



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR**

**CARRERA DE BIOLOGIA**

**EFICIENCIA DE UN SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS PARA DESCARGAS DE  
AGUA EN PRODUCCIÓN DEL LABORATORIO PENAEUS S.A, SAN PABLO, 2022**

**TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR**

Previo a la obtención del título de

**BIOLOGO**

**VALLEJO GURUMENDI FRANKLIN ANTHONY**

**TUTOR:**

**BLGO. RICHARD DUQUE MARÍN, M.sc.**

**SANTA ELENA – ECUADOR**

**PERIODO 2022**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR**

**CARRERA DE BIOLOGIA**

**EFICIENCIA DE UN SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS PARA DESCARGAS DE  
AGUA EN PRODUCCIÓN DEL LABORATORIO PENAEUS S.A, SAN PABLO, 2022**

**TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR**

Previo a la obtención del título de

**BIOLOGO**

**VALLEJO GURUMENDI FRANKLIN ANTHONY**

**TUTOR:**

**BLGO. RICHARD DUQUE MARÍN, M.sc.**

**SANTA ELENA – ECUADOR**

**PERIODO 2022**

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo al creador de todas las cosas, con toda la humildad que de mi corazón pueda emanar, por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Franklin y Fátima, que me han formado con buenos sentimientos, hábitos y valores que me han ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi esposa Lcda. Evelyn Triviño e hijos, Alonso y Elías, por ser el pilar fundamental y apoyo incondicional.

A mi hermana Angie, por compartir momentos significativos conmigo y estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

A mi tía Janet Gurumendi, quien ha sido pieza clave en mi formación desde temprana edad, siendo testigo la evolución de mi aprendizaje y desempeño en el ámbito laboral.

A mi tío Ángel Gurumendi, que con su apoyo y sus sabios consejos han sido esenciales para ser un hombre de bien con valores y principios.

A mi tía Lcda. Obs. María Fernanda Rivera, quien con mucho amor y esfuerzo estuve presente en cada paso que daba, estando pendiente de mí como un hijo más, por todo el apoyo incondicional dado desde siempre

A mi abuelo Agapo Vallejo, quien fue mi inspiración para seguir esta carrera adentrándome al mar y sus misterios por resolver.

A mi abuela Olga Jiménez Ruilova, quien estuvo pendiente de mis pasos y mis evoluciones, ayudándome a ser la persona y el profesional que soy hoy en día, con todo mi amor y cariño para ti, mi madrecita.

A mi familia en general por el apoyo incondicional y su motivación para nunca desfallecer en este reto personal.

**Franklin Anthony Vallejo Gurumendi**

## **Agradecimiento**

A la empresa PENAEUS y todo su personal por brindarme la oportunidad y apoyo durante todo el desarrollo del proyecto.

A mi jefa, Blga. Karina Delgado Segovia, jefa del departamento de calidad de la empresa Omarsa S.A. por creer en mi como profesional y darme la oportunidad de desenvolverme en el ámbito laboral y por su gran gesto de comprensión para poder terminar el desarrollo de mi trabajo de titulación.


Al ing. Luis Rivas, quien con su ayuda y conocimiento se impartió a realizar este estudio, orientándome como profesional para resolución del trabajo

Al Blgo. Lenin Vera Sari, MSc., por creer en mi potencial como profesional, por toda la ayuda prestada que me dedicó durante mi desarrollo del proyecto, por las atenciones y sabios consejos que me ayudaron al desarrollo del proyecto.

Al Blgo. Richard Duque Marín, MSc., por ser mi maestro desde mis inicios, siendo pieza clave en mi formación como profesional orientándome siempre por el camino del bien y profesional, por confiar y creer en mí, por su tiempo y dedicación al desarrollo de este proyecto.

**Franklin Anthony Vallejo Gurumendi**

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



---

Bigo. Richard Duque Marín, M.Sc.  
Decano  
Facultad de Ciencias del Mar



---

Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.  
Director  
Carrera de Biología



---

Bigo. Richard Duque Marín, M.Sc.  
Docente Tutor



---

Ac. Sonoya Mendoza Lombana, Ph.D.  
Docente de Área



---

Abg. Luis Alberto Castro Martínez, M. Sc.  
Secretario General

### **Declaración expresa**

La responsabilidad de los datos, ideas y resultados expuestos en este trabajo de Integración Curricular le pertenecen exclusivamente al Sr. Franklin Anthony Vallejo Gurumendi, y el patrimonio intelectual del mismo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

*Franklin Vallejo G.*

Franklin Anthony Vallejo Gurumendi

C.C. 0950465443

## ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria.....	I
Agradecimiento.....	II
Índice de gráficos.....	IX
Índice de tablas .....	X
Glosario.....	XI
Abreviaturas.....	XIII
Resumen.....	XIV
Abstract.....	XV
Introducción.....	1
<b>Capítulo I.....</b>	<b>2</b>
1.1. Problemática .....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. <i>Objetivo general</i> .....	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	3
1.4. Hipótesis .....	4
1.5. Justificación.....	4
<b>Capítulo II.....</b>	<b>6</b>
<b>Marco referencial, teórico y legal.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Marco referencial.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2. Marco teórico .....</b>	<b>7</b>
2.2.1. <i>Calidad del agua</i> .....	7
2.2.2. <i>Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</i> .....	8
2.2.2.1. <i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i> .....	9
2.2.3. <i>Nitrato (NO<sub>3</sub>)</i> .....	9
2.2.4. <i>Fosforo (P)</i> .....	10
2.2.5. <i>Total de sólidos suspendidos (TSS)</i> .....	10

2.2.6. Planta de tratamiento con lodos activados .....	10
2.2.6.1. Tratamiento de Aguas Residuales .....	10
2.2.6.2. Tratamiento por lodos activados .....	13
2.2.6.3. Caracterización de lodos activados .....	15
<b>2.3. Marco legal .....</b>	<b>16</b>
<b>Capítulo III .....</b>	<b>23</b>
<b>Diseño metodológico .....</b>	<b>23</b>
3.1. Planteamiento hipotético.....	23
3.2. Diseño de la investigación .....	23
3.2.1. <i>Diseño experimental</i> .....	23
3.2.1.1. <i>Elaboración de lodos activados</i> .....	23
3.2.1.2. <i>Aclimatación del lodo activado</i> .....	24
3.2.1.3. <i>Tratamiento por lodos activados</i> .....	25
3.2.1.4. <i>Recolección de muestras</i> .....	26
3.2.1.5. <i>Análisis de Nitrato (NO<sub>3</sub>)</i> .....	26
3.2.1.6. <i>Análisis de DBO<sub>5</sub>, DQO, P, NO<sub>3</sub> Y TSS</i> .....	27
3.2.1.7. <i>Establecer normalidad</i> .....	27
3.2.1.8. <i>Pruebas de eficiencia</i> .....	27
3.2.1.9. <i>Análisis estadístico T-student</i> .....	28
3.2.2. <i>Técnicas</i> .....	28
3.2.2. <i>Instrumentos de medición</i> .....	28
3.2.2.1 <i>pH-metro HANNA - HI98128</i> .....	29
3.2.2.2. <i>Refractómetro VEE GEE STX 3</i> .....	29
3.2.2.3. <i>Multiparametro YSI, modelo HI 9829</i> .....	30
3.2.2.4. <i>Fotómetro YSI 9500</i> .....	30
3.3. Localización del área de estudio .....	30
3.4. Descripción de materiales .....	31



<b>Capítulo IV</b> .....	32
<b>Resultados</b> .....	32
4.1. Evaluación de eficiencias .....	32
4.1.1. <i>Remoción de DQO y DBO<sub>5</sub></i> .....	32
4.1.2. <i>Remoción de Nitrato</i> .....	32
4.1.3. <i>Remoción de P totales</i> .....	33
4.1.4. <i>Remoción de TSS</i> .....	33
4.2. Análisis de niveles de DQO, DBO <sub>5</sub> , P, NO <sub>3</sub> y TSS .....	34
4.3. Resultados de la prueba T-Student .....	39
4.3.1. <i>T-Student para DQO</i> .....	39
4.3.2. <i>T-Student para DBO<sub>5</sub></i> .....	39
4.3.3. <i>T-Student para P totales</i> .....	40
4.3.4. <i>T-Student para NO<sub>3</sub></i> .....	40
4.3.5. <i>T-Student para TSS</i> .....	41
Recomendaciones .....	43
Referencias bibliográficas .....	44
Anexos .....	52
.....	54
.....	63

## Índice de figura

<b>Figura 1.</b> Niveles de DBO5 antes y después de la aplicación del tratamiento fuente. El autor.....	35
<b>Figura 2.</b> Niveles de DQO antes y después de la aplicación del tratamiento. Fuente. El autor.....	35
<b>Figura 3.</b> Niveles de P totales antes y después de la aplicación del tratamiento fuente. El autor.....	36
<b>Figura 4.</b> Niveles de NO <sub>3</sub> antes y después de la aplicación del tratamiento fuente. El autor .....	37
<b>Figura 5.</b> Niveles de TSS antes y después de la aplicación del tratamiento fuente. El autor .....	38

## Índice de gráficos

<b>Gráfico 1.</b> Diseño del biorreactor de la planta de tratamiento de las descargas de aguas residuales .....	24
<b>Gráfico 2.</b> Diseño de la planta de tratamiento para las descargas de aguas residuales del laboratorio de larvas Penaeus S.A. (Vallejo, 2022) .....	25
<b>Gráfico 3.</b> Diagrama del sistema de lodos activados construido en las instalaciones del laboratorio de larvas Penaeus S.A. Fuente. El autor. ....	63

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Materiales utilizados para la ejecución del proyecto .....	31
<b>Tabla 2.</b> Análisis del porcentaje de eficiencia de DBO5, DQO, NO <sub>3</sub> , P y TSS fuente. El autor.....	34
<b>Tabla 3.</b> Registro de DBO5 y DQO en los muestreos realizados fuente. El autor .....	35
<b>Tabla 4.</b> Registro de P totales en los muestreos realizados fuente. El autor .....	36
<b>Tabla 5.</b> Registro de NO <sub>3</sub> totales en los muestreos realizados fuente. El autor .....	37
<b>Tabla 6.</b> Registro de TSS totales en los muestreos realizados fuente. El autor .....	38
<b>Tabla 7.</b> Límite de descarga en cuerpo de agua marina. ....	52
<b>Tabla 8.</b> Límite de descarga en cuerpo de agua marina límite máximo permisible....	53

## Glosario

**Aclimatación:** Corresponde a cambios de forma compensatoria en un determinado organismo respecto al medio ambiente sea este geográfico o estacional.

**Aireación:** Está referido a la medida del volumen de espacio poroso en un sustrato ocupado por el aire después de que se satura y se le permite drenar.

**Bacteria:** Corresponde a organismos procariotas unicelulares, presentes casi en su totalidad en el planeta. Son imprescindibles para la existencia humana y como tal para el ecosistema.

**Biorreactor:** Recipiente o sistema con condiciones ambientales controladas, es propicia para el crecimiento de microorganismos

**Calidad:** Es la capacidad que tienen un determinado elemento u objeto para satisfacer necesidades sean estas explícitas o de forma implícitas de acuerdo a parámetros determinados.

**Efluente:** Un efluente, en hidrología, corresponde a un curso de agua, que desde un lugar llamado confluencia se desprende sea de lagos o ríos como menor derivación, sean naturales o artificiales.

**Lodo:** Son los desechos residuales sean sólidos o semisólidos cuando el líquido es eliminado durante todo el tratamiento de residuos industriales.

**Laboratorio:** Espacios equipados con infraestructura necesaria para realizar actividades como experimentos y todo lo relacionado a trabajos de investigación con nivel de rigurosidad científica.

**Macrofloculos:** Macropartículas desestabilizadas por la adición de un reactivo químico llamado coagulante

**Multiparámetro:** Corresponde a un instrumento que tiene ciertas características en particular y que es a prueba de agua, hace mediciones de algunos parámetros del agua como es el pH, salinidad, oxígeno, temperatura y la conductividad,

**Oxígeno:** Elemento químico gaseoso abundante en la corteza terrestre, atmósfera y océanos, imprescindible para el ser humano y su existencia.

**Refractómetro:** Instrumento óptico de precisión para el estudio y medición de refracción de la luz en medio natural.

**Salinidad:** Corresponde a una medida de la cantidad de sales disueltas en el agua. Guarda una relación directa con la conductividad debido a la cantidad de iones disueltos.

**Temperatura:** Magnitud física de la energía interna de un cuerpo en el ambiente y se mide a través ambiente termómetro.

**Tratamiento:** Conjunto de medios útil para curar una determinada enfermedad habitual en el ámbito de la medicina.

## Abreviaturas

**CNRH:** Consejo Nacional de Recursos Hídricos

**CPE:** Código de Practica Ecuatoriana

**DBO<sub>5</sub>:** Demanda biológica de oxígeno (5 días)

**DQO:** Demanda química de oxígeno

**ICA:** Índice De Calidad de Agua

**INEN:** Instituto Ecuatoriano de Normalización

**Mg/l:** Miligramos sobre Litros

**MSP:** Ministerio de Salud Publica

**M 1-10:** MUESTREOS 1-10

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:** Amonio

**NO<sub>3</sub>:** Nitrato

**P:** Fosforo

**PPM:** Partes Por Millón

**PSI:** Productos y Servicios Industriales

**TULAS:** Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente

**TSS:** Total de solidos suspendidos

**WQI:** Water Quality Index

**TÍTULO:** EFICIENCIA DE UN SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS PARA DESCARGAS DE AGUA EN PRODUCCIÓN DEL LABORATORIO PENAEUS S.A, SAN PABLO 2022

**Autor:** Vallejo Gurumendi Franklin Anthony

**Tutor:** Blgo. Richard Duque Marín, MSc.

**Resumen**

Actualmente los lodos activados se lo consideran como uno de los procesos de mayor uso a nivel de tratamiento biológico de aguas de producción en preservación del medio ambiente y es necesario el desarrollo de estos procesos para el tratamiento en sistemas de producción. Por consiguiente, se realizó en el siguiente trabajo, el análisis de la eficiencia de un sistema de lodos activados, a través de la fórmula de eficacia para el tratamiento de aguas residuales y remoción de materia orgánica y sustancias presentes. El trabajo fue realizado en el sector Punta Blanca, vía San Pablo, el experimento tuvo dos etapas consecutivas, en la primera se obtuvo los lodos activados y la segunda se realizó la aclimatación el tratamiento de aguas residuales industriales, provenientes del proceso de cría de larva de camarón. La eficiencia de la aplicación de lodos activados demostró tener una eficacia relativamente alta en cuanto a la remoción de sustancias orgánicas e inorgánicas, en M9, se registró el valor de DBO<sub>5</sub> más bajo teniendo el 20% de eficacia y el más alto en el M5, con 71,43% de eficacia; para DQO el valor más bajo fue de 10,71% de eficacia en el M1 y el más alto con 67,83% de eficacia en el M5, para NO<sub>3</sub> el más bajo fue de 55,95% de eficacia en el M10; mientras que el más alto fue en el M6 con 98,64% de eficacia; para P el más bajo fue en el punto M7 con 69,70% de eficacia y el más alto fue en el M8 con 91,15% de eficacia y para TSS el punto más alto fue de 46,81% de eficacia en el muestreo 4 y el más bajo 8,70% de eficacia en el M1. Posterior a esto, los resultados se encuentran dentro del rango establecido en la tabla de criterios de calidad, permitiéndonos demostrar que mediante este proceso contribuimos a la conservación y cuidado del medio ambiente

**Palabras claves:** Eficiencia - sistemas de lodos activados – bacterias – aguas en producción



**TITLE:** EFFICIENCY OF AN ACTIVATED SLUDGE SYSTEM FOR PRODUCTION WATER DISCHARGES AT PENAEUS S.A. LABORATORY, SAN PABLO 2022

**Author:** Vallejo Gurumendi Franklin Anthony

**Tutor:** Blgo. Richard Duque Marín M.Sc.

**Abstract**

Activated sludge is currently considered one of the most used processes at the level of biological treatment of production water in preservation of the environment and the development of these processes for treatment in production systems is necessary. Therefore, the analysis of the efficiency of an activated sludge system was carried out in the following work, through the efficiency formula for the treatment of wastewater and the removal of organic matter and inorganic substances. The work was carried out in the Punta Blanca sector, via San Pablo, the experiment had two consecutive stages, in the first stage the activated sludge was obtained and the second stage to carry out the treatment of industrial wastewater from the larval breeding process. Shrimp. The efficiency of the application of activated sludge proved to have a relatively high efficiency in terms of the removal of organic and inorganic substances, in M9, the lowest BOD5 value was recorded, having 20% efficiency and the highest in M5, with 71.43% efficacy; for COD the lowest value was 10.71% efficacy in M1 and the highest with 67.83% efficacy in M5, for NO<sub>3</sub> the lowest was 55.95% efficacy in M10; while the highest was in M6 with 98.64% efficiency; for P the lowest was at point M7 with 69.70% efficiency and the highest was at M8 with 91.15% efficiency and for TSS the highest point was 46.81% efficiency in sampling 4 and the lowest 8.70% efficiency in the M1. After this, the results are within the range established under the table of quality criteria, allowing us to demonstrate that through this process we contribute to the conservation and care of the environment.

**Keywords:** Efficiency - activated sludge systems - bacteria - waters in production

## **Introducción**

Actualmente los lodos activados se lo consideran como uno de los procesos de mayor uso a nivel de tratamiento biológico de aguas; como lo define Méndez et al. (2004) “El método de tratamiento mediante lodos activados se desarrolló por primera vez en Inglaterra en el año mil novecientos catorce y actualmente es el método estándar de tratamiento de aguas residuales en los países desarrollados”.

A nivel de tratamiento biológico este sistema se lo considera como uno de los más eficientes, por la capacidad que poseen los microorganismos presentes en la metabolización y conversión de toda materia orgánica, es este tipo de aguas de post producción que no reciben previamente el tratamiento adecuado, se presentan como peligro inminente para el ecosistema.

Los lodos activados cumplen un papel preponderante, y se debe a que, representa un condicionante para todos los microorganismos que degradan y eliminan material orgánico presente en las aguas residuales en descargas de la post producción, industriales o domésticas.

Las empresas que se dedican a la producción tienen como requisito estricto, tener un sistema de tratamiento posterior a las descargas que se generen en la producción, debido a que estas van con gran contenido de materia orgánica y sustancias que perjudican y contaminan al medio ambiente

En el ámbito de producción de los laboratorios de larvas, todas las empresas deben cumplir con un sistema de descargas de agua en post producción, debido a que diariamente se realizan recambios de agua, desinfecciones de los tanques de cultivos, desecho de sustancias y entre otras, creando un incremento de la materia orgánica, desestabilizando la calidad de agua y perjudicando al medio ambiente. Por ende, un sistema de lodos activados, a través de la fórmula de eficacia para el tratamiento de aguas residuales y remoción de materia orgánica y sude en el siguiente trabajo se determina la eficiencia presente en el medio.

## Capítulo I

### 1.1. Problemática

La constante demanda de productos de origen marino como el camarón, ha favorecido el crecimiento de la acuicultura, situación que ha llevado consigo varias modificaciones con respecto a la modalidad de producción. En el agua después de su uso, se produce afectaciones en los rangos de calidad, como consecuente se evidencian sólidos en suspensión de materia orgánica y sustancias que perjudican el medio.

Las descargas de aguas en post producción se han convertido en una problemática ambiental, económica y social, por eso la aplicación inadecuada de saneamientos en aguas de desecho que desembocan en entornos naturales afecta a la flora, fauna y de forma directa e indirecta al propio ser humano.

El análisis de las condiciones del medio ambiente se ha convertido en uno de los temas principales de investigación en la actualidad. Por lo tanto, el tomar las medidas para disminuir estos niveles de afectación, que implican contaminación, constituye una de las principales tareas relacionadas con el cuidado de los recursos hídricos.

Una preocupación de la humanidad es precisamente todo lo relacionado con el medio ambiente, pero, sobre todo, lo relacionado a las aguas residuales que se generan en gran volumen en procesos de post producción, puesto que, deberían contar un sistema de tratamiento sumamente eficiente. Sin embargo, por estas circunstancias se ha comenzado a desarrollar diferentes tratamientos para dichas aguas residuales generadas después de la producción.

El tratamiento de aguas residuales constituye una medida de mitigación que ayuda a disminuir y controlar la contaminación de los cuerpos de agua, pero para que esta medida tenga éxito, se debe contar con obras de infraestructura adecuada a la naturaleza y con el personal

capacitado para llevar a cabo las labores de operación y mantenimiento. Así mismo, se deben seleccionar los procesos adecuados para la descarga de efluentes.

En el contexto mundial, los procesos por lodos activados hacen uso de una masa de organismos de forma aeróbica para el tratamiento, con la finalidad de remover organismos biodegradables y sustancias presentes en el agua residual.

Este proceso hace mejoras significativas en la calidad de los efluentes, presentándose altas cargas orgánicas. “Nuestras soluciones de tratamiento de aguas residuales por lodos activados, maximizan eficiencias altas de transferencia de oxígeno a través de aireación de burbuja fina con mezcla profunda” (aireo2, 2021).

En los laboratorios de larvas de la provincia de Santa Elena, se evidencia que los sistemas de tratamiento y los métodos utilizados son muy costosos o no son los suficientemente adecuados con respecto a las descargas de aguas de producción, evidenciando que se genera un incremento de la contaminación, que conlleva a la incidencia de nuestra flora y fauna presentes en el ecosistema.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

Determinar la eficiencia de un sistema de lodos activados, a través de la fórmula de eficacia para el tratamiento de aguas residuales en la remoción de materia orgánica y sustancias inorgánicas del laboratorio PENAEUS S.A, San Pablo año 2022.

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- Elaborar un sistema de lodos activados que permita purificar las descargas en post producción mediante un consorcio bacteriano.
- Determinar la efectividad de los lodos activados mediante los niveles de  $\text{NO}_3$ ,  $\text{DBO}_5$ ,  $\text{DQO}$ ,  $\text{P}$  y  $\text{TSS}$ .

#### **1.4. Hipótesis**

La implementación de un sistema de lodos activados es eficiente para el correcto tratamiento en descargas de agua en post producción bajo los estándares en calidad establecidos por la normativa.

#### **1.5. Justificación**

El presente estudio tiene como propósito primordial el cuidado del medio ambiente y ecosistema, y uno de sus principales elementos es el agua y como tal, es mediante el tratamiento de aguas residuales el contar con procesos eficientes para tener agua de calidad. Con esto, es importante el aporte de diferentes procesos primarios, secundarios y terciarios que contribuyan a la eliminación de material orgánico e inorgánico, que son nocivos y perjudiciales para nuestra flora y fauna silvestre.

Las tecnologías actuales e innovadoras involucradas en el tratamiento de aguas residuales, son más exigentes con respecto al control que se debe tener a nivel de descargas de aguas y su correcta evacuación, los métodos aplicados son tratamientos que requieren fuerzas físicas, la aplicación de reactivos para observar las diferentes reacciones químicas, así como, la importancia que tiene el tratamiento biológico, como la remoción de contaminantes y compuestos orgánicos, es donde se destaca el proceso de lodos activados.

Esto hace que sea pertinente en el cuidado medio ambiental y/o preservación del entorno natural, y de esta manera, no causar mayores afectaciones que incidan a mediano y largo plazo por el mal uso de los recursos que brinda la naturaleza.

Los sistemas de lodos activados son mecanismo que permiten hasta más de un 50% de beneficio financiero, puesto que la materia prima es replicable y de fácil operación, además de esto causa un efecto colateral en beneficio a la colectividad con la innovación de nuevas tecnologías, las mismas que servirán como herramientas en la toma de decisiones y la inversión más correcta de recursos.

Los objetivos del tratamiento de lodos están dirigidos a lograr su estabilización para garantizar una degradación controlada de las sustancias orgánicas, eliminando el mal olor, disminuir el volumen e inactivar organismos patogénicos para su posible utilización posterior o disposición final (Amador, Véliz, & Bataller, 2015, p. 5).

Como beneficiarios indirectos, precisamente está la población, debido a que las empresas al realizar nuevos estudios respecto a productos contaminantes por el uso de equipos, infraestructuras tecnológicas y materia prima que generen desechos al medio ambiente, permitan aplicar planes de contingencia como tratamientos no solo preventivos sino correctivos

Con la implementación de sistemas de lodos activados a nivel de la acuicultura, las empresas en general, ya no tendrán el problema que actualmente lo tienen y es la de mantener procesos no eficientes en el tratamiento de agua como son las piscinas de oxidación, por lo cual, con el proceso de lodos activados se optimizaran tiempos de respuestas a problemas presentados y con ellos evitar incurrir en gastos no presupuestados.

## Capítulo II

### Marco referencial, teórico y legal

#### 2.1. Marco referencial

El aporte de bacterias en aguas amoniacales aumenta mucho la concentración de  $\text{NH}_4^+$  en la alimentación. Este aporte hace que se reduzca el número de *Vorticella* sp. (Indicadoras de buenos rendimientos de operación y ausencia de nitrificación), y que aparezcan las amebas testáceas (*Arcella* sp.); mostrando que se produce una buena nitrificación. Al final se recupera la abundancia de *Vorticella* sp., lo que es un indicativo de que se ha eliminado esa elevada cantidad de  $\text{NH}_4^+$  introducida en el sistema como aguas amoniacales. De esta manera se consigue reducir los niveles altos de  $\text{NH}_4^+$  mediante la utilización y monitoreo poblacional de estos protistas, (Gómez, 2014).

Es importante destacar, sobre todo en un sistema de producción, que los costos de gestión de lodos se reducen, porque el sistema permite ser operado con concentraciones de sólidos inferiores a los sistemas convencionales de aireación prolongada, generando menos volumen de lodos en exceso.

El estudio proporcionó información de la dinámica y composición de las comunidades de protistas y metazoos en un inusual sistema mixto de tratamiento de aguas residuales donde se ha combinado en un mismo reactor la aireación prolongada con un filtro macrófitas en flotación en su superficie. Asimismo se amplían los conocimientos de la dinámica y composición de estas en los humedales artificiales (Martínez, 2016).

Es decir que, que el estudio realizado, también proporciona un hábitat favorable para el desarrollo de organismos consumidores de fangos, como los *Oligochaeta acuáticos*, lo que completa el mejoramiento de la calidad del efluente con este, un tratamiento terciario de bajo

coste (como humedales artificiales) y obteniendo una calidad excelente del agua, apta para su reutilización, como lo menciona en su estudio sobre

La implementación de herramientas computacionales en la modelación de plantas de tratamiento de aguas residuales es de gran utilidad ya que permite simular diferentes escenarios para mejorar tanto operativa como económicamente la operación de la planta horrando tiempo y dinero (Castillo & Díaz, 2022).

De acuerdo a los resultados obtenidos, procedió a utilizar un sistema de tratamiento aerobio y evaluar la eficiencia del mismo. El sistema de tratamiento aplicado durante el proyecto, obtuvo altas eficiencias de remoción. Con la información recolectada en la caracterización del afluente, se estableció las variables básicas de diseño de la planta de tratamiento, es decir las condiciones necesarias que aseguren un correcto funcionamiento del sistema (Albarracín & Choto, 2017).

## **2.2. Marco teórico**

### ***2.2.1. Calidad del agua***

“La calidad del agua se define en función de la concentración de algunos agentes químicos y biológicos, y también se consideran algunas de sus características físicas” (Aguilar, 2016).

Las descargas de agua residuales se dividen en dos tipos, las domésticas y las industriales. En ambos casos se producen situaciones en las que no se llevan a cabo procesos de tratamiento de las aguas que eliminan posibles agentes contaminantes, por lo que terminan afectando negativamente la calidad de las aguas superficiales que las reciben.

La calidad de un cuerpo de agua depende de múltiples factores relacionados a la calidad y la cantidad de residuos, sea líquidos o sólidos que se generan a partir de las actividades domésticas, agropecuarias y/o industriales, sea esto por las disposiciones inadecuadas de residuos sólidos urbanos o peligrosos, que a través



de los escurrimientos superficiales y lixiviados o por la eliminación directa llegan a un cuerpo de agua (semarnat, 2014)

Los índices pueden generarse utilizando elementos básicos en base a la función de la calidad de agua. El Índice de Calidad del Agua, ICA permite definir las condiciones que debería registrar el cuerpo de agua de acuerdo a los diferentes usos específicos.

Este índice ICA o WQI (Water Quality Index) por sus siglas en inglés, fue desarrollado por la Fundación de la Sanidad Nacional de EEUU (NSF) en 1970, con la finalidad de poder idear un sistema que permita comparar entre ríos de varios lugares del país (SNET, 2015).

Freire (2020), entre los parámetros útiles para medir la contaminación del agua está la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), mediante la que puede establecer los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas residuales domesticas e industriales, permitiendo a la vez calcular los efectos de las descargas de éstas en calidad de las aguas de los cuerpos receptores, lo que contribuye desarrollo de estrategias y /o diseño de sistemas de plantas de tratamiento en agua residuales.

La medición de sólidos suspendidos que están presentes en la columna de agua es una actividad ya usada con una representación de 75% y del 40 % de los sólidos filtrables de un agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica, en la mayoría de los casos el incremento de  $DBO_5$ , sólidos suspendidos y disueltos, son parámetros que indican en índice de la calidad de agua (Freire, 2020)

### ***2.2.2. Demanda Biológica de Oxígeno ( $DBO_5$ )***

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO), es la cantidad de oxígeno que consumen especialmente las bacterias aeróbicas y anaeróbicas (hongos y plancton) para la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra.

Esto se utilizar para realizar mediciones en base el grado de contaminación, sin embargo, la DBO es un proceso biológico delicado y requiere mucho tiempo. “Como el proceso de descomposición depende de la temperatura, se realiza a 20°C durante 5 días de manera estándar, denominándose DBO<sub>5</sub>” (Induanalisis, 2019).

### **2.2.2.1. Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

La demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno necesario que poder oxidar la materia orgánica por medios químicos y poder convertirla en CO<sub>2</sub> Y H<sub>2</sub>O. Cuando se obtiene datos elevados de DQO<sub>5</sub> nos indica que el agua está más contaminada. Esta prueba de este parámetro puede durar 3 horas, puesto que los resultados que se obtengan en menor tiempo referente a la prueba de DBO<sub>5</sub>.

Las concentraciones de DBO<sub>5</sub> en aguas industriales pueden situarse entre 50 y 2000 mg O<sub>2</sub>/l, aunque pueden llegar hasta 5.000 según el tipo de operación que realice la industria. “La determinación de la demanda química de oxígeno

(DQO) se realiza en el laboratorio y consiste en la oxidación de los compuestos orgánicos en presencia de una solución ácida de bicromato calentada a 150 ° C durante 2 horas (López et al., 2017, p. 19)

### **2.2.3. Nitrato (NO<sub>3</sub>)**

El nitrato es una especie iónica natural que forma parte del ciclo de nitrógeno de la tierra. Existen en el ambiente en formas solubles en agua, en asociación con otros iones tales como sodio y potasio. Las sales se disocian completamente en ambientes acuáticos. El nitrito se oxida fácilmente combinándose con oxígeno para formar el nitrato. Generalmente el nitrato es estable en el ambiente; sin embargo, puede ser reducido a nitrito por medio de procesos biológicos que involucran las plantas, los microbios, etc. (ATSDR, 2016)

#### **2.2.4. Fosforo (P)**

El fósforo es un componente esencial para la vida, por ende, es fundamental para el crecimiento de vida vegetal y animal. Forma parte de la estructura del ADN, ATP y las moléculas de fosfolípidos de las membranas celulares. Este elemento ocurre en aguas naturales y residuales (domestica e industriales) principalmente en forma particulada orgánica e inorgánica, en pequeñas fracciones de forma disuelta. “La concentración de fosforo total mide la cantidad de fosforo disponible en forma orgánica e inorgánica, disuelta y particulada en los sistemas acuáticos” (OAN, 2021).

#### **2.2.5. Total de sólidos suspendidos (TSS)**

El TSS se refiere a los sólidos totales, ya sea en suspensión o disueltos en agua. Mediante el medio de agua en el que este expuesto se puede encontrar varias impurezas de forma suspendida o disuelta.

Los sólidos totales en suspensión (TSS), nocivos en exceso y recogidos como un contaminante convencional en la Ley sobre agua limpia de Estados Unidos, pueden ser un indicador de la calidad de cualquier muestra de agua, ya sea del océano o de aguas residuales (hach, 2022)

Las partículas más pequeñas, incluyendo especies conteniendo cargas iónicas, se refiere como solidos disueltos. Por ende, es importante tomar en cuenta ambas concentraciones ya sean solidos disueltos o en suspensión debido a que el TSS es en contaminante más común del mundo.

#### **2.2.6. Planta de tratamiento con lodos activados**

##### **2.2.6.1. Tratamiento de Aguas Residuales**

El tratamiento de aguas residuales se divide generalmente en: primario, secundario y terciario.

##### **2.2.6.1.1. Tratamientos primarios**

Estos tipos de tratamientos son los más sencillos al momento de depurar el agua residual, para lo cual se debe prepararla eliminando todas las partículas que puedan dificultar los tratamientos siguientes.

Su objetivo básico es eliminar todas las materias gruesas y/o visibles que lleva el agua residual. El vertido de estas materias al medio receptor produce un impacto fundamentalmente estético. Si pasan a etapas posteriores de la línea de depuración se generan problemas y un deficiente funcionamiento de los procesos (Chávez, 2017, p. 547).

Estos tratamientos comprenden: el cribado o las mallas, la flotación o eliminación de grasas y la sedimentación. A la flotación y la sedimentación, se las pueden incluir dentro de los tratamientos secundarios y no como un proceso aislado.

- **Mallas o barreras:** El agua residual que es generada por múltiples procesos y actividades puede conllevar todo tipo de objetos flotantes que se contaminan los elementos residuales de gran formato, es decir, tamaños muy grandes de plásticos, papeles, maderas, entre otros elementos. Este tipo de material deben cumplir con especificaciones técnicas que conlleven a la fabricación adecuada. Deben ser fabricado con material anticorrosivo para que no se genere el desgaste al contacto con el agua. “Su función primordial es evitar un desgaste en los pozos que siguen al proceso. No hay tiempo de retención” (Calixto et al., 2005)
- **Eliminación de aceite y grasas:** Por sus características a nivel de viscosidad, estos componentes cuando se aparecen en las plantas de tratamiento pueden causar daños en los trabajos o procesos de la planta y por ende inconvenientes al instante en que se realizan actividades de limpieza a las rejillas y diferentes canales o ductos pertenecientes a los sistemas de aireación. Para este tipo de tratamiento se debe hacer uso de las conocidas trampas de grasas para su posterior remoción.

La grasa también hace que el tratamiento aeróbico y anaeróbico sea menos efectivo y, en consecuencia, el efluente de menor calidad puede amenazar los ecosistemas acuáticos y aguas subterráneas. Incluso una carga baja puede hacer que el agua no sea apta para beber (Fluence, 2021).

- **Sedimentación:** Toda sedimentación cumple objetivos puntuales y es la de lograr que las partículas que están en el agua se puedan separar. El tratamiento para aquello es sencillo, Su tratamiento es simple, al emplear solamente la gravedad para el caso de partículas más grandes, porque para el caso de partículas pequeñas se hace uso de materiales o aditivos coagulantes y lograr así remover dichas partículas.

#### **2.2.6.1.2. Tratamientos secundarios**

Este tipo de tratamiento secundario se encarga de la remoción de elementos orgánicos. Aquí se aplican procesos fisicoquímicos. En el proceso físico-químico se aplican operaciones de coagulación, oxidación, adsorción con carbono además de otros procesos que involucra sólidos para su remoción y otros procesos para remover los sólidos.

Todo tratamiento secundario supone la aplicación previa de otros tratamientos denominados primarios de tipo: físicos donde se produce la separación de sólidos suspendidos mediante la sedimentación, flotación de partículas, o de acción físico químico donde se produce la separación de partículas con la ayuda de la coagulación – floculación de sólidos presentes en estado coloidal (Farías, 2016).

Estos tratamientos son poco empleados ya que los costos de operación son muy elevados. Mientras los procesos biológicos son utilizados en todos los sistemas municipales por sus costos accesibles.

#### **2.2.6.1.3. Tratamientos Terciarios**

Permite la eliminación de aguas residuales basadas en proceso de tratamientos físicos químicos, con la finalidad de eliminar dichas aguas contaminantes tales como minerales, virus, metales, nitrógeno, fósforo entre otros elementos orgánicos.

La obtención de agua regenerada que sea apta para la reutilización requiere de tratamientos adicionales para mejorar la calidad del efluente de aguas residuales de la depuradora, ya que por lo general los tratamientos de depuración reducen la carga de contaminantes de las aguas residuales permitiendo su vertido a cauces naturales, pero no necesariamente para un uso posterior como recurso hídrico alternativo (aguasresiduales, 2019)

Se diferencia de los tratamientos anteriores radica en que es más completo y se lo emplea en casos especiales en donde las aguas deban ser purificadas. Si se busca la eliminación de la mayor parte de contaminantes presentes en las aguas residuales, se debe recurrir a los tratamientos terciarios.

#### **2.2.6.2. Tratamiento por lodos activados**

Este tratamiento por lodos activados tiene un siglo de haber sido propuesta y desarrollado en Inglaterra. Esto tiene que ver con el agua a ser tratada, la misma debe pasar por un tratamiento primario antes descrito y así poder ingresar al sistema de lodos activados, pasando por todo este proceso se forma flósculos también llamados grumos de lodo.

Aquí se desarrollan microorganismos como las bacterias y es donde el flóculo se hace activo y toda materia orgánica es oxidada y absorbida.

Los lodos activados son un proceso biológico empleado en el tratamiento de aguas residuales convencional, que consiste en el desarrollo de un cultivo bacteriano disperso en forma de flósculos en un depósito agitado, aireado y alimentado con el agua residual, que es capaz de metabolizar como nutrientes los contaminantes biológicos presentes en esa agua (Alpírez et al., 2017, p. 51).

A través de la recirculación, estos lodos accedan al reactor de aireación para lograr el incremento de biomasa, así como, la aceleración de reacciones. A medida que están en contacto con el agua a ser tratada por el reactor de aireación con los lodos se crea licor mezclado.

Toda materia que se presentan en las aguas residuales se elimina de forma acelerada debido a flósculos presentes.

Los lodos activados como tratamientos biológicos para la depuración de aguas residuales han probado ser eficientes ya que la acción de los microorganismos presentes en el agua es la de metabolizar la materia orgánica hasta transformarla en materia suspendida en tejido celular nuevo y diferentes gases (Guerra, Cabrera, & Salazar, 2018).

Estos microorganismos que están dispersos son utilizados para el tratamiento de aguas residuales, pero por lo general son empleados antes todo tratamiento biológico por la dificultad de excluirlos del agua que ha sido tratada.

#### **2.2.6.2.1. Variaciones del proceso de lodos activados**

La muestra de una variación del sistema de lodos activados que busca solucionar este problema, conocida como aireación por pasos, en la cual se ingresa el material orgánico en el reactor en incrementos o pasos.

Uno de los procesos aerobios más empleados es el proceso de lodos activados. No hay un solo proceso de lodos activados, y existen muchas variaciones de dicho proceso para darle tratamiento a diferentes tipos y calidades de agua, o para obtener un agua tratada con ciertos parámetros de calidad (oocities, 2021).

Una de las variaciones conocida está referida a la de como estabilización por contacto. Este proceso consiste en que el agua a ser tratada debe ser mezclada con lodos activos.

### **2.2.6.3. Caracterización de lodos activados**

Todo tratamiento de aguas residuales va a depender de requerimientos para ejecutar la descarga tal y cual como se realiza la descarga en océanos de elementos sólidos voluminosos por sedimentación. Es importante desarrollar una caracterización de forma completa de las aguas residuales a tratar y por ende sus variaciones y con esto obtener su homogeneización, así como, la consideración de la salinidad.

Es por esto que para dar una mejor respuesta y con mayor seguridad se deben realizar análisis que permitan tener una claridad más amplia a cerca de la caracterización de algunos microorganismos, se piensa en realizar pruebas bioquímicas o test rápidos para la identificación de patógenos en particular y así lograr identificar qué es lo que está ocurriendo con el reactor con la carga microbiana (Galvis & Rivera, 2013).

El proceso de eliminación de material orgánico, así como los nutrientes de aguas residuales a nivel de tratamiento biológico tiene una posición en su proceso. Este proceso complejo presenta la interacción de bacterias y microorganismos, que necesariamente necesitan el oxígeno para vivir.

Los microorganismos filamentosos son parte de los lodos activos, pero bajo diversas condiciones, pueden entrar en competencia con las bacterias formadoras de flóculo, causando una serie de efectos sobre la estructura flocular. Su ausencia puede originar flóculos pequeños y sin cohesión, produciendo un efluente turbio, por otra parte, su presencia contribuye a una mejor calidad del lodo, siempre que no se dé un crecimiento masivo (Díaz N. , 2015).



El componente primordial para la comprensión de las funciones que desempeñan los microorganismos en el medio ambiente es la comunidad microbiana y su conocimiento. Esto involucra ecosistemas naturales o artificiales.

### **2.3. Marco legal**

Respecto del marco legal del proyecto, el mismo se lo desarrolló haciendo las observaciones ya establecidas y definida en el artículo 425 de la Constitución de la República del Ecuador, describiendo que el orden jerárquico de aplicación de las normas será el siguiente:

La Constitución; los tratados y convenios internacionales; las leyes orgánicas; las leyes ordinarias; las normas regionales y las ordenanzas distritales; los decretos y reglamentos; las ordenanzas; los acuerdos y las resoluciones; y los demás actos y decisiones de los poderes públicos (Registro Ofic., 2011).

#### **Agua potable y aguas servidas**

##### **Anexo 1 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio de ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua**

El Art. 264.4 de la Constitución, las municipalidades dentro de su límite de actuación y a través de las Entidades Prestadoras de Servicios de agua potable y alcantarillado (EPS) de carácter público o delegadas al sector privado, serán las responsables por la solución de los problemas de contaminación del agua, ocasionados por el abastecimiento, uso y deterioro de la calidad del agua, para lo cual deberán realizar los respectivos planes maestros de intercepción y tratamiento de las descargas.

Se entiende por uso del agua para preservación de la vida acuática y silvestre, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura.

## **Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua marina**

Se prohíbe la descarga de aguas residuales domésticas e industriales a cuerpos de agua salobre y marina sujetos la influencia de flujo y reflujos de mareas. Todas las descargas a esteros de agua salada sin excepción deberán ser interceptadas para tratamiento y descarga, de conformidad con las disposiciones de esta norma. Las municipalidades deberán incluir en sus planes maestros, el control de la contaminación de estos cuerpos receptores, por efecto de la escorrentía pluvial urbana.

Toda descarga a un cuerpo de agua marina en la cámara de carga del emisario submarino deberá cumplir, por lo menos con los parámetros indicados (Apéndice b), Límites de descarga a un cuerpo de agua marina, en la cual las concentraciones corresponden a valores medios diarios.

## **Constitución de la República del Ecuador del Ecuador 2008**

Art. 32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.

El Estado garantizará este derecho mediante políticas económicas, sociales, culturales, educativas y ambientales; y el acceso permanente, oportuno y sin exclusión a programas, acciones y servicios de promoción y atención integral de salud, salud sexual y salud reproductiva. La prestación de los servicios de salud se regirá por los principios de equidad, universalidad, solidaridad, interculturalidad, calidad, eficiencia, eficacia, precaución y bioética, con enfoque de género y generacional (Registro Ofic., 2011).

En lo que se refiere a las aguas servidas en el Código de la Salud (D.E. 188 R.O.158 del 2 de febrero de 1971), en los Art. 17, Art. 19, Art. 25, Art. 28, tenemos lo siguiente:

“Art. 17.- Nadie podrá descargar, directa o indirectamente, sustancias nocivas o indeseables en forma tal que puedan contaminar o afectar la calidad sanitaria del agua y obstruir, total o parcialmente, las vías de suministros”

“Art. 19.- Los pozos y suministros privados de agua en las áreas servidas por acueductos de uso público serán clausurados o sellados, provisional o definitivamente, cuando se compruebe que no ofrecen seguridades de potabilidad”

“Art. 25.- Las excretas, aguas servidas, residuos industriales no podrán descargarse, directa o indirectamente, en quebradas, ríos, lagos, acequias, o en cualquier curso de agua para uso doméstico, agrícola, industrial o de recreación, a menos que previamente sean tratados por métodos que los hagan inofensivos para la salud”

“Art. 28.- Los residuos industriales no podrán eliminarse en un alcantarillado público, sin el permiso previo de la autoridad que administre el sistema, la cual aprobará la solución más conveniente en cada caso, de conformidad con la técnica recomendada por la autoridad de salud.”

También en la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. (D. S. 374 de mayo de 1976. Modificada por la Ley de Gestión Ambiental, aprobada el 22 de julio de 1999).

En la parte no modificada, el Art. 16 prohíbe “descargar sin sujetarse a las correspondientes normas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos las aguas residuales que contengan contaminación que sean nocivas a la salud humana a la fauna y a las propiedades”.

Análogamente se expresan los Artículos 20 y 21 en relación a “cualquier tipo de contaminantes” y con los “desecho sólido, líquidos... de procedencia industrial, agropecuaria, municipal o doméstica” que “puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales”.

El Art. 17 señala que el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), coordinará con los Ministerios de Salud Pública (MSP) y Ministerios de Defensa según el caso, elaborará proyectos de normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas residuales de acuerdo con la calidad de agua que deberá tener el cuerpo receptor.

El Art. 18 le otorga al MSP el mandato de “fijar el grado de tratamiento que deban tener los residuos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen” y el Art. 19 le delega la función supervisora de la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como la operación y mantenimiento.

## **Derechos del buen vivir - Sección II**

### **Ambiente sano**

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

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

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

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional (Registro Ofic., 2011).

### **Hábitat y Vivienda**

“Art. 30.- Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica” (Registro Ofic., 2011).

Art. 31.- Las personas tienen derecho al disfrute pleno de la ciudad y de sus espacios públicos, bajo los principios de sustentabilidad, justicia social, respeto a las diferentes culturas urbanas y equilibrio entre lo urbano y lo rural. El ejercicio del derecho a la ciudad se basa en la gestión democrática de ésta, en la función social y ambiental de la propiedad y de la ciudad, y en el ejercicio pleno de la ciudadanía (Registro Ofic., 2011).

### **Salud**

Art. 32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.

El Estado garantizará este derecho mediante políticas económicas, sociales, culturales, educativas y ambientales; y el acceso permanente, oportuno y sin

exclusión a programas, acciones y servicios de promoción y atención integral de salud, salud sexual y salud reproductiva. La prestación de los servicios de salud se regirá por los principios de equidad, universalidad, solidaridad, interculturalidad, calidad, eficiencia, eficacia, precaución y bioética, con enfoque de género y generacional (Registro Ofic., 2011).

### **Legislación ambiental secundaria (TULAS)**

Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes Recurso Agua LIBRO VI  
ANEXO 1

Aguas Residuales Las aguas de composición variada proveniente de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que haya sufrido degradación en su calidad original.”

### **Criterios generales de descarga de efluentes.”**

- 1) Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.
- 2) Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.
- 3) Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor.
  - a) Descarga a un cuerpo de agua dulce.
  - b) Descarga a un cuerpo de agua marina.

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, Código de práctica Ecuatoriano, CPE INEN 5, Parte 9-1:1992**

Se encuentra definido las normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. En esta norma se presentan:

- a) Estudio de pre factibilidad: Conjunto de datos y estudios preliminares necesarios para el planteamiento y comparación de alternativas técnicamente viables para la provisión de agua potable y alcantarillado.
- b) Estudio de factibilidad: Análisis realizado para confirmar las decisiones tomadas en un estudio de pre factibilidad y establecer que la alternativa seleccionada puede ejecutarse, tanto desde el punto de vista técnico como del financiero.
- c) Proyecto definitivo: Conjunto de trabajos que incluye diseños, presupuestos, memoria técnica, lista de materiales y especificaciones técnicas, documentos de licitación y programación de trabajos para la ejecución de una obra y para permitir su operación y mantenimiento.
- d) Prediseño: Dimensionamiento preliminar de los componentes de un sistema.
- e) Datos preliminares: Información recogida con carácter provisional para la ejecución de estudios de pre factibilidad.
- f) Alternativas: Diversas posibilidades técnicas para realizar un proyecto de abastecimiento de agua potable y alcantarillado.

## Capítulo III

### Diseño metodológico

#### 3.1. Planteamiento hipotético

El sistema de lodos activados es eficiente en la reducción de desechos de aguas residuales de un laboratorio producción de larvas de camarón (*Penaeus vannamei*)

#### 3.2. Diseño de la investigación

La presente investigación es de tipo experimental, debido que se implementó un sistema de tratamiento biológico para tratar las descargas de agua generadas en la producción de larva de camarón blanco (*Pennaeus vannamei*) con la finalidad de remover la mayor carga de materia orgánica presente en el medio.

##### 3.2.1. Diseño experimental

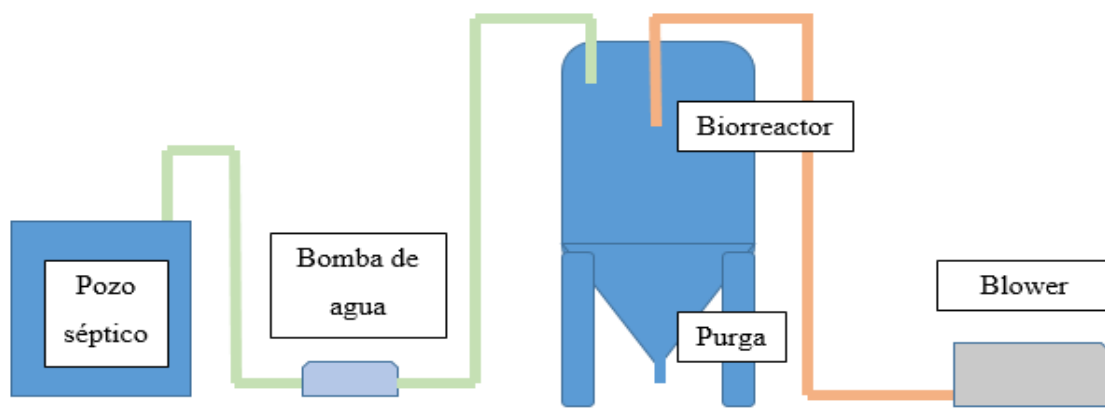
###### 3.2.1.1. Elaboración de lodos activados

El trabajo experimental, bajo la metodología de (Díaz, Peña, Escalera, Carrasquero, & López, 2012), tuvo dos etapas consecutivas, la primera etapa para obtener los lodos activados se extrajo aguas residuales domesticas provenientes del pozo séptico del laboratorio con una capacidad de 10 toneladas, posterior a esto, en el tanque #1 llamado biorreactor con una capacidad de 500 litros se llenó por 300 litros de estas aguas ya mencionadas, una vez lleno, se añadió el catalizador sulfato de zinc ( $ZnSO_4$ ) al 20 % disuelto en 7 litros de agua potable, homogenizado por un periodo de 8 horas. Posteriormente se dio el proceso de aireación, que fue calculada con la ayuda del multiparametro y mediante la regulación de las llaves de paso, se obtuvo un rango de  $4$  y  $6 \pm$  mg/l de oxígeno disuelto, con el fin de obtener una buena aireación y remoción por parte de nuestras bacterias, al momento de la descarga se dejó reposar



1 hora para que todo el lodo se concentre por decantación. Luego de esto se volvía a cargar agua residual del pozo al tanque biorreactor por 6 corridas consecutivas con una duración de 8 horas de intervalo, obteniendo así nuestro consorcio bacteriano de una proporción de 3:7 (30% de lodo biológico y 70% para agua a tratar).

El agua residual descargada era devuelta a otro pozo séptico perteneciente al laboratorio, con la finalidad de prevenir cualquier tipo de contaminación de este proceso biológico.



**Gráfico 1** Diseño del biorreactor de la planta de tratamiento de las descargas de aguas residuales

### 3.2.1.2. Aclimatación del lodo activado

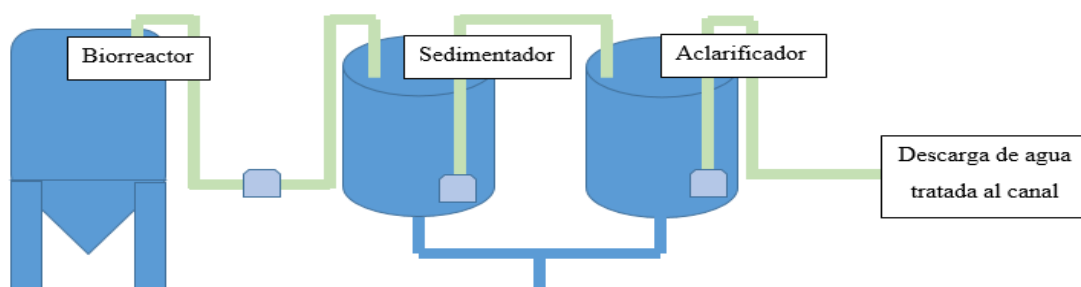
Para la segunda etapa del proceso biológico se realizó la climatización, se homogenizó el agua residual del pozo séptico versus el agua a tratar, luego se añadió los catalizadores; sulfato de zinc ( $ZnSO_4$ ) y policloruro de aluminio ( $AlCl_3$ ), al 20 % disueltos en recipientes diferentes de 7 litros con agua potable, posterior a esto se usó el tanque biorreactor con un tiempo de aireación de 12 horas por 4 corridas consecutivas; en la primera corrida se aplicó 75% de agua residual vs 25% de agua a tratar; en la segunda corrida se aplicó 50% de agua residual vs 50% de agua a tratar, posteriormente en la tercera corrida se aplicó 25% de agua residual vs 75% de agua a tratar; mientras que en la última corrida se aplicó 0% de agua residual vs 100% agua a

tratar; la inyección de aire fue la misma previo a la obtención de nuestro consorcio microbiano ( $4$  y  $6 \pm \text{mg/l}$ ). Posterior a esto se dejó decantar 1 hora y con la ayuda de una bomba de agua se traspasó el agua tratada al tanque #2 de sedimentación, nuevamente se dejó reposar 1 hora y con la ayuda de la bomba de agua se traspasó el agua tratada al tanque #3 de clarificación, donde se añadió 8 gotas de cloro al 100% y finalmente el agua tratada era expulsada a los canales del efluente.

### 3.2.1.3. Tratamiento por lodos activados

Una vez obtenido nuestro consorcio de bacterias ya establecido para su uso en proporción de 30:70, agregamos al tanque #1 (biorreactor) los catalizadores, sulfato de zinc ( $\text{ZnSO}_4$ ) y policloruro de aluminio ( $\text{ALCL}_3$ ), al 20 % disueltos en recipientes diferentes 7 litros con agua potable y añadimos el biorreactor para su homogenización por 10 periodo consecutivos.

El excedente de lodos activados que se generaron durante el proceso de tratamiento fue descargados mediante la purga instalada en cada uno de los 3 tanques, sin embargo el tanque #1 (Biorreactor) las bacterias se replican consecutivamente, por ende se regulaba mediante el uso de la purga, previniendo una alteración de nuestros resultados y conservando nuestra proporción establecida de 3:7 (30% de lodo biológico y 70% para agua a tratar).



**Gráfico 2** Diseño de la planta de tratamiento para las descargas de aguas residuales del laboratorio de larvas *Penaeus* S.A. (Vallejo, 2022)

#### **3.2.1.4. *Recolección de muestras***

La recolección de muestras se realizó en el tanque #3 de clarificación, debido a que era nuestro proceso final del tratamiento, las muestras eran selladas, etiquetadas y congeladas bajo la metodología de (IDEAM, 2007), y fueron enviadas al laboratorio de Productos y servicios industriales (PSI).

#### **3.2.1.5. *Análisis de Nitrato ( $NO_3$ )***

Las muestras de N se realizaron en el laboratorio de Penaeus con la ayuda del espectrofotómetro YSI EcoSense 9500 bajo el protocolo de procesamiento de muestra fue basado en las recomendaciones dadas por el manual YSI Iron LR Reagent de la casa comercial Xylem Brand. Se agregaron 10 ml. de la muestra a un tubo de ensayo; adicionalmente, se añadió una pastilla de nitrógeno, previamente triturada para luego mezclar hasta lograr su total homogenización. Se dejó reposar por unos minutos hasta observar un cambio de coloración a una tonalidad rosa transparente.

Mientras la muestra reposaba, se procedía a realizar la lectura del blanco en el espectrofotómetro, con una muestra de 10 ml de agua desionizada en un tubo de ensayo, para calibrar, seleccionando el test #30 (preestablecido a una longitud de onda de 500 nm).

Posterior a la calibración se realizó la medición de la concentración de nitrógeno con el mismo protocolo aplicado al blanco, midiendo la lectura de absorbancia y transmitancia para obtener la lectura de concentración de N en mg/L.

### **3.2.1.6. Análisis de DBO<sub>5</sub>, DQO, P, NO<sub>3</sub> Y TSS**

Las muestras fueron trasladadas exclusivamente al laboratorio de análisis Productos y servicios industriales C. LTDA; con número de servicio de acreditación ecuatoriano SAE LEN 05-003, puesto que el laboratorio no contaba con el equipo ni los reactivos necesarios para poder medir estos parámetros.

### **3.2.1.7. Establecer normalidad**

Los datos recolectados fueron sometidos a pruebas de normalidad, esto con el fin de establecer la existencia de diferencias significativas entre los mismos o no.

### **3.2.1.8. Pruebas de eficiencia**

La determinación de la eficiencia de remoción ( $\eta$ ) de material es la base fundamental para la situación del sistema de remoción orgánica se define típicamente con el porcentaje de materia orgánica que será contenida en el interior del reactor biológico, como biomasa formada, o como parte del tratamiento, puesto que así en el efluente se observa una reducción de su carga orgánica.

Para obtener el porcentaje de remoción se aplica la siguiente formula.

$$\% \eta_{remoción} = \frac{DQO_{afluente} - DQO_{efluente}}{DQO_{afluente}} * 100$$

Donde:

$\eta$  = eficiencia de remoción de materia orgánica (%)

$DQO_{afluente}$  = Cantidad de materia orgánica en la entrada (mg/L)

$DQO_{efluente}$  = Cantidad de materia orgánica en la salida (mg/L)

### **3.2.1.9. Análisis estadístico T-student.**

Las variables cuantificadas fueron sometidas a una prueba T-student para muestras emparejadas a fin de evaluar las diferencias obtenidas en los niveles de DQO, DBO<sub>5</sub>, P, NO<sub>3</sub> y TSS con un intervalo de confianza de 95% y un valor de  $p < 0,05$  utilizando el software Minitab 19.2.0.

### **3.2.2. Técnicas**

“Es evidente que las técnicas e instrumentos del enfoque cuantitativo son una herramienta valiosa y de gran utilidad que han generado mediante su uso importantes avances a la ciencia en muchas áreas del conocimiento” (Jiménez, 2020, p. 62).

El proyecto aplicó la técnica de la observación directa, porque esta técnica permitió la recolección de datos del objeto mediante la observación del objeto de estudio de forma particular. Su aplicación se la realizó en base a su alcance y esto tiene que ver con la determinación del objeto, es decir, qué es lo que se va a observar, sus objetivos en función del para qué, el registro de los datos, su análisis e interpretación y finalmente las conclusiones.

### **3.2.2. Instrumentos de medición**

Los instrumentos de medición en trabajos de investigación permiten la cuantificación de comportamientos, así como determinados atributos a estudiar y siempre están en función de los objetivos planteados en todo proyecto. Para el caso de la obtención de resultados cuantitativos siempre será necesario la revisión del grado o nivel de precisión. Las mediciones consisten en procesos de asignación de numerales a eventos mediante reglas ya establecidas

previamente. También permiten medir fenómenos siempre y cuando existan reglas bien fundamentadas y de forma racional.

Los instrumentos de medición utilizados en el proyecto corresponden a equipos de tecnología de punta y de alta precisión como:

### ***3.2.2.1 pH-metro HANNA - HI98128***

El medidor impermeable pHep®5 de Hanna es un medidor de pH avanzado que tiene muchas características que se encuentran en los medidores portátiles y de mesa más costosos. Este medidor ergonómico mide de -2.00 a 16.00 pH con una precisión  $\pm 0.05$  pH. El pHep®5 presenta calibración automática de uno o dos puntos para el estándar conocido y compensación automática de temperatura.

El pHep®5 es un medidor de pH con una resolución de 0.01 pH y una precisión de  $\pm 0.05$  pH. Tiene muchas características avanzadas que se encuentran en instrumentos más costosos. La calibración de uno, dos o tres puntos es automática usando dos conjuntos de soluciones seleccionables (4.01, 7.01 y 10.01 o 4.01, 6.86 y 9.18). El pHep®5 también cuenta con un electrodo reemplazable que tiene un conector redondo de acero inoxidable (HANNA, 2022).

### ***3.2.2.2. Refractómetro VEE GEE STX 3***

Los refractómetros portátiles de salinidad son excepcionalmente simples de operar y brindan mediciones rápidas y precisas de la concentración de casi cualquier solución acuosa. La operación consiste en colocar 1 o 2 gotas de muestra en el prisma, cerrar la placa de luz diurna sobre la muestra y luego mirar a través del ocular de goma acolchada para las lecturas (Vee Gee, 2022).

### **3.2.2.3. Multiparametro YSI, modelo HI 9829**

Las medidas son rápidas y fáciles con la operación de la uno-mano, una exhibición retroiluminada fácil de utilizar, la calibración de botón automática, y una punta de prueba cargada, de rápido-hundimiento. Los YSI 550A HACEN tienen un compartimiento incorporado de la calibración, un indicador de la bajo-batería, una salinidad directa, y una remuneración de la altitud. El instrumento proporciona lecturas simultáneas del oxígeno y de la temperatura. Las lecturas disueltas del oxígeno son temperatura automáticamente compensada (YSI, 2022).

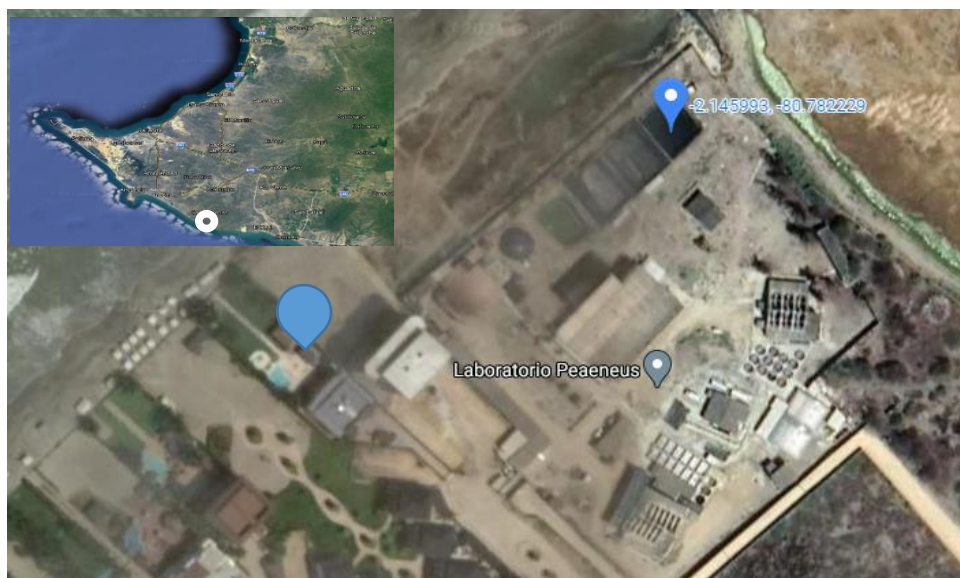
### **3.2.2.4. Fotómetro YSI 9500**

Son fotómetros económicos en paquetes pequeños para cualquier aplicación. Estos fotómetros portátiles le permiten tomar fácilmente lecturas directamente en el campo para más de 100 parámetros (YSI2, 2022)

## **3.3. Localización del área de estudio**

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio Penaeus S.A., año 2022, ubicado en el Sector Punta Blanca, Vía San Pablo, Provincia de Santa Elena, con las coordenadas -2.145993,-80.782229.

**Figura 1.** Vista satelital del laboratorio Penaeus S.A. (Google maps, 2022)



*Nota:* Elemento visual tomado del motor de búsqueda Google maps

### 3.4. Descripción de materiales

El presente proyecto tuvo como finalidad ser amigable con el medio ambiente, por ende, la empresa Penaeus S.A. ha brindado materiales reciclables en buen estado que reposan en el laboratorio contribuyendo a la naturaleza

Se utilizó:

**Tabla 1** Materiales utilizados para la ejecución del proyecto

Herramientas de trabajo		
Material	Equipos	Químicos
Tanque de fibra de 500 litros	Computadora HP modelo RTL8188EE	Policloro de aluminio (ALCL <sub>3</sub> )
2 tanques de 300 litros	Multiparametro YSI EcoSense DO200	Sulfato de zinc (ZnSO <sub>4</sub> )
1 tanque de 500 litros	VEE GEE STX3	500 ml de cloro 100%
1 bomba de 3metro de alcance	YSI EcoSense 9500	
2 bombas de 1 metro de alcance		
Mangueras de 1 pulgada		
Manguera de dos pulgadas		
Abrazaderas de 2 pulgadas		
Tubos PVC de 2 pulgadas		
Codos de 2 pulgadas		



2 Probetas de 1 litro		
(20) Botellas de 1 litro		

## **Capítulo IV**

### **Resultados**

#### **4.1. Evaluación de eficiencias**

La eficiencia de la aplicación de lodos activados mostró tener una eficacia relativamente alta en cuanto a la remoción de DBO, y Fosforo, así como un aumento positivo en la carga de nitrato, que sirve de nutriente para la productividad primaria.

##### **4.1.1. Remoción de DQO y DBO<sub>5</sub>**

Las remociones máximas para DQO y DBO<sub>5</sub> fueron 40,89% y 52,84%, respectivamente (Tabla 1), los resultados de remoción de DQO y DBO<sub>5</sub> mostraron que la eficacia del uso de lodos activados es superior al 40%, no obstante, es significativamente menor a la obtenida en otras bibliografías. “A su vez, se ha evidenciado una remoción superior al 66% de DQO con el uso de lombrifiltros para el tratamiento de aguas residuales“ (Jonathan & Chimbo, 2021).

Sin embargo, el uso de este filtro biológico mostró una remoción de DBO inferior a los registrados en el presente estudio (52.25%). Los resultados de esta investigación, no obstante, denotaron una remoción bastante similar a los datos por Ghufran, Ali, & Thaar (2020) “quienes utilizaron grava para la remoción de DQO y DBO<sub>5</sub> obteniendo remociones de 54 y 68%, respectivamente”.

##### **4.1.2. Remoción de Nitrato**

Los niveles de nitrato ascendieron a más de 15 veces sus niveles iniciales, es decir, que, implica una eficacia de 143%, sin embargo, se mantuvo por debajo del límite permitido por la legislación ecuatoriana, a su vez que evidencia un proceso exitoso de nitrificación (entiéndase

por nitrificación a la conversión u oxidación de iones de amonio a iones de nitrito y luego a iones de nitrato).

#### **4.1.3. Remoción de P totales**

Uno de los valores más altos de remoción, observados, fue la remoción de fósforos totales, con un promedio de 84.94%. Autores como Teixeira et al. (2013) reportan niveles de remoción de entre 25,6 y 38,4%, es decir, de 2 a 3 veces menos. Niveles más elevados son reportados por Casallo (2015) en su trabajo investigativo "Eficiencia de Remoción de Nitrógeno y Fósforo en un reactor aerobio de lodos activados de las aguas residuales urbanas" en donde obtuvo un 53% de remoción de fósforos totales"

Otros autores han utilizado lodos activados bajo protocolos convencionales (NLAP) y con proceso de aireación intermitente (IAP), mostrando eficiencias de 47.8% y 80.8% respectivamente.

#### **4.1.4. Remoción de TSS**

La eficacia de los TSS en las pruebas realizadas mostró un 28,70%, valor que es relativamente menor al expuesto por otros autores al tratar efluentes con lodos activados. Así, Rodas (2021) en su trabajo investigativo "Efecto de los lodos activados a escala de laboratorio en la disminución de DQO, DBO<sub>5</sub>, TSS, aceites y grasas, del efluente del camal municipal de Cajamarca", indica una eficiencia promedio de remoción de 79.5%.

Bendezu & Jurado (2021), "indica una eficacia de remoción superior al 70% utilizando lodos activados a escala piloto en el camal municipal del distrito de Huancavelica. Otros autores informan, la remoción del 99% de TSS, con el uso de lodos activados.

Castillo & Cárdenas (2019), "aunque los tratamientos como tal son efectuados en aguas residuales de origen doméstico y no de origen acuícola, como es el caso de este estudio"

**Tabla 2.** Análisis del porcentaje de eficiencia de DBO<sub>5</sub>, DQO, NO<sub>3</sub>, P y TSS fuente. El autor

Muestras	% eficiencia				
	DBO <sub>5</sub>	DQO	NO <sub>3</sub>	P	TSS
M1	63,64	10,71	96,32	83,33	8,70
M2	40,00	45,95	87,48	88,10	36,11
M3	58,33	37,50	95,00	89,80	40,63
M4	44,44	56,52	97,20	84,85	46,81
M5	71,43	67,83	92,71	87,01	5,71
M6	63,64	67,74	98,64	87,01	27,91
M7	72,00	24,59	95,61	69,70	12,00
M8	61,54	46,15	94,78	91,15	40,00
M9	20,00	11,54	91,67	88,10	49,12
M10	33,33	40,38	55,95	80,39	20,00
Promedio	52,84	40,89	90,54	84,94	28,70

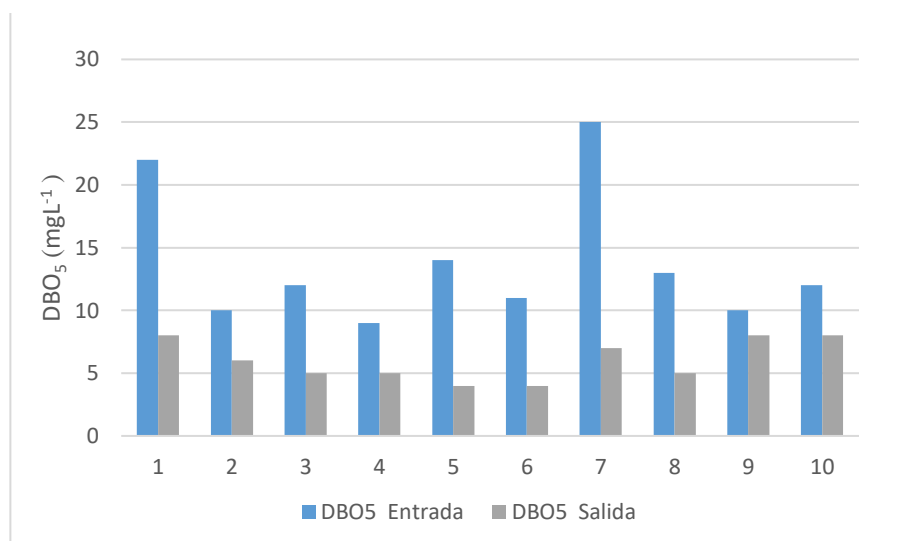
*Nota:* Los datos presentados en la Tabla 1, fueron obtenidos de la fórmula para medir eficiencia.

#### 4.2. Análisis de niveles de DQO, DBO<sub>5</sub>, P, NO<sub>3</sub> y TSS

Los niveles de DBO<sub>5</sub> y DQO fueron menores después del tratamiento con lodos activados, reduciendo al menos a la mitad de los niveles iniciales (de 14 a 6 para el DBO<sub>5</sub> y de 61 a 32 para DQO) (Figuras 1 y 2 respectivamente y Tabla 3).

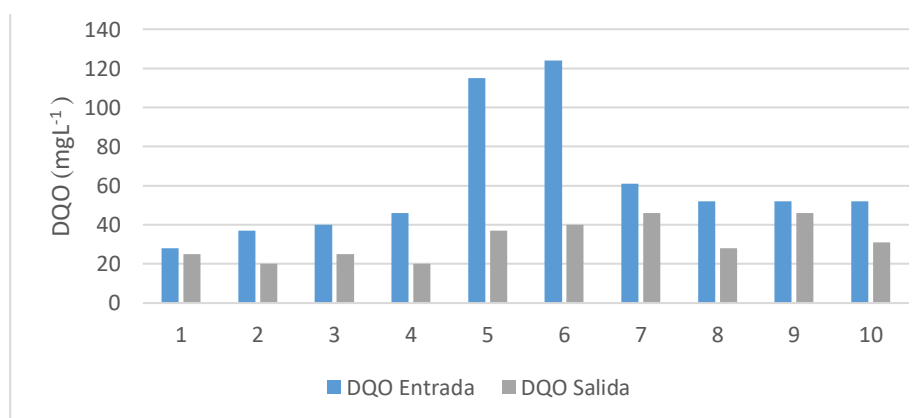
Los niveles máximos permitidos según la legislación Ecuatoriana, “para la descarga de efluentes es de 400 mgL<sup>-1</sup> para DQO y 200 mgL<sup>-1</sup> para DBO<sub>5</sub>, lo cual indica que los niveles de estos parámetros están en un rango óptimo de descarga permitido por la ley” (Registro Oficial, 2015)

**Figura 1.** Niveles de DBO5 antes y después de la aplicación del tratamiento fuente. El autor



*Nota:* Resultados obtenidos de los laboratorios PSI (Productos y Servicios Industriales C. LTDA).

**Figura 2.** Niveles de DQO antes y después de la aplicación del tratamiento. Fuente. El autor



*Nota:* Resultados obtenidos de los laboratorios PSI (Productos y Servicios Industriales C. LTDA).

**Tabla 3.** Registro de DBO5 y DQO en los muestreos realizados fuente. El autor

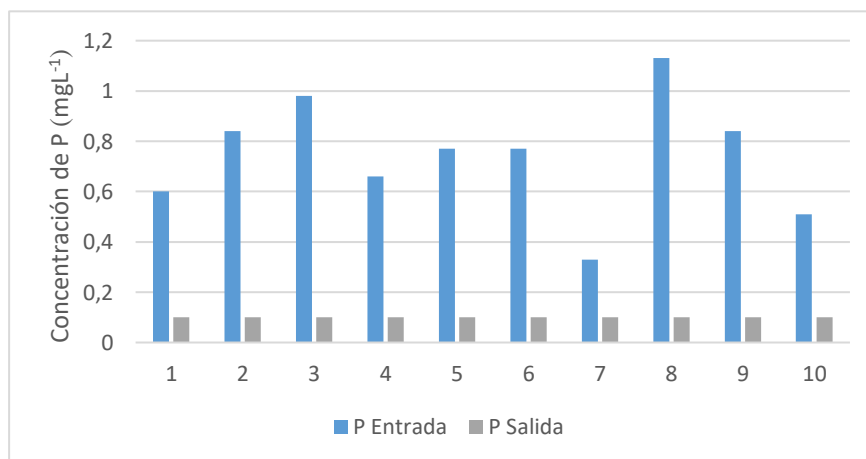
Muestreo	DBO <sub>5</sub>		DQO	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida
M1	22	8	28	25
M2	10	6	37	20
M3	12	5	40	25

M4	9	5	46	20
M5	14	4	115	37
M6	11	4	124	40
M7	25	7	61	46
M8	13	5	52	28
M9	10	8	52	46
M10	12	8	52	31

Los niveles de fósforos totales se redujeron de  $0,74 \text{ mgL}^{-1}$  a  $0,1 \text{ mgL}^{-1}$ , demostrando una alta capacidad del sistema de lodos activados al momento de reducir los niveles de este elemento (Figura 3, Tabla 4). Acorde a la legislación Ecuatoriana.

los niveles máximos permitidos de fósforos totales para la descarga de efluentes, es de  $15 \text{ mgL}^{-1}$ , por lo tanto, los niveles del agua tratada eran menores a este nivel permitido y fueron mucho más bajos después del tratamiento con lodos activados (Registro Oficial, 2015).

**Figura 3.** Niveles de P totales antes y después de la aplicación del tratamiento fuente. El autor



*Nota:* Resultados obtenidos de los laboratorios PSI (Productos y Servicios Industriales C. LTDA).

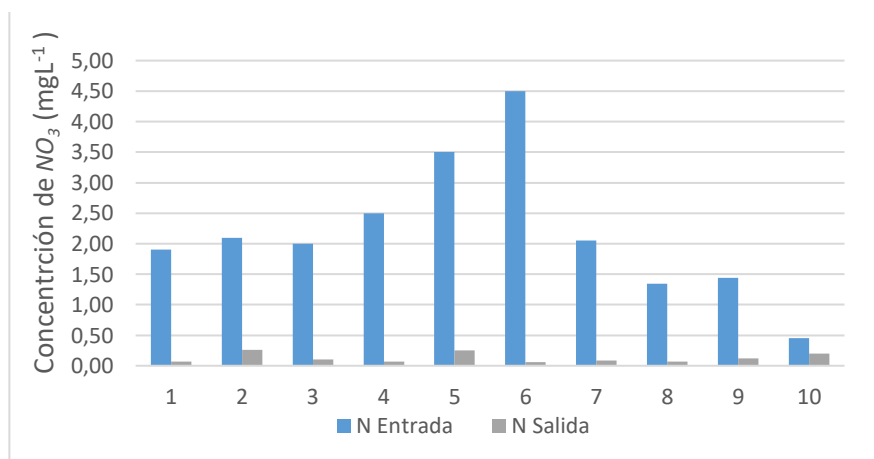
**Tabla 4.** Registro de P totales en los muestreos realizados fuente. El autor

Muestreo	P totales ( $\text{mgL}^{-1}$ )	
	Entrada	Salida
M1	0.6	0.1

M2	0.84	0.1
M3	0.98	0.1
M4	0.66	0.1
M5	0.77	0.1
M6	0.77	0.1
M7	0.33	0.1
M8	1.13	0.1
M9	0.84	0.1
M10	0.51	0.1

En el caso del nitrato, dentro del medio tratado, se evidenció una disminución de la concentración del mismo (de 2,18 mgL<sup>-1</sup> a 0,13 mgL<sup>-1</sup>) (Figura 4, Tabla 5), de acuerdo con la norma de calidad ambiental de Ecuador, “los niveles máximos de nitrógeno permitidos para la descarga de efluentes son de 40 mgL<sup>-1</sup>, por lo que el agua tratada posee niveles aptos para su descarga dentro de vertientes naturales” (Registro Oficial, 2015).

**Figura 4.** Niveles de NO<sub>3</sub> antes y después de la aplicación del tratamiento fuente. El autor



*Nota:* Resultados obtenidos de los laboratorios PENAEUS, San Pablo, Provincia de Santa Elena.

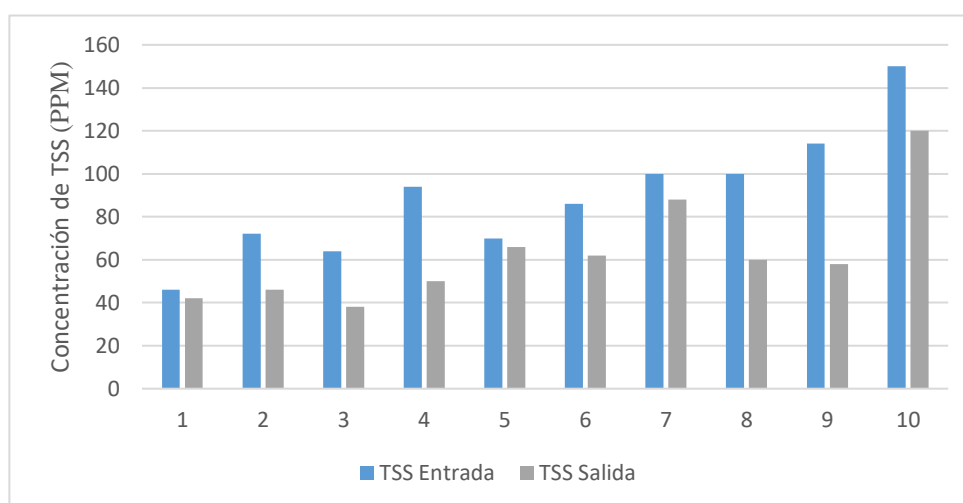
**Tabla 5.** Registro de NO<sub>3</sub> totales en los muestreos realizados fuente. El autor

	NO <sub>3</sub> totales (mgL <sup>-1</sup> )	
	Entrada	Salida
M1	0.07	1.90
M2	0.26	2.10
M3	0.10	2.00

M4	0.07	2.50
M5	0.26	3.50
M6	0.06	4.50
M7	0.09	2.05
M8	0.07	1.34
M9	0.12	1.44
M10	0.20	0.45

Las concentraciones de TSS se redujeron en más de 20 mgL<sup>-1</sup> (de 89,6 a 63 mgL<sup>-1</sup>). La legislación Ecuatoriana permite niveles máximos de TSS de 250 mgL<sup>-1</sup> (Figura 5, Tabla 6). Por

**Figura 5.** Niveles de TSS antes y después de la aplicación del tratamiento fuente. El autor tanto, el agua tratada, si bien, poseía niveles idóneos para su descarga antes del tratamiento, después de la aplicación de este, los niveles de TSS fueron aun menores.



*Nota:* Resultados obtenidos de los laboratorios PSI (Productos y Servicios Industriales C. LTDA).

**Tabla 6.** Registro de TSS totales en los muestreos realizados fuente. El autor

Muestreo	TSS totales (mgL <sup>-1</sup> )	
	Entrada	Salida
M1	46	42
bM2	72	46
M3	38	94
M4	50	70

M5	66	86
M6	86	62
M7	100	88
M8	100	60
M9	114	58
M10	150	120

### 4.3. Resultados de la prueba T-Student

#### 4.3.1. T-Student para DQO

Hipótesis nula: No existe diferencia entre los resultados antes tratamiento y después del tratamiento para DQO (sig. (Bilateral) < 0.05).

Hipótesis alterna: Existió diferencia significativa entre los resultados en el pre tratamiento y post tratamiento para las concentraciones de DQO. (Sig. (Bilateral) < 0.05).

Según los análisis realizados existieron diferencias significativas entre los niveles iniciales de DQO, respecto de aplicación del tratamiento este (tabla 3). Esto implicó que exista diferencia significativa entre la media de resultados de las concentraciones de DQO entre los resultados previo tratamiento y post tratamiento. Se observa, además, que los niveles de DQO son menores después de la aplicación del tratamiento de lodos activados.

#### 4.3.2. T-Student para DBO<sub>5</sub>

Hipótesis nula: No existió diferencia entre los resultados antes tratamiento y después del tratamiento para DBO<sub>5</sub> (sig. (Bilateral) < 0.05).

Hipótesis alterna: Existió diferencia significativa entre los resultados en el pretratamiento y post tratamiento para las concentraciones de DBO<sub>5</sub> (sig. (Bilateral) < 0.05).

Acorde a los resultados obtenidos en la prueba T-Student existen diferencias entre los niveles iniciales de DBO<sub>5</sub>, con relación a los valores posterior a la aplicación del tratamiento (Tabla 3). Por lo tanto, se asume que existe diferencia significativa entre la media de resultados de las concentraciones de DBO<sub>5</sub> entre los resultados previo tratamiento y post tratamiento.



Se observó, también, que los niveles de DBO<sub>5</sub> fueron más idóneos para descarga de efluentes después de la aplicación del tratamiento de lodos activados.

#### **4.3.3. T-Student para P totales**

Hipótesis nula: No existió diferencia entre los resultados antes tratamiento y después del tratamiento para P totales (sig. (Bilateral) < 0.05).

Hipótesis alterna: Existió diferencia significativa entre los resultados en el pretratamiento y post tratamiento para las concentraciones de P totales (sig. (Bilateral) < 0.05).

La prueba T-Student mostró que sí existen diferencias entre los niveles iniciales de P totales y los niveles posteriores al tratamiento (tabla 4). Por tanto, se asume que existe diferencia significativa entre la media de resultados de las concentraciones de P totales entre los resultados previo tratamiento y post tratamiento. En síntesis, los niveles de P totales denotaron una disminución después del tratamiento con lodos activados.

#### **4.3.4. T-Student para NO<sub>3</sub>**

Hipótesis nula: No existió diferencia entre los resultados antes tratamiento y después del tratamiento para NO<sub>3</sub> (sig. (Bilateral) < 0.05).

Hipótesis alterna: Existió diferencia significativa entre los resultados en el pretratamiento y post tratamiento para las concentraciones de NO<sub>3</sub> (sig. (Bilateral) < 0.05).

La concentración de nitrato posterior al tratamiento mostro un incremento con relación a su concentración inicial, previo al tratamiento (tabla 5). La prueba T-Student indica que tal diferencia si es significativa, por lo cual, se admisible la existencia de discrepancia entre la media de resultados de las concentraciones de Nitrato previo tratamiento y post tratamiento.

De entre las variables medidas, el nitrato disminuyo su concentración, como resultado de la desnitrificación, transformándola en un gas atmosférico. Cabe recalcar, además, que los niveles de nitrato de esta agua son aptos para su descarga en efluentes.

#### 4.3.5. T-Student para TSS

Hipótesis nula: No existió diferencia entre los resultados antes tratamiento y después del tratamiento para TSS (sig. (Bilateral) < 0.05).

Hipótesis alterna: Existió diferencia significativa entre los resultados en el pretratamiento y post tratamiento para las concentraciones de TSS (sig. (Bilateral) < 0.05).

Los análisis T-student de TSS indicaron que existe diferencia significativa entre los niveles iniciales y post tratamiento (Tabla 6). Los resultados obtenidos, por tanto, indican que hay suficiente evidencia estadística para argumentar que las medias de concentración de TSS son diferentes previo tratamiento y post tratamiento. Se recalca además que al ser menores, los valores de TSS, después del tratamiento de lodos activados, se muestra la efectividad del tratamiento.

**Tabla 8.** Análisis T-studen para datos emparejados de DBO<sub>5</sub>, DQO, NO<sub>3</sub>, P y TSS fuente. El autor

Análisis P(T<=t) dos colas	T-student aplicado	Valor p	Valor P (T<=t) dos colas	Interpretación
DBO <sub>5</sub> Entrada = DBO <sub>5</sub> Salida		0,05	0,000817	Rechazo Ho
DQO Entrada = DQO Salida		0,05	0,010546	Rechazo Ho
NO <sub>3</sub> Entrada = NO <sub>3</sub> Salida		0,05	0,000154	Rechazo Ho
P Entrada = P Salida		0,05	0,00001	Rechazo Ho
TSS Entrada = TSS Salida		0,05	0,000793	Rechazo Ho

*Nota:* Resultados para obtener diferencias significativas entre resultados de entrada y salida

## Conclusiones

Se logró efectuar un sistema de lodos activados que permitió reducir la carga orgánica, además de reducir la demanda de oxígeno de efluentes descartados de producción acuícola.

Los catalizadores sulfato de zinc y el policloruro de aluminio ayudaron a la activación de la bacteria y clarificación del agua reflejados en los resultados post tratamientos.

La remoción de la materia orgánica pudo ser evaluada con el parámetro de la DBO5 a un 52 % mediante la fórmula de eficiencia, obteniendo valores dentro del rango de en criterios de calidad de agua, sin embargo se pudo analizar mediante esta fórmula la remoción de los demás parámetros en calidad de agua

El consorcio microbiano que se logró formar para el tratamiento de lodos activados, fue óptimo para el tratamiento de las descargas de agua de producción del laboratorio Penaeus, por ende, los resultados obtenidos de las cantidades de remoción constan dentro de los rangos en calidad de agua para descargas en aguas marinas

A pesar de que la eficiencia tendió a ser inferior a los niveles sugeridos por diversos autores, los parámetros medidos posterior al tratamiento estuvieron por debajo de los niveles permitidos por la legislación ecuatoriana, por lo cual, pueden ser vertidos directamente a fuentes fluviales o reutilizarse en sistemas de recirculación.

Las pruebas de hipótesis T-Student para muestras emparejadas, demostraron que, si existió diferencia entre los niveles de los parámetros medidos antes y después del tratamiento aplicado, en consecuencia, se puede argumentar, que la aplicación de lodos activados a aguas residuales ayuda en la disminución de la carga orgánica.

## **Recomendaciones**

Determinar los tiempos de retención hidráulica previa al tratamiento biológico debido a que puede oscilar la cantidad de remoción orgánica y sustancias inorgánicas dentro del bioreactor con el fin de ser eliminadas, obteniendo porcentajes de niveles de eficacia más elevados.

Se debe realizar un análisis referente a las diferentes dosificaciones de los catalizadores, policloruro de aluminio y sulfato de zinc en base a este tipo de tratamientos para determinar un rango óptimo con mejores resultados de purificación del agua en descargas de aguas en post producción.

Realizar un estudio en base a los rangos óptimos de niveles de oxígeno disuelto, dentro de los tanques de biorreactores para obtener una mayor remoción de material orgánico mediante el parámetro de la DBO<sub>5</sub>.

Evaluar el parámetro de color en base a las tablas de criterios en descargas de agua, pre y post tratamiento mediante el uso de lodos activados.

Caracterizar la microflora bacteriana, para un mayor control en la aplicación de lodos activados, así como de otros microorganismos, que pudiesen ayudar o influir negativamente en la disminución de la carga orgánica, a fin de evitar contratiempos o resultados no deseados.

Realizar en futuras investigaciones o estudios, mediciones de iones ferroso y en caso de presentarse, tomar las medidas del caso a fin de permitir una correcta nitrificación de amonio tóxico para que la nitrificación de los sistemas de lodos activados, no se vea afectada por la presencia de niveles elevados de hierro férrico y ferroso.

## Referencias bibliográficas

aguasresiduales. (11 de junio de 2019). *Tratamientos terciarios para la reutilización de agua.*

Obtenido de [aguasresiduales.info](http://aguasresiduales.info):

<https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/tratamientos-terciarios-para-la-reutilizacion-de-agua-8BQ2i>

Aguilar, G. (2016). *Seguimiento en el cambio de poblaciones de microorganismos durante el tratamiento biológico combinado, anaerobio-anóxico-aerobio al tratar compuestos fenólicos [Tesis de Licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla].*

Repositorio Institucional. Obtenido de

<https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/12761>

aireo2. (2021). *Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales por Lodos Activados.* Obtenido de Aeration Industries International, LLC:

<https://www.aireo2.com/es/aplicaciones/lodos-activados/>

Albarracín, A., & Choto, L. (2017). *Propuesta de tratamiento de las aguas residuales Provenientes de una empresa de procesamiento y Almacenamiento de cárnicos, papas y otros Vegetales”, en su trabajo de titulación para la obtención de título de Ingeniarío Ambiental [Tesis de Ingeniería, Es].* Repositorio Digital. Obtenido de

<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17880?locale=de>

Alpírez, J., Avilés, K., Castillo, H., Pinzón, I., Poveda, R., & Vallester, E. (2017). Evaluación de un sistema biológico de lodos activados a escala de laboratorio. *Revista de Iniciación Científica*, 3(1), 50-57. Obtenido de

<https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1697>

- Amador, A., Véliz, E., & Bataller, M. (2015). Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. *CENIC Ciencias Químicas*, 46, 1-10. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1816/181642434003.pdf>
- Bendezu, M., & Jurado, C. (2021). *Eficiencia de remoción de materia orgánica por medio de lodos activados a escala piloto en el camal municipal del distrito de huancavelica [Tesis de Ingeniería, Universidad Universidad Nacional de Huancavilva, Perú]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3766>
- Calixto, C., Cerf, M., Pablos, M., & Rubio, R. (2005). *Método de tratamiento de aguas residuales por lodos activados [Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/629630>
- Casallo, J. (2015). *Eficiencia de remoción de nitrógeno y fósforo en un reactor aerobio de lodos activados de las aguas residuales urbanas del colector Daniel Alcides Carrión - Huancayo [Tesis de Ingeniería, Universidad Alas Peruanas]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/1180>
- Castillo, F., & Díaz, H. (2022). *Diseño de una planta de tratamientos de aguas residuales y validarlo mediante un software de simulación y optimización para la parroquia Crucita, Portoviejo-Manabí [Tesis de Ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22938>
- Castillo, R., & Cárdenas, J. (2019). *Evaluación de la eficiencia de un módulo de lodos activados en el tratamiento de agua residual domestica del Distrito de San Miguel [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional del Callao]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/4560>

- CEPAL. (2021). *Reflexiones sobre la gestión del agua en América Latina y el Caribe*.  
Obtenido de Condicionales de los derechos:  
[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46792/1/S2000908\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46792/1/S2000908_es.pdf)
- Chávez, I. (2017). Diseño e implementación de un sistema de tratamiento de Aguas residuales. *Revista Científica Dominio de las Ciencias*, 3(1), 536-560.
- Díaz, A., Peña, M., Escalera, M., Carrasquero, S., & López, F. (2012). Remoción de nitrógeno en efluentes de una industria camaronera utilizando un reactor por carga secuencial. *Revista ciencia fecluz*, 20(2), 79-89.
- Díaz, N. (2015). Importancia de los microorganismos filamentosos en el sistema de tratamiento de aguas residuales por lodos activados. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 10(1), 2.8. Obtenido de  
<https://revistas.usac.edu.gt/index.php/asa/article/view/1438/910>
- Ediciones Legales. (2016). *Suplemento del Registro Oficial No. 418, 10 de Septiembre de 2004*. Obtenido de  
<https://hitcloud.planificacion.gob.ec/documents/20182/30657/LeydeGestionAmbienta1.pdf/8bf56c61-03f3-4ce3-916a-36ce02cc72ee#:~:text=%2D%20Se%20establece%20el%20Sistema%20Descentralizado,de%20conformidad%20con%20esta%20Ley>.
- Farías, B. (26 de septiembre de 2016). *Tratamiento Secundario*. Obtenido de Conocimientos básicos sobre Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales:  
<https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-modulo-iii>
- Fluence. (24 de junio de 2021). *Eliminación de Sebo, Aceite y Grasa de Efluentes*. Obtenido de <https://www.fluencecorp.com/es/eliminacion-de-sebo-aceite-y-grasa-de-efluentes/>

- Freire, N. (2020). *Calidad del agua*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6165/2/DBO%20-%20SS%20-%20SD.pdf>
- GADSE. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Obtenido de Empresa Pública de Obras, Bienes y Servicios Santa Elena e.p.: <http://www.gadse.gob.ec/gadse/wp-content/uploads/2020/05/DOCUMENTO-PDYOT.pdf>
- Galvis, J., & Rivera, X. (2013). *Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los lodos presentes en la planta de tratamiento de aguas residuales industriales (PTARI) de la Empresa Jugos HIT de la ciudad de Pereira [Tesis de Tecnología, Universidad Tecnológica de Pereira]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.co/items/f43bbeec-8cff-4740-b9a5-dc8c01b4e0e5>
- Ghufran, H., Ali, J., & Thaar, S. (2020). BOD and COD reduction using porous concrete pavements. *elsevier.*, 13, 1-16. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509520300681?via%3Dihub>
- Gómez, V. (2014). *Bioindicación microscópica como herramienta para el tratamiento de aguas residuales de la industria azucarera [Tesis de maestría, Universidad de Valladolid]*. Repositorio documental. Obtenido de <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/11690>
- Guerra, F., Cabrera, M., & Salazar, W. (2018). Prototipo para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria quesera en el cantón Guano provincia de Chimborazo. *NoaSinergia*, 1(2), 20-29.
- hach. (2022). *¿Qué son los sólidos totales en suspensión (TSS)?* Obtenido de Sólidos (totales y disueltos): <https://es.hach.com/parameters/solids>



HANNA. (2022). *Producto HI 98128 Medidor de pH / Temperatura Impermeable pHep®5*.

Obtenido de HANNA Instruments:

<https://www.hannacolombia.com/productos/producto/hi-98128-medidor-de-ph-temperatura-impermeable-phepr5>

IDEAM. (10 de septiembre de 2007). *Instructivo para la toma de muestras de aguas*

*residuales*. Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios

Ambientales:

[http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma\\_Muestras\\_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428](http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma_Muestras_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428)

Induanalisis. (04 de junio de 2019). *DBO y DQO*. Obtenido de

[https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo\\_y\\_dqo\\_31#:~:text=La%20DBO%20es%20la%20demanda,org%C3%A1nicas%20contenidas%20en%20la%20muestra.tra](https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo_y_dqo_31#:~:text=La%20DBO%20es%20la%20demanda,org%C3%A1nicas%20contenidas%20en%20la%20muestra.tra)

ISA. (2022). *Lodos activados vs contactores biológicos rotatorios (rbc's) vs reactores de lecho fijo movil*. Obtenido de ISA, Ingeniería y Servicios Ambientales:

<https://isa.ec/lodos-activados-vs-contactores-biologicos-rotatorios-rbcs-vs-reactores-de-lecho-fijo-movil/>

Jiménez, L. (2020). Impacto de la investigación cuantitativa en la actualidad. *Convergence*

*Tech Revista Científica*, 4(1), 59-68. Obtenido de

[https://www.researchgate.net/profile/Ledys-](https://www.researchgate.net/profile/Ledys-Jimenez/publication/352750927_IMPACTO_DE_LA_INVESTIGACION_CUANTITATIVA_EN_LA_ACTUALIDAD/links/60d66a7b299bf1ea9ebe5113/IMPACTO-DE-LA-INVESTIGACION-CUANTITATIVA-EN-LA-ACTUALIDAD.pdf)

[Jimenez/publication/352750927\\_IMPACTO\\_DE\\_LA\\_INVESTIGACION\\_CUANTITATIVA\\_EN\\_LA\\_ACTUALIDAD/links/60d66a7b299bf1ea9ebe5113/IMPACTO-DE-LA-INVESTIGACION-CUANTITATIVA-EN-LA-ACTUALIDAD.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ledys-Jimenez/publication/352750927_IMPACTO_DE_LA_INVESTIGACION_CUANTITATIVA_EN_LA_ACTUALIDAD/links/60d66a7b299bf1ea9ebe5113/IMPACTO-DE-LA-INVESTIGACION-CUANTITATIVA-EN-LA-ACTUALIDAD.pdf)

Jonathan , C., & Chimbo, J. (2021). *Eficiencia en la remoción de materia orgánica mediante*

*lombrifiltros (Eisenia foetida) en aguas residuales domésticas para zonas rurales*

[Tesis de Ingeniería, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí].

Repositorio institucional. Obtenido de

<https://repositorio.esпам.edu.ec/xmlui/handle/42000/1434>

Khan. (2022). *El ciclo del nitrógeno*. Obtenido de Khan Academy:

<https://es.khanacademy.org/science/biology/ecology/biogeochemical-cycles/a/the-nitrogen-cycle>

López, C., Buitrón, G., García, H., & Cervantes, F. (2017). *Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño*. IWA Publishing.

doi:10.2166/9781780409146

Martínez, I. (2016). *Estudio de la dinámica de protistas y metazoos en un reactor biológico de aireación prolongada con macrófitas en flotación y su relación con las variables fisicoquímicas [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Valencia]*. Repositorio digital. Obtenido de <https://1library.co/document/z1lg1g3q-dinamica-protistas-biologico-aireacion-prolongada-macrofitas-flotacion-fisicoquimicas.html>

Obtenido de <https://1library.co/document/z1lg1g3q-dinamica-protistas-biologico-aireacion-prolongada-macrofitas-flotacion-fisicoquimicas.html>

Méndez, L., Miyashiro, V., Rojas, R., Cotrado, M., & Carrasco, N. (2004). Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala de laboratorio. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG*, 7(14), 74-83. Obtenido de

<https://core.ac.uk/download/pdf/304893961.pdf>

OAN. (2021). *Concentración de Fósforo Total (PT)*. Obtenido de Observatorio Ambiental Nacional (Ministerio del Ambiente):

<https://www.ambiente.gub.uy/oan/indicador/?i=concentracion-de-fosforo-total-pt-en-agua-superficial>

oocities. (2021). *Tratamiento biológico de aguas residuales*. Obtenido de

<https://www.oocities.org/edrochac/residuales/procesoslodos.htm>

Registro Ofic. (13 de julio de 2011). *Constitución de la República del Ecuador*. Obtenido de [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-06/CONSTITUCION%202008.pdf)

[06/CONSTITUCION%202008.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2020-06/CONSTITUCION%202008.pdf)

Registro Oficial. (04 de noviembre de 2015). *Reforma texto unificado legislación secundaria, medio ambiente, norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso*

*agua*. Obtenido de Registro Oficial: [https://www.ambiente.gob.ec/wp-](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf)

[content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf)

Rodas, D. (2021). *Eficiencia de los lodos activados a escala de laboratorio en la disminución de DQO, DBO5, SST, aceites y grasas, del efluente del camal municipal de*

*Cajamarca [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional de Cajamarca]*. Repositorio

Institucional. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4534>

semarnat. (2014). *Calidad del agua*. Obtenido de El medio ambiente en México:

[https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_resumen14/06\\_agua/6\\_2\\_1.html#:](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_1.html#:~:text=La%20calidad%20del%20agua%20es,del%201%C3%ADquido%20(Peters%20et%20al.&text=En%202012%2C%20el%2040.7%25%20de,una%20excelente%20ca)

[~:text=La%20calidad%20del%20agua%20es,del%201%C3%ADquido%20\(Peters%20et%20al.&text=En%202012%2C%20el%2040.7%25%20de,una%20excelente%20ca](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_1.html#:~:text=La%20calidad%20del%20agua%20es,del%201%C3%ADquido%20(Peters%20et%20al.&text=En%202012%2C%20el%2040.7%25%20de,una%20excelente%20ca)

[lidad%20del%20agua.](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_1.html#:~:text=La%20calidad%20del%20agua%20es,del%201%C3%ADquido%20(Peters%20et%20al.&text=En%202012%2C%20el%2040.7%25%20de,una%20excelente%20ca)

[lidad%20del%20agua.](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_1.html#:~:text=La%20calidad%20del%20agua%20es,del%201%C3%ADquido%20(Peters%20et%20al.&text=En%202012%2C%20el%2040.7%25%20de,una%20excelente%20ca)

SNET. (2015). *índice de calidad del agua general "ICA"*. Obtenido de Servicio Nacional de Estudios Territoriales:

<http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>

Teixeira, G., Sánchez, I., Gebara, D., Dall'Aglio, M., & Matsumoto, T. (2013). Remoción de

fósforo de diferentes aguas residuales en reactores aeróbios de lecho fluidizado

trifásico con circulación interna. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de*

*Antioquia*(67), 172-182.

Vee Gee. (2022). *Refractómetros Portátiles de Salinidad* . Obtenido de VEE GEE Scientific laboratory Equipment % Supplies: <https://www.veege.com/products/handheld-salinity-refractometer>

YSI. (2022). *Aparato de medición de oxígeno disuelto 550A*. Obtenido de Direct Industry: <https://www.directindustry.es/prod/ysi-life-science/product-26601-1660826.html>

YSI2. (2022). *Fotómetro 9500*. Obtenido de YSI a xylem brand: <https://www.ysi.com/9500>

## Anexos

**Tabla 7.** Límite de descarga en cuerpo de agua marina.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Película visible		Ausencia
Aluminio total	Al	mg/l	0,2
Amoníaco	N	mg/l	0,5
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Coliformes Totales	NMP	NMP/100 ml	20000
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,2
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Color	Color real	Unidades de Platino-Cobalto	75,0
Compuesto Fenólicos	Fenol	mg/l	0,001
Cromo	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	<2mg/l
Hierro total	Fe	mg/l	1,0
Difeniles Policlorinados	Concentración de agente activo		No detectable
Materia Flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,002
Nitratos	N	mg/l	10,0
Nitritos	N	mg/l	1,0
Olor y sabor			Es permitido removible por tratamiento convencional
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	>60% del OD Sat.
pH	pH		6-9
Plata	Ag	mg/l	0,05
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	250,0
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	100,0

**Tabla 8.** Límite de descarga en cuerpo de agua marina límite máximo permisible.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas		mg/l	30,0
Arsénico total	As	mg/l	0,5
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Cianuro total	CN-	mg/l	0,2
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	10 <sup>8</sup>
Color	Color verdadero	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	200,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	400,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo.	TPH	mg/l	20,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,01
Nitrógeno Total kjedahl	N	mg/l	40,0
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Sólidos Suspendedos Totales		mg/l	250,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	µg/l	50,0
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	µg/l	100,0
Carbamatos	Especies totales	mg/l	0,25
Temperatura	oC		< 35
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	0,5



*Nota: 1.- Prueba in situ a menor escala*



*Nota: 2.- Prueba in situ, mayor escala arranque del proyecto.*



*Nota: 3.- Tercer tanque de sedimentación, Lodos activados.*



*Nota:* 4.- Catalizador sulfato de zinc, 16 gr al 20% de concentración en solución líquida para el Tratamiento en el tanque.



*Nota:* 5.- Catalizador policloruro de aluminio, 16gr al 20% de concentración en solución líquida Para el tratamiento del tanque.





*Nota:* 6.- Se observa el 30% de lodo activado vs el 70% de agua a tratar.



*Nota:* 7.- Decantación del lodo, lodo compactado, marrón y macrofloculos bien formados después del tiempo de decantación



*Nota:* 8.- Resultado después del tratamiento, agua tratada, muy clara y sin mal olor.



*Nota: 9.-* Entrada de agua, antes del tratamiento.



*Nota: 10.-* Medición de oxígeno y temperatura.



*Nota: 11.-* Salida de agua después del tratamiento.



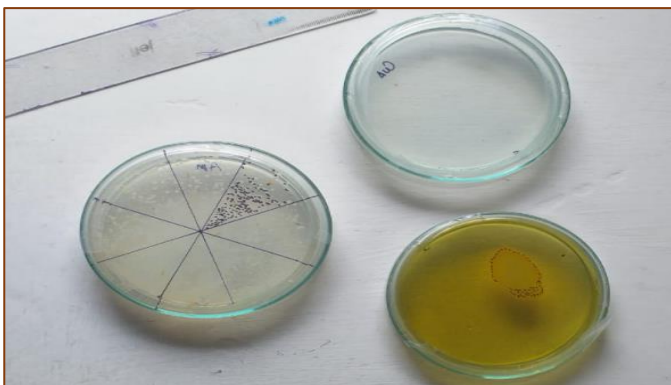
*Nota:* 12.- phmetro, medición del pH



*Nota:* 13.- Multiparámetro, medición de oxígeno disuelto y temperatura.



*Nota:* 14.- Refractómetro, medición del N



*Nota:* 15.- Cajas petri, análisis en diferentes tipos de agar, marino antes y después del tratamiento.



*Nota:* 16.- Refractómetro, medición de la salinidad.



*Nota:* 17.- congelación de muestras

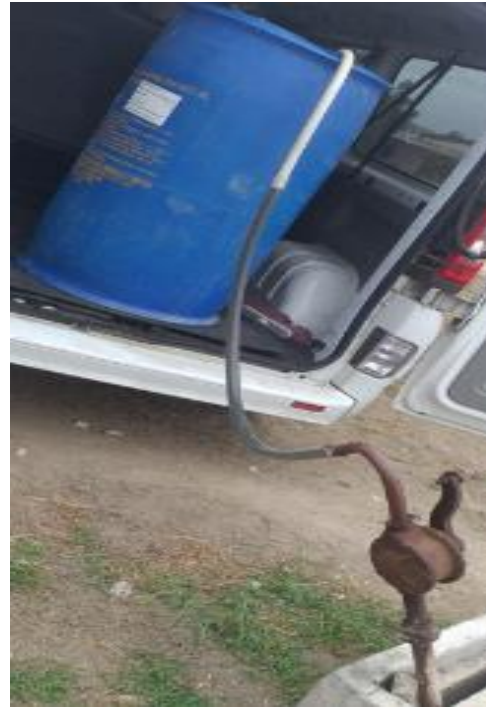


*Nota:* 18.- muestras analizadas en el laboratorio PSI.





*Nota:* 19.- Elaboración del bioreactor



*Nota:* 20.- Transporte de aguas servidas de pozo séptico del laboratorio PENAEUS hacia el biorreactor.



*Nota:* 21.- Arranque de la primera corrida de la formación del lodo.



*Nota: 22.- Lodo activado color marrón en proceso de tratamiento de agua.*



*Nota: 23.- Medición del phmetro después del tratamiento.*



*Nota: 24.- Medición de oxígeno disuelto y temperatura en la salida de agua, después del tratamiento.*



*Nota: 25.-* Formación de macrofloculos por exceso de tiempo de decantación.



*Nota: 26.-* Visibilidad del inicio del tratamiento para la formación ideal del lodo activado.

**Gráfico 3.** Diagrama del sistema de lodos activados construido en las instalaciones del laboratorio de larvas *Penaeus* S.A. Fuente. El autor.

