, de acuerdo al Reglamento de unidad de titulación de los programas de Posgrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. JOSÉ MIGUEL GILER MOLINA, M.Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el proyecto de titulación: evaluación de un humedal artificial en el tratamiento de aguas residuales domésticas, como alternativa de desarrollo sostenible, sitio San Juan, Manta-Manabí, que ha sido propuesto, desarrollado y sustentado por **Irvin Lenin Gracia Salvatierra Y Brayan Santiago Intriago Chávez**, previa la obtención del título de **Magister en Gestión Ambiental**, de acuerdo al Reglamento de la unidad de titulación de los programas de Posgrado de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Dr. C. Leonardo Xavier León Castro
MIEMBRO

Ing. Holanda Teresa Vivas Saltos Mg
MIEMBRO

Blga. María Fernanda Pincay Cantos Mg.
PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por brindarnos la oportunidad de culminar nuestros estudios.

A nuestras familias por el apoyo brindado en cada una de las etapas de la vida que representaron la ilusión de nunca rendirse y siempre aspirar a ser mejores personas.

A nuestro director de tesis por el conocimiento, tiempo y principalmente por el apoyo brindado en la realización de la tesis.

A los profesores y a todas las personas que directa o indirectamente nos apoyaron en todo este posgrado.

**IRVIN LENIN GRACIA SALVATIERRA
BRAYAN SANTIAGO INTRIAGO CHÁVEZ**

DEDICATORIA

Dedicamos a Dios por permitirnos existir y permanecer en el camino correcto de la vida.

Dedicamos a nuestros padres quienes representan el pilar y motor fundamental de mi vida, que siempre nos impulsan a seguir adelante día tras día con sus consejos y actos.

Dedicamos a nuestras familias porque comparten su tiempo con nosotros y siempre nos brindan su tiempo y sonrisas en cualquier circunstancia.

**IRVIN LENIN GRACIA SALVATIERRA
BRAYAN SANTIAGO INTRIAGO CHÁVEZ**

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	iii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	iv
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	v
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
CONTENIDO DE TABLAS.....	xii
CONTENIDO DE FIGURAS	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	6
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	6
1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.4. IDEA A DEFENDER.....	6
CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1. AGUA.....	7
2.1.1 CALIDAD DEL AGUA	7
2.1.2 AGUAS RESIDUALES.....	8
2.1.3. AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.....	9
2.2. HUMEDALES.....	11
2.2.1. HUMEDALES ARTIFICIALES.....	12

2.2.2. APLICACIONES DE HUMEDALES ARTIFICIALES	13
2.2.3. CLASIFICACIÓN DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES.....	13
2.2.4. HUMEDALES SUPERFICIALES DE FLUJO LIBRE	14
2.2.5. HUMEDALES SUBSUPERFICIALES	14
2.2.6. PLANTAS UTILIZADAS EN LOS HUMEDALES ARTIFICIALES	16
2.2.7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES.....	17
2.3. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO.....	18
2.3.1. CONCEPTUALIZACIÓN DE COSTOS	19
2.3.2. COSTEO BASADO EN LAS ACTIVIDADES ABC	19
2.3.3. VENTAJAS DE REALIZAR EL MODELO ABC BAJO PROCESOS.....	19
2.3.4. COSTOS EN CONSTRUCCIÓN DE HUMEDALES ARTIFICIALES	20
2.3.5. PROCEDIMIENTOS PARA DISEÑAR EL HUMEDAL ARTIFICIAL.....	21
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	23
3.1 UBICACIÓN.....	23
3.2. DURACIÓN.....	23
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	24
3.3.1. MÉTODOS.....	24
3.3.1.1. MÉTODO DEDUCTIVO DE TIPO DESCRIPTIVO	24
3.3.1.2. MÉTODO BIBLIOGRÁFICO.....	24
3.3.2. TÉCNICAS.....	24
3.3.2.1. OBSERVACIÓN DE CAMPO.....	24
3.3.2.2. ENCUESTAS.....	25
3.4. VARIABLES EN ESTUDIO	25

3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	25
3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE	25
3.5. PROCEDIMIENTOS	25
3.5.1. FASE I. DIAGNÓSTICO DE LAS CARACTERÍSTICAS SOCIOAMBIENTALES, ECONÓMICAS DEL SITIO SAN JUAN DE MANTA – MANABÍ	25
3.5.2. FASE II. IMPLEMENTACIÓN DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL COMO ALTERNATIVA DE DESARROLLO SOSTENIBLE EN EL SITIO SAN JUAN DE MANTA	27
3.5.3. FASE III. ESTIMACIÓN DEL COSTO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO COMO BASE PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE VIDA.....	31
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1. FASE I. DIAGNÓSTICO LAS CARACTERÍSTICAS SOCIOAMBIENTALES, ECONÓMICAS Y ANALIZAR LAS AGUAS RESIDUALES DEL SITIO SAN JUAN DE MANTA – MANABÍ.....	34
4.2. FASE II. IMPLEMENTAR UN HUMEDAL ARTIFICIAL COMO ALTERNATIVA DE DESARROLLO SOSTENIBLE EN EL SITIO SAN JUAN DE MANTA	47
4.3. Fase III. ESTIMACIÓN DEL COSTO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO COMO BASE PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE VIDA.....	53
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
BIBLIOGRAFÍA.....	59
ANEXOS	73

CONTENIDO DE TABLAS

TABLA 2.1. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE EN ECUADOR	10
TABLA 2.2. LÍMITES DE CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA USO AGRÍCOLA EN RIEGO	11
TABLA 2.3. COMPARACIÓN ENTRE HUMEDALES DE FLUJO SUPERFICIAL Y HUMEDALES DE FLUJO SUBSUPERFICIAL	16
TABLA 2.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES	18
TABLA 2.5. COSTOS DE INVERSIÓN EN ECUADOR DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL CON CAPACIDAD DE 24.48 M ³ /DÍA.	21
TABLA 3.1. MAPA DE UBICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	23
TABLA 3.2. MÉTODOS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE MUESTRAS.....	27
TABLA 4.1.- COORDENADA DE LOS PUNTOS DE MONITOREO.....	45
TABLA 4.2.- RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO	46
TABLA 4.3.- RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO CON Y SIN TRATAMIENTO	51
TABLA 4.4.- RESULTADOS DE PORCENTAJE DE EFICIENCIA	52
TABLA 4.5.- COSTO DE PRODUCCIÓN.....	54
TABLA 4.6.- COSTO - EFECTIVIDAD	55

CONTENIDO DE FIGURAS

FIGURA 2.1. SECCIÓN TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUPERFICIAL.	15
FIGURA 2.2. PHRAGMITES	17
FIGURA 3.1. MAPA DE UBICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	23
FIGURA 4.1. PERSONAS QUE HABITA EN EL HOGAR	34
FIGURA 4.2. SERVICIOS BÁSICOS EN LOS HOGARES	35
FIGURA 4.3. AGUA POTABLE EN LOS HOGARES	36
FIGURA 4.4. ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	36
FIGURA 4.5. CONSUMO DE AGUA EN LOS HOGARES	37
FIGURA 4.6. DESTINO DEL AGUA RESIDUAL	38
FIGURA 4.7. TRABAJO ACTIVO EN LOS HOGARES	39
FIGURA 4.8. SITUACIÓN LABORAL	39
FIGURA 4.9. REMUNERACIÓN MENSUAL	40
FIGURA 4.10. CONTAMINACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	41

FIGURA 4.11. HUMEDALES ARTIFICIALES	42
FIGURA 4.12. TRATAMIENTO AMIGABLE	43
FIGURA 4.13. PERSPECTIVA DE LA CONTAMINACIÓN	43
FIGURA 4.14. FUTURO DEL MEDIO AMBIENTE	44
FIGURA 4.15. MAPA DE LAS MUESTRAS	45
FIGURA 4.16. PORTADA DE LA GUÍA DE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL <i>PHRAGMTE</i>	56

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales domésticas en el sitio San Juan de Manta – Manabí. Se realizó un diagnóstico de las características socioambientales, económicas a la población y parámetros físicos del agua residual para la implementación y la factibilidad del proyecto. La encuesta determinó que el 63% de los habitantes consume entre 200-300 L/día y el 75% de los encuestados destacan que solo una persona trabaja en su hogar, de acuerdo al análisis in situ del agua residual, en los parámetros de DBO₅ (1083 mg/L), DQO (746 mg/L) y sólidos totales (4204 mg/L) no cumplen con los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según el TULSMA. Se implementó un humedal artificial como una alternativa de desarrollo sostenible, alcanzando una eficiencia de remoción de materia orgánica de 91,80% para el parámetro de DBO₅, 79,00% en el DQO y del 64,30 % de sólidos totales. Por último, se realizó una evaluación de costo en la implementación del humedal, como resultado de este análisis se determinó un valor de \$ 263 para su ejecución. Se concluye que, la implementación del humedal artificial es una alternativa viable para el tratamiento de las aguas residuales a través de procesos bioquímicos naturales los cuales no requieren de energía externa ni de aditivos químicos.

PALABRAS CLAVE: Phragmites, flujo subsuperficial horizontal, TULSMA, calidad, tecnologías no convencionales, remoción.

ABSTRACT

The objective of this investigation was to evaluate the efficiency of an artificial wetland for the treatment of domestic wastewater at the San Juan de Manta - Manabí site. It was carried out through a diagnosis of the socio-environmental and economic characteristics and analysis of the residual water parameters for the implementation and feasibility of the project. The following results were obtained in the survey that 63% of its inhabitants consume between 200-300 L/day and that 75% of the respondents highlight that only one person works in their home, in addition, an on-site analysis of the residual water was carried out. of the site determining that in the parameters of BOD₅, COD and total solids they do not comply with the discharge limits to a body of fresh water according to the TULSMA. An artificial wetland was implemented as a sustainable development alternative, reaching an organic matter removal efficiency of 91.80% for the BOD₅ parameter, 79.00% for COD and 64.30% for total solids. Finally, a cost evaluation was carried out in the implementation of the wetland, as a result of this analysis, a value of \$263 was determined for its execution, this being an efficient treatment alternative. It is concluded that the implementation of the artificial wetland is a viable alternative for the treatment of wastewater through natural biochemical processes which do not require external energy or chemical additives.

KEY WORDS: Phragmites, horizontal subsurface flow, TULSMA, quality, non-conventional technologies, removal.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El agua es un recurso indispensable para la vida en el planeta, a través del cual el hombre ha buscado diversas fuentes de abastecimiento para garantizar su supervivencia (Serrano et al., 2017), un grave problema en la actualidad es la contaminación de corrientes y cuerpos de agua, los cuales son receptores de vertidos de carácter doméstico, industrial y agrícola, descargando directamente sin ningún tipo de tratamiento. El problema es el detrimento de la calidad del agua de los lagos y embalses debido a que, presentan niveles importantes de concentración de 40 % materia orgánica, 30 % sólidos suspendidos y disueltos, 30 % nutrimentos, compuestos tóxicos y microorganismos de interés sanitario (Arteaga et al., 2020).

Los vertidos de las zonas urbanas, rurales y turísticas se caracterizan por el aporte de altas cargas orgánicas, estas aguas residuales exigen tratamientos, que en su mayoría son costosos y con alto impacto ambiental negativo en la desaparición de la biodiversidad y los ecosistemas acuáticos en su construcción e implementación, en tal sentido, la gestión de aguas residuales tanto en zonas rurales como urbanas constituye un reto debido a la falta de infraestructura adecuada y factores económicos (Arteaga et al., 2020).

Los habitantes del medio rural en muchas ocasiones no cuentan con el servicio municipal de alcantarillado pertinente, ya que tradicionalmente la disposición final de estos procesos se realiza de manera incorrecta en los arroyos o ríos cercanos a los sitios donde se establece la población, lo cual convierte estos problemas cotidianos en parte de su vida diaria (Navarro, 2022).

En el caso particular del Ecuador, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2016), 135 Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales de un total de 217 existentes, realizan tratamiento a las aguas residuales de sus territorios, representando al 61,86% del total de municipios del país, por lo tanto, el restante comprende a 82 GADs equivalente al 38,14% los cuales no realizan tratamientos a sus aguas residuales, dando disposición final sin previo tratamiento

a los ríos (59,26 %), quebradas (25,19 %) y el restante (15,56 %) se disponen en otros sitios.

Manta cuenta con cinco parroquias urbanas conformadas por: Eloy Alfaro, Los Esteros, Manta, San Mateo y Tarqui y dos parroquias rurales San Lorenzo y Santa Marianita, las que a su vez están distribuidas por 252 barrios (Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Manta, 2018). En las zonas aledañas al cauce del Río Manta se encuentra ubicado el sitio rural de San Juan y los barrios urbanos de La Ensenadita, 8 de enero y Abdón Calderón (INEC, 2018).

De acuerdo con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (GAD Manta, 2018) el sitio rural de San Juan se encuentra al suroriente de la ciudad y es considerado por el Municipio como zona de expansión rural. El sitio San Juan a su vez está constituido por cinco barrios: San Juan, San Ramón, Valle Claro, San José y Santa Marianita, donde 2217 personas se asientan en 524 viviendas, en total existen 619 familias, es importante mencionar que en ciertos sectores de la comunidad existen viviendas compartidas por más de una familia.

La problemática que afecta al sitio es la falta de los servicios básicos, entre los cuales se destacan la mala calidad con el suministro del agua y difícil acceso a conectividad telefónica (GAD Manta, 2018). Además, se presentan preocupantes niveles de contaminación al medio ambiente, debido a la presencia del camal municipal, laguna de oxidación, vertedero de desechos, empresas recicladoras, cría de animales, entre otros (Zambrano y Guillén, 2022). En este sector existen 8 lagunas de oxidación que atiende las demandas de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Manta, pero debido a varios factores, por el proceso de tratamiento se generan malos olores y proliferación de vectores que afectan directamente a los habitantes del sitio (Velasco, 2019).

La falta de recursos económicos en el GAD municipal de Manta, servicios básicos y la poca infraestructura de acueducto y alcantarillado, dan origen a problemas de sanidad y contaminación, por ende, el tratamiento inadecuado de estas aguas residuales domésticas afecta significativamente a la comunidad generando

problemas de salubridad, así mismo, afectando a las especies que interactúan dentro y fuera del recurso hídrico. Por esta razón, es necesaria la implementación de un humedal artificial como estrategia de tratamiento de las aguas residuales domésticas, producidas por las viviendas que habitan en el sector (Mahecha, 2019).

Por tal razón, los humedales representan una alternativa viable, ya que son definidos como un sistema de tratamiento de agua residual (estanque o cauce) poco profundo, construido por el hombre, en el que se han sembrado plantas acuáticas, y contado con los procesos naturales para tratar el agua residual (Llagas y Guadalupe, 2006).

Dado los antecedentes y el problema anteriormente expuestos se plantea la siguiente interrogante:

¿Cómo los humedales artificiales podrán mejorar la calidad de las aguas residuales domésticas en el sitio San Juan?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Desde un enfoque ambiental se requiere plantear medidas que contribuyan y respondan a estas necesidades en el tratamiento de las aguas residuales domésticas, por lo que la propuesta de implementar un humedal artificial atendiendo la problemática existente, es vital y va encaminado al uso de ecotecnologías adecuadas que imiten a la naturaleza, y así aprovechar algunos componentes, como biota y suelos.

Agudo (2021) manifiesta que, debido a la limitación de recursos hídricos, la contaminación del agua constituye una gran problemática ambiental. De igual manera Díaz et al. (2012), mencionan que existen diferentes tecnologías para el tratamiento de las aguas residuales urbanas, como por ejemplo tratamiento biológico, tratamiento químico y Fito tratamiento, lo cual también es fomentado por Barreto (2017) para quien los sistemas naturales de depuración pueden constituir una solución más adecuada para pequeñas poblaciones ya que no requieren grandes costes de inversión ni de mantenimiento.

Bernardo (2019) sostiene que los tratamientos llamados no convencionales o tecnologías blandas se muestran como una alternativa para la depuración de las aguas residuales para comunidades pequeñas o sistemas rurales, ya que no son costosos ni requieren altos consumos energéticos, además de que su operación y mantenimiento no requieren de personal especializado. Larriva y González (2017), destaca que, a nivel mundial se ha extendido cada vez más el uso de los humedales artificiales o wetlands, los cuales funcionan a partir de los mecanismos propios que usa la naturaleza para la depuración de las aguas residuales.

Montezuma (2019) destaca la importancia de la aplicación de humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal con la planta *Echinochloa polystachya* para el tratamiento de aguas residuales siendo una alternativa para este tipo de tratamientos. Para Díaz y Paredes (2022), la aplicación de un humedal artificial flujo subsuperficial con piñón y girasol es idóneo debido a que se adapta fácilmente al lugar, cumple con las condiciones de remoción de contaminantes previsto para un sistema de humedales siendo una alternativa sostenible, con una vida útil de 20 años.

La implementación de un humedal artificial en el sitio San Juan de Manta perteneciente a la zona rural representa una medida sostenible para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la zona, además de mejorar la calidad de vida de los habitantes, ya que los humedales artificiales son un medio factible de remediación, siempre y cuando se evalúen las condiciones necesarias para ser implementados (Torres, 2018).

Es fundamental mencionar que la Constitución de la República del Ecuador en el artículo 15, establece que 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.

El artículo 86 de la Constitución de la República del Ecuador (2008) hace referencia al tema ambiental estableciendo que todos los ecuatorianos tienen derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo

sustentable. Velará por que este derecho no sea afectado y garantizará la preservación de la naturaleza.

Como justificación social representa una alternativa viable, que permitirá el mejoramiento de la calidad de vida del sector, asegurando la protección de los recursos naturales, de fácil implementación en las viviendas y sobre todo de bajo costo económico, beneficiando a los habitantes que tienen ingresos per-cápita en estas localidades muy bajos, como para desarrollar proyectos de mayor envergadura, corroborando lo que establece Torres (2018) en su investigación.

El estudio es un proyecto piloto que contribuye para implementarlo en otros sectores del Ecuador con características similares a la zona de estudio, ya que permite disminuir la carga orgánica, los contaminantes del agua y, por ende, aportar con recomendaciones a futuro para su aplicación y generación de nuevas investigaciones. La investigación planteada permitirá conocer la eficiencia que tendrá la implementación del humedal artificial en el sitio de estudio, por lo que el estudio tratará de resolver un problema ambiental y de sanidad en las comunidades rurales.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales domésticas en el sitio San Juan de Manta – Manabí.

1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar las características socioambientales, económicas del sitio San Juan de Manta – Manabí.
- Implementar un humedal artificial como alternativa de desarrollo sostenible en el sitio San Juan de Manta.
- Estimar el costo del humedal artificial en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la zona de estudio como base para el mejoramiento de la calidad de vida.

1.4. IDEA A DEFENDER

La implementación de un humedal artificial como una alternativa no convencional, brindará un adecuado tratamiento a las aguas residuales domésticas en el sitio San Juan de Manta.

CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. AGUA

El agua cubre más del 70 % de la superficie del planeta según lo describe Fernández (2012), se encuentra en océanos, lagos, ríos, en el aire y en el suelo son la fuente y el sustento de la vida, contribuye a regular el clima del mundo, posee propiedades únicas que la hacen esencial para la vida. Los océanos dan cuenta de casi el 97,5 % del agua del planeta y únicamente el 2,5 % es agua dulce. Aquae Fundación (2022), indica que los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares representan casi el 80% del agua dulce, el agua subterránea 19 % (Hermann y Prunes, 2022), y el agua de superficie accesible rápidamente sólo el 1 %.

2.1.1 CALIDAD DEL AGUA

La calidad de agua se refiere a las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Según manifiesta Marín (2010) en su libro la calidad del agua término variable en función del uso concreto que se vaya a hacer de ella. Para los usos más importantes y comunes del agua existen una serie de requisitos recogidos en normas específicas basados tradicionalmente en las concentraciones de diversos parámetros físico-químicos:

- a) Físicos: sabor y olor, color, turbidez, conductividad, temperatura.
- b) Químicos: pH, O₂, saturación de oxígeno, sólidos en suspensión, cloruros, sulfatos, nitratos, fosfatos, hierro, manganeso, metales pesados, gases disueltos como dióxido de carbono, etc, DBO₅, DQO (Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE], 2017).
- c) Biológicos: Bacterianos (presencia de bacterias Coliformes, indicadoras de contaminación fecal y otras como Salmonellas, etc.); presencia de virus.
- d) Comunidades de macroinvertebrados bentónicos: son indicadores de buena calidad del agua en función de las especies más o menos tolerantes a la contaminación que aparezcan (MAATE, 2017).

2.1.2 AGUAS RESIDUALES

Para la legislación ecuatoriana, descrito en el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) son los líquidos de composición variada provenientes de usos municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de otra índole, ya sea pública o privada y que por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad original de acuerdo al TULSMA (Ambiente, 2017). Dentro de este concepto autores como (García y Pérez, 2003; Maya, 2017; López, 2018) destacan algunas definiciones para con diversos orígenes:

Aguas residuales domésticas o aguas negras: Las aguas residuales domésticas son producto de la utilización del líquido en las diferentes actividades de un hogar, las cuales producen un nivel de contaminación al agua que puede manifestar la presencia de sólidos, desechos orgánicos, detergentes, jabones y grasas, lo que precisa de un proceso para su eliminación (García y Pérez, 2003).

Aguas blancas: pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. En aquellos lugares en que las precipitaciones atmosféricas son muy abundantes, éstas pueden evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración (Maya, 2017).

Aguas residuales industriales: proviene de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal, siendo su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales (López, 2018).

Aguas residuales agrícolas: procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo (Maya, 2017).

2.1.3. AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Las aguas residuales domésticas conocidas también con el nombre de aguas servidas, son aquellas que tienen origen en las actividades de la rutina diaria del ser humano, las descargas son a través de sistemas de alcantarillado o de vertimientos directos sobre el ambiente. La composición de las aguas residuales domésticas es muy variada y manifiesta características fisicoquímicas y biológicas muy alteradas, las cuales en tal estado no son aptas para el consumo humano, es por ello que hace falta un especial tratamiento, dentro de los principales constituyentes que se pueden encontrar dentro de estas tenemos a los sólidos suspendidos totales, compuestos orgánicos biodegradables, constituyentes inorgánicos disueltos, metales pesados, nutrientes, y polutantes orgánicos prioritarios (Rivera et al., 2021).

Trapote (2011), respaldado por Badui (2016), mencionan que: “Entre los compuestos que se pueden encontrar en el agua residual urbana de origen doméstico pueden citarse: microorganismos, urea, albúmina, proteínas, ácidos acético y láctico, bases jabonosas y almidones; aceites animales, vegetales y minerales; gases: sulfhídrico, o sulfuro de hidrógeno (H_2S), metano (CH_4), etc.; sales: bicarbonato, sulfatos, fosfatos, nitritos, nitratos, etc. La incorporación de sales por el uso del agua en una ciudad se estima en un incremento de 35-80 ppm.” (Maya 2017; López, 2018).

Según Rodríguez (2015), los componentes de las aguas residuales pueden ser físicos, químicos y biológicos:

- **Físicos:** son el color, el olor, los sólidos y la temperatura.
- **Químicos:** son los componentes más comunes en las aguas residuales son orgánicos (carbohidratos, grasas animales, aceites, pesticidas, fenoles, proteínas, contaminantes prioritarios, agentes tensoactivos, compuestos orgánicos volátiles, etc.); inorgánicos (alcalinidad, cloruros, metales pesados, nitrógeno, pH, fósforo, contaminantes prioritarios y azufre); gases (sulfuro de hidrógeno, metano y oxígeno).
- **Biológicos:** habituales en las aguas residuales son animales y plantas.

A continuación, se muestra los límites de descarga de los parámetros: aceites y grasas, alquil mercurio, aldehídos, aluminio, arsénico total, bario, boro total, cadmio, cianuro total, cloro activo y cloroformo que son considerados en la composición típica de un cuerpo de agua y otros parámetros adicionales como se muestra en la tabla 2.1. referente al TULSMA.

Tabla 2.1. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce en Ecuador

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/L	0,3
Alkil mercurio		mg/L	No detectable
Aldehídos		mg/L	2,0
Aluminio	Al	mg/L	5,0
Arsénico total	As	mg/L	0,1
Bario	Ba	mg/L	2,0
Boro total	B	mg/L	2,0
Cadmio	Cd	mg/L	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/L	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/L	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/L	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/L	1 000
Cobre	Cu	mg/L	1,0
Cobalto	Co	mg/L	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/L	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/L	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅ .	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/L	200
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/L	1,0
Estaño	Sn	mg/L	5,0
Fluoruros	F	mg/L	5,0
Fósforo Total	P	mg/L	10

Fuente: TULSMA (2017)

Según la normativa vigente que regula el recurso agua para el uso de riego descrita en la tabla 2.2., la cual establece cada uno del parámetro que se deben de cumplir para que el agua sea óptima para la vegetación y que cumpla con las condiciones operacionales para ser utilizada. Con la finalidad de que el agua pueda ser utilizada después del proceso de tratamiento del agua.

TABLA 2.2. Límites de criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego

Parámetros	Expresado como	Unidad	Criterio de calidad
Aluminio	Al	mg/L	5,0
Arsénico	As	mg/L	0,1
Berilio	Be	mg/L	0,1
Boro	B	mg/L	0,75
Cadmio	Cd	mg/L	0,05
Cinc	Zn	mg/L	2,0
Cobalto	Co	mg/L	0,01
Cobre	Cu	mg/L	0,2
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/L	0,1
Flúor	F	mg/L	1,0
Hierro	Fe	mg/L	5,0
Litio	Li	mg/L	2,5
Mercurio	Hg	mg/L	0,001
Manganeso	Mn	mg/L	0,2
Molibdeno	Mo	mg/L	0,01
Níquel	Ni	mg/L	0,2
pH	pH	mg/L	6-9
Plomo	Pb	mg/L	5,0
Selenio	Se	mg/L	0,02
Vanadio	V	mg/L	0,1
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Huevos de parásitos			Ausencia
Aceites y grasas	Película Visible		Ausencia
Materia Flotante	Visible		Ausencia

Fuente: (TULSMA, 2017)

2.2. HUMEDALES

Según la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional o Convención Ramsar, Wong (2021), los humedales son extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda seis metros; podrán comprender zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas.

Ravelo et al. (2022) menciona que, mundialmente se reconocen cinco tipos de humedales los cuales son:

- Marinos (humedales costeros, lagunas costeras, costas rocosas y arrecifes de corales).
- Estuarios (deltas, marismas de marea y manglares).
- Lacustres (humedales asociados con lagos).
- Ribereños (humedales adyacentes a ríos y arroyos).
- Palustres (pantanos, marismas y ciénagas).

2.2.1. HUMEDALES ARTIFICIALES

Con relación al criterio de Agudo (2021) los humedales artificiales son una tecnología de tratamiento con una operación simple, baja producción de lodos, escaso consumo energético y que no requieren el uso de reactivos químicos. Además, los humedales artificiales aportan numerosos beneficios a las zonas de implantación, como una mejora en la calidad de las aguas, un menor impacto visual, facilidad de integración en el paisaje y constituir lugares de interés para el estudio de flora y fauna característica de estos ambientes (Leal, 2016).

Además, funciona como un sistema diseñado especialmente para el tratamiento y mejorar la calidad, en el cual, mediante procesos físicos, químicos y biológicos, se permite la degradación de la materia orgánica. Además, estos sistemas son de bajo costo, son de fácil operación y mantenimiento, y su nivel de eficiencia es mayor comparada con los sistemas de tratamiento convencionales (Suarez et al., 2014; Badui, 2016).

La tecnología de humedales artificiales puede ser considerada como un ecosistema en el que los principales actores según Guadalajara (2019) son:

- **El sustrato:** sirve de soporte a la vegetación, permitiendo la fijación de la población microbiana, que va a participar en la mayoría de los procesos de eliminación de los contaminantes.
- **La vegetación (macrófitas):** contribuye a la oxigenación del sustrato, eliminación de nutrientes y también se desarrolla la comunidad microbiana. El agua para tratar: circula a través del sustrato y de la vegetación.

2.2.2. APLICACIONES DE HUMEDALES ARTIFICIALES

Las aplicaciones para los humedales artificiales son variadas e incluyen el tratamiento de aguas residuales de origen diverso. Moral (2019) destaca las siguientes aplicaciones para los humedales artificiales:

- Sistemas de tratamiento secundario para pequeñas poblaciones.
- Sistemas de tratamiento terciario de ARU:
 - Nutrientes: nitrógeno y fósforo.
 - Metales pesados.
 - Contaminantes emergentes.
- Sistema de renaturalización biológica de efluentes tratados.
- Tratamientos específicos:
 - Aguas naturales eutrofizadas
 - Aguas de drenaje de minas
 - Efluentes agroalimentarios
 - Aguas de drenaje agrícola
 - Escorrentías de carreteras, urbanas
 - Deshidratación de fangos

Otras aplicaciones de los humedales artificiales de acuerdo con Rajadel (2017) para tratamientos específicos se destacan:

- Tratamiento de aguas naturales eutrofizadas
- Tratamiento de efluentes agroalimentarios
- Tratamiento de aguas de drenaje agrícola
- Deshidratación de fangos
- Y como sistema de renaturalización biológica de efluentes tratados.

2.2.3. CLASIFICACIÓN DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES

Los humedales artificiales se clasifican en humedales de flujo libre o sistemas de plantas de libre flotación (FL), y humedales subsuperficiales o sistemas de plantas con raíces emergentes (FSS), los cuales se dividen a su vez en sistemas de flujo vertical (FSSV) y sistemas de flujo horizontal (FSSH) (Arteaga et al., 2019).

2.2.4. HUMEDALES SUPERFICIALES DE FLUJO LIBRE

Estos sistemas consisten típicamente de estanques o canales con alguna clase de barrera subterránea para prevenir la filtración; entre el suelo u otro medio conveniente, a fin de soportar la vegetación emergente y agua en una profundidad relativamente baja (de 0.1 a 0.6 m) que atraviesa la unidad (Valles, 2013).

La profundidad baja del agua, la velocidad baja del flujo, y la presencia de tallos de planta y residuos regulan el flujo del agua. Se aplica agua residual pretratada a estos sistemas y el tratamiento ocurre cuando el flujo de agua atraviesa lentamente el tallo y la raíz de la vegetación emergente; también es importante señalar que el rango de temperatura del agua es de 5 a 20 °C, y presenta un nivel de tratamiento sin excepciones en climas fríos (Rodríguez et al., 2010).

2.2.5. HUMEDALES SUBSUPERFICIALES

- **Sistema de Flujo Vertical**

La aplicación del agua en humedales subsuperficiales de flujo vertical (FSSV) se realiza de manera uniforme sobre el lecho. Por lo común se emplean como sistemas secundarios y se componen de dos etapas: una con dos celdas de flujo vertical seguido por una celda de flujo horizontal; estas últimas etapas tienen la finalidad de lograr la depuración de los efluentes. La principal ventaja de este tipo de sistemas radica en restaurar las condiciones aerobias durante periodos secos. La eficiencia del proceso de depuración depende en gran medida de la aireación del sustrato; además, este tipo de sistemas son susceptibles a la obstrucción (Arteaga et al., 2019).

- **Sistema de Flujo Horizontal (FSSH)**

Los humedales FSSH surgen como una alternativa de tratamientos secundarios, por lo son sistemas con medios porosos saturados, donde se siembra con vegetación emergente (Arteaga et al., 2019). Su uso abarca aguas residuales

provenientes de la industria y son muy comunes para el tratamiento de las aguas residuales de procesamiento de alimentos (Arteaga et al., 2019; Pérez et al., 2022).

Un humedal FSSH presenta una alta remoción de materia orgánica, DBO₅ (demanda bioquímica de oxígeno medida a cinco días), DQO y sólidos suspendidos totales. Sin embargo, presentan una menor eliminación de nutrientes. Por tanto, las plantas *Tiphaatifolia* y *Phragmites australis* son especies vegetales que se adaptan mejor a las aguas residuales de curtidurías en términos de supervivencia y propagación. Los FSSH son una alternativa viable para reducir el contenido de materia orgánica de las aguas residuales, pues toleran las fluctuaciones de flujo o intermitencias. Asimismo, funcionan como protección contra la salinización secundaria del suelo (Arteaga et al., 2019).

Los humedales artificiales de flujo subsuperficial se pueden clasificar en horizontales y verticales según el movimiento del flujo. Para Asprilla et al. (2020) los humedales horizontales están compuestos principalmente por grava como medio de soporte para el desarrollo radicular de las especies de macrófitas plantadas en su interior y para la adherencia de los microorganismos encargados de la degradación de la materia orgánica como se muestra en la figura 2.1.

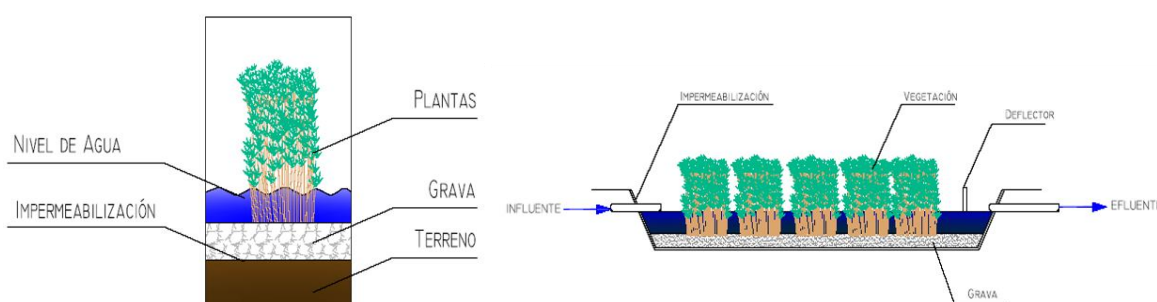


Figura 2.1. Sección transversal y longitudinal de un Humedal Artificial de Flujo Superficial.

Fuente: (Salas, 2018)

Los humedales de flujo subsuperficial se clasifican a su vez según el sentido de circulación del flujo, en humedales de flujo subsuperficial horizontal y vertical (FHSS Y FVSS). En la tabla 2.3 se puede observar un esquema de su comparación.

Tabla 2.3. Comparación entre humedales de flujo superficial y humedales de flujo subsuperficial.

Humedales artificiales de flujo superficial	Humedales artificiales de flujo subsuperficial
<ul style="list-style-type: none"> ● Superficie libre de agua ● Flujo de circulación del agua en lámina libre sobre un lecho en el que enraízan los vegetales del humedal ● Son más frecuentes (en USA 70%) ● Menor coste de instalación Hidráulica sencilla ● Tienen gran parte de las propiedades de los humedales naturales. ● Las bajas temperaturas provocan descensos en el rendimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Lecho vegetal sumergido. ● Flujo sumergido, a través de un medio granular. ● Hidráulica más complicada. ● Son menos frecuentes (en USA el 20%). ● Tratamiento más eficaz. ● Necesitan poco espacio. ● Flujo oculto. ● Sin olores. ● Soportan bien temperaturas bajas. ● Algo más caros que los FWS. ● Pocos problemas con la fauna.

Fuente: Arteaga et al. (2019)

2.2.6. PLANTAS UTILIZADAS EN LOS HUMEDALES ARTIFICIALES

Silva (2020) menciona que, las plantas que frecuentemente se utilizan en la mayoría de los humedales para tratar aguas son las siguientes:

Scirpus: Estas plantas son de la familia de las ciperáceas, son perennes y crecen en grupos. Crecen desde 5 cm a 3 m de profundidad, puede crecer en la grava, las temperaturas deseables son 16-27 °C y pH de 4-9.

Typhas: Es capaz de crecer bajo diversas condiciones, esta es recomendable para humedales subsuperficiales y se propaga fácilmente. Esta tiene una remoción potencial pequeña de nitrógeno y fósforo.

Phragmites: Esta especie posee poco valor alimenticio por lo cual no son atacadas por los animales u otro tipo de plantas, por esta razón tienen una mayor venta para ser utilizados en humedales artificiales (Arce, 2018).

Esta planta se ha utilizado durante muchos años en fitorremediación para depurar varios tipos de aguas residuales. *Phragmites australis* demostrada en la figura 2.2.

tiene una gran capacidad para acumular diversos nutrientes, metales pesados y microcontaminantes, y en este aspecto es superior a otras plantas acuáticas (Rezania et al., 2019).



Figura 2.2. Phragmites

Fuente: (Hosny et al., 2021)

2.2.7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES

Asprilla et al. (2020) mencionan que, los humedales artificiales vislumbran una buena alternativa en el campo de las aguas residuales, siendo soluciones integrales, con altas eficiencias y bajos costos de remoción, estableciendo las siguientes ventajas y desventajas de su aplicación (Tabla 2.4):

Tabla 2.4. Ventajas y desventajas de los humedales artificiales

Ventajas	Desventajas
No requieren de grandes costos para su operación y mantenimiento.	Requiere de largas extensiones de tierra, necesita por lo menos unas 60 veces más de extensión que el tratamiento convencional. Son necesarias 10 hectáreas para poder construir.
Alcanza las eficiencias de depuración, de acuerdo con los límites de vertimiento en cuerpos de agua. Cumple los estándares ambientales y legales.	Los mosquitos y otros insectos pueden ser un problema, por cuestiones de salud
Proporciona un espacio verde, incorpora un hábitat de vida silvestre.	
Se requiere de \$0.099 para tratar un barril de agua producida	

Fuente: Arteaga et al., (2019)

2.3. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

Elkoro (2018) indica que para un buen diseño se debe considerar el lugar y la aplicación, empleando procesos naturales de tratamiento para lograr objetivos bien definidos, se tendrá un menor costo y resultados más satisfactorios a largo plazo.

Por otra parte, es esencial considerar y seleccionar alternativas adecuadas antes del diseño final y construcción del humedal, siguiendo un plan maestro a estudiar que identifique el costo-beneficio más apropiado, para el sistema a implementar (Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], 2021; Arteaga et al., 2019; Frers, 2008).

Según Arteaga y Prieto (2020) entre los objetivos generales de diseño se pretende tener un sistema operando con un mínimo de mantenimiento y consumo de energía. El sistema de plantas, animales, microorganismos, soporte y flujos de agua se desarrollarán hasta lograr obtener su auto mantenimiento. El sistema utilizará al máximo el potencial de energía como aporte natural al sistema, así como la energía

solar, para llevar a cabo el proceso se debe considerar para el diseño de un sistema de humedales son:

- Características de las aguas residuales a tratar.
- La calidad requerida del efluente.
- Tipo de sistema acuático.
- Mecanismos de operación de remoción de contaminantes.
- Factores ambientales locales.
- Parámetros de diseño del proceso.
- Características físicas del diseño.

2.3.1. CONCEPTUALIZACIÓN DE COSTOS

De acuerdo con Vásquez (2018), establece que entender el comportamiento de los costos permitirá acceder al mejoramiento de las técnicas modernas, con la finalidad de realizar estimaciones, obteniendo beneficios de costeo y una administración basada en actividades complementarias.

2.3.2. COSTEO BASADO EN LAS ACTIVIDADES ABC

Aramendis et al. (2018) afirman que, la metodología que analiza el comportamiento de los costos por actividad establece relaciones entre las actividades y el consumo de recursos, permitiendo identificar los factores que llevan a un proyecto a incurrir en costos en sus procesos de servicios.

2.3.3. VENTAJAS DE REALIZAR EL MODELO ABC BAJO PROCESOS

La ventaja de utilizar procesar en el diseño de modelo ABC, es que la organización en estudio es desglosada en sus procesos, estos en sus actividades lo que permite discernir el valor de cada una de ellas tanto en el costo como en la generación de valor añadido. Además, el conocer cómo están repartidas las actividades permite que los recursos de que dispone la empresa les sean asignados adecuadamente (De la Cruz, 2022).

2.3.4. COSTOS EN CONSTRUCCIÓN DE HUMEDALES ARTIFICIALES

Para Aguilar (2020) se debe considerar variables como la preparación del terreno, material impermeabilizante y materiales como arena fina, grava, tubería, codos, tapón de pvc, materiales pagables, rejilla de desagüe, macrófita, sedimentador primario como costos de construcción de humedales para la depuración de aguas residuales.

Si la contaminación del agua subterránea o la conservación de las fuentes superficiales son aspectos prioritarios, se debe proveer una impermeabilización adecuada alrededor del medio filtrante, los materiales para utilizar pueden ser: suelo compactado en sitio (permeabilidad menor a 10^{-6} cm/s), bentonita, asfalto, caucho sintético o membranas plásticas (Ginneken et al., 2011). El material utilizado debe ser resistente, grueso y maleable para prevenir la penetración de raíces y posibles adherencias, la impermeabilización es necesaria si la tasa de infiltración del suelo es mayor a 10^{-5} cm/s.

En la tabla 2.5. se presenta los costos de inversión de construcción y operación para un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal con una capacidad de 24.48 m³/día.

Tabla 2.5. Costos de inversión en Ecuador de un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal con capacidad de 24.48 m³/día.

Material	Unidad	Cantidad	Precio Unitario \$	Costo Total \$
Retroexcavadora, desalojo de materiales, nivel y perfilado	m ³	30	20	600
Material impermeabilizante	m ²	60	12	720
Arena fina	m ³	4	10	40
Grava diámetro 30 mm	m ³	21	12	252
Grava gruesa diámetro 100 mm	m ³	3	8	24
Tubería PVC (3 pulg)	m	20	6.60	132
Codos PVC 90° (3 pulg)	-	8	2.37	18.9
Reducción de 4 pulg a 3 pulg	-	4	2.50	10
Tapón PVC 75 mm	-	2	1.25	2.5
Tapón PVC 110 mm	-	1	1.85	1.85
Te PVC desagüe 75mm	-	4	3.25	13
Pega tubos PVC 125cc	-	1	2.66	2.66
Rejilla de desagüe 110mm	-	2	1.82	3.64
Macrófita: achira	-	210	3.50	735
Sedimentador primario	m ³	1.14	1	250
Mano de obra				
Obreros (2)				
Colocar geomembrana	Día	15	30	900
Colocar grava de diferente tamaño				
Plantar las macrófitas ornamentales				
Total				\$3705.61

Fuente: (Aguilar, 2020)

2.3.5. PROCEDIMIENTOS PARA DISEÑAR EL HUMEDAL ARTIFICIAL

Para el diseño de un humedal artificial se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

Caudal de entrada. - Es el volumen de agua que pasa por una determinada sección transversal en una unidad de tiempo (Acosta y Gordillo, 2020).

Características del líquido. Se refiere a los contaminantes (físicos, químicos y biológicos) que se encuentran en el agua residual, por ejemplo: color, temperatura, sólidos en suspensión, sólidos disueltos, bacterias, protozoos, virus, nutrientes (nitrógeno y fósforo) y metales pesados (Muñoz, 2020).

Selección de la vegetación. Primeramente, se deben considerar las condiciones ambientales, el tipo de vegetación que existe en la zona, los objetivos del tratamiento y la calidad, inicial y final, de dichas aguas (Zuluaga y Renjifo, 2021).

Dimensión del humedal. Depende del flujo a tratar y las características que debe cumplir el efluente. La superficie necesaria se puede expresar en $L/día \cdot m^2$ (Fernández, 2021).

Características del suelo. El tipo de suelo que deberá tener un humedal depende del tipo de flujo. Si es de flujo libre se deposita tierra y si es de flujo subterráneo se debe buscar que la permeabilidad del suelo sea baja y no haya percolación, en todos los casos la compactación de arcilla suele ser suficiente para preparar los canales (Asprilla et al., 2020).

Energía. Este factor es determinante ya que la energía luminosa que reciben los vegetales es fundamental para su crecimiento y ciclo biogeoquímico; es importante tomar en cuenta la latitud del lugar, dado que el sol es la fuente de energía empleada (UNAM, 2021).

El diseño hidráulico de un humedal es crítico para obtener buenos rendimientos en la eficiencia de depuración. En los modelos de diseño se asume un flujo en condiciones uniformes y de tipo pistón. Para intentar acercarse al modelo ideal (flujo pistón) es muy importante realizar un cuidadoso diseño hidráulico y los métodos constructivos apropiados (Gómez, 2021).

Para el diseño de humedales se deben considerar los siguientes criterios:

- El tipo de reactor biológico.
- El flujo a través del medio poroso es flujo pistón y en forma uniforme.
- La ley de Darcy.
- El tipo de especie a utilizar tales como: Scirpus, Typhas, Phragmites entre otras.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1 UBICACIÓN

La investigación se desarrolló en la provincia de Manabí, ciudad de Manta en la zona rural de San Lorenzo en el sector de San Juan de Manta sitio Buenos Aires según la tabla 3.1 y la georreferenciación de acuerdo a la figura 3.1.

Tabla 3.1. Mapa de ubicación del trabajo de investigación

Sitio	Coordenadas	
	UTMX	UTMY
Buenos aires manzana 3	527479,04	9890783,57

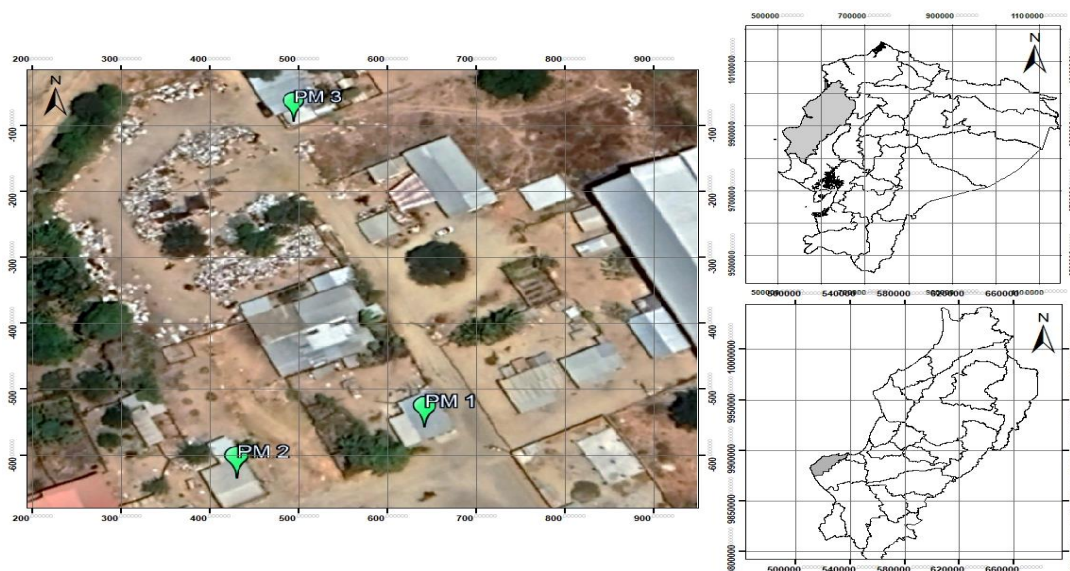


Figura 3.1. Mapa de ubicación del trabajo de investigación

Fuente: Imagen satelital extraída de Esri ArcGis,2023

3.2. DURACIÓN

El presente estudio presentó una duración de 6 meses desde septiembre a febrero del 2023.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

El presente estudio es de características no experimentales y se utilizó fuentes bibliográficas como tesis y artículos científicos como citas secundarias de información, las cuales se centraron en la búsqueda de una problemática similar a la de esta investigación.

3.3.1. MÉTODOS

3.3.1.1. MÉTODO DEDUCTIVO DE TIPO DESCRIPTIVO

En el presente estudio se implementó métodos deductivos de tipo descriptivo para conocer el fenómeno en estudio considerando que se desarrolló con el fin de identificar los aportes que diferentes autores han realizado como producto de sus investigaciones en el área; además se llevó a cabo un análisis crítico en relación a cada una de las fuentes consultadas de tal forma que contribuya con el alcance de los objetivos planteados (Davila, 2006; Herrera, 2018)

3.3.1.2. MÉTODO BIBLIOGRÁFICO

Esta investigación se apoyó en el método bibliográfico con la utilización de fuentes bibliográficas como tesis y artículos científicos, además de utilizar fuentes secundarias de información que expongan una problemática similar a la de esta investigación, se enmarco en un enfoque cualitativo; el cual consistió en la recolección, análisis e integración de datos cualitativos, con la intención de conseguir un panorama más completo del estudio, según lo menciona (Hernández et al., 2006; Rodríguez et al., 2019).

3.3.2. TÉCNICAS

3.3.2.1. OBSERVACIÓN DE CAMPO

A partir de la cual se captó la realidad actual para posteriormente procesar la información necesaria en la investigación (Hernández et al., 2010).

3.3.2.2. ENCUESTAS

Se desarrolló una encuesta en el área de estudio dirigida a los ciudadanos como principal instrumento de evaluación de campo con la finalidad de obtener información primaria para el estudio.

3.4. VARIABLES EN ESTUDIO

3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Humedal artificial

3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Tratamiento de agua residual doméstica.

3.5. PROCEDIMIENTOS

3.5.1. FASE I. DIAGNÓSTICO DE LAS CARACTERÍSTICAS SOCIOAMBIENTALES, ECONÓMICAS DEL SITIO SAN JUAN DE MANTA – MANABÍ

Actividad 1. Levantamiento de información socioambiental y económica (encuesta)

Se procedió a tomar datos relacionados a las condiciones de vida de la población considerando datos de INEC (2010), en el aspecto social, económico y ambiental a través de instrumentos de evaluación validados como las encuestas (anexo 1), en efecto, se tomó en cuenta el cálculo de la muestra mediante la técnica de muestreo probabilístico aleatoria simple con un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 5%. Se aplicó dicho cálculo y tomando en consideración que el sitio cuenta actualmente con 136 viviendas, la muestra será de 102 viviendas (Otzen y Manterola, 2017).

Para este proceso se utilizaron los métodos directos de extracción de la información en campo utilizando la herramienta digital KoBoToolbox que es un software específico para el levantamiento de datos, con dicha herramienta se creó el formulario digital, para luego ser llenado por medio de la aplicación móvil koBoCollect que permitió encuestar de una manera más ágil a las personas y con ello el proceso de la información sea más fiable, considerando previamente que la mayoría de los habitantes poseen telefonía móvil y de no ser así se aplicó la encuesta física (Zarate, 2017; Harvard Humanitarian Initiative, 2022; Figueroa, 2022).

Actividad 2.- Selección de las viviendas para el muestreo de aguas residuales

Se empleó la metodología de Hernández et al. (2018) en el cual indica que se debe implementar sitio de muestreo para conocer el estado de las aguas residuales en las viviendas. Se determinaron 3 puntos de referencia con una distancia de 300 m para el muestreo respectivo en horario de mañana, tarde y noche.

Actividad 3. Toma de muestras de agua y georreferenciación

Para esta investigación, se recolectó el agua residual doméstica en el lugar de descarga in situ como se establece en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2176:2013, para ello se tomaron muestras en las siguientes horas: 7h00, 12h00 y 17h30; ya que según Quispe y Ayala (2019), se recomienda alternar los días y el horario de los muestreos para que no se tome siempre la misma muestra. Cada punto monitoreado se procedió a tomar una muestra de agua, adicionalmente con su registro de coordenadas para establecer zonificaciones y mapeos en el proceso de los resultados, mediante la utilización del programa ARCGIS (Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios de Saneamientos Básicos [SENASBA], 2015).

Actividad 4.- Análisis de laboratorio y control de calidad de las muestras

De manera específica se realizó un análisis en el laboratorio a las muestras del agua residual doméstica, mismos que se desarrolló de acuerdo con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98, en este contexto se analizó los parámetros establecidos en la Tabla 3.1 en el laboratorio acreditado "Centro De

Servicios para el Control de la Calidad” (CESECCA) de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Tabla 3.2. Métodos utilizados para el análisis de muestras

Parámetro	Método estandarizado
Temperatura	Potenciométrico
Turbidez	Espectrofotométrico
DBO ₅	APHA 5210-8
DQO	Merck 112, fotómetro SQ 118
ST	APHA 2540 C
pH	APHA 4500-H B

Fuente: Métodos estándar NTE INEN 2169:98

3.5.2. FASE II. IMPLEMENTACIÓN DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL COMO ALTERNATIVA DE DESARROLLO SOSTENIBLE EN EL SITIO SAN JUAN DE MANTA

Actividad 5.- Diseño y construcción del humedal artificial

Se realizó la construcción del humedal artificial de tipo cíclico también llamado de Flujo Subsuperficial Libre horizontal y abierto como los recomendados (UNAM, 2021; Arteaga et al., 2020).

El prototipo fue proyectado con ayuda del programa de modelado digital 3D SketchUp. Para ello se hizo uso de las medidas y especificaciones de materialidad especificadas en la investigación. Además, se crearon imágenes realistas del mismo con el motor de renderizado V-Ray.

Dentro de las herramientas utilizadas en SketchUp se aplicó la línea, el polígono, el borrador, empujar o tirar y el barril de pintar para agregar materialidad. Ya realizado el modelo se seleccionó la “tetera” de renderizado de la extensión V-Ray.

Por otra parte, se exportaron las cuatro vistas del modelo 3D al software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D: Vista en Planta, Vista frontal, Vista lateral derecha y Vista lateral izquierda; a fin de, crear gráficos 2D a los que se les agregó detalles de cotas y tramados que simulaban los materiales del prototipo, para próximamente exportarlos a escala 1:20 en una lámina A4.

Paso 1

En primer lugar, se tomó en cuenta las características geográficas de la zona de estudio, así como también la disponibilidad de los habitantes y su predisposición manifestado en las respectivas encuestas realizadas.

Paso 2

Se consideró las siguientes variables para la construcción del humedal de acuerdo con la metodología expuesta por (UNAM, 2021; Cuevas y Eras, 2021):

- Caudal de entrada. - El caudal se calculó mediante la siguiente fórmula: $Q=V/t$, siendo Q (caudal), V (volumen) y t (tiempo).
- Características del líquido. - se caracterizó la temperatura y presión del sitio en estudio.
- Selección de la vegetación. - De esta manera se establecieron los criterios generales para la selección de especies: Ser autóctonas, propias de la vegetación natural de la zona.
- Dimensión del humedal. - se graficaron en el software para una visualización más estética y específica y así mismo una mayor comprensión de remoción.

Paso 3

Una vez conocido los valores de las variables de construcción, se estableció el diseño del humedal detallando lo siguiente:

- Cálculo del área necesaria. - De acuerdo al caudal y el número de habitantes.
- Profundidad del humedal. - La profundidad de los humedales se la consideró no más de seis metros.
- Pendiente. - La pendiente del terreno indica cuánto se inclina el mismo con respecto a la horizontal, y puede ser pendiente de subida o de bajada.
- Sustrato. - Un suelo preparado para mejorar su aireación, optimizar su estructura y propiedades y corregir su pH.

- Relación largo ancho. - Permitió un desempeño hidráulico y la eliminación de contaminantes.

Cálculo del área superficial

El cálculo del área superficial se realizó en función al parámetro contaminante que se desea disminuir o remover, generalmente los diseños se realizan para disminución de la DBO₅, como se establece en la ecuación 1.

$$AS = \frac{Q * LN(\frac{C_o}{C})}{K_T * H * N} \quad [\text{Ec. 1}]$$

Donde:

Q= caudal de diseño del humedal (m³/día)

C= concentración efluente (mg/L)

Co= concentración afluente (mg/L)

KT= Constante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura (d⁻¹)

h= profundidad del humedal (m)

N= porosidad del medio granular (porcentaje expresado en fracción)

La constante de reacción de primer orden se calculará mediante la ecuación 2:

$$K_T = 1,104 * 1,06^{T_2 - 20} \quad [\text{Ec. 2}]$$

Donde:

T₂= temperatura del agua (°C)

La profundidad del humedal generalmente varía de 0,3 a 1 m (valor usual 0,6 m), con una pendiente de 0,1 a 1%, siendo el valor usual de 0,5%.

Se evaluará el Principio de Darcy para flujo en medios porosos como se detalla en la ecuación 3.

$$Ac = \frac{Q}{(K_s * S)} \quad [\text{Ec. 3}]$$

Donde:

Ac= área vertical en m²

Q= caudal medio en m³/s

K_s = Conductividad hidráulica (m/s)

S = pendiente (m/m)

El ancho del humedal (m) se determinó en función al área vertical y la profundidad del nivel de agua a tratar (ecuación 4).

$$W = \frac{Ac}{(h)} \text{ [Ec. 4]}$$

El largo del humedal se determinó en función al ancho y al área superficial como se muestra en la ecuación 5

$$L = \frac{A_s}{W} \text{ [Ec. 5]}$$

Donde:

A_s = Área superficial del humedal (m²)

W = ancho del humedal (m)

Paso 4

Posteriormente se determinó la relación largo-ancho (L/A). Mientras mayor es la relación largo-ancho se tiene mejor depuración de las aguas, la cantidad de agua a tratarse dependerá del flujo doméstico generado por día y por vivienda (Zambrano y Saltos, 2008), sin embargo, se establece el promedio de descarga doméstica de 136 viviendas de la zona de estudio en San Juan de Manta que será determinado de acuerdo a las encuestas.

Actividad 6. Tratamiento de las aguas residuales a través del humedal artificial

Para esta actividad se realizaron de acuerdo con la metodología descrita por Díaz (2022) una vez aplicado el humedal artificial:

- El tiempo estimado de tratamiento es de 15 días.
- Se realizó un monitoreo permanente del caudal de entrada al humedal artificial.

- Se cuantificó la temperatura y pH del agua residual.

Actividad 7. Análisis del agua y comparación de resultados

Una vez realizado el tratamiento no convencional con el humedal artificial, se procedió a realizar los análisis del agua tratada y se realizó la comparación con la normativa ambiental del anexo 1 del libro VI del Texto Unificado Legislación Secundaria (TULSMA) en la tabla 9 criterio de calidad de agua para límites de descarga en un cuerpo de agua dulce.

Actividad 8. Cálculo del porcentaje de eficiencia

Se calculó el porcentaje de eficiencia de remoción de contaminantes de las muestras de aguas tratadas con los parámetros seleccionados, para ello, se empleó la fórmula propuesta por (Chungón y Aybar, 2008).

$$\% \text{ Remoción} = \frac{VP_i - VP_f}{VP_i} \times 100 \text{ [Ec. 5]}$$

Donde:

Pi= Parámetro Inicial

Pf= Parámetro final

3.5.3. FASE III. ESTIMACIÓN DEL COSTO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO COMO BASE PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE VIDA

Actividad 9. Análisis costo-beneficio

Se realizó la estimación del costo del humedal artificial a través del método costo de producción utilizando la metodología de (Vinza, 2012) tomando en consideración 3 factores: costo de los materiales a emplear, gastos en construcción y gastos en el mantenimiento, mediante la ecuación de estimación económica para la construcción del humedal.

$$CP = [(Mp + Mod + Gp)] \text{ [Ec. 6]}$$

Donde:

CP= Costo de producción

Mp= Materia prima

Mod= Mano de obra directa

Gp= Gasto de producción

Además, se realizó la estimación económica correspondiente a la mano de obra, donde se consideran las leyes que rigen ese sector en el Ecuador como es el Código Laboral Ecuatoriano, el Código del Trabajo y todas las leyes y normativas expedidas por el Ministerio del trabajo del Ecuador.

Actividad 10. Análisis de Costo - Efectividad

Para analizar la variabilidad económica para el sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas se realizó un análisis Costo-Efectividad, que permitió valorar los beneficios que posee un proyecto a esta escala.

Para determinar el análisis costo-efectividad del sistema de tratamiento, se aplicó una metodología en donde los costos estarán representados por la inversión realizada en cada una de las etapas del tratamiento, junto con su mantenimiento y análisis de laboratorio, y la efectividad se calculó con base a la disminución en la concentración del contaminante durante cada proceso. Para el cálculo del análisis de Costo-Efectividad se utilizará la siguiente fórmula (Ramos et al., 2020):

$$CE = \frac{\text{Costos}}{\Delta[\text{HTC}]} \text{ [Ec. 7]}$$

Donde:

CE= Costo-efectividad, expresa el valor que tiene la remoción del contaminante en dólares por tratamiento.

$\Delta[\text{HTC}]$ = Diferencia que existe entre la concentración inicial y final de los compuestos analizado.

Actividad 11. Elaboración de un manual de implementación y uso del humedal artificial

Se elaboró un manual de implementación de humedal artificial para zonas rurales, en el cual se detallan los procesos técnicos del sistema, la operación, mantenimiento y revisión. De acuerdo con lo establecido en la metodología expuesta por la (UNAM, 2021).

El manual tiene los siguientes apartados: introducción, objetivos, características, construcción, funcionamiento, mantenimiento. Finalmente se realizó un conversatorio con la población, para saber el grado de satisfacción con la realización del humedal artificial.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. FASE I. DIAGNÓSTICO LAS CARACTERÍSTICAS SOCIOAMBIENTALES, ECONÓMICAS Y ANALIZAR LAS AGUAS RESIDUALES DEL SITIO SAN JUAN DE MANTA – MANABÍ

Para el diagnóstico a los habitantes del Sitio San Juan de Manta se realizó una encuesta con 14 preguntas que permitieron conocer la realidad en este sitio y poder establecer las características socioambientales, económica y sanitaria descrita a continuación:

Pregunta 1: Señale cuántas personas habitan en su hogar.

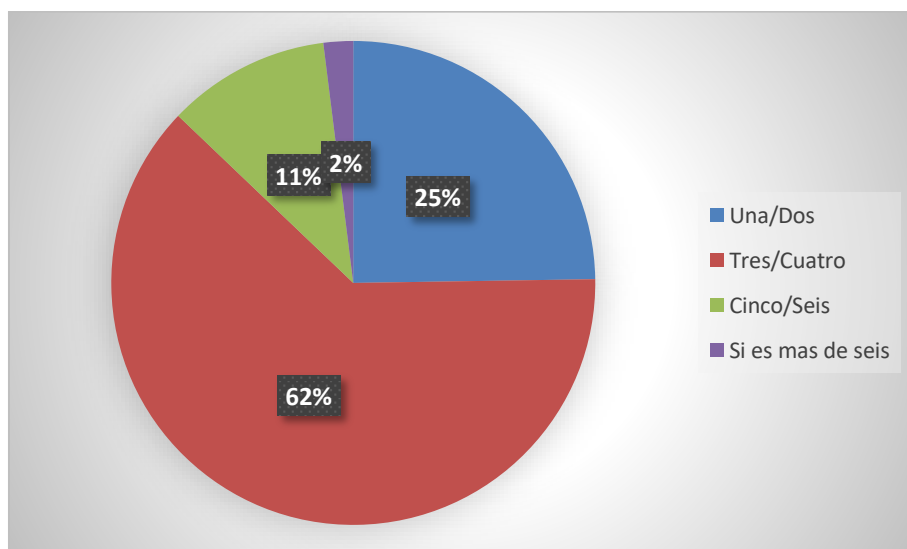


Figura 4.1. Personas que habita en el hogar

En la figura 4.1. se identifica que, el 62% de encuestados, exteriorizan respuestas que se enmarcan entre tres y cuatro personas viven en una sola vivienda, 25% la cantidad entre una y dos personas, y en un menor porcentaje con el 11% entre cinco y seis personas. Según Hernández et al. (2021), en la zona urbana de Manta, el número de habitantes por familia es relevante, exponiendo un promedio de 4 personas por unidad familiar.

Pregunta 2: Señale los servicios básicos con los que usted cuenta en su hogar:

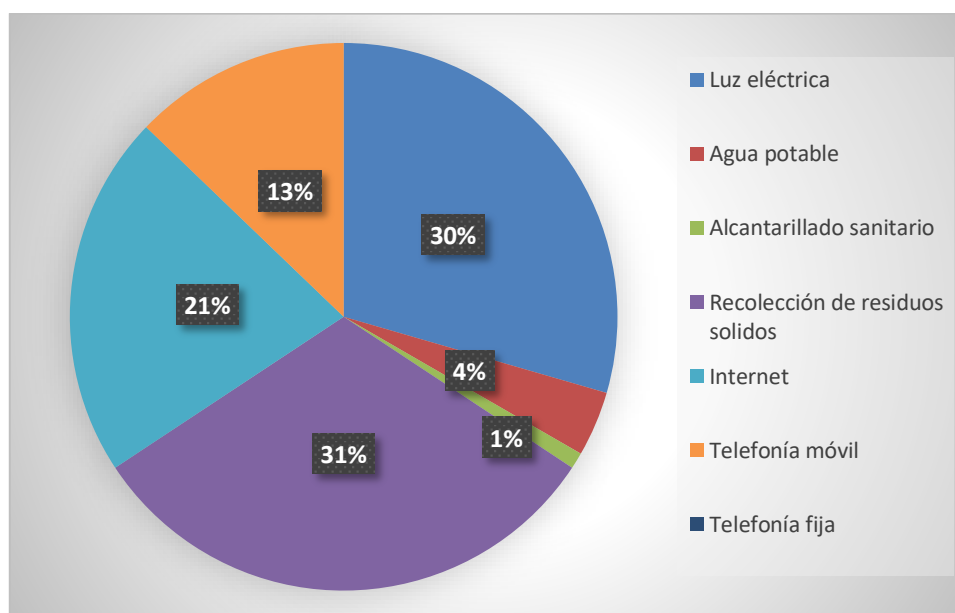


Figura 4.2. Servicios básicos en los hogares

Como se visualiza en la figura 4.2. el 31% de los encuestados manifiestan que existe el servicio de recolección de residuos sólidos, mientras un 30% usa luz eléctrica. En este sentido, se evidencia en la figura 4.2 que no a todas las casas llega el servicio de agua potable equivalente al 4% de los encuestados, lo cual es relevante para el contexto de estudio. Por tal razón, evidencia la carencia de servicio básico del agua en esta localidad. Teniendo presente que el agua es un elemento básico del desarrollo sostenible pues está estrechamente vinculada a diversos desafíos mundiales fundamentales (Blanco et al., 2020; Estupiñan, 2013).

Pregunta 3: Señale cómo obtiene agua potable en su hogar:

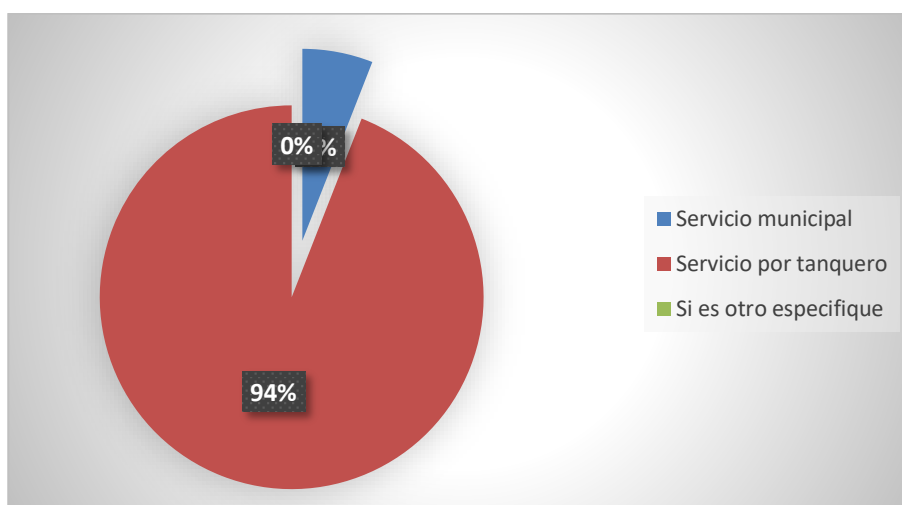


Figura 4.3. Agua Potable en los hogares

Se observa en la figura 4.3. al preguntarles cómo obtiene agua potable en su hogar, el 94% del total de encuestados, ubican respuestas que se enmarcan por el uso de servicio por tanquero. El agua en muchas ocasiones es consumida directamente en las condiciones que llega al hogar, es decir no se hierve, así lo ratifican los datos estadísticos del censo 2010 “La mayor parte de la población bebe el agua tal como llega al hogar” (INEC, 2010).

Pregunta 4: Señale cada cuánto se abastece de agua potable en su hogar.

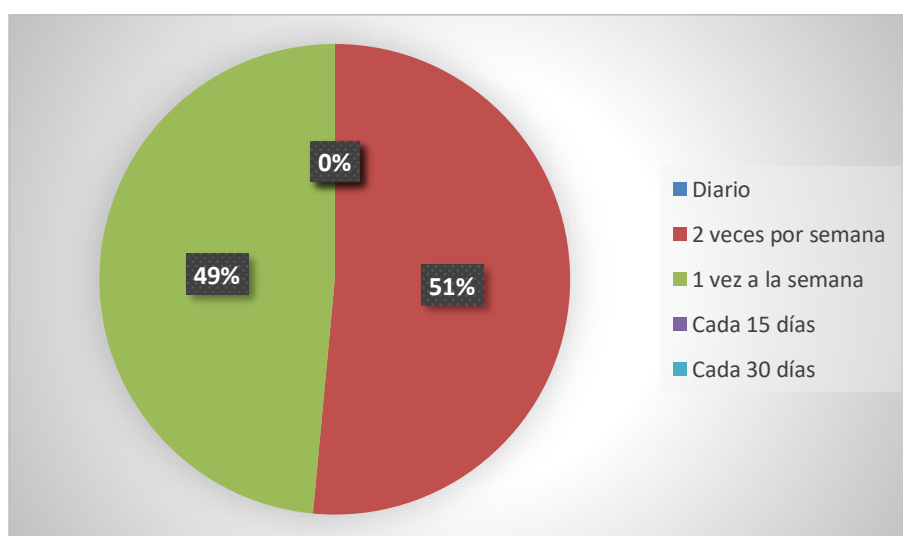


Figura 4.4. Abastecimiento de agua potable

En la figura 4.4. presenta que el 51% del total de encuestados se abastece 2 veces por semana de agua potable y el 49 % una vez por semana. La mayoría de la población presenta escasez de agua que es fundamental para satisfacer la demanda básica del hogar. La falta de agua desespera a los habitantes del cantón de Manta quienes padecen por la escasez del servicio constantemente. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Fondo de las Naciones Unidas (UNICEF, 2007) la mayor parte de esta población que vive sin acceso al agua está en las comunidades rurales (84% de los 1,100 millones), siendo alrededor de 900 millones de personas que no tienen acceso a este recurso (Sotomayor y Cueva, 2020).

Pregunta 5: Señale el aproximado del consumo de agua potable litros/día en su hogar

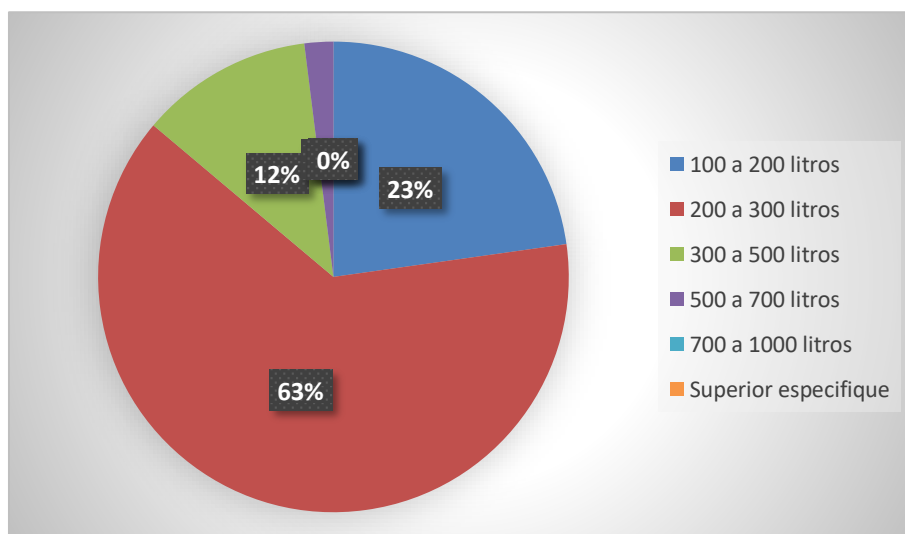


Figura 4.5. Consumo de agua en los hogares

En la figura 4.5. se visualiza el aproximado del consumo de agua potable L/día; el 63% del total indica que consume entre 200 a 300 L/día que se ubican en un nivel de alerta por la necesidad de este líquido vital para la población de San Juan de Manta. La composición puede variar significativamente en términos de tiempo y

lugar, debido a las variaciones en el consumo de agua en relación con las cantidades de sustancias vertidas (Poma et al., 2022).

Pregunta 6: Señale el destino de las aguas residuales producidas de su hogar

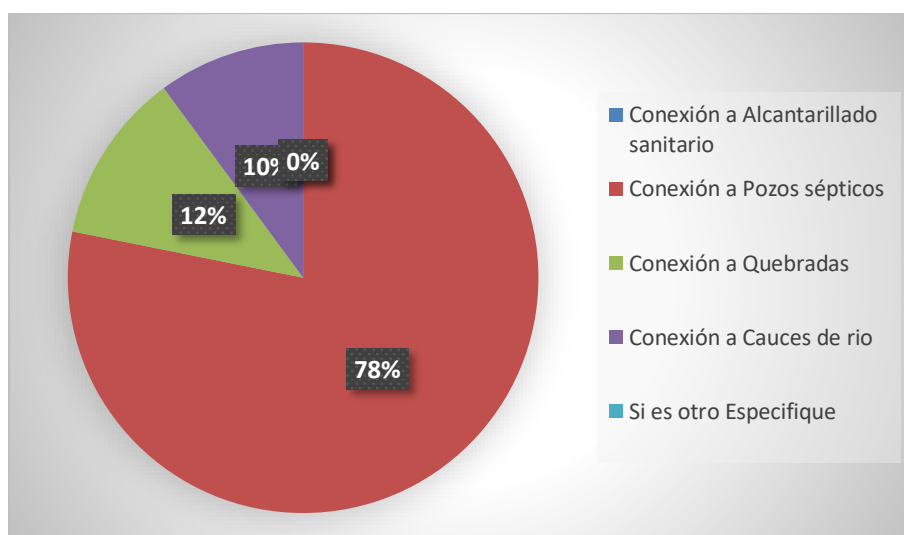


Figura 4.6. Destino del agua residual

En la figura 4.6. los encuestados revelan que el 78% del total de investigados presenta conexión a pozos sépticos. Dado que, el mal manejo de los residuos domésticos representa un riesgo sanitario y microbiológico para las comunidades rurales que no cuentan con sistema de alcantarillado. Según la OMS (2020) representa un riesgo para la salud pública, además, se ha incrementado la amenaza de contaminación cruzada hacia los alimentos poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de estas poblaciones (Méndez, 2020). De acuerdo con la OMS (2020) y Cataldo (2021), son necesarios entre 50 y 100 litros de agua por persona por día para garantizar que se cubran las necesidades más básicas. Gómez et al. (2021) mencionan que, por cada 3 habitante se consumen 1033,37 L/día de acuerdo de la generación de aguas grises en un hogar promedio de tres personas en uso como el baño, cepillarse los dientes, lavado de manos, lavado de cara, afeitarse la cara, lavadora y fregadero Considerando que en esta problemática presenta agua potable continua.

Pregunta 7: ¿Cuántas personas trabajan activamente en su hogar?

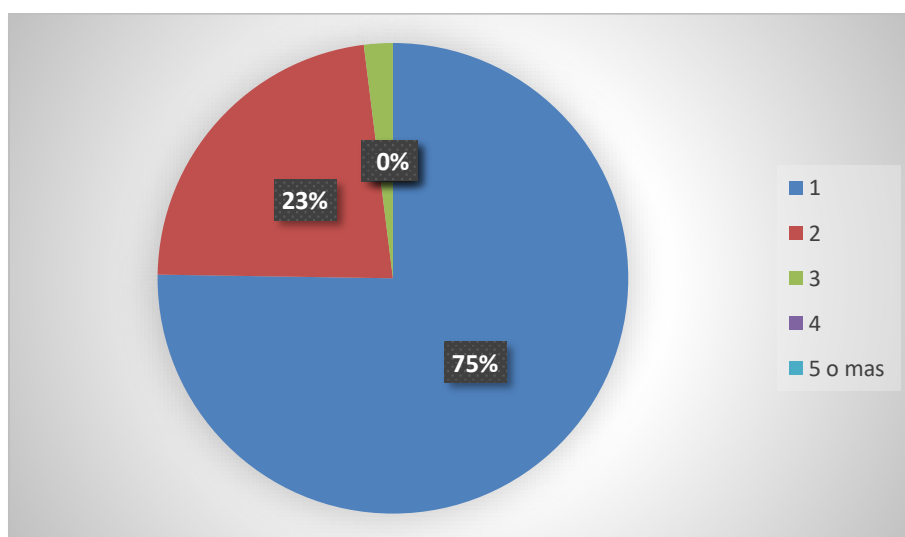


Figura 4.7. Trabajo activo en los hogares

En la figura 4.7. el 75% de los encuestados asume que solo trabaja una sola persona en el hogar. Las actividades principales de la ciudad son el comercio y la industria pesquera, donde sobresale la pesca del atún; también destacan empresas de aceites vegetales y maquiladoras (Molina y Peralvo, 2020).

Pregunta 8: ¿Cuál es su situación laboral actualmente?

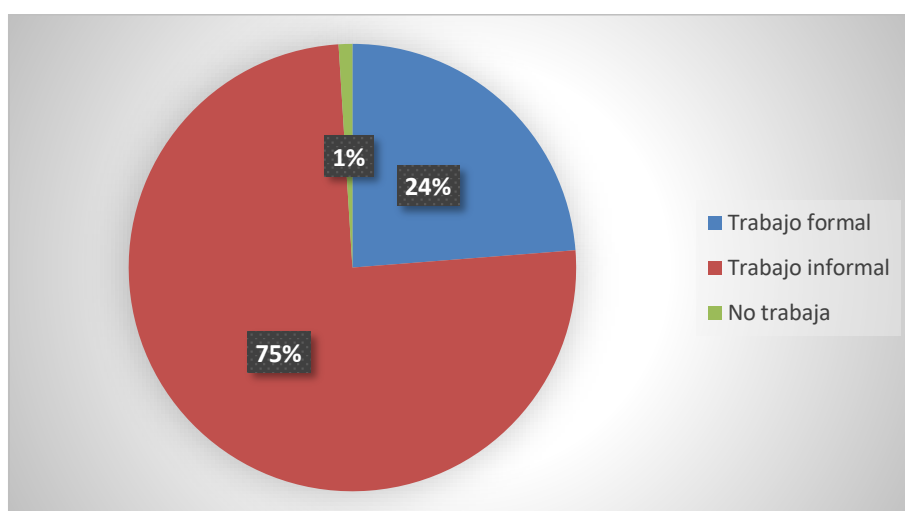


Figura 4.8. Situación laboral

En la figura 5.8. los habitantes destacan que un 75% trabaja de manera informal, 24% tiene un trabajo formal y 1% simplemente no trabaja. De los encuestados el 75% trabaja en la industria de la pesca. De otra manera desconocemos si el número de personas encuestadas que trabaja en la industria de la pesca es representativo o no. Puede que estén trabajando en otro sector.

Pregunta 9: ¿Cuánto es la remuneración mensual estimada que percibe en su hogar por la actividad laboral?

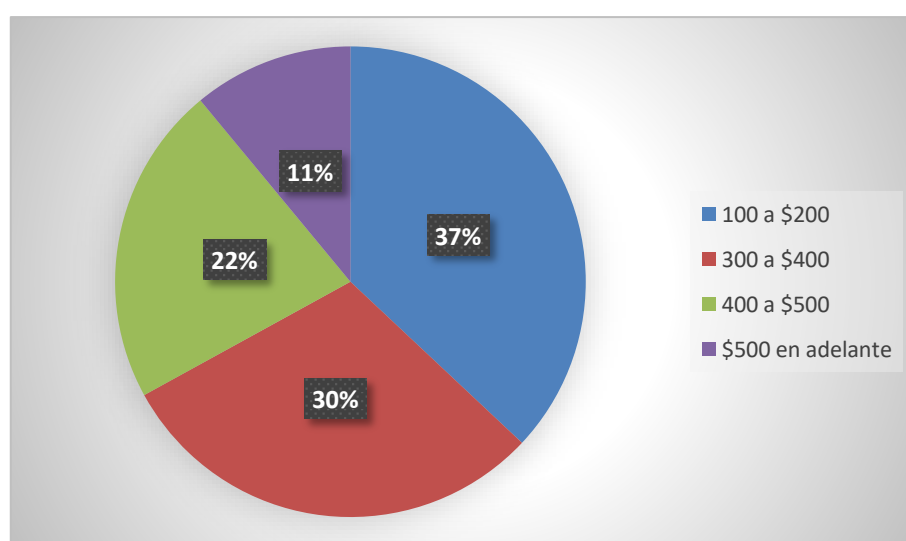


Figura 4.9. Remuneración mensual

Subsiguientemente, en la figura 4.9 se precisó la remuneración mensual estimada que percibe en los hogares por la actividad laboral. El 37% revela que gana entre 100 y 200 dólares mensuales. Presentan ingresos bajos que alcanza para cubrir las necesidades básicas y sin beneficios establecidos por la ley, con la que se respalden los derechos al trabajador (Piñas et al., 2021).

Pregunta 10: ¿Usted considera que está contaminando el medio ambiente al momento de desechar las aguas residuales domésticas de su hogar sin previo tratamiento?

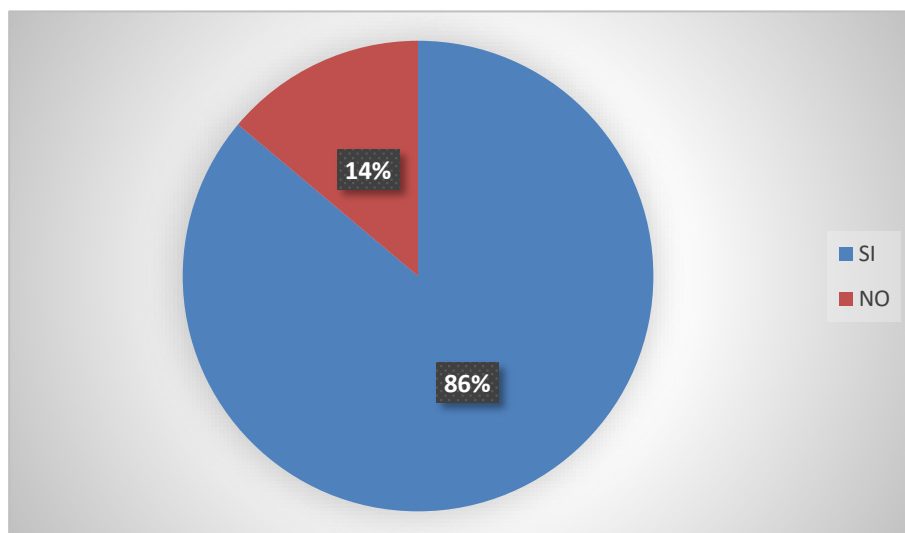


Figura 4.10. Contaminación del medio ambiente

Al preguntarles, si consideran que está contaminando el medio ambiente al momento de desechar las aguas residuales domésticas de su hogar sin previo tratamiento, en la Figura 4.10 destacan que, el 86% del total de encuestados, ubican respuestas que si se encuentra contaminando el medio ambiente y solo el 14% destaca que no lo está. Si bien se tiene en cuenta que existe la contaminación dentro del lugar y en la ciudad de Manta, falta tomar medidas de concientización ambiental. Cevallos (2020) menciona que la contaminación en ríos de la ciudad de Manta se debe principalmente a los efluentes de las aguas residuales generadas, por ejemplo, en el Río Muerto al 80% de las aguas residuales domésticas y el 20% al sector industrial de aguas residuales industriales, mientras que, el Río Bravo corresponde al 40% de las aguas residuales domésticas y el 60% al sector industrial de aguas residuales industriales.

Pregunta 11: ¿Usted ha escuchado sobre los humedales artificiales para el tratamiento de las aguas domésticas?

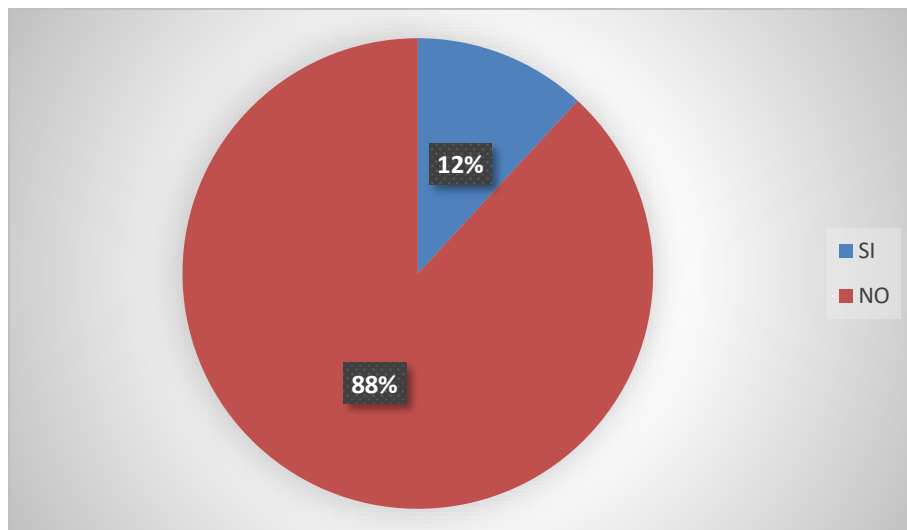


Figura 4.11. Humedales artificiales

Al consultarles, si han escuchado sobre los humedales artificiales para el tratamiento de las aguas domésticas, en la figura 4.11 el 88% del total de encuestados presentan resultados que desconocen el tema. Los habitantes desconocen que los humedales artificiales son sistemas pasivos de depuración constituidos por lagunas o canales poco profundo, con plantas propias de zonas húmedas principalmente del tipo “macrófitas” donde los mecanismos para la descontaminación son ejecutados simultáneamente por componentes físicos, químicos y biológicos (Castañeda, 2022).

Pregunta 12: Le gustaría contar con un método amigable con el medio ambiente, económico y fácil de elaborar para el tratamiento de las aguas residuales de su hogar?

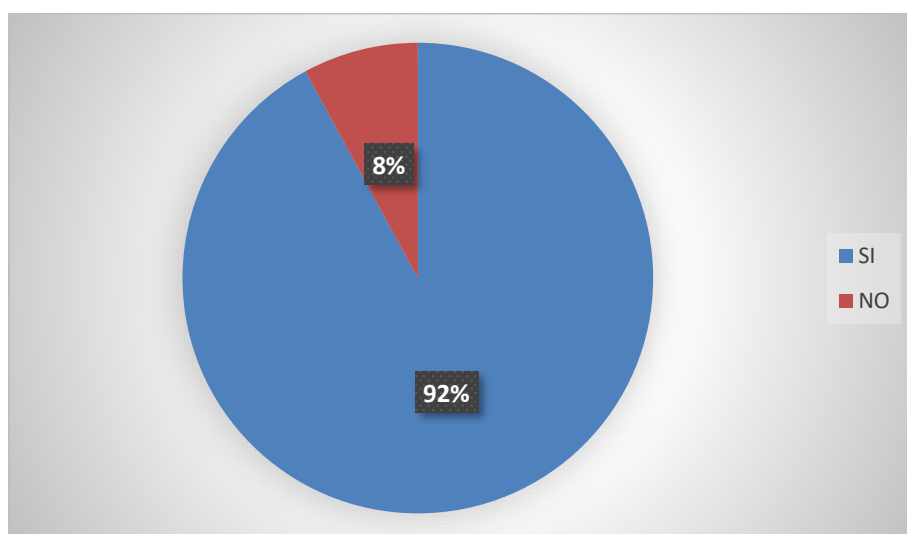


Figura 4.12. Tratamiento amigable

En la figura 4.12 muestra que el 92 % revela un alto nivel de aceptabilidad. La mayoría de los habitantes están conscientes de la necesidad del sector de contar con un sistema de tratamiento que le permita mejorar la calidad de olores en el sitio en donde habita. Riviera (2019) destaca que hoy en día la población busca encontrar soluciones económicas que permitan ser aplicadas en sus hogares para el tratamiento de sus aguas residuales, aportando con la mejora del medio ambiente.

Pregunta 13: Evalué cada una de las siguientes alternativas

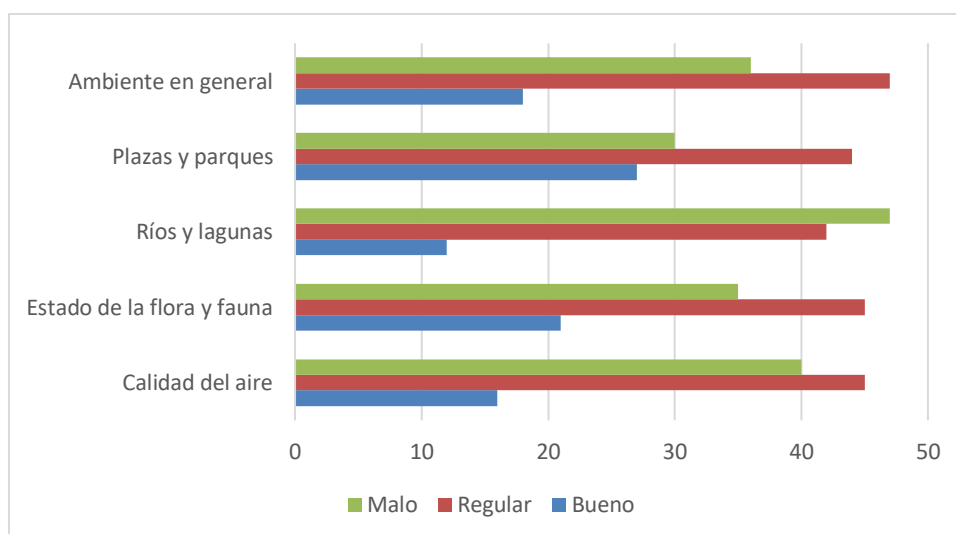


Figura 4.13. Perspectiva de la contaminación

En la figura 4.13 se presenta valores entre el 40 - 50% en la alternativa de regular, la cual indica que su perspectiva de contaminación en el ambiente en general, plazas, ríos, flora, fauna y en la calidad de aire. Por tal razón, frente a la crisis ambiental surge la necesidad perentoria de buscar soluciones y la gestión ambiental surge como una alternativa para el aprovechamiento de forma sostenible de los recursos naturales. Cuando se analizan conflictos ambientales relacionados con la conservación y aprovechamiento de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (SE), hay que entender los ciclos de vida de las especies, incluida la nuestra, así como las relaciones ecológicas que regulan a las poblaciones o ecosistemas (Korosi et al., 2021).

Pregunta 14: ¿Cómo ve el futuro del medio ambiente en su localidad?

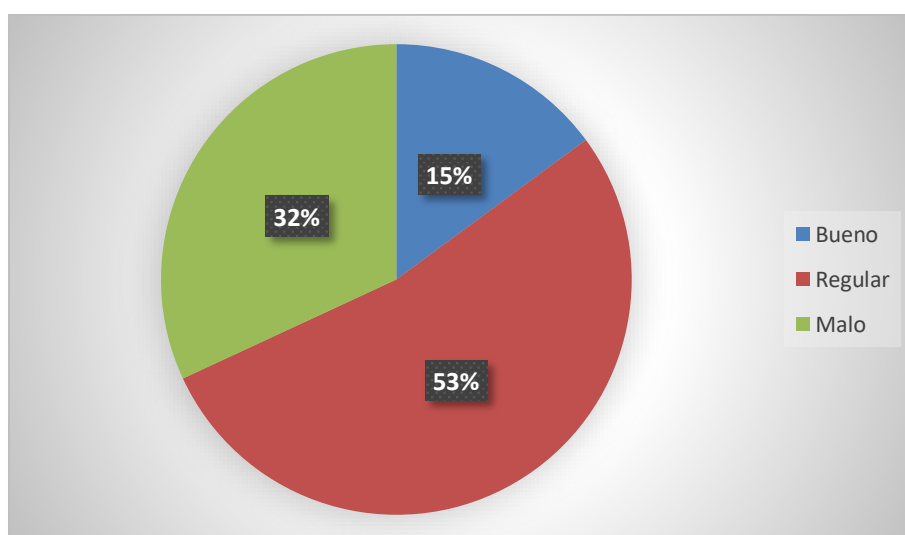


Figura 4.14. Futuro del medio ambiente

En la figura 4.14. indican que el 53% del total de los encuestados revelan un regular nivel alto de precepción. Los ciudadanos tienen derecho de acuerdo a la constitución del Ecuador en el artículo 14 menciona que "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". Por tal razón, la necesidad de realizar proyectos que permitan mitigar los impactos ambientales en

este territorio. Desde hace algunos años (década del 70), esta alarma tocó a las puertas de los gobiernos, quienes, con mayor conciencia, se han encargado de los temas ambientales y han promulgado políticas orientadas a disminuir los efectos negativos del desarrollo económico sobre el medioambiente (Rodríguez, 2019).

A continuación, se muestran las coordenadas y mapas de cada punto monitoreado (figura 4.15):

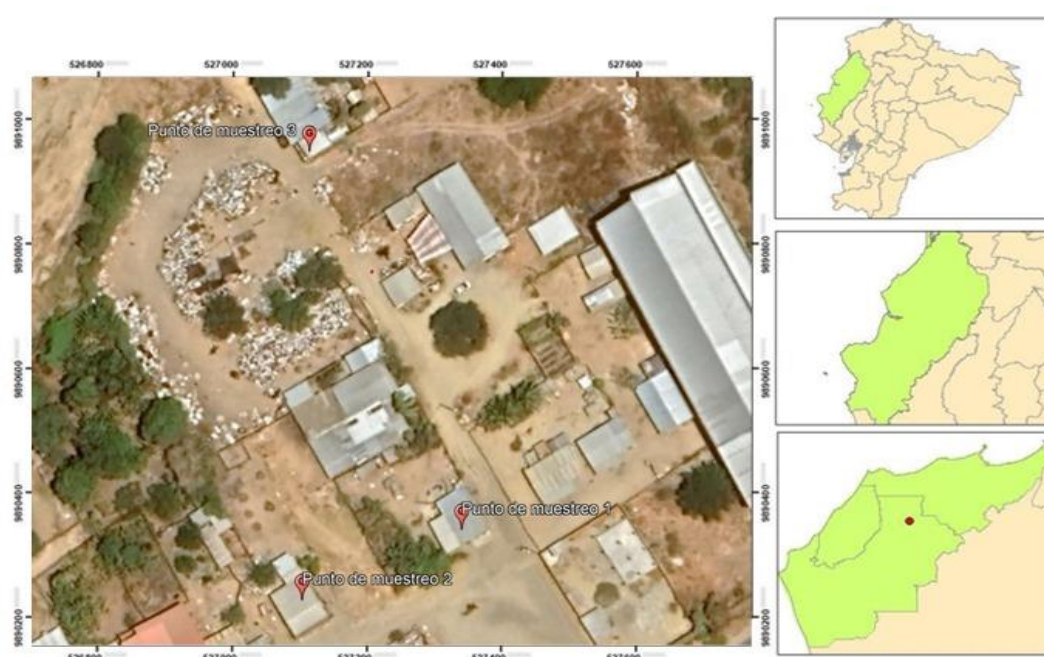


Figura 4.15. Mapa del punteo de muestreo

Tabla 4.1.- Coordenada de los puntos de monitoreo

Muestras	Coordenada X	Coordenada Y
Punto 1	0°59'8.70"S	80°45'0.76"O
Punto 2	0°59'10.19"S	80°45'1.21"O
Punto 3	0°59'9.33"S	80°45'2.10"O

En el análisis in situ de la muestra del agua residual en viviendas de San Juan de Manta se muestra en la tabla 4.2. los promedios de cada análisis en los tres horarios con su respectiva desviación estándar.

Tabla 4.2.- Resultados de análisis de laboratorio

Parámetros	Horarios		
	7h00	12h00	17h30
Temperatura	26 °C±0,04	32°C±0,01	24°C±0,01
Turbidez	7NTU±0,02	8 NTU±0,04	7 NTU±0,02
DBO ₅	1000 mg/L±0,01	1351 mg/L±0,03	900 mg/L±0,03
DQO	760 mg/L±0,01	780 mg/L±0,02	700 mg/L±0,01
ST	4200 mg/L±0,01	4273 mg/L±0,01	4140 mg/L±0,04
pH	7,49±0,01	7,80±0,04	7,04±0,04

Moyano (2021), indica que la temperatura del agua es muy importante, ya que está estrechamente relacionado con la densidad y la viscosidad en la coagulación y floculación del agua, un cambio de 1°C conlleva a una variación en la densidad que afecta a la energía cinética de las partículas en suspensión, por lo que la coagulación se hace más lenta, temperaturas muy elevadas no favorecen también a la coagulación. En la coagulación la disminución de la temperatura conlleva que la viscosidad sea mayor, dificultando la sedimentación del floculo.

La turbidez promedio general es de 7,33 NTU, que se encuentra por debajo del límite máximo permisible, recordando que la turbidez es una característica que se relaciona con el contenido de sólidos finamente divididos que se presentan en el agua. La turbidez tiene una gran importancia sanitaria, ya que refleja una aproximación del contenido de materias coloidales, minerales u orgánicas (Trono, 2022). Por tal razón, es necesario tener controlado este parámetro para reutilizar el agua que se vierte en los hogares.

La norma TULSMA de la tabla 2.2. en el anexo 1 contempla un límite de tolerancia antes de ser vertido al cuerpo receptor el cual es de 100 mg/L para agua dulce. Se concluye que el parámetro de DBO₅ en las aguas residuales no cumplen, 1000 mg/L en el horario de 7h00 y de 1351 mg/L para el horario de 12h00, 900 mg/L para la 17h30 por encima del límite de tolerancia. Considerando que la demanda biológica de oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno que los microorganismos,

principalmente bacterias, consumen para descomponer la materia orgánica presente en una muestra de agua. De acuerdo a la cantidad de materia orgánica que existan en el agua, más alto será el valor de DBO, y este irá disminuyendo a medida que los desechos orgánicos son consumidos (Rodríguez et al., 2020).

El valor de DQO de acuerdo a la norma TULSMA de la tabla 2.2. en el anexo 1 contempla un límite máximo antes de ser vertido al cuerpo receptor de 200 mg/L para agua dulce. Se concluye que el parámetro de DQO en el agua residual no cumplen alcanzando valores de 760 mg/L en el horario de 7h00 y de 780 mg/L para el horario de 12h00, 700 mg/L para la 17h30 por lo que se encuentra por encima de los límites de tolerancia permitido. El DQO es la cantidad de oxígeno consumido en la oxidación, por medio de compuestos químicos, de la materia orgánica contenida en una muestra de agua (Suarez y Valencia, 2022). Como se han presentado valores de DQO por encima de la norma ecuatoriana, esto indica la presencia de carga orgánica, característicos de las aguas residuales urbanas

El resultado de la muestra de laboratorio de sólidos totales presentes en la muestra de agua residual 4200 mg/L en el horario de 7h00 y de 4273 mg/L para el horario de 12h00, 4140 mg/L para la 17h30 por encima del límite de tolerancia, mientras que el valor propuesto por las normas TULSMA es de 1600 mg/L, por tal razón este parámetro no cumple con el parámetro adecuado de acuerdo al límite de descarga.

4.2. FASE II. IMPLEMENTAR UN HUMEDAL ARTIFICIAL COMO ALTERNATIVA DE DESARROLLO SOSTENIBLE EN EL SITIO SAN JUAN DE MANTA

A continuación, se muestra cada medida estandarizada con los gráficos correspondiente:

Datos

Población de muestra = 6 habitantes por vivienda

Altura = 21 m.s.m.m

Planta empleada= Phragmites

Área = 7.20 m²

$$T^{\circ} = 20^{\circ}$$

Cr = Coeficiente de Retorno, [0,8]

$\nabla NETA$ = Dotación, [L/ habitantes /día] (en base a la Norma CO 10.07 – 601, se adoptó como dotación para clima cálido de 170 L/Hab*día)

$$Q\nabla = \frac{Cr * P * \nabla NETA}{86400}$$

$$Q\nabla = \frac{0,85 * 6 \text{ hab} * 170 \text{ L/hab/ Día}}{86400 \text{ s/día}}$$

$$Q\nabla = 0,0100 \text{ L/s}$$

$$Q\nabla = 0,0100 \frac{\text{L}}{\text{s}} * \frac{86400 \text{ seg}}{1 \text{ día}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 0,864 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$KT = 1,104 (1,06^{(T-20)})$$

$$KT = 1,104 (1,06^{(20-20)})$$

$$KT = 1,104 (d - 1)$$

$$\text{Concentración } \nabla BOS \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3} \right) = 254 \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3} \right)$$

Tiempo de retención = 4 días

Cálculo de concentración del efluente

$$CCE = C * e^{-Kt*t}$$

$$CCE = 254 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} * e^{-1,104*4 \text{ días}}$$

$$CCE = 4,11 \text{ g/L}$$

c. Eficiencia

$$\text{Eficiencia} = \frac{254 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} - 4,11 \text{ g/L}}{254 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}} * 100$$

$$Eficiencia = 98,4 \%$$

Porosidad del medio filtrante = 0,4

Profundidad efectiva = h (m) 0,6

Área superficial

$$As = \frac{Q * \ln \frac{Co}{C}}{kt * h * porosidad}$$

$$As = \frac{0,86 \frac{m^3}{día} * \ln \frac{254 \frac{g}{m^3}}{4,11 \frac{g/L}}{1,104 * 0,6 * 0,4}}$$

$$As = \frac{t * Q}{d * porosidad}$$

$$As = \frac{4 * 0,432}{0,6 * 0,4} m^2$$

$$As = 7,2 m^2$$

Pendiente del lecho = 0,80%

$$W(m) = \left(\frac{7.20 m^2}{2 m} \right)^{0.5}$$

$$W(m) = 1.89 m$$

Largo humedal

$$Largo = \frac{7.20 m^2}{1.89 m}$$

$$Largo = 3.81 m$$

Las medidas presentadas fueron calculadas con las fórmulas correspondiente de acuerdo al caudal y el número de habitante, como es establecido en el punto 3.5.2 del documento, definiendo entre sus dimensiones 3.81 m de largo y 1.89 m de ancho, con un área superficial de 7.20 m².

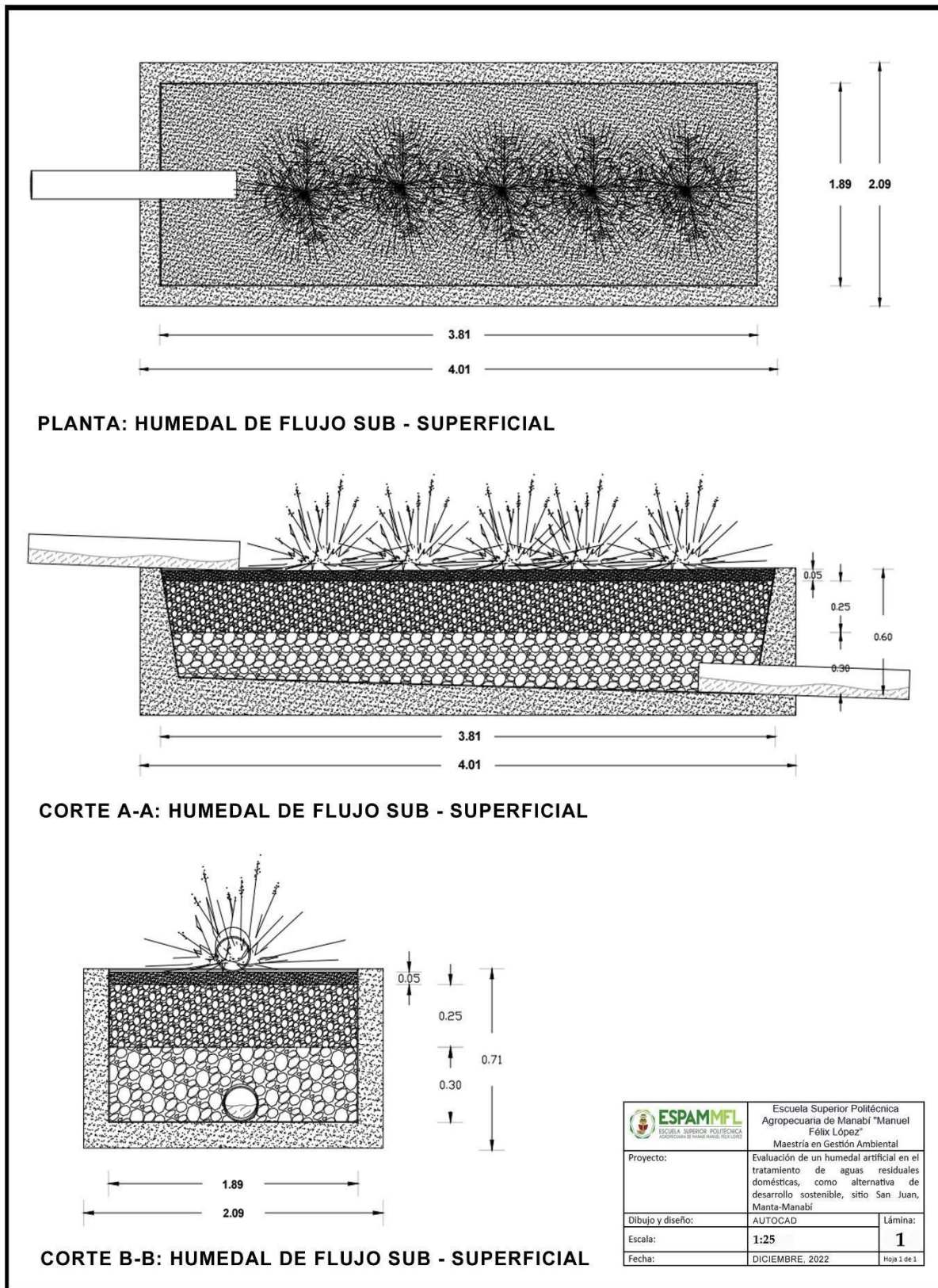


Figura 4.16. Dimensiones utilizadas para el sistema de tratamiento

En la figura 4.16. se describen las medidas del humedal artificial. Estas medidas se deben considerar para evitar errores en el tratamiento. En la vista en planta se visualiza el área de 7.20 m² del humedal artificial, en la vista de plano horizontal visualiza la profundidad efectiva de 0.6 m y en el perfil derecho las dimensiones del 1.89 m de ancho del humedal.

Realizado el tratamiento del agua residual a través del humedal artificial se presenta en la tabla 4.3., se presenta los resultados de laboratorio con y sin tratamiento de agua residuales:

Tabla 4.3.- Resultados de análisis de laboratorio con y sin tratamiento

Parámetros	Sin tratamiento	Con tratamiento	Límite permisible
Temperatura	27,3 °C	30°C	16 a 35 °C
DBO ₅	1083 mg/L	88 mg/L	100 mg/L
DQO	746 mg/L	150 mg/L	200 mg/L
ST	4204 mg/L	1500 mg/L	1600 mg/L
pH	7,80	7,45	6-9

La temperatura en el humedal afecta a la solubilidad del oxígeno disuelto en el agua, mostrando estos dos parámetros fisicoquímicos una relación inversa, es decir, a mayor temperatura menor solubilidad del oxígeno, siendo las temperaturas óptimas para el desarrollo de reacciones bioquímicas en humedales construidos de 16 a 35 °C (Sandoval et al., 2020). Considerando que la temperatura es uno de los parámetros que más afectan la capacidad de remoción de contaminantes en humedales artificiales, siendo los ambientes cálidos los que impactan positivamente en la eficiencia de remoción (Altamarino, 2022).

La relación de DBO₅/DQO es un factor importante que indica biodegradabilidad (Aguilar, 2019), siendo el caso que la plantas aumentan la capacidad del humedal de remover DQO del agua residual en los resultados obtenidos se obtienen valores óptimos. Uno de los factores importantes para el proceso de tratamiento, y según la literatura consultada es el oxígeno disuelto; este parámetro

determina las condiciones anaerobias o aerobias del proceso; por lo general el agua residual presenta 4 mg/L de OD.

Este hecho impide que se puedan presentar condiciones anaerobias inmediatamente, después el oxígeno tiende a disminuir gradualmente; hasta agotarse, mientras el oxígeno es consumido; las bacterias aerobias consumen sustratos carbonosos sin liberar el nutriente fósforo y esto implica que se afecta el desarrollo de la población; es así que durante la fase aeróbica la concentración de oxígeno disuelto debe aproximarse a 4 mg/L, lo cual es suficiente para que se lleve a cabo la degradación aerobia de los sustratos carbonosos (Vigo, 2020).

La separación de sólidos disueltos está directamente relacionada con la turbidez y el TDS que presentan las muestras de agua residual, y en el caso de los sólidos orgánicos removidos (Sotelo y Chang, 2022). Vergara (2021) sustenta que, la grava tiene la habilidad de mejorar la calidad del efluente mediante la fijación de sólidos suspendidos y la formación de biopelículas bacterianas. Tanto el sólido disuelto y el pH tuvieron valores dentro de los rangos señalados por la norma la cual refiere a un buen tratamiento (tabla 4.4.).

Este humedal artificial permite remociones altas de DBO, DQO, sólidos suspendidos totales y cumple con los parámetros establecidos por la norma TULSMA para ser descargada el efluente en agua dulce. Por ende, influye en la eliminación de la DBO particulada debido al fenómeno de sedimentación y de la filtración en la primera sección del humedal por la influencia de la grava y raíces de las plantas; además, la bioconversión del sustrato en los humedales es de forma aerobia en los microcitos de las superficies de las raíces de las plantas y, desde luego, es influyente por la temperatura del agua en el sistema (Ciria, 2005).

Tabla 4.4.- Resultados de porcentaje de eficiencia

Parámetros	Porcentaje de eficiencia
DBO ₅	91,80 %
DQO	79,00 %
ST	64,30 %

Sánchez et al. (2021), obtuvieron un rendimiento del 78,88% en un humedal artificial de totora y berros sobre efluentes de granja porcícola considerando con el porcentaje de eficacia del DBO₅ obtenido de 91,80 %, se considera satisfactorio, si se compara con los rendimientos máximos logrados en el humedal artificial de flujo vertical para tratar agua gris 87,2% (Paredes, 2021). El porcentaje de remoción de DBO₅ con buchón de agua en humedales artificiales obtuvo rangos entre el 70 y 86% (Rodríguez et al., 2010). Los resultados obtenidos son adecuados para obtener porcentajes de remoción alta. Este procedimiento realizado resulta una alternativa eficaz en las graves deficiencias en la remoción de carga orgánica y las características organolépticas del agua residual y lleva el pH a valores cercanos a la neutralidad.

4.3. Fase III. ESTIMACIÓN DEL COSTO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO COMO BASE PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE VIDA

En la tabla 4.5 se detallan los valores totales por el humedal artificial en dicho estudio, la inversión se la realiza una sola vez, su implementación resulta económica debido a que se omiten gastos de producción.

Tabla 4.5.- Costo de Producción

Materia prima	Costo dólares \$
Retroexcavadora, desalojo de materiales, nivel y perfilado	15,00
Material impermeabilizante	50,00
Arena fina	10,00
Grava diámetro 30 mm	10,00
Grava gruesa diámetro 100 mm	10,00
Tubería PVC (3 pulg)	10,00
Codos PVC 90° (3 pulg)	30,00
Reducción de 4 pulg a 3 pulg	15,00
Tapón PVC 75 mm	15,00
Tapón PVC 110 mm	5,00
Te PVC desagüe 75mm	5,00
Pega tubos PVC 125cc	6,00
Rejilla de desagüe 110mm	7,00
Macrófita: phragmites	0,00
Geomembrana	30,00
Mano de obra directa	
Obrero	45,00
Gasto de producción	
Mantenimiento	0
Total, costo de Producción	\$263,00

El valor del costo, se tomó de referencia una cantidad de 170 L/día de dotación recomendada para climas cálidos para poblaciones menores de 5000 habitantes como se menciona la metodología propuesta por Cuevas y Eras (2021) con base a la Norma CO 10.07 – 601 del Código Ecuatoriano de la Construcción de Parte IX Obras Sanitarias, a pesar que se diagnosticaron en la encuesta valores de 200 – 300 L/día o su equivalente de 0.2 – 0.3 m³/día se tomó de referencia los valores de la metodología porque consideran como los valores recomendados para este tipo de diseño, en este caso con la literatura expuesta por Aguilar (2020), toma encuentra valores referenciales de los 24.48 m³/día, siendo a su vez tomados de referencia en el diseño variables como el sedimentador y otra especie de macrófita utilizada lo cual aumenta el costo en la implementación (Tabla 2.5). El costo del cálculo establecido en este estudio es mucho menor, por el hecho que se está tomando especie propias de la zona siendo una alternativa para disminuir costos y además los volúmenes de operación son inferiores al estudio antes mencionado

En la tabla 4.6 se presenta el análisis de la relación costo-efectividad del humedal artificial con base en el costo de producción y en la cantidad de materia orgánica

removida en el agua residual. Se evidenció que tuvo una eficiencia en la remoción de materia orgánica con una concentración final de 88 mg/L de DBO₅ en comparación con la concentración inicial sin tratamiento que fue de 1083 mg/L de DBO₅.

Tabla 4.6.- Costo - efectividad

Parámetros	Sin tratamiento	Con tratamiento	Diferencia que existe entre la concentración inicial y final de los compuestos analizado
DBO ₅	1083 mg/L	88 mg/L	995 mg/L

$$CE = \frac{\$263,00}{[1083 \text{ mg/L} - 88 \text{ mg/L}]} = 0.26 \frac{\$}{\text{mg/L}}$$

El análisis de costo-efectividad (ACE) es una forma de análisis económico que compara los costos relativos con los resultados (Ruiz, 2023). La implementación y posterior ejecución implicarán costos y beneficios para la sociedad, por lo que interesa saber si los beneficios serán mayores a los costos. Para estimar los beneficios sociales de un proyecto existen una serie de metodologías clasificadas en métodos directos e indirectos de valoración (Freeman et al., 2014; Tudela, 2017). Con una relación beneficio/costo (RBC) de \$0,26, por cada mg/L tratado lo que indica que por cada dólar invertido se obtendrán beneficios adicionales de \$0,26 como retorno social, demostrándose, de esta manera, retornos positivos de la inversión. Generando un impacto positivo en los beneficios que va a brindar a la ciudadanía en la remediación del agua con el tratamiento propuesto y evitar enfermedades gastrointestinales a la comunidad (Tudela, 2017).

Se desarrolló una Guía de Humedal artificial de flujo Horizontal de *Phragmites* estableciendo las características principales para la implementación y su respectivo mantenimiento como se describe en el Anexo 10.

Hoy en día la importancia de estos sistemas de tratamientos de aguas residuales permite la implementación de soluciones individuales de saneamiento en zonas rurales, por lo cual el desarrollo de este tipo de guías hace que se tenga a disposición información detallada de las diferentes tecnologías convencionales y no

convencionales, que son utilizadas comúnmente como solución individual en el tratamiento de aguas residuales domésticas (Alonso, 2021). El diseño y construcción de este tipo de sistema hace que sea alternativa para zonas extensas con alta presencia de sólidos suspendidos, económica y que puede mejorar el paisaje del lugar debido a la vegetación a plantar en el humedal (Julio, 2022).



Figura 4.16. Portada de la Guía de Humedal artificial de Flujo horizontal *Phragmite*

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Las características socioambientales y económicas en el sitio San Juan de Manta – Manabí, denotaron que, solo el 4% de la población cuenta con agua potable abasteciéndose principalmente de tanqueros, aproximadamente el 63% del total de los encuestados indican que consume entre 200 a 300 L de agua por día, señalando un nivel de alerta por la necesidad de este líquido vital, además, el 100% de su población no posee alcantarillado sanitario siendo el destino final de las aguas residuales pozos sépticos, quebradas y cauces de ríos; también se conoce que, el 75% de la población solo trabaja una sola persona en el hogar, siendo este trabajo de manera informal.
- El diseño construido de humedal artificial para reducir los niveles de contaminación del agua residual es una alternativa eficaz en la remoción de carga orgánica como tratamiento alcanzado una eficiencia del 91,80% en la remoción del DBO₅, 79,00% en el DQO y del 64,30 % de sólidos totales, 30°C de temperatura y 7,45 de pH, logrando niveles dentro de los límites máximos permisibles del por la norma TULSMA en el anexo 1 para ser descargada el efluente en agua dulces.
- El costo total del humedal artificial fue \$263,00 americanos, teniendo beneficios socioeconómicos debido a la reducción de concentración de materia orgánica, como es establecido en el costo-efectividad por lo generan un impacto positivo en los beneficios que va a brindar a la ciudadanía en la remediación del agua. Por ende, es viable la utilización de esta tecnología en los hogares de San Juan de Manta en el cual se utiliza materiales con costo bajo y su proceso de remoción es eficaz por ende es viable el proyecto.

5.2. RECOMENDACIONES

Culminada la investigación, se pueden plantear las siguientes recomendaciones:

- Determinar la capacidad de remoción del tratamiento aplicado con otras especies autóctonas de la zona en el humedal para conocer su rendimiento.
- Analizar otros parámetros físicos químicos y microbiológico de la normativa tales como aceites y grasas, coliformes fecales, entre otros
- Para una nueva investigación se recomienda buscar mecanismos alternativos para la distribución del agua en el cajetín de distribución, ya que es propenso a taponamientos en épocas de lluvias.
- El pH óptimo de los efluentes debe estar entre 6 y 9, es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9.
- Tomar de referencia caudales de mayor tamaño para el establecimiento de diseño de este tipo de humedales, para establecer una propuesta a nivel de comunidad para el tratamiento de aguas residuales por parte de las autoridades competentes.

BIBLIOGRAFÍA

- Agudo Llorens, A. (2022). Propuesta de un humedal artificial para el tratamiento de las aguas residuales de Benisuera (Valencia) (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València). <https://riunet.upv.es/handle/10251/179560>
- Aguilar Arias, D. E. (2020). Diseño de un humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Internacional SEK.
- Aguilar Paredes, K. A. (2019). Diseño de Un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Con Humedales Artificiales Para La Comunidad de Charcay, Provincia Del Cañar (Ecuador).
- Alfonso Acosta, Y., & Gordillo Ríos, G. (2020). Evaluación del sistema de tratamiento de agua de proceso de la refinería de petróleo Níco López. *Tecnología Química*, 40(2), 376-392.
- Alonso Ramos, E. (2021). Guía metodológica para la implementación de soluciones individuales de saneamiento en zonas rurales. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/27749>
- Altamirano Carrasco, F. A., & Peñaherrera Mora, C. (2022). Eficiencia de un humedal artificial en la remoción de parámetros fisicoquímicos en aguas grises, provenientes de una vivienda del sector Mishquiyacu, Carretera Nueva Vía-Morales, 2021. <http://200.121.226.32:8080/handle/20.500.12840/5393>
- Ambiente, M. D. (2017). Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Aquae Fundación (2022). Agua dulce y salada distribución en la Tierra - Fundación Aquae.html. www.aquae fundacion 2022.

- Aramendis R., Rodríguez A., y Krieger L. (2018). Contribuciones a un gran impulso ambiental en América Latina y el Caribe: bioeconomía. 17(13), 91-94.
- Arce Cardona, P. A. (2018). Humedales artificiales: una alternativa para tratamiento de aguas de producción (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).
- Arteaga Rivera, G. A., & Prieto Rengifo, C. M. (2020). Diseño de los sistemas para agua potable, alcantarillado y drenaje en nuevas vías, por expansión urbana, en el distrito de Bolívar, provincia Bolívar.
- Arteaga Viviana, Quevedo Abel, Valle David, del Castro Martiniano, Bravo Ángel, & Ramírez Jorge A. (2020). Estado del arte: una revisión actual a los mecanismos que realizan los humedales artificiales para la remoción de nitrógeno y fósforo. *Tecnología y ciencias del agua*, 10(5), 319-343. Epub 15 de febrero de 2020. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-05-12>
- Arteaga-Cortez, V. M., Quevedo-Nolasco, A., Valle-Paniagua, D. H. D., Castro-Popoca, M., Bravo-Vinaja, Á., & Ramírez-Zierold, J. A. (2019). Estado del arte: una revisión actual a los mecanismos que realizan los humedales artificiales para la remoción de nitrógeno y fósforo. *Tecnología y ciencias del agua*, 10(5), 319-343.
- Asprilla, W. J., Ramírez, J. S., & Rodriguez, D. C. (2020). Humedales artificiales subsuperficiales: comparación de metodologías de diseño para el cálculo del área superficial basado en la remoción de la materia orgánica. *Revista Ingenierías USBMed*, 11(1), 65-73.
- Badui S. (2016). *Química de los alimentos*. 4ta edición. Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana. Reg. Núm. 1031. Pearson Educación. Impreso en México. Printed in México.

- Barreto Bernardo, Y. C. (2017). Información contable y toma de decisiones de las micro y pequeñas empresas de la localidad de Huancavelica, periodo-2014.
- Bernardo J. (2019). Cinética de la remoción de DBO5 en humedales con flujo sub-superficial horizontal. *cinética de la remoción de DBO5 en humedales con flujo sub-superficial horizontal.pdf
- Blanco, S. y Barrado, C. (2020). El objetivo de desarrollo sostenible 11 de la Agenda 2030: ciudades y comunidades sostenibles. Metas, desafíos, políticas y logros. Cuadernos de estrategia, (206), 21-68. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7649178>
- Castañeda-Villanueva, A. A. (2022). Experiencias en la utilización de humedales artificiales para el saneamiento de aguas residuales domésticas en poblaciones rurales. *Ambiens Techné et Scientia México*, 2(10), 207-220. <https://atsmexico.org/atsm/article/view/125>
- Cataldo, A. S. (2021). Estándar internacional en materia del derecho humano al agua (Doctoral dissertation, Universidad del Desarrollo).
- Cevallos, J. E. M. (2020). Contaminación ambiental de los ríos bravo y muerto, y su incidencia en la salud de los habitantes de la parroquia Los Esteros, Cantón Manta. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 5(2), 556-578.
- Chungón Martínez S.A. y Aybar Escobar, C. A. (2008) Evaluación de la capacidad de remoción de bacterias coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales "La Totorá", Ayacucho Perú]. vol.7, n.1-2, pp.165-171 http://dev.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S172622162008000100020&lng=en&nrm=iso&tlng=es.
- Cueva Quinga, S. F., & Eras Calvopiña, D. F. (2021). Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la población de la cabecera cantonal

de Puerto Quito, cantón Puerto Quito, provincia de Pichincha (Bachelor's thesis).

Dávila, G. (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales.

De La Cruz Javier, S. (2022). El sistema de costos y su incidencia en la rentabilidad en la Empresa Agroindustrial Gandules INC., La Molina 2021.

Díaz E.; Alvarado A.; Camacho. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México Quivera, vol. 14, núm. 1, enero-junio, 2012, pp. 78-97 Universidad Autónoma del Estado de México Toluca, México

Díaz, A. J., y Paredes, P. M. (2022). Aprovechamiento de aguas residuales domésticas tratadas mediante el uso de un humedal artificial de piñón y girasol. Polo del Conocimiento, 7(1), 1478-1495.

Elkoro A. (2018). Optimización de la reología de componentes fotocatalíticos para aplicaciones avanzadas en elementos de fachada. 1(3), 11-14.

Estupiñán, M. M. (2013). La incorporación de la educación ambiental para el desarrollo sostenible a la didáctica de las ciencias de la naturaleza, en la educación primaria de Villa Clara, Cuba: alternativas para su evaluación. Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa, 6(1), 115-134.

Fernández Alicia. (2012). El agua un recurso esencial. Química Viva. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

Fernández, F. J. (2021). Propuestas para la gestión integral de los efluentes líquidos del frigorífico Alberdi SA en la ciudad de Oro Verde, Entre Ríos, Argentina. <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/handle/11185/6313>

- Figueroa Uribe, G. G. (2022). Caracterización socioeconómica y productiva de la parroquia rural "San Lorenzo de Tanicuchi", del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi 2022 (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Freeman, M., Herriges, J., & Kling, C. (2014). The measurement of environmental and resource values: Theory and methods. 3.a ed. Washington, D. C.: Resources for the Future Press.
- Frers C. (2008). El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales. 22465-Texto del artículo-22484-1-10-20110607.PDF
- Gad de Manta (2018). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial. https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1360000980001_pdot%20final%20gad-manta_28-12-2016_12-38-21.pdf
- García M y Pérez J. (2003). Aguas Residuales composición. CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL AGUA, p. 22, 29 2003.https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf
- Ginneken, M. V., Madera, C. A., & Peña Varón, M. R. (2011). Humedales de flujo subsuperficial. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/1548>
- Gómez Chavarro, C. I. (2021). Diseño de Humedales Artificiales (Doctoral dissertation, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito).
- Guadalajara J. (2019). Implementación de Sistemas Ecológicos Naturales y Sustentables (SENS) en la localidad cañadas de San Isidro, Zapopan, Jalisco. Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias, 10(23), 101-114.
- Harvard Humanitarian Initiative. (28 de junio de 2022). KoBotoolbox. <https://www.kobotoolbox.org/>.

- Hermann y Prunes (2022). ¿Qué es el agua subterránea y por qué es tan importante? DESCUBRE WWF. Qué es el agua subterránea y por qué es tan importante. <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/que-es-el-agua-subterranea-y-por-que-es-tan-importante>
- Hernández, A. S., Morales J., Ortegon, V. (2018) Prediseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales domésticas generadas en la finca Parama Dham ubicada en Tabio, Cundimamarca.
- Hernández, I. K. M., Angulo, M. D. V., Navarro, G. J. P., Sabando, N. L., & Villacreses, L. F. L. (2021). ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA CIUDAD DE MANTA. UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria, 5(2), 33-52.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2006). Metodología de la investigación. México: Mc Graw-Hill Interamericana Editores <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>.
- Hernández, R., Moya Romero, A., Becerra A. (2010). Investigación-acción participativa, crítica y transformadora Un proceso permanente deconstrucción. Revista Integra Educativa, 3(2), 133-156.
- Herrera, C. D. (2018). Investigación cualitativa y análisis de contenido temático. Orientación intelectual de revista Universum. Revista general de información y documentación, 28(1), 119.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). (2016). Estadística de información ambiental económica en gobiernos autónomos descentralizados municipales (agua y alcantarillado). https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2015/Documento_Tecnico-Gestion_de_Agua_y_Alcantarillado_2015.pdf.

- Instituto nacional de estadísticas y censos. (2010).: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Instituto nacional de estadísticas y censos. (2018).: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Julio Zamorano, P. A. (2022). Evaluación de la implementación de humedales construidos para el tratamiento de aguas lluvias en la cuenca del Estero Marga-Marga. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/191832>
- Korosi, D. H. V., Talamante, O. T., Villalon, A. A. C., & Ramos, A. M. Experiencias de una organización de la sociedad civil en la conservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en México. *Biodiversidad, Servicios Ecosistémicos y los Objetivos del Desarrollo Sostenible en México*, 65.
- Larriva J. y González O. (2017). Modelación hidráulica de humedales artificiales de flujo sub-superficial horizontal. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(1), 3-16.
- Leal Nares, Ó. A. (2016). Influencia de la hidrología superficial y subterránea en la cobertura y composición de los humedales: caso de estudio Cuatro Ciénegas.
- Llagas Chafloque, W. A. y Guadalupe Gómez, E. (2006) Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, *Revista del Instituto de Investigaciones*, <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/699/552>.
- López S. (2018). Validación del método respirometrico para determinar DBO5 en aguas residuales y naturales en el distrito metropolitano de Quito. Escuela Politécnica Nacional.

- Mahecha, L. y Archbold K. (2019). Propuesta ambiental para el plan de desarrollo del municipio de Manta Cundinamarca, período 2020-2024.
- Marín R. 2010. Características Físicas, Químicas Y Biológicas De Las Aguas. Empresa Municipal de Aguas de Córdoba S.A. (EMACSA).
- Maya K. (2017). Análisis De La Cáscara De Cacao Como Filtro En El Tratamiento De Aguas Residuales Provenientes De La Industrias De Lácteos Salinerito De La Ciudad De Guaranda. Universidad Técnica de Ambato. Consultado 2022.
- Méndez Acosta, L. J. (2020). Inseguridad alimentaria y disponibilidad de alimentos en la comunidad “la Independencia”, parroquia la unión cantón Quininde, provincia Esmeraldas (Bachelor's thesis).
- Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2017) Texto Unificado de la Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA). Libro VI de la Calidad Ambiental. Anexo 1. Norma de calidad Ambiental y Descargas de Efluentes: Recurso Agua. Registro Oficial Edición Especial 2. 31 de marzo del 2017.
- Molina, M., y Peralvo, D. Z. (2020). Economía circular como modelo económico en el contexto de la ciudad de Manta, Manabí, Ecuador. 593 Digital Publisher CEIT, 5(5), 117-136.
- Montezuma Núñez, G. D. (2019). Diseño de un sistema de tratamiento para lixiviados generados en el botadero del cantón Francisco de Orellana (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Moral A. (2019). Depuración de aguas residuales urbanas mediante humedales artificiales en poblaciones pequeñas
- Moyano Torres, K. M. (2021). Estudio de diferentes parámetros de operación sobre el proceso de filtración directa del agua residual urbana. <https://riunet.upv.es/handle/10251/166465>

- Muñoz, H. A. C. (2020). Análisis de los parámetros de calidad del agua del efluente del río muerto para su posible reutilización del Cantón Manta, Ecuador. Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional, 5(2), 579-604. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7435323>
- Navarro Ordinola, V. H. (2022). Conocimiento y prácticas sobre medidas preventivas frente a la Covid-19, de los trabajadores en el centro de servicio agua y alcantarillado Callao, 2022. <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/7508>
- OMS (2020) Progresos en materia de agua potable, saneamiento e higiene: informe de actualización y línea de base de los ODS. Organización Mundial de la Salud. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/260291>
- Organización Mundial de la Salud (OMS) y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), 2007. La meta de la ODM relativa al agua potable y el saneamiento: el reto del decenio para zonas urbanas y rurales, Suiza. 8 p
- Otzen, Tamara y Manterola, Carlos. (2017). Técnicas de muestreo en una población de estudio. Revista Internacional de Morfología, 35 (1), 227-232. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Pérez Y., Cortés D. y Haza, U. (2022). Humedales construidos como alternativa de tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas: una revisión. Ecosistemas, 31(1), 2279-2279.
- Piñas Piñas, L. F., Viteri Naranjo, B. D. C., y Álvarez Enríquez, G. F. (2021). El despido intempestivo y el derecho al trabajo en Ecuador en tiempo de COVID 19. Dilemas contemporáneos: educación, política y valores, 8(SPE3). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-78902021000500011&script=sci_arttext
- Poma Chanca, G., y Puellas Quispe, J. (2022). Tratamiento de Aguas Grises con el Sistema de Humedales Artificiales, para Riego Ornamental, Concepción.

- Quintero, P. (2017). Fitoremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas de piscinas.
- Quispe Benavides, K. L., & Ayala Amaringo, M. K. (2019). Utilización de la *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* en la remoción de Nitrógeno y Fósforo, de las aguas residuales de la laguna de oxidación de la empresa EMAPACOP SA-Ucayali 2018.
- Rajadel, N. (2017). Estudio de los Humedales Artificiales de Flujo Superficial del Tancat de la Pipa como instrumentos para la restauración ambiental del lago de l'Albufera de Valencia (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Ramos H., Perdomo H., Martínez V., Prada J. y Rosselli D. (2020). Costo-efectividad de las cintas de uretra media comparada con el tratamiento convencional de la incontinencia urinaria femenina de esfuerzo en Colombia. *Urología colombiana*, 29(3), 141-147.
- Ravelo, J. M. C., Zapata, C. M. P., & Juárez, W. L. A. (2021). Magnoliófitas presentes en el humedal de Castilla, Piura–Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(2), 1422-1444. <https://www.ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/337>
- Rezania, S., Park, J., Rupani, P. F., Darajeh, N., Xu, X., & Shahrokhishahraki, R. (2019). Phytoremediation potential and control of *Phragmites australis* as a green phytomass: an overview. *Environmental Science and Pollution Research* 2019 26:8, 26(8), 7428– 7441. <https://doi.org/10.1007/S11356-019-04300-4>
- Riviera L. Q. (2019) Valoración económica ambiental para el tratamiento de las aguas residuales en el río Ichu – Huancavelica.
- Rodríguez C. (2015). Tipos de aguas residuales: Informe de vigilancia tecnológica: Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales,

http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt2_t ratamie ntos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf

Rodríguez García, A. (2019). La protección del medioambiente en Cuba, una prioridad gubernamental. *Revista Novedades en Población*, 15(30), 113-122. <https://zaguán.unizar.es/record/71123/files/TAZ-TFG-2018-1945.pdf>

Rodríguez Heredia, D., Calzado Lamela, O., Noguera Araujo, A. L., Córdova Rodríguez, V., & Arias Lafargue, T. (2020). Evaluación de la calidad de las aguas residuales de la Empresa Procesadora de Soya de Santiago de Cuba. *Tecnología Química*, 40(3), 598-610. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852020000300598&script=sci_arttext&lng=pt

Rodríguez, M. D. O., León, C. A. M., Rivera, C. D. N., Cueva, C. M. B. R., & Ricardo, C. J. E. (2019). Herramientas y buenas practicas de apoyo a la escritura de tesis y articulos científicos. *Infinite Study*.

Rodríguez-Miranda, J. P., Gómez, E., Garavito, L., & López, F. (2010). Estudio de comparación del tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando lentejas y buchón de agua en humedales artificiales. *Tecnología y ciencias del agua*, 1(1), 59-68.

Ruiz, C. Á. (2023) Estudio de coste-efectividad de mastectomía contralateral profiláctica *Cost-effectiveness study of prophylactic contralateral mastectomy*. <https://zaguán.unizar.es/record/71123/files/TAZ-TFG-2018-1945.pdf>

Sánchez Araujo, V. G., Palomino Pastrana, P. A., y Malpartida Yapias, R. J. (2021). Eficiencia de humedales artificiales de totora y berros sobre efluentes de granja porcícola, Perú. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 5(14), 192-203.

- Sandoval Herazo, M., Nani, G., Sandoval, L., Rivera, S., Fernández Lambert, G., y Alvarado-Lassman, A. (2020). Evaluación del desempeño de humedales construidos verticales parcialmente saturados para el tratamiento de aguas residuales porcinas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(2), 38.
- Serrano Ceballos, J., Granados Torres, J. M., & Avendaño González, E. A. (2017). Equidad y desarrollo humano sobre la base del acceso al agua. *Méd. Electrón.*, 39(1). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1684-18242017000700006
- Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico (SENASBA) . (2015). Guía para la toma de muestras de agua residual. PERIAGUA. <https://doi.org/978-99974-47-91-3>
- Sotelo, M. Á. I., y Chang, D. J. V. (2022). Tratamiento con humedales artificiales de aguas residuales canalizadas para su uso en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión-2022. *Big Bang Faustiniiano*, 11(01).
- Sotomayor, A.y Cueva, P. (2020). Ambiente, sociedad y turismo comunitario: La etnia Saraguro en Loja–Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 26(2), 180-191.
<https://www.redalyc.org/journal/280/28063431015/28063431015.pdf>
- Suarez A, Agudelo N, Rincón J, Millan N. (2014). Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales domésticas. *Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales domésticas.pdf*
- Suárez, Á. D. S., & Valencia, R. N. A. (2022). Electrocoagulación con radiación UV para remover DQO, COT y SDT en aguas residuales de la industria textil empleando electrodos de grafito. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(2), 201-219.
<http://portal.amelica.org/ameli/journal/130/1303297012/>

- Torres J, (2018). Evaluación de las condiciones de las áreas rurales colombianas para la implementación de filtros verdes como tratamiento de agua residual. [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16367/1/evaluaci%
c3%93n%20de%20las%20condiciones%20de%20las%20%
c3%81reas%20rurales%20colombianas%20para%20la%20implementaci%
c3%93n%20de%20filtros%20verdes%20como%20tratamiento%20de%20agua%20residual.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16367/1/evaluaci%c3%93n%20de%20las%20condiciones%20de%20las%20%c3%81reas%20rurales%20colombianas%20para%20la%20implementaci%c3%93n%20de%20filtros%20verdes%20como%20tratamiento%20de%20agua%20residual.pdf)
- Trapote Jaume, A. (2011). Infraestructuras hidráulico-sanitarias II: saneamiento y drenaje urbano. San Vicente del Raspeig: Universidad de Alicante.
- Trono Figueras, R. (2022). Desarrollo y simulación de alta resolución de un modelo simplificado de corrientes de turbidez (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Cuyo). https://ricabib.cab.cnea.gov.ar/1083/1/1Trono_Figueras.pdf
- Tudela-Mamani, J. W. (2017). Estimación de beneficios económicos por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno (Perú). *Desarrollo Y Sociedad*, (79), 189-237.
- UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México. (2021). Ecoteca 2021. Humedales artificiales, consultado 2022, disponible en línea <https://ecotec.unam.mx/ecoteca/humedales-artificiales-2>
- Valles, M. C. (2013). Modelación de procesos de remoción de arsénico en agua con humedales construidos (Doctoral dissertation, Centro de Investigación en Materiales Avanzados).
- Vásquez, A. (2018). Orientación del control fiscal frente a la valoración de costos ambientales en Colombia.
- Velasco, G., Moncayo, J., & Chuquer, D. (2019). Diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales de Manta. *InfoAnalítica*, 7(1), 27-39. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7113302>

- Vergara Tineo, R. M. (2021). Diseño de biofiltros para mejorar el manejo de aguas residuales domésticas.
- Vigo Rivera, J. E. (2020). Efecto de Microorganismos Eficaces (ME) en el proceso de depuración de aguas residuales domésticas en condiciones altoandinas.
- Vinza, S. A. (2012). Propuesta para la Aplicación del Método de Costeo por Actividades ABC (Activity Based Costing) de la Industria "Graficas Olmedo de la Ciudad de Quito. Quito, Pichincha, Ecuador <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/165/1/T-UCE-0005-20.pdf>.
- Wong J. (2021). Humedales: elementos clave de las soluciones basadas en naturaleza. *Ambientico*, (280), 50-59.
- Zambrano-Yépez, C., y Guillén-Rodríguez, Y. (2022). La informalidad y el subempleo: estructura del mercado laboral en sectores vulnerables. *Encuentros. Revista de Ciencias Humanas, Teoría Social y Pensamiento Crítico.*, (Extra), 40-61. <http://encuentros.unermb.web.ve/index.php/encuentros/article/view/260>
- Zarate Piray, J. P. (2017). Desarrollo de un modelo para la recopilación de datos geoespaciales de la infraestructura productiva del gobierno provincial de Chimborazo con dispositivos móviles (Master's thesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador).
- Zuluaga-Carrero, J., & Renjifo, L. M. (2021). Cambios en la composición de aves en diferentes fisionomías de vegetación en un enclave seco en Colombia. *Revista de Ciencias Ambientales*, 55(2), 191-211. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-38962021000400191&script=sci_arttext

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta



Instrumento de encuesta como parte del levantamiento de información para la elaboración del proyecto “Evaluación de un humedal artificial en el tratamiento de aguas residuales domésticas, como alternativa de desarrollo sostenible, sitio San Juan, Manta-Manabí”

1. Señale cuántas personas habitan en su hogar:

Una/Dos

Tres/Cuatro

Cinco/Seis

Si es más de seis

especifique.....

2. Señale los servicios básicos con los que usted cuenta en su hogar:

Luz eléctrica

Agua potable

Alcantarillado sanitario

Recolección de residuos sólidos

Internet

Telefonía móvil

Telefonía fija

3. Señale cómo obtiene agua potable en su hogar:

Servicio municipal

Servicio por tanquero

Si es otro especifique

.....

4. Señale cada cuánto se abastece de agua potable en su hogar:

Diario

2 veces por semana

1 vez a la semana

Cada 15 días

Cada 30 días

5. Señale el aproximado del consumo de agua potable litros/día en su hogar:

100 a 200 litros

200 a 300 litros

300 a 500 litros

500 a 700 litros

700 a 1000 litros

Superior
especifique.....

6. Señale el destino de las aguas residuales producidas de su hogar:

Conexión a Alcantarillado sanitario
 Conexión a Pozos sépticos
 Conexión a Quebradas
 Conexión a Cauces de río
 Si es otro
 Especifique.....

7. ¿Cuántas personas trabajan activamente en su hogar?

1
2
3
4
5 o mas

8. ¿Cuál es su situación laboral actualmente?

Trabajo formal
 Trabajo informal
 No trabajo

9. ¿Cuánto es la remuneración mensual estimada que percibe en su hogar por la actividad laboral?

100 a \$200
 300 a \$400
 400 a \$500
 \$500 en adelante

En caso de no tener servicio de alcantarillado sanitario responder las siguientes preguntas:

10. ¿Usted considera que está contaminando el medio ambiente al momento de desechar las aguas residuales domésticas de su hogar sin previo tratamiento?

SI
 NO

Porque.....

11. ¿Usted ha escuchado sobre los humedales artificiales para el tratamiento de las aguas domésticas?

SI
 NO

Donde.....

12. ¿Le gustaría contar con un método amigable con el medio ambiente, económico y fácil de elaborar para el tratamiento de las aguas residuales de su hogar?

SI
 NO

Porque.....

13. Evalué cada una de las siguientes alternativas: Marque con una "x" malo, regular o bueno, según le parezca:

- Calidad del aire MALO_____ REGULAR_____ BUENO_____
- Estado de la flora y fauna. MALO_____ REGULAR_____ BUENO_____
- Ríos y lagunas MALO_____ REGULAR_____ BUENO_____
- Plazas y parques MALO_____ REGULAR_____ BUENO_____
- Ambiente en general MALO_____ REGULAR_____ BUENO_____

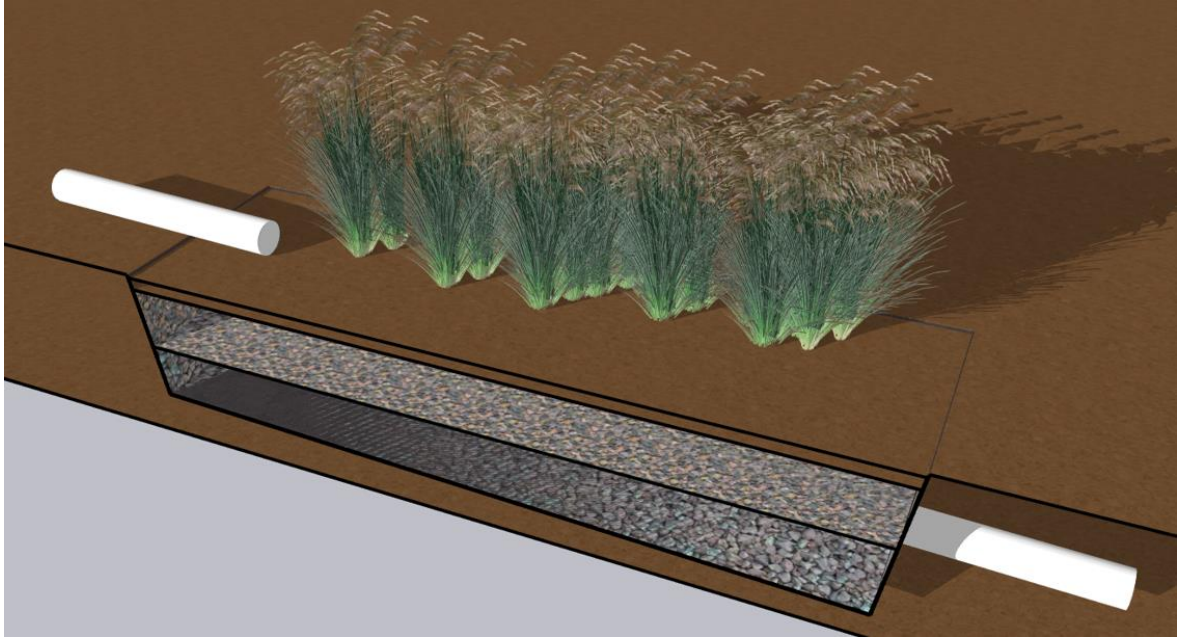
13. ¿Cómo ve el futuro del medio ambiente en su localidad?

- muy optimista _____
- regular _____
- pesimista _____

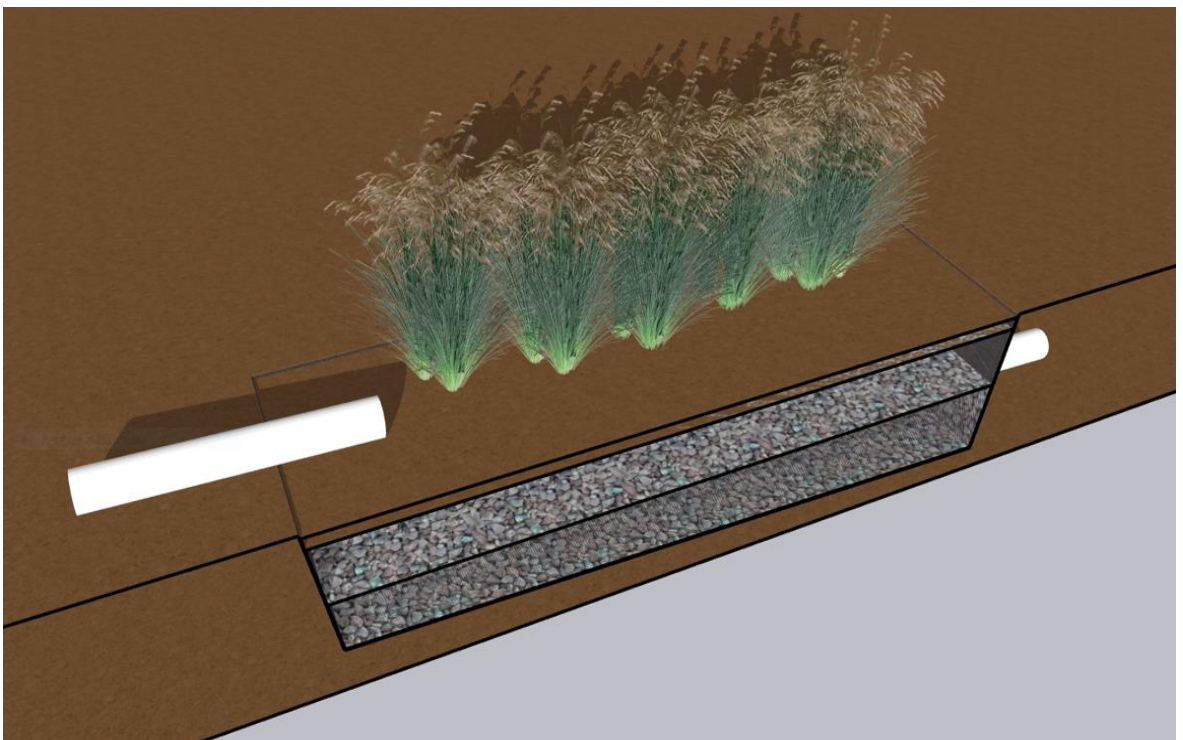
Anexo 2

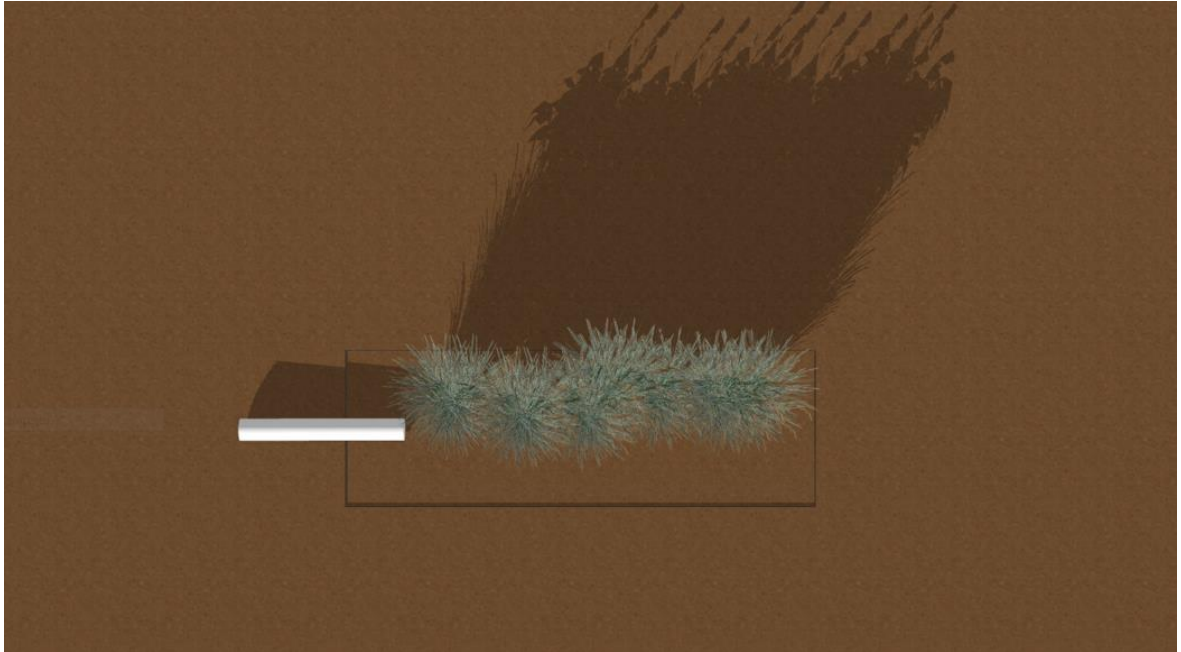
Diseño del humedal artificial

2-A. Entrada y salida del humedal artificial



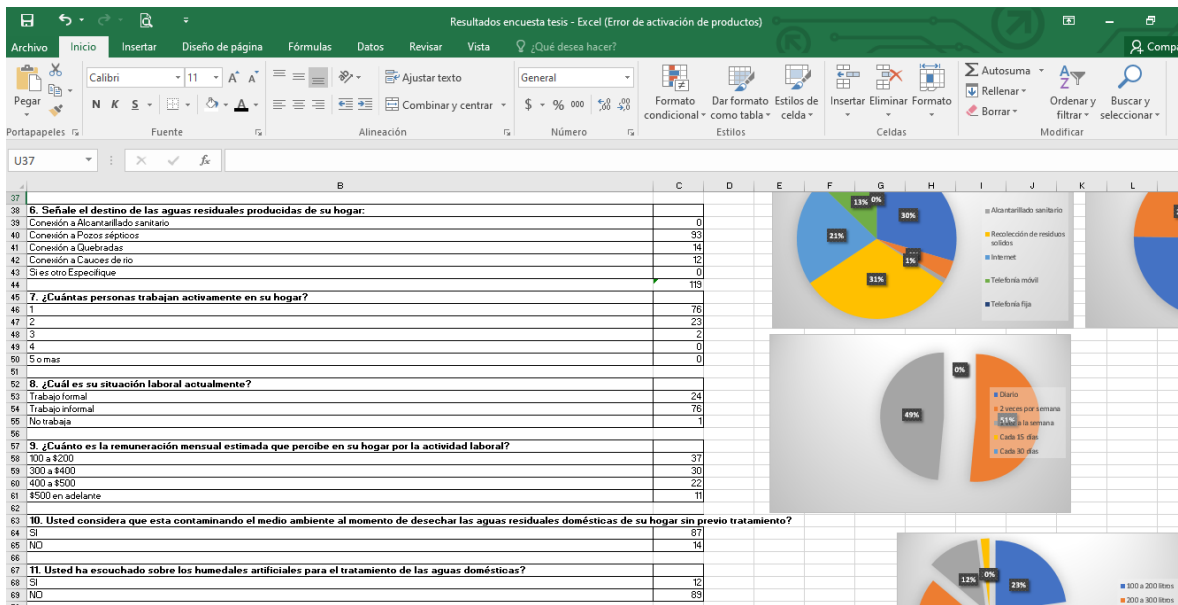
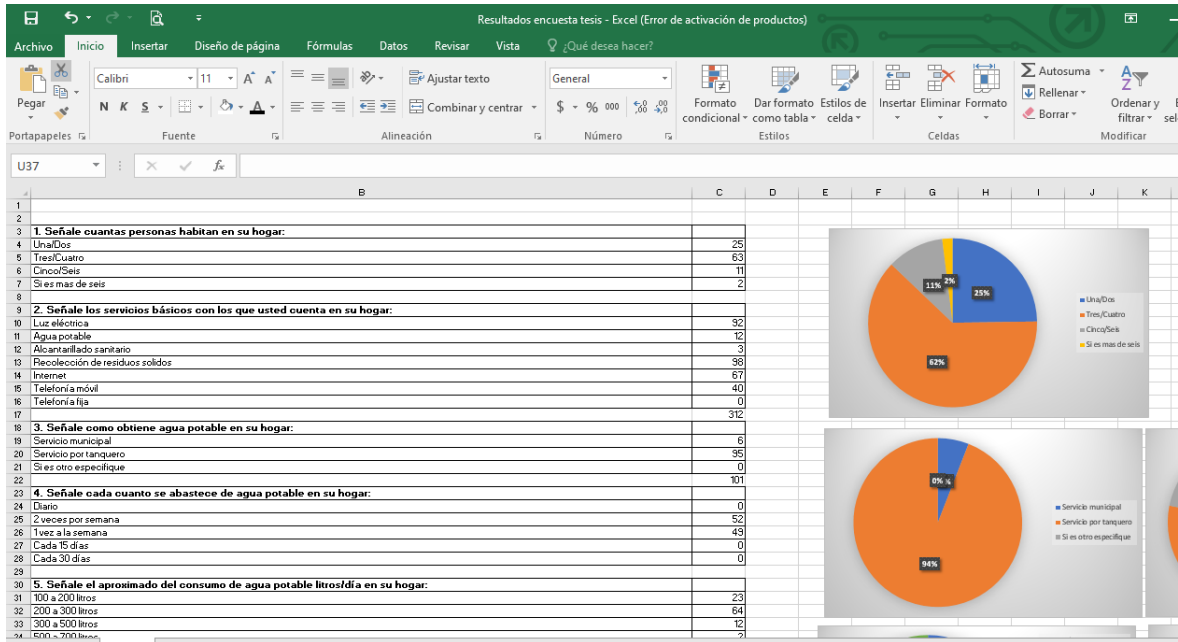
2-B. Vista posterior del diseño

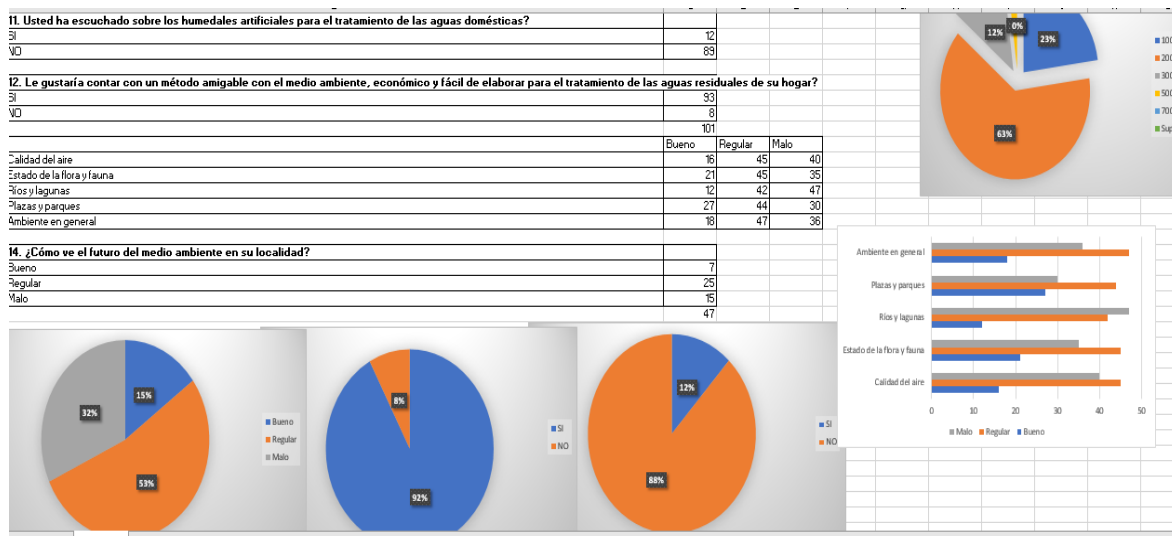


2-C. Vista de la entrada del afluente a tratar.

Anexo 3

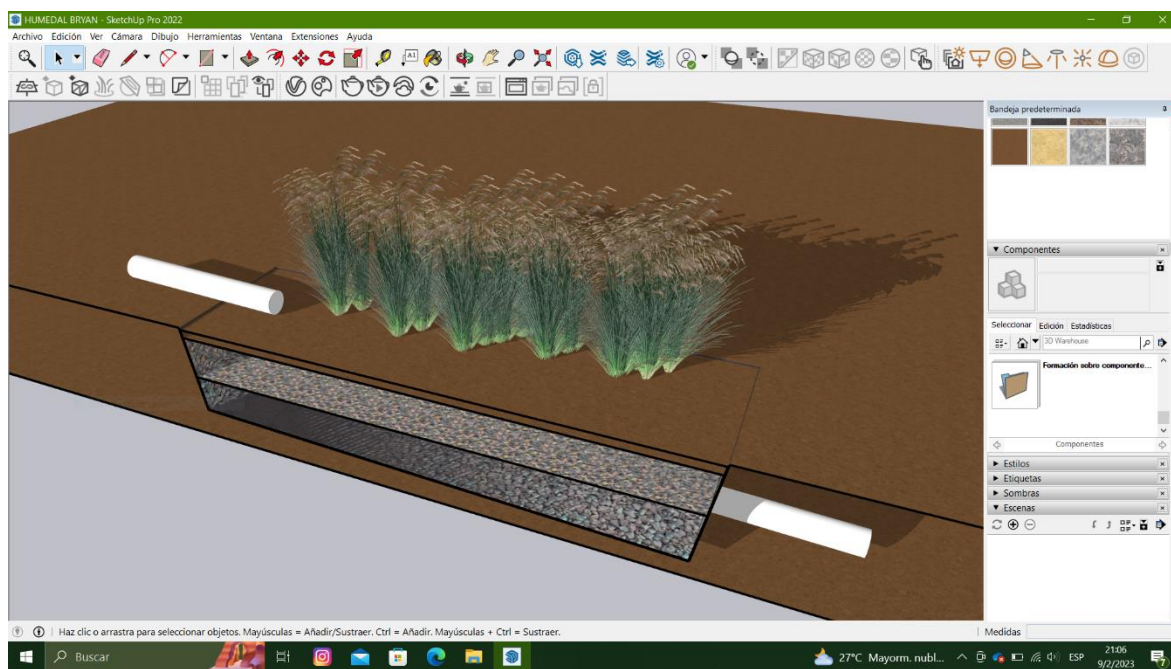
Resultado de la encuesta con la herramienta digital KoBoToolbox





Anexo 4

Prototipo de modelado digital 3D sketchup



Anexo 5

Encuestas realizadas a la población en estudio



Anexo 6

Resultados del laboratorio de análisis de aguas residuales.



LABORATORIO CESECCA

INFORME DE RESULTADOS

INF. CESECCA -12-12-2022-00154
ORDEN DE TRABAJO No. 00097-22

<i>DATOS DEL CLIENTE</i>		
SOLICITADO POR: IRVIN LENIN GRACIA SALVATIERRA		DIRECCIÓN: AV. CIRCUNVALACIÓN, VIA SAN MATEO
TELÉFONO/FAX: 0998472531	TIPO DE MUESTRA: AGUA RESIDUAL	PROCEDENCIA: MANTA-SAN JUAN
IDENTIFICACIÓN: AGUA RESIDUAL PUNTO 1 07:00		CODIGO INICIAL: M1

<i>DATOS DEL LABORATORIO</i>		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 12/12/2022
TELÉFONO/FAX:	FECHA DE ENTREGA: 27/12/2022	NÚMERO DE MUESTRAS: Uno (1)
REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO		CÓDIGO DE MUESTRA: 816-22

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	MÉTODO DE ENSAYO
1	TEMPERATURA	°C	26 °C±0,04	POTENCIOMÉTRICO
2	TURBIDEZ	NTU	7 NTU±0,02	ESPECTROFOTOMÉTRICO
3	DBO ₅	MG/L	1000 MG/L±0,01	APHA 5210-8
4	DQO	MG/L	760 MG/L±0,01	MERCK 112, FOTÓMETRO SQ 118
5	SD	MG/L	4200 MG/L±0,01	APHA 2540 C
5	PH		7,49±0,01	APHA 4500 - HB

NA: No aplica



Firmado digitalmente por:
**VELOZ PARRAGA
FERNANDO JOSE**

Ing. Veloz Párraga Fernando José, Mg.
Administrador del Laboratorio CESECCA



LABORATORIO CESECCA

INFORME DE RESULTADOS

INF. CESECCA -12-12-2022-00155
ORDEN DE TRABAJO No. 00097-22

<i>DATOS DEL CLIENTE</i>		
SOLICITADO POR: IRVIN LENIN GRACIA SALVATIERRA		DIRECCIÓN: AV. CIRCUNVALACIÓN, VIA SAN MATEO
TELÉFONO/FAX: 0998472531	TIPO DE MUESTRA: AGUA RESIDUAL	PROCEDENCIA: MANTA
IDENTIFICACIÓN: AGUA RESIDUAL – PUNTO 2 – 13:00		CODIGO INICIAL: M2

<i>DATOS DEL LABORATORIO</i>		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 12/12/2022
TELÉFONO/FAX:	FECHA DE ENTREGA: 27/12/2022	NÚMERO DE MUESTRAS: Uno (1)
REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO		CÓDIGO DE MUESTRA: 817-22

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	MÉTODO DE ENSAYO
1	TEMPERATURA	°C	32°C±0,01	POTENCIOMÉTRICO
2	TURBIDEZ	NTU	8 NTU±0,04	ESPECTROFOTOMÉTRICO
3	DBO ₅	MG/L	1351 MG/L±0,03	APHA 5210-8
4	DQO	MG/L	780 MG/L±0,02	MERCK 112, FOTÓMETRO SQ118
5	SD	MG/L	4273 MG/L±0,01	APHA 2540C
5	PH		7,80±0,04	APHA 4500 - HB

NA: No aplica



Ing. Veloz Párraga Fernando José, Mg.
Administrador del Laboratorio CESECCA

INFORME DE RESULTADOS
 INF. CESECCA -12-12-2022-00156
 ORDEN DE TRABAJO No. 00097-22

<i>DATOS DEL CLIENTE</i>			
SOLICITADO POR: IRVIN LENIN GRACIA SALVATIERRA		DIRECCIÓN: AV. CIRCUNVALACIÓN, VIA SAN MATEO	
TELÉFONO/FAX: 0998472531	TIPO DE MUESTRA: AGUA RESIDUAL	PROCEDENCIA: MANTA	
IDENTIFICACIÓN: AGUA RESIDUAL – PUNTO 3 – 17:00		CODIGO INICIAL: M3	

<i>DATOS DEL LABORATORIO</i>		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 12/12/2022
TELÉFONO/FAX:	FECHA DE ENTREGA: 27/12/2022	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)
REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO		CÓDIGO DE MUESTRA: 818-22

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	MÉTODO DE ENSAYO
1	TEMPERATURA	°C	24°C±0,01	POTENCIOMÉTRICO
2	TURBIDEZ	NTU	7 NTU±0,02	ESPECTROFOTOMÉTRICO
3	DBO ₅	MG/L	900 MG/L±0,03	APHA 5210-8
4	DQO	MG/L	700 MG/L±0,01	MERCK 112, FOTÓMETRO SQ118
5	SD	MG/L	4140 MG/L±0,04	APHA 2540C
5	PH		7,04±0,04	APHA 4500 - HB

NA: No aplica


 Firmado digitalmente por:
VELOZ PARRAGA
FERNANDO JOSE

 Ing. Veloz Párraga Fernando José, Mg.
 Administrador del Laboratorio CESECCA

INFORME DE RESULTADOS
 INF. CESECCA -02-03-2023-00097
 ORDEN DE TRABAJO No. 00065-23

<i>DATOS DEL CLIENTE</i>		
SOLICITADO POR: IRVIN LENIN GRACIA SALVATIERRA		DIRECCIÓN: AV. CIRCUNVALACIÓN, VIA SAN MATEO
TELÉFONO/FAX: 0998472531	TIPO DE MUESTRA: AGUA RESIDUAL	PROCEDENCIA: MANTA
IDENTIFICACIÓN: AGUA RESIDUAL – SIN TRATAMIENTO		CODIGO INICIAL: M1

<i>DATOS DEL LABORATORIO</i>		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 10/02/2023
TELÉFONO/FAX:	FECHA DE ENTREGA: 02/03/2023	NÚMERO DE MUESTRAS: Uno (1)
REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO		CÓDIGO DE MUESTRA: 057-23

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	MÉTODO DE ENSAYO
1	Temperatura	°C	27,3 °C	Potenciométrico
2	DBO ₅	Mg/l	1083 Mg/l	APHA 5210-8
3	DQO	Mg/l	746 Mg/l	Merck 112, fotómetro SQ118
4	SD	Mg/l	4204 Mg/l	APHA 2540C
5	pH		7,80	APHA 4500 - HB

NA: No aplica


 Firmado digitalmente por:
VELOZ PARRAGA
FERNANDO JOSE

 Ing. Veloz Párraga Fernando José, Mg.
 Administrador del Laboratorio CESECCA



LABORATORIO CESECCA

INFORME DE RESULTADOS

INF. CESECCA -02-03-2023-00098
ORDEN DE TRABAJO No. 00065-23

<i>DATOS DEL CLIENTE</i>		
SOLICITADO POR: IRVIN LENIN GRACIA SALVATIERRA		DIRECCIÓN: AV. CIRCUNVALACIÓN, VIA SAN MATEO
TELÉFONO/FAX: 0998472531	TIPO DE MUESTRA: AGUA RESIDUAL	PROCEDENCIA: MANTA
IDENTIFICACIÓN: AGUA RESIDUAL – CON TRATAMIENTO DEL HUMEDAL		CODIGO INICIAL: M2

<i>DATOS DEL LABORATORIO</i>		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 10/02/2023
TELÉFONO/FAX:	FECHA DE ENTREGA: 02/03/2023	NÚMERO DE MUESTRAS: Uno (1)
REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO		CÓDIGO DE MUESTRA: 057-23

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	MÉTODO DE ENSAYO
1	Temperatura	°C	30°C	Potenciométrico
3	DBO ₅	Mg/l	88 Mg/l	APHA 5210-8
4	DQO	Mg/l	150 Mg/l	Merck 112, fotómetro SQ118
5	SD	Mg/l	1500 Mg/l	APHA 2540C
5	pH		7,45	APHA 4500 - HB

NA: No aplica



Formado estrictamente por:
**VELOZ PARRAGA
FERNANDO JOSE**

Ing. Veloz Párraga Fernando José, Mg.
Administrador del Laboratorio CESECCA

Anexo 7

Documento en Excel para diseñar el humedal artificial

docs.google.com/spreadsheets/d/1YTDkvhSn4cXsuTIHKhxaTbcHWKc-i9N8/edit#gid=177410112


Humedal DISEÑO (3) .XLSX

Archivo Editar Ver Insertar Formato Datos Herramientas Ayuda Última modificación hace 14 minutos

100% \$ % .0 .00 123 Arial Narrow 10 B I S A

C2 $=0.01*86400/1000$


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	DATOS DE ENTRADA									
2	Caudal de diseño (m3/día)		0.86							
3	Número de unidades		2							
4										
5	Caudal por unidad (m3/día)	Q	0.43							
6	Temperatura (°C)	T	20							
7										
8	DBO afluente (mg/l)	Co	254.00							
9	DBO efluente (mg/l)	Ce	4.11							
10	Eficiencia de remoción		0.98							
11	Constante para 20°C día ⁻¹	K ₂₀	49.500							
12										
13	Altura adoptada (m)	d	0.60	0.3 - 1 m						
14	Porosidad del medio	n	0.50							
15	Pendiente (m/m)	s	0.800							
16										
17	DIMENSIONAMIENTO CADA UNIDAD									
18	Remoción de DBO									
19	Constante corregida con temperatura DBO día ⁻¹	K _t	49.50							
20	Tiempo de retención hidráulico calculado (día)	día	4.00							
	$t = \frac{Ln \frac{C_0}{C_e}}{K}$									
21	Area Superficial (m ²)	As	6							
	$As = \frac{Ln \frac{C_0}{C_e} + Q}{K * d * n}$									



La constante a la temperatura del agua se determina a partir de la Ecuación

$$K_t = K_{20} * \theta^{T-20}$$

Donde,
 K₂₀ = Constante del agua a 20 °C
 θ = 1,06
 T = Temperatura del agua residual (°C)



Anexo 8

Humedal artificial construido



Anexo 9

Humedal artificial en funcionamiento



Anexo 10.**Guía de Humedal artificial de Flujo horizontal Phragmite**

Índice

Introducción	91
Objetivos	91
Beneficiarios	91
Características	91
Construcción	92
Funcionamiento y Mantenimiento	96
Bibliografía	97

Introducción

Este manual tiene el fin de proporcionar una guía para la construcción, mantenimiento y operación de humedales construidos con flujo subsuperficial. Esta información se considera necesaria debido a la acogida en el uso de esta tecnología en comunidades pequeñas, las mismas que no cuentan con una planta de tratamiento convencional. En este manual se plantea resolver los inconvenientes que surgieron en otros sistemas de humedales artificiales y se busca dar una orientación para tratar de evitar que se repitan dichos problemas.

Objetivos

- Mostrar el proceso de construcción del humedal artificial.
- Establecer los procedimientos para su mantenimiento y operación diaria.

Beneficiarios

Para la población en general que necesite realizar el humedal artificial.

Características

Los humedales artificiales vislumbran una buena alternativa en el campo de las aguas residuales, siendo soluciones integrales, con altas eficiencias y bajos costos de remoción. La planta *Phragmites* presenta una altura de hasta 5 metros y una distribución geográfica alrededor de todo el mundo (existen sobre 100 ecotipos genéticamente distintos). La viabilidad de sus semillas es generalmente muy baja, por lo que el principal método de propagación es a través de fragmentos de rizomas. Sus hojas son planas y delgadas en punta, mientras que sus flores van dispuestas en panojas de 20-40 cm de largo.

El diseño del sistema está proyectado para una vida útil de 25 años, los habitantes contarán con un manual de diseño y operación para realizar el mantenimiento y operación, para que el sistema garantice su eficacia y la vida útil para la cual fue diseñado.

Construcción

El diseño de humedales incluye varias actividades, tales como cálculos hidráulicos, cálculo de superficies necesarias para la eliminación de los contaminantes, estructuras de distribución y recogida de aguas, estructuras de aislamiento, estructuras de pretratamiento y tratamiento primario, accesos, rutas de circulación y otras estructuras presentes en cualquier planta de tratamiento de aguas residuales. A continuación, se ordena las actividades:

1. Calcular el diseño de la humedad artificial.

Hay que considerar que las características de diseño de un humedal artificial dependen específicamente de la interacción entre los habitantes y la vivienda.

Por lo tanto, para la construcción de un humedal artificial se debe realizar cálculos para el diseño del prototipo, los mismos que se basan en las ecuaciones de (Cedeño, 2021), en las que se encuentran valores constantes, por lo tanto, se deben considerar por parte de los habitantes los siguientes aspectos:

- Consumo diario de agua en una vivienda L/día
- Área en metros cuadrados de la vivienda m^2
- Número de personas que habitan en la vivienda

Estos datos serán estimados en la vivienda, por tanto, se ha establecido una matriz en formato Excel ingresado al código Qr en la cual el ciudadano colocará los valores mencionados.



Como resultado se obtendrá el largo, ancho, tiempo de retención y profundidad del humedal.

2. Con el terreno delimitado se pueden iniciar los trabajos de excavación.



3. Las excavaciones se pueden iniciar con las zanjas para tuberías y arquetas de distribución e inspección.



4. Nivelación del terreno



5. Instalación de la geomembrana



6. Instalación de las tuberías de entrada y salida de aguas al humedal.



7. Instalación de arquetas y otras estructuras de conducción y control hidráulico.

8. Colocación de gravas limpias y lavadas sin presencia de arcillas ni limos.



9. Plantado.- se utilizan *Phragmites australis* .



Funcionamiento y mantenimiento

La operación y mantenimiento del humedal comprende algunas actividades como:

- Control del nivel del agua de 25 m³ (Aguilar, 2020)
- Control y supervisión del estado de las plantas *Phragmites australis*. midiendo semanalmente la longitud de una muestra de plantas, lo que se atribuye al nivel de pH su poco crecimiento (Rivas y Paredes, 2014).
- Proveer de servicio a las partes mecánicas del sistema.
- Lavado a presión de las tuberías de entrada y salida (spooling).
- Reparar el humedal en caso de obstrucciones.
- Verificar el buen estado de las plantas y eliminar maleza que pueda competir con las mismas.

Bibliografía

- Aguilar Arias, D. E. (2020). Diseño de un humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Internacional SEK.
- Asprilla, W. J., Ramírez, J. S., & Rodríguez, D. C. (2020). Humedales artificiales subsuperficiales: comparación de metodologías de diseño para el cálculo del área superficial basado en la remoción de la materia orgánica. *Revista Ingenierías USBMed*, 11(1), 65-73.
- Cedeño, Z., & Josué, I. (2021). Microbiota bacteriana en fondo de laguna camaronera del humedal La Segua (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL).
- Rivas, A., & Paredes, D. (2014). Sistemas de humedales para el manejo, tratamiento y mejoramiento de la calidad del agua. *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México Coordinación de Tratamiento y Calidad del Agua* (2), 189.