UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

EFICIENCIA EN LA REMOCIÓN DE ACEITES, GRASAS, DBO,Y DQO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA DE PALMA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA STARI YAQUA, DISTRITO DE MANANTAY, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, DEPARTAMENTO DE UCAYALI

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AMBIENTAL

MAURO GINER MOZOMBITE DE JESUS

KEVIN VELA SALDAÑA

PUCALLPA, PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

N° 182/2024-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 10:00 a.m. del jueves 29 de febrero del 2024, de acuerdo con el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del jurado evaluador en el auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, los mismos que estuvo designado con memo múltiple N° 009-2024-UNU-FCFyA-CGT, conformado por los siguientes docentes:

Ing. Mg. Gladys Elena Rojas Gutiérrez	Presidente
Ing. M. Sc. Jenny Paola Zeña Rubio	Miembro

Se procedió a evaluar la sustentación de la tesis denominado: **"EFICIENCIA EN LA REMOCION DE ACEITES, GRASAS, DBO, DQO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA DE PALMA, MEDIANTE LA UTILIZACION DE LA TECNOLOGIA STARI YAQUA, DISTRITO DE MANANTAY, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, DEPARTAMENTO DE UCAYALI"**, presentado por los bachilleres **Mauro Giner Mozombite de Jesús y Kevin Vela Saldaña,** asesorado por el **Dr. David León Moreno**. Habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del jurado evaluador, las que fueron absueltas por los sustentantes, en consecuencia, la tesis fue **APROBADO** por **MAYORIA** y recomendación de publicación, quedando expedito para el otorgamiento del **TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**; después de las correcciones respectivas de la tesis.

Siendo las 10:59 a.m. del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad

Ing. Mg. Gladys Elena Rojas Gutiérrez
Presidente

Ing. M. Sc. Jenny Paola Zeña Rubio
Miembro

ACTA DE APROBACION

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali; como requisito parcial para optar el titulo profesional de Ingeniero Ambiental.

Ing. Mg. Gladys Elena Rojas Gutiérrez

Presidente

Ing. M. Sc. Jenny Paola Zeña Rubio

Miembro

Dr. David león Moreno

Asesor

Bach. Mauro Giner Mozombite de Jesús

Tesista

Bach. Kevin Vela Saldaña

Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/0093-2024**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**EFICIENCIA EN LA REMOCIÓN DE ACEITES, GRASAS, DBO,Y DQO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA DE PALMA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA STARI YAQUA, DISTRITO DE MANANTAY, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, DEPARTAMENTO DE UCAYALI**"

Autor(es)	:	**MOZOMBITE DE JESUS, MAURO GINER**
		VELA SALDAÑA, KEVIN
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**ING. AMBIENTAL**
Asesor(a)	:	**Dr. LEON MORENO, DAVID**

Presenta un **porcentaje de similitud de 9%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 20/02/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Mauro Giner Mozombite de Jesús

Autor de la tesis titulada : Eficiencia en la remoción de aceites grasos, DBO y DQO de las aguas residuales de la industria de palma, mediante la utilización de la tecnología stari yagua, distrito de Manantay, Provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali.

Sustentada el año: 2024

Asesor(a): Dr. David León Moreno

Facultad: Ciencias forestales y Ambientales

Escuela Profesional: Ingeniería Ambiental

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [/]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 06 / 03 / 2024

Email: maurogmer mozombite@gmail.com Firma:

Teléfono: 916665216 DNI: 73501082

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Kevin Vela Saldaña

Autor de la tesis titulada : Eficiencia en la remoción de aceites, grasas, DBO y DQO de las aguas residuales de la industria de palma mediante la utilización de la tecnología Stari Yagua, distrito de Manantay, Provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali.

Sustentada el año 2024

Asesor(a): Dr. David Leon Moreno

Facultad: Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela Profesional: Ingeniería Ambiental

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [/]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 06 / 03 / 2024

Email: Kevinvela45@gmail.com Firma:

Teléfono: 992569831 DNI: 73006748

DEDICATORIA

A nuestros padres por el inmensurable apoyo y ser los pilares fundamentales en nuestra formación de carácter personal, y estar con nosotros en los momentos donde más necesitábamos.

Los tesistas.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Majestuosa Universidad Nacional de Ucayali, por ser nuestra casa de estudio y brindarnos las enseñanzas durante todo el desarrollo de la carrera, a nuestros docentes de la facultad de ciencias forestales y ambientales, por brindarnos su experiencia y conocimiento en el desarrollo de la carrera profesional de ingeniería ambiental.

Agradecemos a nuestro querido asesor de tesis, el Dr. David Leon Moreno, por ser de gran apoyo y guía en el desarrollo de nuestra tesis.

Agradecemos a la empresa Ecoproducts, por brindarnos la facilidad de poner ejecutar nuestra tesis en sus instalaciones.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA ..... **vii**

AGRADECIMIENTO ..... **viii**

INDICE GENERAL ..... **ix**

INDICE DE TABLAS ..... **xii**

INDICE DE FIGURAS ..... **xiv**

RESUMEN ..... **xvi**

ABSTRACT ..... **xvii**

INTRODUCCIÓN ..... **xviii**

CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **1**

1.1. Descripción del problema 1

1.2. Formulación del problema 3

1.2.1. Problema general 3

1.2.2. Problemas específicos 3

1.3. Objetivo general y objetivos específicos 4

1.3.1. Objetivo general 4

1.3.2. Objetivos específicos 4

1.3.3. Justificación e importancia 4

CAPITULO II MARCO TEORICO **7**

2.1. Antecedentes de la investigación 7

2.1.1. Antecedentes Internacionales 7

2.1.2. Antecedentes Nacionales 11

2.1.3. Antecedentes Locales 13

2.2. Bases teóricas 16

2.2.1. Efluentes industriales extractores de ACP 16

2.2.2. Efluente POME 18

2.2.3. Impacto de los Efluentes de Industrias Extractoras de Aceite Crudo de Palma en el Agua y Suelo 20

2.2.4. Situación de cultivo de Palma aceitera 26

2.2.5. Sistema tecnológico de tratamiento- STARI YAQUA 32

2.3. Definición de términos 33

2.4. Marco normativo 34

CAPITULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION 37

3.1. Método de investigación 37

3.1.1. Tipo de investigación 37

3.1.2. Nivel de investigación 37

3.1.3. Diseño de investigación 37

3.2. Ubicación, población y muestra 38

3.2.1. Ubicación del área de estudio 38

3.2.2. Población 39

3.2.3. Muestra 39

3.3. Instrumentos de recolección de datos 40

3.3.1. Materiales de campo 40

3.3.2. Herramientas 40

3.4. Procedimiento de recolección de datos 40

3.4.1. Fase de campo 40

3.4.2. Fase experimental 45

3.5. Procesamiento de datos recolectados 46

3.5.1. Comparación de los valores obtenidos de los parámetros fisicoquímicos con la normativa vigente 46

3.5.2. Prueba T Student para muestras relacionadas (pre-post)..... 46

3.6. Procesamiento de datos recolectados..... 49

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 50

4.1. Resultados..... 50

4.1.1. Porcentaje de eficiencia en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) de las aguas residuales de la industria de palma aplicando la tecnología STARI YAQUA. 50

4.1.2. Porcentaje de eficiencia en la remoción de la demanda química de oxígeno de las aguas residuales de la industria de palma aplicando la tecnología STARI YAQUA. 52

4.1.3. Porcentaje de eficiencia en la remoción de aceites y grasas de la tecnología STARI YAQUA 53

4.1.4. Comparación de medias con la prueba t student de muestras relacionadas. 55

4.1.5. Comparación de la concentración de aceites, grasas, DBO5 y DQO del agua tratada con la norma colombiana resolución 631-2015 y los estándares de calidad ambiental de agua (ECA-agua). 61

4.2. Discusión 70

CAPITULO V CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES 78

5.1. Conclusiones: 78

5.2. Recomendaciones: 79

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 80

ANEXOS..... 89

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Consumo de recursos y energía en proceso de extracción de ACP 16

Tabla 2 Vertimientos que Conforman los Efluentes de una Extractora de ACP 17

Tabla 3 Caracterización de efluentes de plantas extractoras de ACP 19

Tabla 4 Parámetros Fisicoquímico del suelo con Efluente Crudo y Sin Efluente. 23

Tabla 5 Tamaño de Partícula / Clase Textural del Suelo con y sin efluente crudo 25

Tabla 6 Tamaño de Partícula / Clase Textural del Suelo con y sin efluente crudo. 25

Tabla 7 Volumen de muestra de agua a utilizar 44

Tabla 8 Métodos de análisis fisicoquímico 46

Tabla 9 Esquema de la Prueba T Student para muestras relacionadas 47

Tabla 10 Eficiencia de remoción de la DBO 5 50

Tabla 11 Concentración de la DBO5 y eficiencia de remoción 51

Tabla 12 Eficiencia de remoción de la DQO 52

Tabla 13 Resultados de la DQO obtenidos en los puntos P1 y P2 de la tecnología Stari Yaqua 53

Tabla 14 Eficiencia de remoción de Aceites y grasas 54

Tabla 15 Resultados de Aceites y grasas obtenidos en los puntos P1 y P2 de la tecnología Stari Yaqua 54

Tabla 16 Prueba de normalidad para la DBO_5 56

Tabla 17 Prueba t de student par muestras relacionadas en DBO5 57

Tabla 18 Prueba de normalidad para la DQO 58

Tabla 19 Prueba t de student par muestras relacionadas en DQO 59

Tabla 20 Prueba de normalidad para aceites y grasas 60

Tabla 21 Prueba t de student par muestras relacionadas del parámetro de aceites y grasas 61

Tabla 22 Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales 90

Tabla 23 Formato de ubicación de puntos de monitoreo de la PTARI STARI YAQUA 91

Tabla 24 Reporte día 1 92

Tabla 25 Reporte día 2 92

Tabla 26 Reporte día 3 93

Tabla 27 Reporte día 4 93

Tabla 28 Reporte día 5 94

Tabla 29 Reporte día 6 94

Tabla 30 Reporte día 7 95

Tabla 31 Reporte día 8 95

Tabla 32 Reporte día 9 96

Tabla 33 Reporte día 10 96

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Plano de ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales Stari Yaqua 39

Figura 2 Punto de muestreo 41

Figura 3 Formato de ubicación de punto de monitoreo 42

Figura 4 Concentracion del afluente y efluente de aceites y grasas 63

Figura 5 Comparacion de medias de los valores de aceites y grasas con los limtes maximos permisibles 64

Figura 6 Concentracion del afluente y efluente de la DBO_5 66

Figura 7 Concentracion del afluente y efluente de la DBO_5 67

Figura 8 Concentracion del afluente y efluente de la DQO 69

Figura 9 Concentracion del afluente y efluente de la DQO 70

Figura 10 Resultado de laboratorio 97

Figura 11 resultados de parámetros analizados en el afluente 98

Figura 12 Resultado de laboratorio 99

Figura 13 resultados de parámetros analizados en el efluente 100

Figura 14 Limpieza del área donde se construyó la ptari Stari Yaqua 101

Figura 15 Excavación de pozas 101

Figura 16 Construcción de filtro percolador 102

Figura 17 Verificación de construcción de filtro percolador 102

Figura 18 Filtro percolador culminado 103

Figura 19 Llenado de fibra de palma en el filtro percolador 103

Figura 20 Instalacion de tuberias 104

Figura 21 Instalación de geomembrana en las pozas 104

Figura 22 Llenado de las pozas con agua residual de palma aceitera 105

Figura 23 Funcionamiento de la planta Stari Yaqua- filtro percolador 105

Figura 24 Envases donde se almacenaron las muestras por cada parámetro.....106

Figura 25 Toma de muestras en el Afluente(P1) 106

Figura 26 Toma de muestras en el efluente(P2) 107

Figura 27 Muestras recogidas para su posterior análisis 107

Figura 28 Eficiencia de la tecnología Stari Yaqua en el tratamiento de aguas residuales de la industria de palma 108

Figura 29 Vista aérea de la ptari Stari Yaqua 108

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como principal propósito de estudio el evaluar la eficiencia de la tecnología STARI YAQUA en la remoción de aceites, grasas, DBO y DQO, de las aguas residuales de la industria de palma, distrito de Manantay, Provincia de coronel portillo, departamento de Ucayali; el tipo de investigación acuerdo con la naturaleza de la investigación reúne las características de un estudio cuasiexperimental, de nivel aplicativo tecnológico, con un diseño preexperimental, incluyendo el diseño específico de pretest - postest de una muestra; como área de estudio se tomó la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de la empresa ECOPRODUCTS, en donde la población fueron las aguas residuales industriales, y se tomó como muestra 90 m^3 de agua residual industrial proveniente de la industria de extracción de aceite de crudo de palma, se procesaron mediante el software SPSS, mediante el cual se determinó estadísticamente que la planta de tratamiento STARI YAQUA es eficiente en la remoción de aceites y grasas con un 99, 76% de eficiencia , el porcentaje de eficiencia en la demanda bioquímica de oxígeno es del 99, 88 y la eficiencia en la remoción en la demanda química de oxígeno de la tecnología Stari Yaqua es del 99, 78%, además de que todos los parámetros analizados cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM y la norma colombiana 631-2015.

Palabras clave: *aguas residuales, industrias aceiteras, eficiencia en remoción.*

ABSTRACT

The main purpose of this research work was to evaluate the efficiency of the STARI YAQUA technology in the removal of oils, fats, BOD and COD, from the wastewater of the palm industry, district of Manantay, Province of Colonel Portillo , department of Ucayali; The type of research, according to the nature of the research, meets the characteristics of a quasi-experimental study, at a technological application level, with a pre-experimental design, including the specific pretest - posttest design of a sample; The industrial wastewater treatment plant of the ECOPRODUCTS company was taken as the study area, where the population was industrial wastewater, and 90 m^3 of industrial wastewater from the crude oil extraction industry was taken as a sample. palm, were processed using the SPSS software, through which it was statistically determined that the STARI YAQUA treatment plant is efficient in the removal of oils and fats with 99.76% efficiency, the percentage of efficiency in the biochemical oxygen demand is 99.88 and the removal efficiency in the chemical oxygen demand of the Stari Yaqua technology is 99.78%, in addition to all the parameters analyzed comply with the maximum permissible limits established in the S.D. N° 004-2017-MINAM and Colombian standard 631-2015.

Keywords: *wastewater, oil industries, removal efficiency.*

INTRODUCCIÓN

El incremento en la generación de aguas residuales a nivel global ha adquirido una creciente importancia, debido a que presenta un impacto en la salud humana, productividad económica, calidad ambiental de recursos hídricos y ecosistemas (Organizacion de las naciones unidas, 2018). En el contexto peruano existe un deficiente uso de los recursos hídricos, que implica una baja eficiencia en el aprovechamiento del agua para el uso agrícola y poblacional, así como a la inexistencia de infraestructura necesarias para el manejo y tratamiento del recurso hídrico (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

El aumento del cultivo de palma aceitera se ha constituido como una de las actividades agrícolas con mayor crecimiento y potencial de desarrollo en la Amazonía peruana en los últimos años (MINAGRI,2016). El procesamiento del aceite de palma implica la generación de grandes volúmenes de desechos líquidos, con un alto impacto al medio ambiente, (Narvaez, 2015). Las aguas residuales de las plantas de aceite de palma deben ser tratadas antes de ser vertidas a los cuerpos de aguas superficiales o ser usadas para algún tipo de riego. El tratamiento de efluentes de aceite de palma genera grandes cantidades de agua apta para diversas activades de riego y además se obtiene abono orgánico; promoviendo la conversión de los residuos en recursos para los cultivos de palma de las industrias. (Santos et al., 2000). Para el tratamiento de estos efluentes se emplean los siguientes tratamientos convencionales: el sistema de lagunas de oxidación, biodigestores de tanque abierto, sistemas de aireación extendida, al igual que un digestor anaeróbico cerrado (DGCA, 2012).

Con el objeto de reducir los impactos ambientales negativos que causa el vertido de los efluentes de aceite de palma sin un previo tratamiento, es necesario investigar y desarrollar nuevas tecnologías en el tratamiento de estas aguas residuales industriales.

Por tal motivo la presente investigación representa una oportunidad de desarrollo y creación de un paquete tecnológico para el tratamiento de las aguas residuales o efluentes de la industria de extracción de aceite de palma. La tecnología de tratamiento Stari Yaqua representa una alternativa viable en el competitivo mercado de tecnologías de tratamiento de aguas residuales industriales, se determinará cuan eficiente es la tecnología Stari Yaqua comparándola con otros procesos de tratamiento.

En ese sentido, esta investigación se estructura en cinco puntos principales:

En el Capítulo I: se encuentra el planteamiento de problema, que considera la descripción y formulación del problema, la justificación, viabilidad y limitaciones de la investigación y la teleología e hipótesis de esta; en el Capítulo II: se encuentra el marco teórico, en el que se desarrolla los enfoques que orientan el estudio, así también se consideran los estudios previos y los conceptos que son esenciales para la comprensión de estudio; en el Capítulo III: la metodología de la investigación, se precisa cómo se desarrolló la investigación, el tipo y diseño del estudio, la población con la que se trabajó, la técnica e instrumentos empleados y cómo se trataron los datos obtenidos; en el Capítulo IV: los resultados y discusión, se presentan, tanto en lo descriptivo como en lo inferencial, los hallazgos obtenidos, en función de los datos que se han recolectado; y en el Capítulo V: la discusión, analiza de modo crítico los resultados del estudio, en relación con estudios previos y a la luz de los enfoques que guían la investigación; finalmente se dan las conclusiones y sugerencias, que son segmentos del estudio en el que se concreta y comunica los aportes del estudio y las consideraciones a tomar en cuenta para futuras investigaciones.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

El agua es un recurso esencial para la vida, base para el desarrollo de todo tipo de sociedad, y principal soporte, de la calidad de vida en nuestro planeta. El hombre ha alterado dicho ciclo para satisfacer sus crecientes necesidades, principalmente por las actividades agrícolas, industriales y domésticas, como producto de estas actividades se obtiene la llamada “agua residual “, que puede dividirse según su origen en industrial, doméstica y municipal (Gronerth y Peña, 2017).

Los efluentes de las industrias de aceite de palma son producidos principalmente en los procesos de esterilización de la fruta y en la clarificación del aceite, en promedio una planta típica de beneficio de aceite de palma produce aproximadamente 0,8 $m3$ de efluente por cada tonelada procesada de racimo de fruta fresca, una planta extractora de medianas dimensiones puede producir 120.000 $m3$de aguas residuales. (Althausen, 2016, págs. 31-37).

Los efluentes de las plantas extractoras de aceites de palma contienen características nocivas para ser vertidas directamente a un cuerpo de agua, contienen alta carga orgánica, con una demanda química de oxígeno (DQO) de 55000 mg/l y una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de 25000 mg/l, sólidos suspendidos de 20000 mg/l, temperatura alta entre 70 – 80 ºC y un pH acido entre 4 y 5. Por lo anterior, se requiere de un tratamiento previo al uso de los residuos para la reutilización en suelos o de la descarga a una fuente de agua superficial. (Althausen, 2016, págs. 31-37).

Para el tratamiento de las aguas resultantes de las plantas de beneficio de aceite de palma, usualmente se usan lagunas abiertas de oxidación, que son procesos biológicos que implementan bacterias que digieren la materia orgánica, alcanzando la remoción

hasta de 1500 mg/l. Los lodos de fondo resultantes de las lagunas de oxidación se acumulan en el fondo de este y van reduciendo el espacio disponible por lo que deben ser extraídos. El no aprovechamiento de estos lodos contribuye un problema ambiental y económico como: la emisión de gases de efecto invernadero, la acumulación de los rellenos sanitarios y el costo de la extracción y transporte para la disposición final de los lodos (Althausen, 2016, págs. 31-37).

Una de las actividades presentes en la región Ucayali y que viene afectando principalmente los cuerpos superficiales de aguas y el suelo es la producción de Aceite Crudo de Palma (ACP) y una de las que más ha contribuido a la contaminación del agua.

Las industrias en su mayoría no poseen en sus instalaciones sistemas de tratamiento para sus efluentes o por el contrario si cuentan, pero no son las adecuadas y eficientes (Cortez, Cayón, Aguirre, & Chaves, 2006).

El peligro de la contaminación generado por los efluentes de industrias oleaginosas data desde el año 1977. Desde entonces se han llevado investigaciones y experimentos para dar solución a este problema. Como resultado de estas investigaciones se dieron cuenta que los tratamientos físicos (sedimentación, floculación, filtración, secado y centrifugación) eran deficientes y costosos, optando por los tratamientos biológicos que resultó ser mejor, pero que requerían grandes extensiones de terrenos (Petitpierre, 1982).

Las Industrias Oleaginosas que se encuentran en el departamento de Ucayali, en su mayoría están ubicadas a lo largo de la C.F.B., en lugares de fácil acceso y cercanas a un cuerpo de agua superficial (Delgado,2019).

Estas aguas residuales generadas durante el proceso de producción de la industria oleaginosa podrían ocasionar un impacto negativo significante sobre el ambiente, porque estos pueden causar contaminación de las vías fluviales debido al agotamiento del oxígeno, el uso de la tierra y otros efectos relacionados. Durante la temporada de lluvias,

el efluente es un hábitat de reproducción de mosquitos y emite olores desagradables. Las descargas de efluentes en el ecosistema acuático convierten el agua en marrón, maloliente y viscosa, lo que puede afectar adversamente la vida acuática y la calidad del agua para fines domésticos (Elijah et al. (2016).

Este trabajo tiene como finalidad evaluar, en primer lugar, la eficiencia de la tecnología STARI YAQUA en la remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Aceites y Grasas. Y, en segundo lugar, servir como base para su viabilidad técnica para su inserción en el mercado local.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es la eficiencia de la tecnología STARI YAQUA en la remoción de de aceites, grasas, DBO y dqo en el tratamiento de aguas residuales de industrias de palma?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la eficiencia de la tecnología STARI YAQUA en la remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno en el tratamiento de aguas residuales de la industria de palma?
- ¿Cuál es la eficiencia de la tecnología STARI YAQUA en la remoción de Demanda Química de Oxígeno en el tratamiento de aguas residuales de la industria de palma?
- ¿Cuál es la eficiencia de la tecnología STARI YAQUA en la remoción de Aceites y Grasas en el tratamiento de aguas residuales de la industria de palma?

- ¿Cuál es la comparación en la concentración de aceites y grasas, DBO5 y DQO del agua tratada, obtenido de la tecnología Stari Yaqua, con la norma colombiana resolución 631-2015 y los estándares de calidad ambiental de agua?

1.3. Objetivo general y objetivos específicos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la eficiencia de la tecnología STARI YAQUA en la remoción de aceites, grasas, DBO y DQO, de las aguas residuales de la industria de palma, distrito de Manantay, Provincia de coronel portillo, departamento de Ucayali.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la eficiencia en la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxigeno de la tecnología STARI YAQUA.
- Determinar la de eficiencia en la remoción de la Demanda Química de Oxigeno de la tecnología STARI YAQUA.
- Determinar la eficiencia en la remoción de Aceites y Grasas de la tecnología STARI YAQUA.
- Comparar la concentración de aceites y grasas, DBO_5 y DQO del agua tratada, obtenido de la tecnología Stari Yaqua, con la norma colombiana resolución 631-2015 y el D.S. N°004-2017-MINAM.

1.3.3. Justificación e importancia

La presente tesis se justifica en el ámbito social a una relación con la viabilidad de la tecnología Stari Yaqua y su correcta implementación en el tratamiento de los efluentes de la industria de palma a fin de contribuir al desarrollo sostenible de las actividades de la extracción de aceite de palma, evitando la afectación de posibles impactos ambientales negativos hacia los pobladores que viven dentro del área de

influencia directa de las industrias de extracción de aceite crudo de palma. Además, según lo establece Chirif et al. (2019, p. 54), diversas entidades dedicadas a la extracción de petróleo y aceite de palma vienen deforestando y generando graves problemas de impacto negativo en el suelo, aire y agua en el Perú.

Teóricamente se justifica, por el amplio bagaje de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales de industrias oleaginosas; las podemos dividir en dos grupos, tecnologías de bajo costo de mantenimiento y tecnologías de alto costo de mantenimiento. Una de las características adversas de las tecnologías de bajo costo de mantenimiento son el requerimiento de extensas áreas que se necesita para su implementación, mientras que las de alto costo de mantenimiento por su complejidad tecnológica su desventaja es el de mayor consumo energético (operación y mantenimiento), motivo por el cual se buscan nuevas alternativas de solución a esta problemática socioambiental; además de que contribuye a conocer el nivel de eficiencia de la tecnología STARI YAQUA, en la remoción de los contaminantes del agua residual de las industrias oleaginosas.

Los resultados obtenidos ayudaran a validar la viabilidad técnica de la tecnología al generar datos importantes para el diseño y posterior aplicabilidad a nivel industrial con lo cual contribuiremos en presentar una opción económica, técnica y ambientalmente viable para las industrias a nivel nacional.

En lo Técnico, el presente estudio se constituye en un aporte, en generar aguas residuales con parámetros aceptables para su posterior vertimiento en los cuerpos superficiales de aguas, de esa manera se reducirá la contaminación ambiental generadas por estas industrias.

En lo práctico, los beneficiarios directos serán los pobladores que viven en zonas cercanas, donde exista la tecnología Stari Yaqua, debido a la efectiva función de la

misma, donde se podrá realizar actividades económicas como la recreación en los cuerpos de aguas, la pesca, turismo y, además, la recuperación de la belleza paisajística.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Cueva y Eras (2021), en su estudio titulado Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la población de la cabecera cantonal de Puerto Quito, cantón Puerto Quito, provincia de Pichincha, con la finalidad de proponer un tratamiento eficaz de las aguas residuales, para ello el enfoque metodológico utilizado se basaron en estimaciones pertinentes para obtener: los datos poblacionales, únicamente de los barrios con alcantarillado; la extensión de la zona del proyecto (barrios implicados); y el índice de crecimiento poblacional, de acuerdo a los datos obtenidos del INEC; llegando a la conclusión que "el coagulante-floculante PAC es más eficiente y con el dimensionamiento de las lagunas de estabilización se logrará la remoción máxima de la carga contaminante, y con el sistema de lagunas para dar tratamiento a las aguas residuales habrá una eficiencia de remoción alta de la carga contaminante, lo que permitirá cumplir con la normativa ambiental." (p. 140).

Erazo (2018), en su estudio Reingeniería de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de la extractora EXTRANATU a través del estudio de la planta actual con fines de mejoramiento ambiental, con el objetivo de implementar de un sistema que permita el tratamiento de estas aguas residuales (efluente), para poder descargarlas a un cuerpo de agua receptor; la metodología evaluó de forma integral la planta actual, identificando los principales problemas y planteando prontas soluciones a partir de una metodología comprendida en la recolección de información, caracterización fisicoquímica del agua residual, cálculo de indicadores ambientales, identificación de problemas y la aplicación de alternativas ambientales eficaces para la mejora de la misma,

mediante la medición y evaluación de parámetros como temperatura, pH, sólidos, DQO, DBO5, y aceites y grasas, junto con la identificación de caudales y tiempo de retención hidráulica, se llega a la conclusión que "Existen parámetros que no cumplen con lo determinado en la normativa ambiental, lo que se debe a una falta de mantenimiento, por lo que, gracias a las medidas propuestas, el sistema mejoró en cinco meses, lo que quiere decir que, siempre y cuando la gerencia realice mantenimientos periódicos la planta seguirá trabajando de forma adecuada, bajando los niveles de los parámetros hasta el momento que se realice la descarga." (p. 62) Sangucho y Rodriguez (2018), en su investigación Evaluación de la viabilidad del uso del raquis como lecho filtrante para el tratamiento de agua residual proveniente de la extracción de aceite de palma mediante la construcción de biofiltros a escala de laboratorio. Desarrollo un sistema de seis biofiltros percoladores, en donde consideraron como variables: la granulometría del raquis acondicionado y el espesor del lecho filtrante; llegando a la conclusión de la eficiencia del tratamiento del agua residual alcanzada por el biofiltro más eficiente (Biofiltro 3), obtuvo valores de: 100,00% en sólidos sedimentables, 99,85% en sólidos suspendidos totales, 85,80% en sólidos disueltos, 91,50% en sólidos totales, 86,57% en DBO y DQO y 99,44% en grasas y aceites.

Además, se observó un incremento del pH de 3,00 a 4,75. Sin embargo, solamente los parámetros de sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales y grasas y aceites alcanzaron valores permisibles en la normativa.

Narvaez (2015), en su tesis *Estudio sobre la recirculación de agua de producción utilizada para la extracción del aceite crudo de palma*, realizo un tratamiento adicional (tratamiento avanzado de agua residual) para remover estrictamente los contaminantes restantes del agua tratada por el sistema de lagunaje como son DQO residual, sólidos y N- NH_4^+, con el objetivo de reciclar el agua hacia los procesos de extracción de aceite

crudo de palma. Su sistema propuesto consiste en un filtro lento de arena con un tanque de aireación para la eliminación de amonio y materia orgánica en términos de la Demanda Química de Oxígeno (DQO); se concluye que el amonio y la carga orgánica se eliminaron por acción microbiológica en el filtro de arena y el tanque aireado. Mediante este sistema de tratamiento del agua, se obtuvo una remoción de 61% de la DQO y 100% para el amonio.

C. Moreno (2015), en su investigación Tratamiento de agua residual de la extracción del aceite crudo de palma para su reutilización como agua de proceso mediante un biofiltro de arena, 2015, menciona que es factible utilizar un biofiltro para remover compuestos nitrogenados, materia orgánica y turbidez, por medio de procesos biológicos y físicos; llegando a la conclusión de que el 96% en turbidez, 92% para DQO, 90% para amonio y 9% para nitrato. Y de esta manera el agua de recirculación puede ser utilizada para la limpieza de la planta extractora o para el proceso de producción en donde no se requieren estándares altos de calidad de agua.

V. Moreno (2020), en su investigación busco evaluar el nivel de contaminación de las aguas residuales generadas por la industria SIEXPAL S.A., donde aplico tratamientos para así poder cumplir con los límites de descarga al sistema de alcantarillado publico establecidos en ecuador. Su metodología consistió en la identificación de puntos críticos donde se genera agua residual, determinar el grado y valorar los procesos de ingeniera para tratar el agua residual generada en la extracción de aceite de palmiste de la industria SIEXPAL S.A., para ello empleo el método de investigación inductivo, deductivo y experimental, además como instrumento de investigación utilizo ficha de campo y de monitoreo. Finalmente obtuvo como resultado una remoción eficiente de aceites y grasas, DBO5, DQO, fenoles y coliformes fecales de 85,95%, 93,87%, 93,32%, 91,10% y 93,63% respectivamente.

Pérez salinas, A. (2019), En su tesis establece una propuesta de un sistema alternativo para el tratamiento biológico anaeróbico de los efluentes procedentes del proceso de extracción de aceite de palma de la planta extractora COOPAR LTDA ubicada en el municipio del Zulia- Norte de Santander, la metodología consistió en realizar análisis fisicoquímico, bacteriológicos e índices biológicos.

Por otra parte, realizo la propuesta el diseño de un reactor UASB a escala de laboratorio, tratando efluentes de una planta extractora de aceite de palma. Con tiempos de retención hidráulica (TRH) de 9 horas, el seguimiento y evaluación de este sistema se realizó mediante los siguientes parámetros: temperatura, pH y DQO. Como resultado obtuvo en términos de remoción de DQO para tres cargas orgánicas COV fueron: COV1= 13,31 kg/m^3dia COV2= 15,984 kg/m^3dia COV3= 18,648 kg/m^3dia, obteniendo eficiencia de 72%, 83% y 79% respectivamente, además en el diseño y evaluación de un sistema de tratamiento alternativo a escala laboratorio con Eichhornia crassipes, donde evaluó los parámetros pH y DQO, obtuvo porcentajes de remoción que oscilan entre el 70%.

Malacatus et al., (2016), en su investigación denominado “Análisis de eficiencia de remoción de contaminantes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en extracción de aceite de palma” tuvo el propósito de analizar la eficiencia de remoción de contaminantes en los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Su metodología consistió en el establecimiento de puntos de muestreo en cada sistema y se realizaron tres mediciones, analizando los parámetros: aceites y grasas, DQO, DBO5, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales y Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK). Como resultado obtuvieron las siguientes eficiencias de remoción: Extractora 1: Aceites y grasas 99,16%, DBO5 94,71%, DQO 94,14%, SST 92,99%, ST 82,80%, NTK -944,44%; Extractora 2: DBO5, 99,45%, DQO 99,42%, SST 96,22%, ST 93,10% y NTK 75,55%; Extractora 3: Aceites y grasas 99,91% DBO5 96,88%, DQO 96,03%, SST 95,56%, y NTK -2279,97%;

además indico que las etapas de los sistemas de tratamiento presentan alta eficiencia con relación a fuentes bibliográficas, sin embargo, las descargas incumplen la normativa ambiental vigente.

Rodríguez et al. (2022). En su tema de investigación tuvo como objetivo evaluar la efectividad del quitosano como coagulante natural en el tratamiento de efluentes de producción de aceite de palma, para ello implemento un diseño experimental de dos vías completamente aleatorizado y tres repeticiones. Determino los siguientes parámetros: demanda química de oxígeno (DQO), los sólidos suspendidos totales (SST) y volátiles (SSV), turbidez y grasas y aceites (GYA) sobre en el agua residual asociada a la producción de aceite de palma. Se aplicó quitosano en dosis de: 100, 200, 300, 400 y 0 mg L-1 a tres niveles de pH 4, 5 y 6 del agua. Finalmente, los resultados demostraron que el quitosano permitió reducir más del 87 % de turbidez, DQO, SST, SSV y grasas y aceites en todas las dosis del coagulante, mientras que el control (0 mg L-1) fue diferente estadísticamente ($p<0,05$) a todos los tratamientos.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Miranda (2022), en su estudio Aplicación de enzimas en la eficiencia de tratamiento de las aguas residuales domésticas de la planta piloto de la FIARNUNAC 2022, con la finalidad de aplicar enzimas en la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales, el enfoque metodológico fue de tipo aplicada de nivel explicativo usando el método Hipotético-deductivo, se diseñó y construyó un reactor biológico a escala piloto con capacidad de 30 litros, en el cual se aplicó dosis de enzimas de 0 mg/L (reactor sin enzimas), 10, 20 y 30 mg/L a un tiempo de retención hidráulico de 0.5, 1 y 1.5 días cada una y se monitoreó durante un periodo de 5 días; se llega a concluir que

“La dosis de enzimas tiene un efecto significativo en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la planta piloto y mediante una dosis optima se obtiene una

remoción de la DBO5 de 88.58 %, SST de 92.65%, Aceites y grasas 44.44%, DQO 93.31%, Coliformes termo tolerantes 10% en aguas residuales, el tiempo de retención tiene un efecto significativo en el tratamiento de aguas residuales y mediante un TRH de 1.5 días se obtiene una remoción de la DBO5 de 88.58% SST de 109 92.65%, Aceites y grasas 44.44%, DQO 93.31%, Coliformes termo tolerantes 10% en Aguas residuales." (p. 108)

Malqui (2021), en su tesis Implementación de un sistema de filtros para la remoción de aceites y grasas de aguas residuales domésticas en la asociación café Perú, Puente Piedra, 2021, con el objetivo de implementar un sistema de filtros para remover aceites y grasas de aguas residuales, la metodología fue de tipo de investigación fue aplicada, donde se empleó un diseño experimental, con enfoque cuantitativo. Aplicando un nivel de confianza del 95% para los resultados, se tomaron 1.2 litros de agua como muestra de 26 efluentes elegidos aleatoriamente, y se determinaron las condiciones fisicoquímicas iniciales obteniendo 2186.5 mg/L de aceites y grasas como concentración inicial. Luego de diseñar el sistema de filtros, se implementó en campo para la filtración de 30 litros de aguas residuales muestra, obteniendo como resultado 0.5 mg/L de aceites y grasas; se concluye de esta manera que "es una estrategia económica para evitar la materia en primer uso, sino para empaques filtrantes a base de residuos sólidos orgánicos; es eficiente por su remoción de concentraciones altas en parámetros que afectan la calidad del agua usada para riego." (p. 59)

Vizcardo (2019), en su tesis Desarrollo de un programa integral de disminución de valores máximos admisibles en aguas residuales de establecimientos de comida en un centro comercial de Lima, teniendo como propósito de estudio contribuir a un adecuado manejo del agua residual proveniente de los usuarios no domésticos, específicamente de los establecimientos de comida ubicados en centros comerciales, debido a que su agua

residual contiene exceso de materia orgánica, la metodología fue el monitoreo por un período de 5 meses para medir la eficiencia del programa implementado, muestreando los parámetros Aceites y Grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno y Sólidos Suspendidos Totales estipulados en los Valores Máximos; se llega a concluir que:

"Con el tratamiento biológico en el establecimiento MTR-46, utilizando las bacterias MegaMicrobes líquidas y en polvo, se logró 99,59% de reducción para el parámetro de Aceites y Grasas; 71,64% para Sólidos Suspendidos Totales; 54,79% para Demanda Bioquímica de Oxígeno y un 74,33% para Demanda Química de Oxígeno. Con este método se consiguió que dicho establecimiento cumpla con la normativa de los Valores Máximos Admisibles, caso contrario a los 5 meses del programa, en donde siempre algún establecimiento superó los valores establecidos." (p. 38)

Gronerth y Peña (2017), en Aplicación del Sistema de Filtración y Aireación a escala a partir del efluente del Decanter para el mejoramiento del STAR de industrias del Shanusi S.A., Yurimaguas,2015; muestran que el agua tratada del STAR de Shanusi S.A. da resultados de 1800 mg/L en Sólidos Suspendidos Totales, 3650 mg/L en DBO5, 4700 mg/L en DQO y 6,5 en pH; se puede concluir que con la aplicación de los sistemas de filtración y aireación la carga contaminante del agua residual industrial se vio reducida en un 90,24% para Sólidos Suspendidos Totales, en un 95,92% para Demanda Bioquímica de Oxígeno, en un 95,19% para Demanda Química de Oxígeno, un 7,15% para pH y en un 0,41 % para temperatura, por lo tanto, lograron mejorar el STAR de Industrias del Shanusi S.A.

2.1.3. Antecedentes Locales

Delgado (2018) en su investigación busco determinar el efecto de diferentes mezclas de escobajo de palma aceitera y lombriz de tierra (Eisenia foetida) para la

reducción de la demanda bioquímica de Oxígeno y la concentración de aceites y grasas del efluente de la industria Palm Oleo S.A.C. , para ello empleo el tipo de investigación experimental , el nivel de investigación fue exploratorio y el diseño de investigación fue factorial de 2 x 2 x 3. La población estuvo compuesta por los efluentes generados en el proceso de extracción de aceite crudo de la palma. Finalmente, como resultado se demostró que la segunda mezcla (2 kg de escobajo triturado con 400 unidades de lombrices) a los 45 días redujo la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de 9 137,20 mg/l (±980,61) a 14,60 mg/l (±1,08); la concentración de aceites y grasas (AyG) se redujo de 8 768,23 mg/l (±1 505,23) a 3,97 mg/l (±1,07) y el tiempo de filtrado (TF) de 59,33 min (± 4,48), además de obtener humus de lombriz en 45 días.

Paima y Gratelly (2021), en su estudio Eficiencia de un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal en el tratamiento de aguas residuales domésticas en una vivienda del A. H 9 de Octubre, Pucallpa, con el objetivo de determinar la influencia de un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal en el tratamiento de aguas residuales, teniendo el enfoque metodológico de diseño del humedal, construcción del humedal y análisis de datos mediante la prueba de normalidad y la prueba t student para muestras pareadas, y utilizando el programa SPSS Statistics, llega a la conclusión que “la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales domésticas mediante el humedal artificial de flujo susbsuperficial horizontal, permite que el efluente se encuentran de los Límites Máximos Permisibles establecido por el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

Quispe y Ayala (2019), en su estudio utilización de la eichhornia crassipes y lemna minor en la remoción de nitrógeno y fósforo, de las aguas residuales de la laguna de oxidación de la empresa EMAPACOP S.A - Ucayali 2018, teniendo como propósito determinar la capacidad de remoción de nitrógeno (N) y fósforo (P) en Aguas Residuales

Municipales (ARM), por plantas acuáticas emergentes, para lo cual se planteó metodológicamente el método de investigación experimental y aplicada; se evaluó la capacidad de remoción de N y P durante 5 días, a nivel laboratorio; se concluye que "la especie Lemna minor el nitrógeno comenzó con 0,35 mg/l y disminuyó hasta 0,11 mg/l, para el fósforo comenzó con 5 mg/l y bajó a 0,11mg/l. Por ende, Eichhornia crassipes el nitrógeno comenzó con 0,35 mg/l disminuyó hasta 0,09 mg/l y el fósforo comenzó con 5 mg/l y descendió hasta 0,53 mg/l" (p. 50)

Navarro (2022), en su investigación titulada tiempo de tratamiento de un sistema de electrocoagulación para la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno(dbo) y demanda química de oxígeno (DQO) de los efluentes generados en la ptari de agropecuaria rossel s.r.l.", evaluó la concentración inicial de la Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO) y Demanda Química de Oxigeno (DQO), además de parámetros de campo como PH, Temperatura y conductividad. Mediante la aplicación de electrodos de aluminio, un tiempo de tratamiento de 35 y un voltaje de 12 V. Determinó que el tiempo óptimo de electrocoagulación del prototipo SETAR es de 20 minutos con una importante remoción de 98% para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) con valor de 40 mg/L y, 98% para la demanda química de oxígeno (DQO) con valor de 73 mg/L. Parámetros que están dentro de los valores máximos admisibles establecidos en la guía sobre medio ambiente, salud y seguridad para efluentes del procesamiento de aceite vegetal establecidos por el Banco Mundial en el 2015.

Barrantes y Pittman (2018), en Efectos de la microalga Botryococcus SP. en la remoción de nitrato y fosfato en aguas residuales. en la empresa municipal de agua y alcantarillado de Coronel Portillo-Ucayali, marzo 2018, con el objetivo de determinar la capacidad de remoción de nitratos ($NO3^{-}$) y fosfatos (PO_4^{3-}) en Aguas Residuales Municipales (ARM), por microalgas libres; metodológicamente fueron de nivel

exploratorio y experimental cuantitativo; se evaluó su capacidad de remoción de $NO3^-$ y PO_4^{3-} durante 15 días, a nivel laboratorio; concluyendo que "El efecto de la microalga Botryococcus sp., en la remoción de $NO3^-$ y PO_4^{3-} es de 80 % y 70% sucesivamente: crecimiento controlado (60 días), tiempo de remoción controlada (15 días), dosis óptima (60 ml), comenzó con 0,25 mg/l y disminuyo hasta 0,05 mg/l el fosfato comenzó con un elevado indicador de 5 ml/l y durante los 15 días de remoción disminuyo hasta 1,5 mg." (p. 34)

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Efluentes industriales extractores de ACP

Actualmente, la producción de aceite de palma genera grandes cantidades de desechos líquidos, sólidos y gaseosos. Los residuos sólidos comunes son los racimos vacíos de fruta, hojas, troncos, torta decantadora, semillas y fibra (Rupani, et al., 2010). Estos sólidos por lo general son nombrados lodos de la extracción de aceite de palma (POMS1).

Los efluentes líquidos se los considera más significativos debido a su cantidad, por ejemplo, en 2010, 421 extractoras de aceite de palma en Malasia generaron aproximadamente 60 millones de toneladas de efluente de la extracción de aceite de palma.

Tabla 1

Consumo de recursos y energía en proceso de extracción de ACP

Recursos	**Unidades**	**Consumo por TN de**	
		RFF	Aceite Crudo
Agua	T	1,2	5,78

Fibra(Combustible)	T	0,15	0,72
ACPM(Combustible)	Gal	1	4,81
Aire	m^3	53 000	35 517
Energia	Kwh	28	135

Fuente: Duarte (2006).

Los efluentes de las industrias extractoras de ACP se generan principalmente en las etapas de clarificación y esterilización; existen otros puntos específicos de descargas en la operación de los hidrociclones de la etapa de palmistería, aguas de lavado y en las purgas de los desarenadores y sedimentadores (Tabla 2). Estos efluentes presentan alta carga orgánica por el arrastre de material celular (fibras) y su contenido de aceite, lo cual supone un alto valor en la DBO y DQO; adicionalmente, la presencia de arenillas, piedras y tierra contribuye con el alto nivel de sólidos totales (Tabla 2) (Duarte, 2006).

Tabla 2

Vertimientos que Conforman los Efluentes de una Extractora de ACP

Origen del Efluente	**m^3 (T de RFF)**
Aguas lodosas de Clarificación	0,55
Condensados de Esterilización	0,1
Aguas de Palmistería (Hidrociclones)	0,05
Aguas de Lavado (Limpieza de Pisos y Purgas)	0,1
Efluente Total (sin fugas, ni purgas de desarenador y sedimentador	0,8

Fuente: www.Tecnologíaslimpias.com, citado por Barbosa Arrieta, (2006).

2.2.2. Efluente POME

POME es un efluente que se genera al final de la fase de producción de aceite de palma, incluyen aceite residual y sólidos suspendidos. Los sólidos suspendidos inertes causan turbidez y sedimentación en el fondo. El POME contiene concentraciones altas en material de celulosa, grasas y aceites, además de grandes cantidades de materia orgánica y sólidos totales (Pechsuth et al., 2001).

La cantidad de efluentes producidos en las plantas extractoras de ACP, oscila entre 0,55 y 1,20 m3 de agua / Ton RFF, con un promedio de 0,8 m3. El rango de capacidad de procesamiento de las plantas extractoras en Colombia, es de 3 a 45 Ton RFF/h. Para una jornada de trabajo de 8 horas, los efluentes por día oscilarán entre 20 y 295 m3, sin embargo, la producción de la palma de aceite presenta periodos de muy alta y muy baja producción, por lo cual, los diseños de sistemas de tratamiento deben ajustarse para el máximo caudal, así, por ejemplo, si la jornada es de 20 horas/día, los efluentes producidos serían 50 y 738 m3/día (Duarte, 2006).

El POME se forma principalmente en la extracción de aceite, lavado y procesos de limpieza en la extractora, en la esterilización, clarificación, condensación, lavado de la fruta, hidrociclón, caldera, tanques y decantadores. Principalmente se da en la esterilización y el clarificado aproximadamente de 1 a 1.5 toneladas de agua son requeridas para procesar 1 tonelada de RFF (Racimos de Fruta Fresca) (Lawrence et al., 2006). La relación es de 2.5 a 3.5 toneladas de POME por cada tonelada de aceite crudo producido (Othman, et al., 2014).

2.2.2.1. Características generales

Este residuo sería la mayor fuente de contaminación si la descarga se va directamente a los cuerpos de agua y al no ser tratada correctamente.

Además, existen sustancias tóxicas y metales pesados, aceites y materiales flotantes, sales disueltas como fosfatos, cloruros y nitratos (Igwe y Onyegbado, 2007), metales como Zinc, Hierro y Manganeso que deben contener niveles aceptables antes de ser descargados al ecosistema. El POME contiene aceites emulsionados que al momento del tratamiento generan problemas a causa de su alta estabilidad.

Las descargas de esta gran cantidad de volumen de metales residuales, causados por el efluente, pueden ocasionar daños severos a la salud pública; es así como un apropiado tratamiento del efluente es importante (Havandi, et al., 2012). Por lo cual el principal objetivo de la industria es reducir la mayor cantidad de compuestos y llevarlos a niveles aceptables que estén acorde a la legislación ambiental local.

Tabla 3

Caracterización de efluentes de plantas extractoras de ACP

Parámetro	**Unidades**	**Intervalo**	**Promedio**
pH	-	3,87 - 5,25	4,55
Temperatura	ºC	53 - 77	67,4
DBO5	mg/l	18 700 – 175 521	48 873
DQO	mg/l	45 256 – 232 000	79 730
Sólidos Totales (ST)	mg/l	32 482 – 111 029	45 670
Sólidos Suspendidos (SS)	mg/l	19 129 – 88 258	35 105
Sólidos Sedimentables (S.SED)	mg/l	125 – 1 000	677
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	25 530 – 98 445	48 988
Fósforo Total (P-total)	mg/l	15,7 – 113,6	66,1
Nitrógeno Total (N-total)	mg/l	67,5 - 695	284,1

Grasas y Aceites	mg/l	6 480 – 80 701	18 747
Acidez Total	mg/l	750 – 2 548	1

Los efluentes de la industria palmera se caracterizan por altos valores en DBO y DQO, altas temperaturas y bajo pH (Tabla 3); la presencia de aceite en el efluente no solo es un problema ambiental grave por su baja biodegradabilidad, sino también operacional y económico porque implica una pérdida del producto; la mayor parte del aceite se recupera en el sistema conocido como florentinos (trampa de aceites). La legislación ambiental vigente exige tratamiento para este tipo de efluentes antes de ser vertidos a un cuerpo de agua, para remover hasta el 80% de los contaminantes. Sin embargo, el efluente tratado es otro recurso valioso porque contiene cantidades aprovechables de nutrientes, por lo cual algunas plantas ubicadas cerca de las plantaciones lo aplican allí como fertilizante; esta práctica permite reducir los costos de fertilización y elimina un impacto ambiental por vertimiento a un cuerpo de agua (cero desechos) (Duarte, 2006).

2.2.3. Impacto de los Efluentes de Industrias Extractoras de Aceite Crudo de Palma en el Agua y Suelo.

2.2.3.1. Impactos en la calidad del agua

Los efluentes de las plantas extractoras de aceite crudo de palma, generan grandes problemas ambientales debido a la descarga de grandes volúmenes que se genera durante el proceso de extracción. En su mayoría los efluentes generados por los operadores tradicionales a pequeña escala no obtienen un debido tratamiento y en la mayoría de los casos lo descargan a su entorno (Okwute e Isu, 2007); citado por Ohimain et al, 2016). Estos pueden causar contaminación de las vías fluviales debido a la deficiencia de oxígeno, el uso de la tierra y otros impactos relacionados (Sridhar y AdeOluwa, 2009; Awotoye et al., 2011; Okwute e Isu, 2007; Ahmad et al., 2003; citados por Ohimain et

al, 2016). Durante la temporada de lluvias, el agua residual de la industria de palma se convierte en un nicho para los mosquitos y además genera olores desagradables. Los efluentes al vertirse en un cuerpo de agua, esta se vuelve marrón, maloliente y viscosa (Awotoye et al, 2011; citado por Ohimain et al, 2016), lo que trae como consecuencia un impacto negativo en la vida acuática y la calidad del agua para fines domésticos (Ezemonye et al, 2007; citado por Ohimain et al, 2016). Los efluentes de la industria de palma perjudican las fuentes de agua potable (aguas superficiales y subterráneas). Awotoye et al, (2011) mencionaron que los efluentes de la extracción de aceite de palma tienen una concentración mayor que los parámetros de calidad del agua, como consecuencia hace que los parámetros del cuerpo de agua receptor aumenten, como la temperatura, pH, alcalinidad total, sólidos totales, sólidos totales disueltos, sólidos suspendidos totales, magnesio, calcio, sodio, potasio, cloruro, sulfato, nitrato, fosfato, zinc, hierro, manganeso, oxígeno disuelto, DBO. De igual manera, Edward et al, (2015) citado por Ohimain et al, (2016) informaron que los efluentes tienen un efecto en las propiedades fisicoquímicas (es decir, pH, temperatura, alcalinidad, sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto, DBO, nitrato, fosfato, potasio, AyG) en el río Ayanyan, estado de Ekiti, Nigeria. La concentración de los parámetros, al estar por encima del límite máximos permitido hace que el agua no sea apta para el consumo doméstico. El exceso de nutrientes tales como el nitrato, sulfato, fosfato, etc., en el agua, podría provocar una eutrofización. La característica ácida de los efluentes tiene como consecuencia, la acidificación en el agua, afectando negativamente las distintas formas de vida que viven en el agua (Ohimain et al, 2016).

2.2.3.2. Impactos en la calidad del suelo

La vegetación ayuda a prevenir la erosión del suelo. La descarga de efluente de aceite de palma de manera directa en el suelo afecta su pH, que es uno de los principales

parámetros que influyen en la disponibilidad adecuada de nutrientes para las plantas (Okwute e Isu, 2007, citado por Ohimain et al.,2016). Esto se debe a que en gran parte las plantas crecen y se desempeñan mejor dentro de un rango de pH de 6.5 a 7.5 (Hajek et al, 1990; citado por Ohimain et al, 2016). La naturaleza ácida del efluente hace que aumente la acidez del suelo. El suelo se ve afectado por la filtración de metales pesados y otras propiedades fisicoquímicas del efluente. El efluente aumenta el pH (hacia ácido), carbono orgánico, nitrógeno total, fosfato, sulfato, fosforo, sodio, potasio, calcio, magnesio, aluminio e hidrogeno (Tabla 4). La disponibilidad de nutrientes como sodio, fósforo y potasio mejora el crecimiento de las plantas. Pero un alto contenido de nitrógeno, potasio y fósforo no ayuda a incrementar de forma eficiente el rendimiento del cultivo o plantación.

El fósforo de libre disponibilidad en el suelo con efluente ayuda a una alta absorción de material. Esto puede provocar un efecto de retraso en el suelo debido a la biodegradación gradual del efluente (Okwute e Isu, 2007; citado por Ohimain et al, 2016) (Tabla 4).

El fósforo disponible en el suelo con efluente se debe al aumento en el nivel de pH y otros nutrientes determinantes disponibles en el suelo (Eze et al, 2013; citado por Ohimain et al, 2016).

La materia orgánica juega un papel esencial en la productividad del suelo porque los sólidos en el efluente crudo son buenas fuentes de materia orgánica (Chan et al, 1980; citado por Ohimain et al, 2016) (Tabla 4).

Distintos organismos irrumpen y proliferan en el efluente, descomponiendo las distintas moléculas complejas en simples, biodegradando así el efluente (Okwute e Isu, 2007; citado por Ohimain et al, 2016) (Tabla 4).

Tabla 4

Parámetros Fisicoquímico del suelo con Efluente Crudo y Sin Efluente.

Parámetros	**Unidad**	**Efluente Crudo**	**Sin Efluente**
	-	6,59	3,57
pH del suelo	CaCl2	6,6	7,5
	-	5,5	5,5
% Materia Orgánica	mg/g	1,01	1,08
	-	3,39	2,31
% Carbono	mg/g	0,59	1,05
	-	3,84	0,93
% Nitrógeno	-	13,53	13,19
	mg/g	0,2	0,3
Fósforo	ppm	26,3	21
Disponible	mg/g	4,8	4,5
Fosfato	mg/Kg	1,5	0,62
Nitrato	mg/Kg	0,59	0,33
	Cm3	1,4	0,9
Na+	Cmol/Kg	0,18	0,18
	mg/Kg	116	83
	Cm3	11,02	4,9
K+	Cmol/Kg	0,15	0,12
	mg/Kg	6	3
Ca+	Cm3	10	7

	Cmol/Kg	0,8	4,7
	mg/Kg	219	156
	Cm3	9	9
Mg2+	Cmol/Kg	0,8	0,4
	mg/Kg	0,85	0,52
Al+	Cmol/Kg	0,3	0,1
H+	Cmol/Kg	0,2	0,18

Fuente: Ohimain et al, (2016).

La evolución en las propiedades fisicoquímicas del suelo y otros nutrientes de gran importancia, que se dan a través de la descarga del efluente de palma, tienen una gran probabilidad de afectar la textura del suelo y el tamaño de las partículas. El riego del efluente en el suelo hace que aumente la densidad aparente del suelo, el porcentaje de limo y el porcentaje de arcilla decaiga (Ohimain et al, 2016) (Tabla 5).

La nueva clase de textura del suelo depende del contenido de materia orgánica del suelo donde se descarga el efluente. El efluente en el suelo retiene abundante agua, debido a la presencia de AyG no recuperadas y escombros del procesamiento. El efluente cambia la apariencia del suelo y algunas propiedades, como la vegetación, el color, el olor y la constitución (Tabla 06). Sin embargo, a pesar del enriquecimiento del suelo por el efluente, este pierde su cubierta vegetal, su humedad y su humus. Esto causa taponamiento y el anegamiento de las esporas del suelo, lo que podría provocar la muerte de la vegetación, debido al contacto directo con el ambiente desnudo (Eze et al, 2013; citado por Ohimain et al, 2016). Además de eso, también afecta el ecosistema y lo que conduce a la perdida grave de tierras y recursos para los habitantes pertenecientes al área afectada, como la microflora del suelo y algo de biodiversidad como la lombriz que juega

un papel importante en la aireación del suelo (Sridhar y Adeoluwa, 2009; citado por Ohimain et al, 2016).

Tabla 5

Tamaño de Partícula / Clase Textural del Suelo con y sin efluente crudo.

Tipo de Suelo	Unidad	Suelo con Efluente Crudo	Suelo sin Efluente
% Limo	-	22	6
	g/Kg	12	32
% Arena	-	50,4	66,4
	g/Kg	82	54
% Arcilla	-	27,6	27,6
	g/Kg	6	14
Densidad Aparente	g/cm3	1,66	1,49
Clase Textural	-	Arcillo Arenoso	Franco Arenoso
	-	Areno Arcilloso	Suelo Franco

Fuente: Ohimain et al, (2016).

Tabla 6

Tamaño de Partícula / Clase Textural del Suelo con y sin efluente crudo.

Características	Suelo con Efluente	Suelo sin Efluente

Vegetación	Desnudo	Crece malas hierbas
Color	Marrón oscuro con humus	Marrón y arenoso
Humedad	Humeda	Seco
olor	Desprende mal olor	Sin olor

Fuente: Awotoye et al, (2011); Okwute and Isu, (2007); citado por Ohimain et al, (2016).

2.2.4. Situación de cultivo de Palma aceitera

2.2.4.1. Generalidades

La palma aceitera es originaria de África occidental, de ella ya se obtenía aceite hace 5 000 años, especialmente en la Guinea occidental, en el delta del río Níger, de donde pasó a América, introducida después de los viajes de Colón (1492–1502), y en épocas más recientes fue introducida a Asia desde América (Gómez y Velásquez, 2010).

La palma aceitera, Elaeis guineensis, es una palmera de origen africano, cultivada, actualmente, en diferentes partes del mundo. Los requisitos agroecológicos de la palma aceitera hacen que su distribución se limite a las zonas tropicales, por lo que las áreas con mayor aptitud se superponen con áreas que muestran altos niveles de biodiversidad (Koh y David, S., 2008). Myers et al., (2000) menciona que la palma aceitera requiere de altas temperaturas durante todo el año, que oscila entre 26 °C y 29 °C, con suficiente radiación solar, como mínimo de 5 horas al día, agua constante a través de una precipitación de 2000 y 2500 mm al año, sin épocas secas que duren más de 90 días, y una baja altitud (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2012).

2.2.4.2. Palma aceitera en el Perú

El Ministerio de Agricultura y Riego del Perú (2016), dice que el cultivo de palma aceitera se ha constituido como una de las actividades agrarias con mayor crecimiento y potencial en la Amazonía peruana. Su rápido crecimiento ha respondido a las condiciones

agroecológicas y productivas con las que cuentan algunas zonas del país, así como una demanda insatisfecha por sus derivados, y medidas implementadas por parte del Estado a partir de la promulgación del Decreto Supremo N°0155-2001–AG, el cual declaró la instalación de plantaciones de palma aceitera y su elección como una alternativa a las plantaciones de hoja de coca.

De acuerdo con estimados de la Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos del Ministerio de Agricultura-MINAG, para el año 2008 ya existían 35,379 hectáreas de palma, y este número alcanzó las 44,396 hectáreas para el 2010 (Dammert et al., 2012).

En el año 2011 la superficie instalada de palma aceitera era de 55 980 hectáreas. Hasta finales del año 2012 se ha incrementado en un 3% siendo el área de palma aceitera de 57 752 hectáreas, constituida de la sumatoria de áreas de las regiones de San Martin (49%), Ucayali (26%), Loreto (23%) y Huánuco (2%), que son las zonas potenciales del país. A finales del año 2012, la superficie de producción es de 32 567 hectáreas, siendo el 56% del total, ya que algunas plantaciones iniciaron su producción al completar el tercer año. (MINAGRI, 2012)

La producción y el rendimiento por hectárea de las plantaciones de palma aceitera en las Provincias de coronel Portillo y Padre Abad, Departamento de Ucayali fueron los siguientes (Zevallos, 2015):

La Provincia de Padre Abad tiene mayor número de plantaciones en producción con un total de 7 813,97 hectáreas, que tiene un rendimiento de 13,2 Ton RFF/ha; mientras que la Provincia de coronel Portillo tiene 4 398,8 hectáreas de plantaciones de palma aceitera en producción y tienen un rendimiento de 10 Ton RFF/ha. Esto se debe a que en Padre Abad existe mayor demanda de RFF porque la mayoría de Las plantas Extractoras de Aceite Crudo de Palma están en dicha provincia (Zevallos, 2015).

2.2.4.3. Ciclo y particularidades de la Palma

La palma empieza a producir a los 3 años de sembrado, y se mantiene produciendo por 25 años, aproximadamente. El periodo de maduración, que es cuando alcanza sus más altos niveles de rendimiento, se da entre los 8 y 10 años, luego la producción se estabiliza (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2012). Es un cultivo que se va volviendo más productivo conforme van transcurriendo los años.

La palma aceitera puede producir de 3 a 8 veces más aceite por hectárea que cualquier otro cultivo oleaginoso. Ofrece un rendimiento de 3,8 toneladas por hectárea al año como promedio mundial, y más de 10 toneladas por hectárea en los ensayos genéticos de alta producción que se llevan a cabo actualmente en institutos de investigación (Rival y Levang, 2014). Los otros cultivos oleaginosos, como la soya, tienen rendimientos promedio de 0,4 toneladas por hectárea, la canola o colza 1 tonelada por hectárea, el girasol de 0,8 toneladas por hectárea, el algodón de 0,2 toneladas por hectárea, mientras que la jatropha o piñón 1,5 a 2 toneladas por hectárea (Sheil et al., 2009). Esto convierte al cultivo de palma aceitera en uno de los usos más intensivos de la tierra y podría incluso reducir la presión de la expansión de la frontera agrícola sobre los bosques tropicales (Brandao & George, 2015).

Se puede producir alimentos con una menor composición de ácidos grasos trans. Esto se debe a que, para lograr reemplazar a la mantequilla en la elaboración de diversos productos, el aceite de palma no necesita ser hidrogenado, como sí lo requieren los otros tipos de cultivos oleaginosos (Rival y Levang, 2014).

Existe una demanda creciente por aceites vegetales, tanto para alimentos como para cosméticos, básicamente por el crecimiento de la población y cambios de patrones de consumo, y una potencial demanda como insumo para biocombustibles. (Corley, 2009) estima que la demanda por aceites vegetales se duplicará para el 2050. Para cubrir

esta demanda, la palma aceitera resulta bastante atractiva por su alto rendimiento de aceite por hectárea, y también por presentar menores costos de producción. El mismo autor estima que se necesitarán por lo menos 6,8 millones de hectáreas adicionales de palma aceitera para cubrir la demanda de aceite de palma en el 2050. Esta estimación no incluiría la demanda por biocombustibles.

2.2.4.4. Proceso de Extracción de Aceite crudo de Palma

El procesamiento de los frutos de la palma de aceite se realiza en la planta de beneficio o planta extractora, donde se desarrolla la extracción del aceite crudo de palma y de las almendras, mediante un proceso que consta de las operaciones requeridas para esterilizar, desgranar el racimo, y macerar los frutos, extraer el aceite de la pulpa, clarificarlo y recuperar las almendras del bagazo resultante (Duarte, 2006):

- Recepción, Los RFF obtenidos del cultivo de palma son recibidos en la extractora donde son pesados y clasificados de acuerdo con sus características de maduración (Duarte, 2006).
- Esterilización, Los RFF se esterilizan con vapor de agua a una presión de 40 psi (3 kg/cm^2) durante 90 min, esto inactiva a la enzima lipasa evitando el incremento de los Ácidos; grasos libres (AGL), debilita la unión entre los frutos y el racimo facilitando el desfrute, reduce la resistencia de los tejidos de la pulpa para extraer el aceite (coagulación de proteínas y materia mucilagosa), deshidrata parcialmente las almendras contenidas en la nuez del fruto favoreciendo la posterior recuperación y minimiza el rompimiento de las nueces y el quebrado de las almendras durante el prensado (Duarte, 2006).
- Desfrutamiento, los racimos esterilizados son alimentados por un extremo de un tambor cilíndrico horizontal rotatorio donde los frutos se desprenden

y separan del racimo por la acción de los continuos golpes; los frutos sueltos son transportados mecánicamente a los digestores, mientras los RFV que salen por el otro extremo del tambor rotatorio, se llevan a la zona asignada para su disposición (Duarte, 2006).

- Digestión, por medio de la digestión se prepara el fruto para prensado, la cual se realiza en recipientes cilíndricos o digestores donde el fruto es macerado y calentado hasta 100 ºC por medio de vapor. El calentamiento contribuye con la reducción de pérdidas de aceite y aumenta la elasticidad de las nueces, lo cual evita que se quiebren durante el prensado. Una adecuada digestión reduce las pérdidas de aceite en la fibra, la cual es perceptible en la torta obtenida en la prensadora; no obstante, el contenido de aceite en la fibra puede establecerse puede establecerse en laboratorio (Duarte, 2006).
- Prensado, el fruto digerido se alimenta a la prensa, donde se comprime hasta extraer el aceite bruto (mezcla de aceite, agua e impurezas orgánicas y minerales) que pasa a través de una canasta perforada, dentro de la cual se forma torta, compuesta por fibra de mesocarpio y las nueces que contiene la almendra (Duarte, 2006).
- Clarificación, las fases acuosa y aceitosa se conducen a un clarificador, donde se separan por diferencia de densidad; la fase acuosa (agua, lodo y aceite) obtenida se desaceita en reclarificadores, centrifugas desoladoras y trampas de grasa (florentinos) devolviendo el aceite recuperado a la fase aceitosa y conduciendo el efluente obtenido a la etapa de tratamiento y disposición (lagunas de estabilización); mientras tanto, la fase aceitosa

obtenida o aceite clarificado se conduce a la operación de secado (Duarte, 2006).

- Secado, por las características de la extracción, el aceite clarificado contiene una cantidad considerable de humedad que pueda deteriorar la calidad del producto durante el almacenamiento (oxidación), por lo tanto, la humedad del aceite se reduce mediante calentamiento y posteriormente el aceite de palma obtenido se lleva a los tanques de almacenamiento, quedando listo para su despacho (Duarte, 2006).
- Palmistería, cada nuez contiene en su interior una almendra, la cual se obtiene rompiendo la nuez con equipos especiales, luego la cascara es separada de la almendra en columnas neumáticas o hidrociclones, que clasifican las fases por sus diferencias en la forma y la densidad. La almendra obtenida se seca y empaca quedando lista para su despacho, mientras la cáscara o cuesco se usa generalmente en el mantenimiento de vías en plantaciones (Duarte, 2006).

2.2.4.5. Utilización del crudo de Palma.

Los racimos de frutos frescos (RFF) son extraídos de la palma y se procesan para obtener el aceite crudo de palma (ACP), insumo que se utiliza mundialmente para:

- La industria agroalimentaria (80% de uso de aceite de palma): aceite de mesa, aceite para freír, margarinas, grasa para productos de panadería, pastelería y todos los tipos de preparación de alimentos.
- Productos oleoquímicos (19% del uso): cosméticos, producción de jabones, lubricantes y grasas, velas, productos farmacéuticos, cuero, tensioactivos, productos agroquímicos, pinturas y lacas, productos electrónicos, entre otros.

- Elaboración de biocombustible (1% del uso) (Rival & Levang, 2014). De la nuez también se obtiene el aceite de palmiste y la torta de palmiste, que sirve para elaborar alimentos concentrados para animales.

2.2.5. Sistema tecnológico de tratamiento- STARI YAQUA

2.2.5.1. Desarrollo STARI YAQUA

La tecnología STARI YAQUA, es un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de Industrias Oleaginosas desarrollada por la empresa ECOPRODUCTS S.R.L, aplicando el principio de economía circular, motivo por el cual entre sus etapas del tratamiento incorpora como eje principal el sistema Tohá con adecuaciones para mejorar la eficiencia en la remoción de contaminantes.

El Sistema de Tratamiento toma como base la proporción de mezcla que se lleva a cabo en el Sistema de Lombrifiltro, en el cual por cada m^2 se deberá verter 1 m3 de efluente, por lo que el caudal viene determinado por el área que corresponda a dicho sistema.

A continuación, se describe las etapas del tratamiento de la tecnología STARI YAQUA:

- Laguna ecualizadora. En esta laguna se almacena el efluente proveniente de las industrias extractoras de Aceite Crudo de Palma, en esta laguna se estabiliza la temperatura y se medirán parámetros de control.
- Mezcla rápida o Fast Blending. Es una caja de concreto armado que se ubica a continuación de la Laguna ecualizadora y que recibirá el efluente que procede de ella para que se lleve a cabo un proceso de mezcla rápida, tiene una compuerta que sirve para romper la turbulencia del efluente de llegada.

- Sistema de Lombrifiltro. Es un biofiltro o filtro percolador compuesto de diferentes estratos filtrantes y lombrices. El agua residual percola a través de los diferentes lechos filtrantes, quedando retenida la materia orgánica la que posteriormente es consumida por las lombrices.
- Laguna facultativa. Cumplirá la función de Laguna de Recirculación, se diferencia por que recibe el primer efluente tratado en el Lombrifiltro que cuenta con parámetros controlados y aptos para el buen funcionamiento de las siguientes etapas del sistema de tratamiento.
- Filtro Vegetal. A continuación del lombrifiltro, se implementa un sistema de filtro vegetal para procesar los efluentes a un grado mayor. Con la finalidad de oxidar y degradar la materia orgánica que no se degrada en el lombrifiltro.
- Laguna de Pulimiento. La laguna de pulimiento permite la reducción del remanente de DBO que no pudieron ser reducidos en las fases anteriores. En esta laguna se almacena el agua residual ya tratada y que se encuentra dentro de los Estándares de Calidad Ambiental en Aguas y Límites Máximos Permisibles.

2.3. Definición de términos

- Aguas residuales industriales: Son aquellas aguas que no tienen utilidad en los procesos industriales, pueden proceder de cualquier actividad industrial.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno: Es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno que consumen los microorganismos para degradar la materia orgánica presente en la muestra liquida.

- Demanda Química de Oxígeno: Es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno a utilizar para oxidar químicamente la materia orgánica, es un parámetro donde a mayor dqo más contaminado esta la muestra de agua.
- Afluente: Son aquellas aguas residuales industriales o domésticas que ingresan a una planta de tratamiento.
- Efluente: Liquido que procede de un proceso industrial o domestico que requiere tratamiento antes de su vertimiento.
- Fitorremediación: La fitorremediación es una técnica que utiliza la capacidad de acumulación y degradación de contaminantes de algunas plantas para tratar efluentes industriales o domésticos.
- Piloto: Prueba de carácter experimental basado en el desarrollo de un modelo o proceso tecnológico.
- pH (potencial de hidrogeno): El pH indica el grado de alcalinidad o acides de una solución, basado en la concentración del ion hidrogeno.
- Sólidos sedimentables totales: Es básicamente la suma de todos los minerales, metales, y sales disueltas en el agua y es un buen indicador de la calidad del agua.
- Temperatura: La temperatura es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia.
- STARI YAQUA: Sistema de Tratamiento de aguas residuales industriales perteneciente a la empresa Ecoproducts.

2.4. Marco normativo

En la presente investigación, se realizó comparaciones con algunas leyes, las cuales se detallan a continuación:

Ley N.º 28611, Ley General del Ambiente

El Límite Máximo Permisible – LMP., es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente.

Artículo 121º.- Del Vertimiento de Aguas Residuales

El estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales, o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas, como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo con lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes.

Ley N.º 29338, Ley de Recursos Hídricos

Artículo 83º.- Prohibición de vertimiento de algunas sustancias

Está prohibido verter sustancias contaminantes y residuos de cualquier tipo en el agua y en los bienes asociados a esta, que representen riesgos significativos según los criterios de toxicidad, persistencia bioacumulación. La autoridad ambiental respectiva, en coordinación con la Autoridad Nacional, establece criterios y la relación de sustancias prohibidas.

D.S. 004-2017-MINAM

Aprueba estándares de calidad ambiental (ECA) parra agua y establecen disposiciones complementarias.

Resolución 631 de 2015 ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (norma colombiana)

Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

3.1. Método de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación de acuerdo con la naturaleza de la investigación reúne las características de un estudio:

- Causi Experimental: Debido a que en la presente investigación no se manipula de manera deliberado las variables a estudiar (Hernández, R, et al., 2010), que es la acción de la tecnología STARI YAQUA, en la eficiencia de remoción de DBO, DQO y AYG de aguas residuales de la industria de palma.

3.1.2. Nivel de investigación

Se denomina aplicadas; debido a que las investigaciones de las ciencias formales se crean o formulan hipótesis para la solución de los problemas productivos de la sociedad. También recibe el nombre de tecnológico, debido a que el producto de la investigación no es puro sino aplicado a lo tecnológico. Este nivel de investigación está encaminado a mejorar, fortalecer, perfeccionar u optimizar el correcto funcionamiento de los sistemas, procedimientos, normas y reglas tecnológicas presentes, siguiendo la línea de los avances que tiene la ciencia; como consecuencia, este tipo o nivel de investigación no se presta al veredicto de verdadero, falso o probable, sino a la de eficiente, deficiente, ineficiente, eficaz o ineficaz (Ñaupas, 2013).

3.1.3. Diseño de investigación

Debido a que la presente investigación es del tipo experimental, para el caso de (Hernández, R. et al., 2010), quien divide los diseños experimentales en tres clases:

- Pre-experimentos

- experimentos “puros”
- cuasi experimentos.

El diseño de la investigación para esta tesis corresponde a preexperimental, que incluye el diseño específico de pretest - postest de una muestra. En este diseño se efectuó una observación antes de introducir la variable independiente (O1) y otra después de su aplicación (O2)

La fórmula para utilizar es la siguiente:

G O1----------X----------O2

Donde:

G= grupo de muestra de las aguas residuales industriales de palma aceitera.

O1= concentración inicial del agente contaminante que ingresa al lombrifiltro después de pasar el sistema de tratamiento existente.

O2= la concentración final del agente contaminante después de pasar el lombrifiltro.

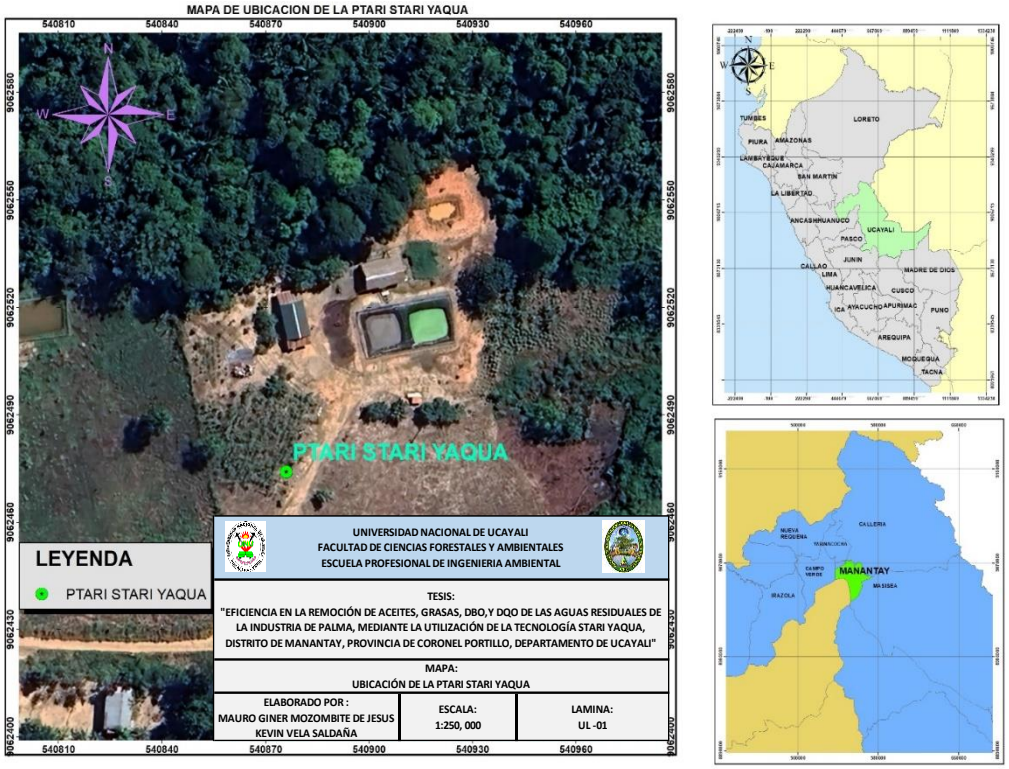
3.2. Ubicación, población y muestra

3.2.1. Ubicación del área de estudio

El trabajo de investigación se realizó en la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de la empresa ECOPRODUCTS, utilizando la tecnología STARI YAQUA, la cual se encuentra ubicado en el caserío Nuevo Belén, parcela N 53-B, interior Km 15, distrito de Manantay, provincia de coronel portillo, región Ucayali. Geográficamente se ubica a 8°28'52.63"S de latitud sur y 74°37'43.03"O´´de longitud oeste y a una altitud de 154 m.

Figura 1

Plano de ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales Stari Yaqua



Fuente: Elaboración Propia

3.2.2. Población

La población de la presente investigación fueron las aguas residuales industriales, provenientes de la industria de extracción de aceite crudo de palma.

3.2.3. Muestra

La muestra fue de 90 m3 de agua residual industrial proveniente de la industria de extracción de aceite de crudo de palma. Para el análisis de laboratorio se tomó un litro de agua residual industrial por cada parámetro a medir, estas muestras fueron tomadas a la entrada y salida del sistema de tratamiento STARI YAQUA. El tipo de muestreo a utilizar el estudio de investigación es el de muestreos no probabilístico por conveniencia.

3.3. Instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Materiales de campo

- ✓ Cinta adhesiva
- ✓ Plumón indeleble
- ✓ Frascos de vidrio esterilizados (1 Litro)
- ✓ Caja térmica o Cooler
- ✓ Refrigerantes
- ✓ Cronómetro
- ✓ Recipiente de plástico de 1 – 2 Litros.
- ✓ Reloj

3.3.2. Herramientas

- ✓ Tablero de apuntes
- ✓ Rótulos
- ✓ Software de base de datos y procesamiento de texto (MS Word, MS Excel, SPS).

3.4. Procedimiento de recolección de datos

3.4.1. Fase de campo

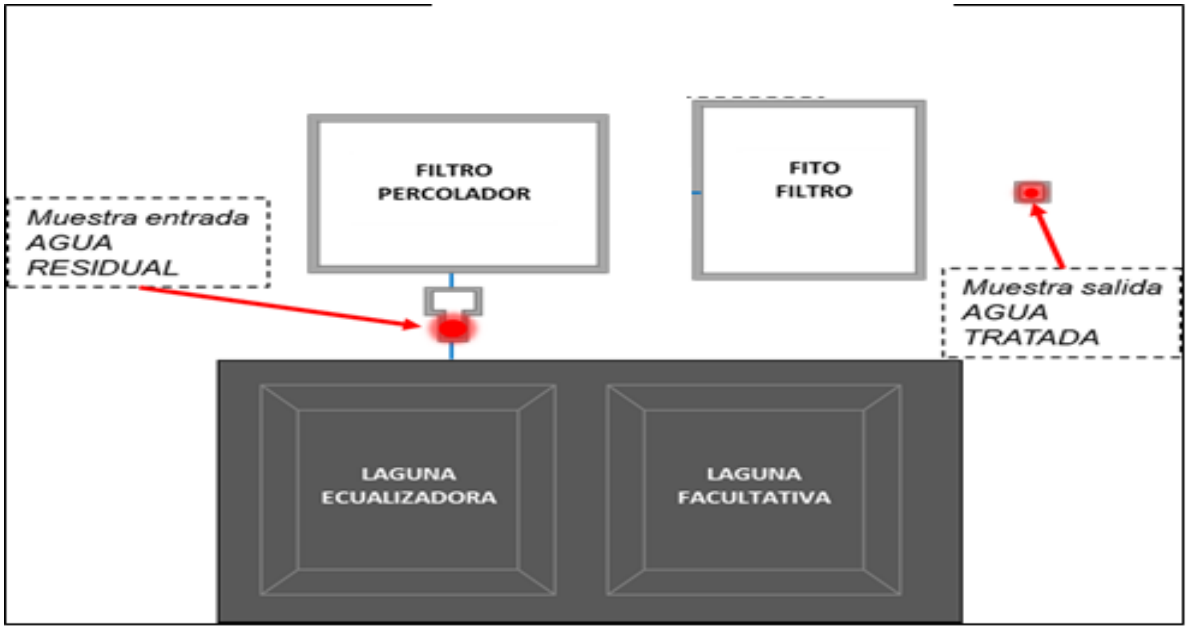
- ➢ **Selección de los puntos de muestreo**

El primer paso para la selección de los puntos de muestreo es identificar las etapas con las que cuenta la tecnología STARI YAQUA para el tratamiento de las aguas residuales. Para garantizar que la medición cumpla con la apropiada calidad a fin de obtener datos confiables y precisos, las muestras deben ser tomadas antes y después del tratamiento del efluente correspondiente y antes de su vertimiento. Por lo que, una vez identificadas las etapas del tratamiento procederemos a seleccionar los puntos de muestreo que estarán ubicados en la entrada y salida de la planta de tratamiento (P1 y

P2), específicamente en la salida del tubo alimentación principal del cual se extrae el agua residual de la laguna ecualizadora (ENTRADA) y en la salida del tubo que procede del fitofiltro hacia la caja de registro (SALIDA).

Figura 2

Puntos de muestreo



Fuente: Elaboración propia.

Para la ubicación e identificación de los puntos de muestreo se empleará el siguiente formato de ubicación de punto de monitoreo:

Figura 3

Formato de ubicación de punto de monitoreo

Nombre de PTAR:			
Ubicación de la PTAR:			
Localidad	**Distrito:**	**Provincia:**	**Departamento**
IDENTIFICACION DE PUNTOS DE MONITOREO			
AFLUENTE			
Denominación del punto de muestreo (Afluente)			
COORDENADAS U.T.M.(WGS84)			
Norte	**Este**	**Zona UTM**	**Altitud (m.s.n.m)**
CAUDAL DE OPERACIÓN (Promedio diario):		**Método de Medición**	
EFLUENTE:			
Denominación del punto de muestreo (Efluente)			
COORDENADAS U.T.M. (WGSM84)			
Norte	**Este**	**Zona UTM**	**Altitud (m.s.n.m)**
CAUDAL DE OPERACIÓN (promedio diario):			
Datos del GPS (marca, modelo, número de serie, precisión del equipo)			

Fuente: R.M. N° 273-2013-VIVIENDA aprueban el protocolo de Monitoreo de la calidad de los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.

- Toma de Muestras

Para la toma de muestras de la planta de tratamiento STARI YAQUA se siguió los siguientes pasos:

Primero. Se recepciono los envases, equipos de protección personal e insumos químicos necesarios para la toma de muestras.

Segundo. Se realizo la puesta en marcha del sistema de tratamiento con las aguas residuales de industria de palma con la finalidad de obtener los datos más precisos.

Tercero. Tras haber puesto en marcha el sistema de tratamiento por alrededor de una hora aproximadamente, se procedió a verificar que los puntos de muestreo no presenten cuerpos extraños ni partículas ajenas al sistema que pudiesen alterar la calidad de la muestra.

Cuarto. Procederemos a colocarnos los equipos de protección personal, mandil, mascarilla, guantes quirúrgicos, lentes de seguridad transparente (de ser necesarios).

Quinto. Luego de encontrarnos protegidos manipulamos la caja térmica (cooler) que contiene los envases y los insumos necesarios para el muestreo y refrigerantes para la conservación de las muestras a 4°C.

Sexto. Se procede a la toma de muestra de los puntos seleccionados (P1 y P2), para ello se requerirá recipientes de plásticos y vidrio, para el análisis de DBO5, DQO, aceites y grasas, se empelaron insumos químicos para su conservación, además el rellenando de los formatos para su identificación, ubicación del punto de muestreo correspondiente.

Séptimo. Por cada muestra tomada se rotulo cada envase para su posterior identificación y análisis en laboratorios certificados.

Tabla 7

Volumen de muestra de agua a utilizar

MUESTRA	CANTIDAD DE MUESTRAS	VOLUMEN DE MUESTRA / SEMANAL	MUESTRA TOTAL
Agua residual del afluente	10	2,1 L	21 L
Agua residual del efluente	10	2,1 L	21 L

Fuente: Elaboración propia

Las muestras de agua residual serán rotuladas especificando el lugar, código, fecha, hora, responsable del muestreo y parámetros a analizar.

Octavo. Una vez realizado los pasos anteriores, procedemos a colocar los envases en el cooler para mantener las condiciones adecuadas para las muestras y tener los resultados de la calidad deseada.

Noveno. Se deriva las muestras al laboratorio certificado para su posterior análisis.

- Evaluación de parámetros físicos en campo y Medición de Caudal

Se utilizará un equipo Multiparámetro de marca HANNA, modelo HI 9813-6 calibrado, para analizar in situ los parámetros físicos de las muestras de agua del afluente y efluente de la Planta de tratamiento, tales como pH, Temperatura y oxígeno disuelto.

Se aplicará el método volumétrico, para determinar los caudales en la entrada y salida del agua residual. Este método se utiliza para la medición del caudal en una tubería donde se permita colectar el caudal por descarga libre, en la cual se puede colocar un recipiente.

Medición del tiempo: T (s)

Con la ayuda de un recipiente de 2 a 10 litros con graduaciones de 1 litro para colectar el agua y un cronómetro, se medirá el tiempo que demora el llenado de un determinado volumen de agua.

Medición del Caudal: Q (L/s)

El caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en colectar dicho volumen.

$$Q = V/T$$

Donde:

Q = caudal en L/s

V = volumen en litros

T = Tiempo en segundos

3.4.2. Fase experimental

Para determinar la eficiencia de la tecnología STARI YAQUA se realizará 10 tomas de muestra, tanto del afluente y efluente del agua residual de palma, y estas a su vez, serán analizadas para determinar las características fisicoquímicas del agua residual de palma antes y después del tratamiento. Los análisis se harán en un laboratorio acreditado.

- Análisis Fisicoquímico

Se realizará análisis a los parámetros siguientes:

Tabla 8

Métodos de análisis fisicoquímico

PARAMETROS	METODO
Demanda bioquímica de Oxigeno	SMWW – 5210 Biochemical Oxygen Demand (Bod) – D. 5 – Day Bod Test.
Demanda Química de Oxigeno	SMWW – 5220 Chemical Oxygen Demand (Cod) – D. Closed Reflux, Colorimetric Method.
Aceites y grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 D, 23rd Ed. 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Oil and Grease. Soxhlet Extraction Method.

3.5. Procesamiento de datos recolectados

3.5.1. Comparación de los valores obtenidos de los parámetros fisicoquímicos con la normativa vigente

3.5.2. Prueba T Student para muestras relacionadas (pre-post)

Se utilizaron los análisis estadísticos de la prueba T de student para muestras relacionas, la comparación se realizó a dos medias de un mismo grupo, que corresponde a una media antes y después del tratamiento.

Modelo matemático:

$$T = \frac{\overline{di}}{\widehat{S}_d}\sqrt{n}$$

Donde:

- $d\bar{i}$: media muestral de la diferencia entre las muestras “pre” y “post”.
- n: tamaño de la muestra.
- $\mathcal{S}d$: desviación estándar muestral de las diferencias.
- T: valor de la prueba T student.

Tabla 9

Esquema de la Prueba T Student para muestras relacionadas

MUESTRA	AFLUENTE	EFLUENTE	$\boldsymbol{di}$
1	A1	E1	A1-E1
2	A2	E2	A2-E2
3	A3	E3	A3-E3
4	A4	E4	A4-E4
5	A5	E5	A5-E5
6	A6	E6	A6-E6
7	A7	E7	A7-E7
8	A8	E8	A8-E8
9	A9	E9	A9-E9
10	A10	E10	A10-E10
MEDIA	$\bar{A}$	$\bar{E}$	$\bar{\bar{di}}$

Fuente: Elaboración Propia

Prueba de Hipótesis: Se evaluó el efecto que una planta de tratamiento de aguas residuales industriales sobre los contaminantes físicos y químicos. Para tal objetivo se realizó 10 muestreos de estas aguas antes y después de someterse al tratamiento para determinar su eficiencia.

Hipótesis del investigador: Existirá una diferencia significativa entre las medidas de los parámetros fisicoquímicos antes de someterse al tratamiento (afluente) y las medidas después de someterse al tratamiento (efluente).

- PASO 1: Redactar la hipótesis

H0 = No hay diferencia significativa en las medias de los parámetros antes y después del tratamiento.

H1= Hay una diferencia significativa en las medias de los parámetros antes y después del tratamiento.

- PASO 2: Definir el Nivel α

El porcentaje de error que estamos dispuestos a correr al utilizar esta prueba es el siguiente:

Alfa (α) = 0.05 = 5%

- PASO 3: Elección de la Prueba

Realizaremos una Prueba t student para muestras relacionadas, entonces hablamos de un estudio longitudinal; la Variable fija nos creó 2 medidas antes y después del tratamiento. La variable aleatoria son valores numéricos de los análisis fisicoquímicos, haciendo los cruces determinamos que la prueba que vamos a utilizar en este caso específico es la Prueba T student para muestras relacionadas.

- PASO 4: Calcular el P-VALOR

Antes de calcular el Valor de la prueba T student fue necesario corroborar si la variable numérica de los Parámetros fisicoquímico se comporta normalmente, es decir verificar el supuesto de Normalidad, recordemos que hay 2 pruebas para revisar Normalidad:

- NORMALIDAD

Kolmogorov-Smirnov, para muestras grandes (>30 muestras)

Chapiro Wilk, para muestras pequeñas (<30 muestras)

Criterio para determinar Normalidad:

P – valor ≥ α, Aceptar H0 = Los datos provienen de una distribución normal.

P – valor < α, Aceptar H1 = Los datos NO provienen de una distribución normal.

- PASO 5: Decisión Estadística

El criterio para decidir es:

Si la probabilidad obtenida P-valor ≤ α, rechaza H0, (Se acepta H1).

Si la probabilidad obtenida P-valor > α, no se rechaza H0, (Se acepta H0).

3.6. Procesamiento de datos recolectados

Para el análisis estadístico se utilizó el software SPSS (Statistical Package for the Social), mediante el cual se determinó estadísticamente si la planta de tratamiento STARI YAQUA es eficiente.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Porcentaje de eficiencia en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) de las aguas residuales de la industria de palma aplicando la tecnología STARI YAQUA.

Aplicando la ecuación de la eficiencia con las concentraciones de la DBO5 obtenidas en el afluente y efluente, se obtuvieron 10 datos de porcentaje de remoción.

$$\%eficiencia = \frac{DBO5Afluente - DBO5Efluente}{DBO5\ Afluente}\ x\ 100$$

$$\%eficiencia = \frac{10358{,}95\ mg/L - 12{,}93\ mg/L}{10358{,}95\ mg/L}\ x\ 100$$

$$\%eficiencia = 99{,}88\ \%$$

Tabla 10

Eficiencia de remoción de la DBO 5

Parámetro	Afluente (10 muestras)	Efluente (10 muestras)	Eficiencia (%)
DBO5 máximo	11234,53	14,75	99,87
DBO5 mínimo	9376,87	12,48	99,87
DBO5 media	10358,95	12,93	99,88

Fuente: Elaboración propia.

La eficiencia de remoción de los contaminantes presentes en las aguas residuales de la industria de palma se calculó en porcentaje de eliminación del contaminante que realiza la tecnología Stari Yaqua; la tabla 11 muestra los resultados del parámetro de DBO_5 del afluente y efluente (P1 y P2), en donde se tomó las muestras semanalmente

por un lapso de 3 meses, el porcentaje de remoción fue sacada a partir de los valores obtenidos en los puntos P1 y P2.

Tabla 11

Concentración de la DBO5 y eficiencia de remoción

Fecha de toma de muestra	Código	P1 (afluente) (mg/L)	P2 (efluente) (mg/L)	Eficiencia de remoción
07/12/2021	AR-1	10234,65	14,81	99,86
14/12/2021	AR-2	9376,87	12,48	99,87
21/12/2021	AR-3	9869,43	10,92	99,89
28/12/2021	AR-4	10127,6	13,45	99,87
04/01/2022	AR-5	11231,51	11,19	99,90
11/02/2022	AR-6	10376,38	11,42	99,89
17/01/2022	AR-7	10792,95	13,67	99,87
24/01/2022	AR-8	11234,53	14,75	99,87
01/02/2022	AR-9	10052,89	15,13	99,85
08/02/2022	AR-10	10292,67	11,51	99,89

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la tabla 11 que, entre las muestras, el mayor porcentaje de remoción del dbo5 es del 99,90% y el menor fue de 99,87%, indicándonos el alto grado de remoción de los contaminantes, superando el 95% en todas las muestras evaluadas, esto situación nos da una perspectiva del alto grado de descontaminación y eficiencia que posee la tecnología Stari Yaqua frente a este parámetro.

4.1.2. Porcentaje de eficiencia en la remoción de la demanda química de oxígeno de las aguas residuales de la industria de palma aplicando la tecnología STARI YAQUA.

Aplicando la ecuación de porcentaje de eficiencia con las concentraciones de la DQO obtenidas en el afluente(P1) y efluente(P2), se obtuvieron 10 datos de porcentaje de remoción.

$$\%eficiencia = \frac{DBO5Afluente - DBO5Efluente}{DBO5\ Afluente}\ x\ 100$$

$$\%eficiencia = \frac{39791{,}493\ mg/L - 85{,}689 mg/L}{39791{,}493\ mg/L}\ x\ 100$$

$$\%eficiencia = 99{,}78\ \%$$

.***Tabla 12***

Eficiencia de remoción de la DQO

Parámetro	Afluente (10 muestras)	Efluente (10 muestras)	Eficiencia (%)
DQO máximo (mg/L)	42456,97	89,67	99,79
DQO mínimo (mg/L)	37457,12	80,39	99,79
DBO5 media (mg/L)	39791,493	85,689	99,78

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 se presenta los resultados de los valores mínimos y máximos alcanzados tanto en el afluente como en el efluente, con un porcentaje de remoción alto en los valores máximos y mínimos.

Tabla 13

Resultados de la DQO obtenidos en los puntos P1 y P2 de la tecnología Stari Yaqua

Fecha de toma de muestra	Código	P1 afluente (mg/L)	P2 efluente (mg/L)	Eficiencia de remoción
07/12/2021	AR-1	38546,54	87,31	99,77
14/12/2021	AR-2	39439,32	81,48	99,79
21/12/2021	AR-3	42456,97	89,67	99,79
28/12/2021	AR-4	39898,56	92,45	99,77
04/01/2022	AR-5	37457,12	80,39	99,79
11/02/2022	AR-6	40384,71	79,34	99,80
17/01/2022	AR-7	40059,23	85,74	99,79
24/01/2022	AR-8	38769,19	83,69	99,78
01/02/2022	AR-9	41032,47	90,48	99,78
08/02/2022	AR-10	39870,82	86,34	99,78

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 se muestra la diferencia de demanda química de oxígeno (DQO) con que el agua residual industrial ingresó a la tecnología Stari Yaqua, siendo este valor 38546,54 mg/L; y a la salida de la planta, la DQO redujo considerablemente, dando como resultado un total de 87.31 mg/L. La eficiencia de remoción máxima de este parámetro fue de 99.79%.

4.1.3. Porcentaje de eficiencia en la remoción de aceites y grasas de la tecnología STARI YAQUA

Aplicando la ecuación de porcentaje de eficiencia con las concentraciones de aceites y grasas obtenidas en el afluente(P1) y efluente(P2), se obtuvieron 10 datos de porcentaje de remoción.

$$\%eficiencia = \frac{AyGAfluente - AyGEfluente}{AyG\ Afluente}\ x\ 100$$

$$\%eficiencia = \frac{1545{,}45\ mg/L - 3{,}714\ mg/L}{1545{,}45\ mg/L}\ x\ 100$$

$$\%eficiencia = 99{,}76\ \%$$

Tabla 14

Eficiencia de remoción de Aceites y grasas

Parámetro	Afluente (10 muestras)	Efluente (10 muestras)	Eficiencia (%)
AyG máximo (mg/L)	1645,8	4,76	99,71
AyG mínimo (mg/L)	1460,1	2,45	99,83
AyG media (mg/L)	1545,45	3,714	99,76

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se muestra los valores mínimos y máximos que resultaron del análisis de los puntos P1 y P2 del agua residuales al utilizar la tecnología Stari Yaqua para la remoción de aceites y grasas.

Tabla 15

Resultados de Aceites y grasas obtenidos en los puntos P1 y P2 de la tecnología Stari Yaqua

Fecha de toma de muestra	Código	P1 afluente (mg/L)	P2 efluente (mg/L)	Eficiencia de remoción
07/12/2021	AR-1	1514,6	2,7	99,82
14/12/2021	AR-2	1645,8	4,76	99,71
21/12/2021	AR-3	1498,2	3,98	99,73
28/12/2021	AR-4	1578,6	3,24	99,79

04/01/2022	AR-5	1597,5	4,81	99,70
11/02/2022	AR-6	1460,1	2,45	99,83
17/01/2022	AR-7	1602,7	2,54	99,84
24/01/2022	AR-8	1545,9	4,35	99,72
01/02/2022	AR-9	1487,8	3,21	99,78
08/02/2022	AR-10	1523,3	5,1	99,67

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 15 se muestra la diferencia entre aceites y grasas con el que el agua residual ingresó a la tecnología Stari Yaqua, siendo el valor mayor a 1645,80 mg/L; y a la salida de la planta, este parámetro se redujo considerablemente, teniendo como resultado un total de 2.70 mg/L. La eficiencia máxima de remoción de este parámetro fue de 99,84 y la mínima fue de 99,67%.

4.1.4. Comparación de medias con la prueba t student de muestras relacionadas.

4.1.4.1. Prueba de normalidad para la DBO_5.

Los datos obtenidos durante la investigación tienen una distribución normal, se realizó la prueba de normalidad utilizando el estadístico de Shapiro – Wilk, debido a que la cantidad de las muestras establecidas es menor a 50 datos (20 dato); existe normalidad de datos cuando el P valor resulta mayor a 0.05, los resultados arrojados en la tabla 16 muestran que el nivel de significancia es superior a 0.05, por tanto se estableció que los datos presentan una distribución normal y se aplicó una prueba paramétrica, que este caso fue la prueba de t de student para una muestra relacionada.

Tabla 16

Prueba de normalidad para la DBO_5

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
DBO_5(Afluente)	,942	10	,574
DBO_5(Efluente)	,888	10	,162

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.2. Prueba de t para la DBO_5

Para determinar si existe diferencia significativa en las medias de la concentración de DBO_5, se inicia con la redacción de la hipótesis:

H0(Hipótesis nula): No hay diferencia significativa en las medias de la remoción de concentración de dbo5 antes y después del tratamiento de las aguas residuales de la industria de palma con la tecnología Stari Yaqua.

H1 (Hipótesis alterna): Hay una diferencia significativa en las medias de la remoción de concentración de dbo5 antes y después del tratamiento de las aguas residuales de la industria de palma con la tecnología Stari Yaqua.

El nivel de significancia definido en la investigación fue de 5% es decir que $\alpha = 0,05$.

Tabla 17

Prueba t de student par muestras relacionadas en DBO5

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
DBO_5 (afluente y efluente)	10346,02	585,58	185,18	9927,12	10764,91	55,87	9	0,000

Fuente: Elaboración propia

Según se observa en la tabla 17 el nivel de significancia o p- valor fue de 0,000 menor a los establecido de α=0,05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, indicándonos que hay una diferencia significativa en las medias de la remoción de concentración de dbo5 antes y después del tratamiento de las aguas residuales de la industria de palma aplicando la tecnología Stari Yaqua.

4.1.4.3. Prueba de normalidad para la DQO.

Los datos obtenidos durante la investigación tienen una distribución normal, se realizó la prueba de normalidad utilizando el estadístico de Shapiro – Wilk, debido a que la cantidad de las muestras establecidas es menor a 50 datos (20 dato); existe normalidad de datos cuando el P valor resulta mayor a 0.05. Los resultados que se obtuvieron se muestran en la en la tabla 18, en donde nos indica que el nivel de significancia es superior

a 0.05, por tanto, se estableció que los datos presentan una distribución normal y se aplicó una prueba paramétrica, que este caso fue la prueba de t de student para una muestra relacionada.

Tabla 18

Prueba de normalidad para la DQO

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
DQO (afluente)	,979	10	,959
DQO (efluente)	,961	10	,794

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.4. Prueba de t para la DQO

Para comprobar si existió diferencia significativa en las medias de la concentración de DQO, se estableció los siguientes pasos:

Redacción de hipótesis:

H0= No hay diferencia significativa en las medias de la remoción de concentración de la DQO antes y después del tratamiento de las aguas residuales de la industria de palma con la tecnología Stari Yaqua.

H1: Hay una diferencia significativa en las medias de la remoción de concentración de la DQO antes y después del tratamiento de las aguas residuales de la industria de palma con la tecnología Stari Yaqua.

El nivel de significancia definido en la investigación fue de 5% es decir que α= 0,05.

Tabla 19

Prueba t de student par muestras relacionadas en DQO

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
DQO (afluente y efluente)	39705,80	1382,42	437,16	38716,88	40694,73	90,83	9	0,000

Fuente: Elaboración propia

Según se observa en la tabla 19 el nivel de significancia o p- valor fue de 0,000 menor a los establecido de α=0,05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, estableciendo que existe una diferencia significativa en las medias de la remoción de concentración de DQO antes y después del tratamiento de las aguas residuales de la industria de palma aplicando la tecnología Stari Yaqua.

4.1.4.5. Prueba de normalidad para Aceites y grasas.

Los datos obtenidos durante la investigación para el parámetro de aceites y grasas tienen una distribución normal, se utilizó el estadístico de Shapiro – Wilk, debido a que el total de muestras no supera los 50 datos (20 unidades muestrales); existe normalidad de datos cuando el P valor resulta mayor a 0.05. En la tabla 20 nos indica que el nivel de significancia es superior a 0.05, por lo tanto, se estableció que los datos presentan una

distribución normal y se aplicó una prueba paramétrica, que para el presente estudio aplica la prueba de t de student para una muestra relacionada.

Tabla 20

Prueba de normalidad para aceites y grasas

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
AYG (efluente)	,967	10	,865
AYG (efluente)	,903	10	,236

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.6. Prueba de t para aceites y grasas

Para comprobar si existió diferencia significativa en las medias de la concentración de aceites y grasas se estableció los siguientes pasos:

Redacción de hipótesis:

H0= No hay diferencia significativa en las medias de la remoción de concentración de aceites y grasas antes y después del tratamiento de las aguas residuales de la industria de palma con la tecnología Stari Yaqua.

H1: Hay una diferencia significativa en las medias de la remoción de concentración de aceites y grasas antes y después del tratamiento de las aguas residuales de la industria de palma con la tecnología Stari Yaqua.

El nivel de significancia establecido en la investigación fue de 5% es decir que $\alpha = 0,05$.

Tabla 21

Prueba t de student par muestras relacionadas del parámetro de aceites y grasas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior	Superior			
A y G (Afluente y efluente)	1541,74	58,73	18,57	1499,73	1583,75	83,02	9	0,00

Fuente: Elaboración propia

Según se observa en la tabla 21 el nivel de significancia o p- valor fue de 0,000, un resultado menor a los establecido en α=0,05, resolviendo rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, concluyendo que existe una diferencia significativa en las medias de la remoción de concentración de aceites y grasas antes y después del tratamiento de las aguas residuales de la industria de palma aplicando la tecnología Stari Yaqua.

4.1.5. Comparación de la concentración de aceites, grasas, DBO5 y DQO del agua tratada con la norma colombiana resolución 631-2015 y los estándares de calidad ambiental de agua (ECA-agua).

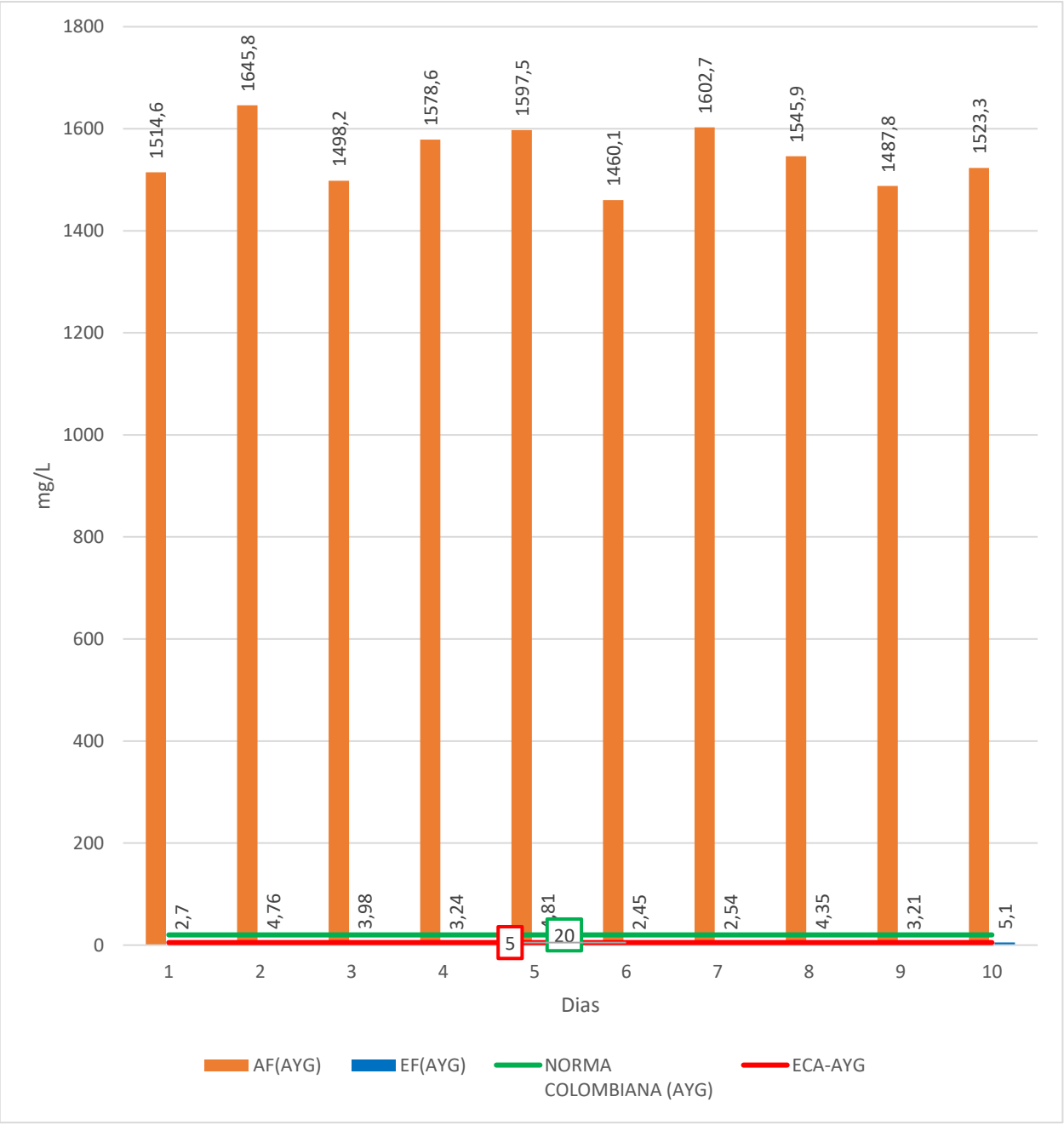
4.1.5.1. Aceites y grasas

Las concentraciones de aceites y grasas comparadas con la norma colombiana resolución 631-2015, donde establecen los valores límites máximos permisibles para vertimientos de aguas residuales no domesticas a cuerpos de agua superficiales de industrias de extracción de aceite de origen vegetal (en adelante norma colombiana) y el

d.s 004-2017-minam que aprueba los estándares de calidad ambiental para agua (en adelante ECA-agua) del agua tratada utilizando la tecnología Stari Yaqua se encuentra por debajo de los valores establecidos en las normas mencionadas, en donde nos indica que no se debe superar una concentración de 20 mg/l y 5 mg/L respectivamente de aceites y grasas en la descarga a un cuerpo de agua receptor. La figura 4 muestra las concentraciones de aceites y grasas del afluente y efluente comparado con la norma colombiana y los ECA-agua.

Figura 4

Concentración del afluente y efluente de aceites y grasas



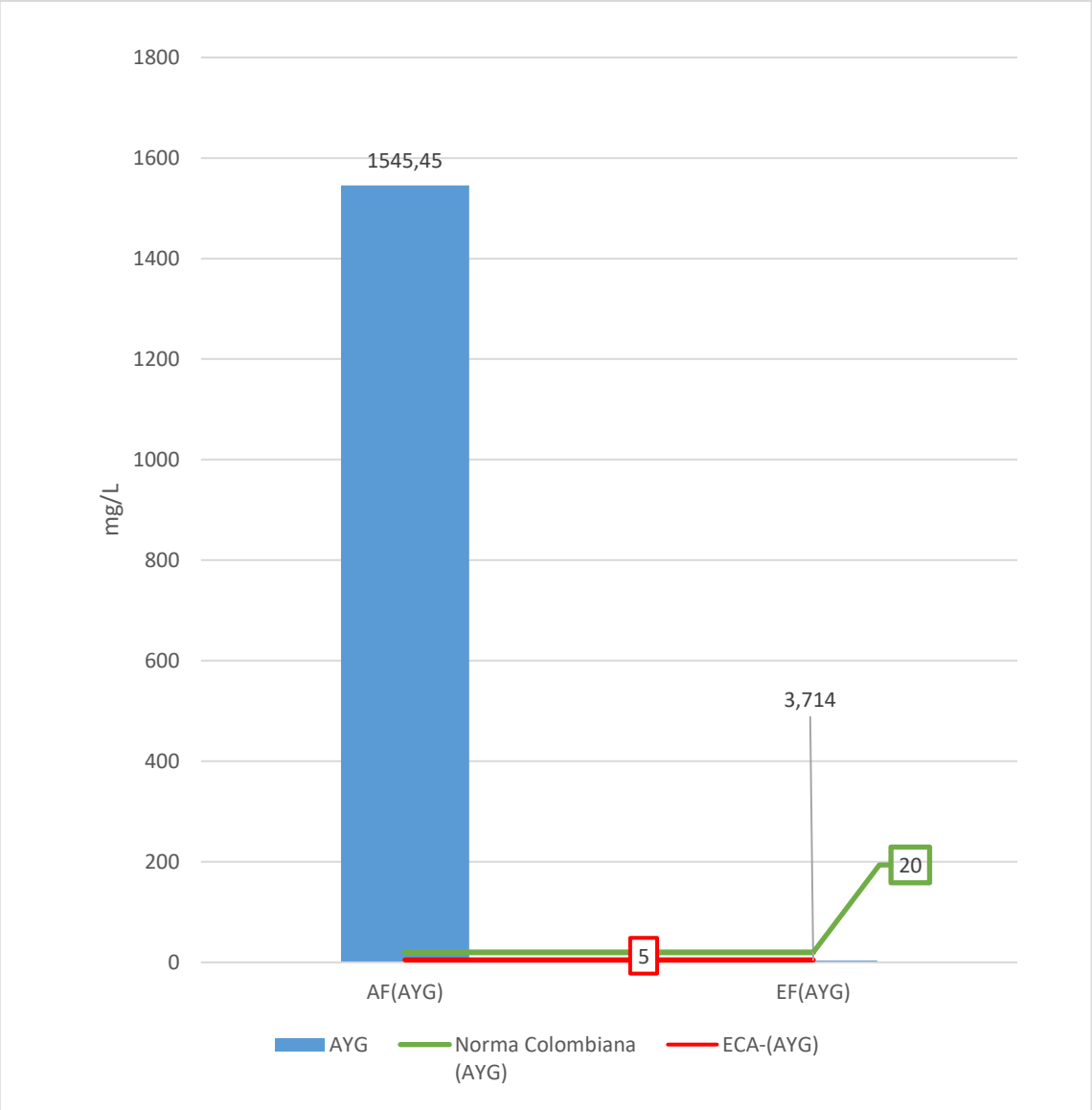
Fuente: Elaboración propia

En la figura 5, se establece que la media de la concentración de aceites y grasas antes de ingresar al tratamiento es de 1545,45 mg/L superando enormemente los establecido en la norma colombiana y los ECA-agua, en cambio después de aplicado el

tratamiento, la concentración de aceites y grasas se reduce drásticamente, estando por debajo del umbral de ambas normas mencionadas.

Figura 5

Comparación de medias de los valores de aceites y grasas con los límites máximos permisibles



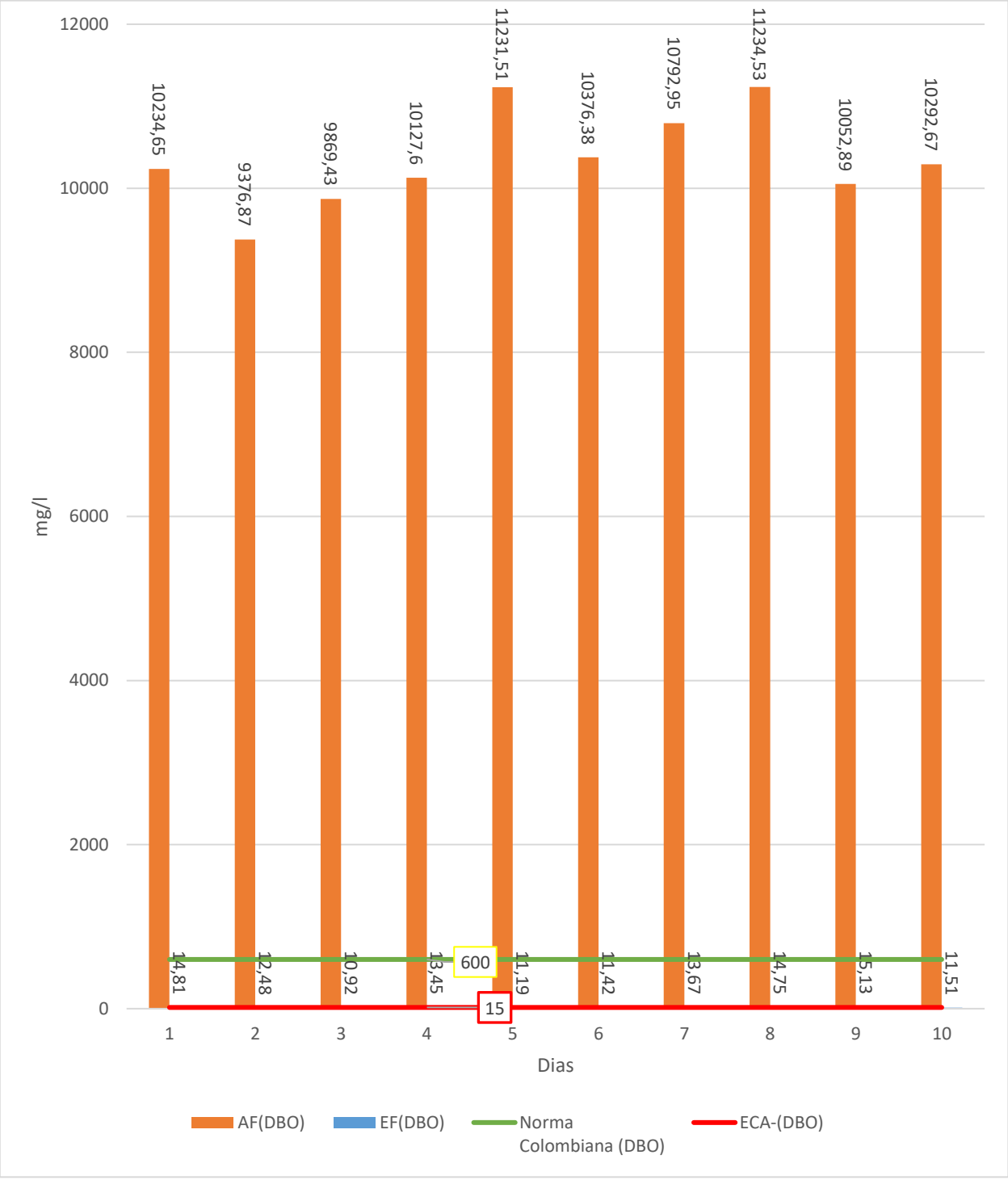
Fuente: Elaboración propia

4.1.5.2. DBO_5

Las concentraciones DBO_5 del agua tratada utilizando la tecnología Stari Yaqua se encuentra por debajo de los valores establecidos en la norma colombiana y los ECA-agua, donde nos indica que no se debe superar una concentración de 600 y 15 respectivamente mg/l en la DBO_5 para la descarga a un cuerpo de agua receptor. La figura 6 muestra las concentraciones de DBO5 del afluente y efluente comparado con la norma colombiana y peruana, en donde que el agua sin tratar supera los 10 000 mg/L de DBO5 en la mayoría de las unidades muestrales, en cambio en el tratada con la tecnología Stari Yaqua se observa una disminución de más del 90% con valores mínimos de 10,92 mg/L de DBO_5.

Figura 6

Concentración del afluente y efluente de la DBO_5



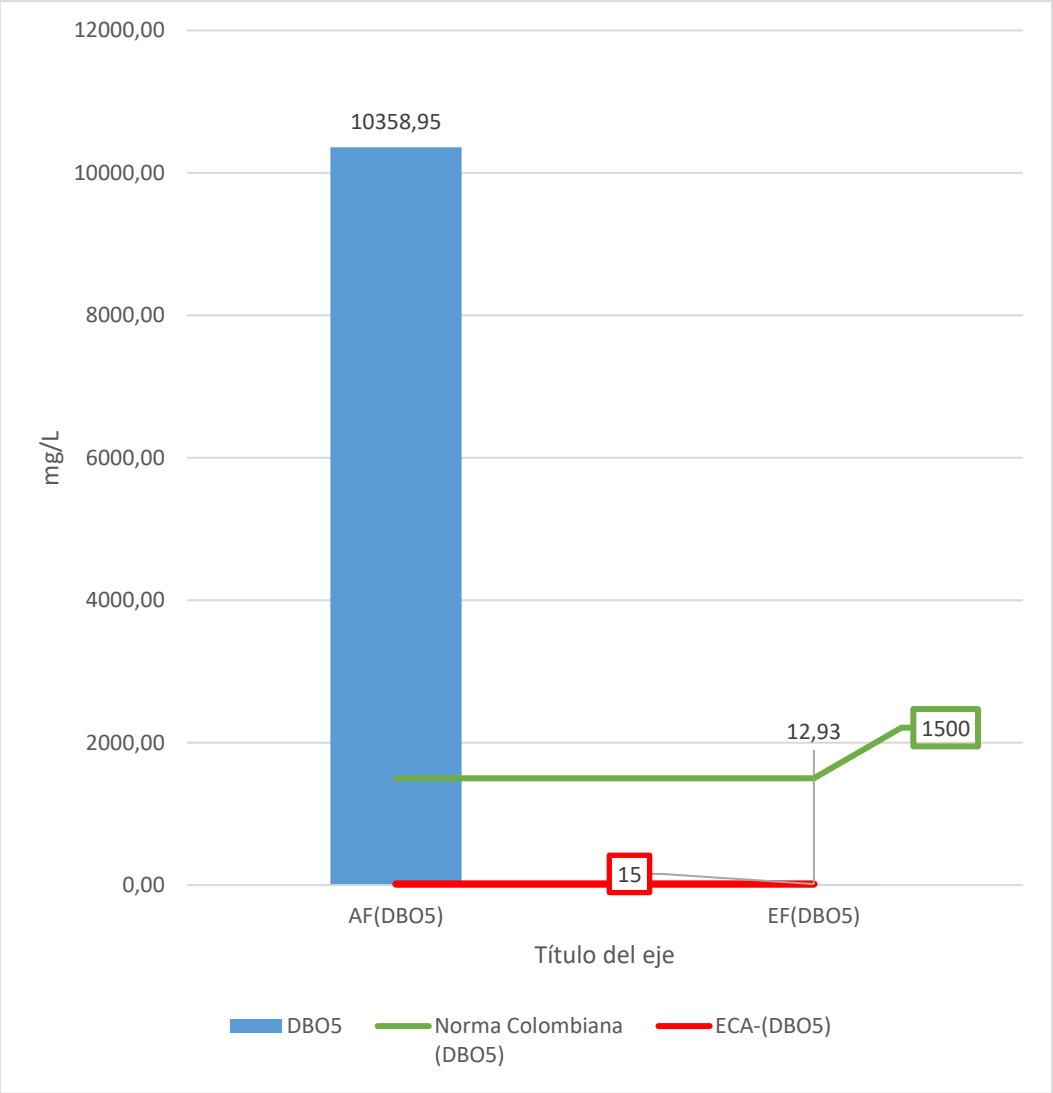
Fuente: Elaboración propia

En la figura 7 se muestra el promedio de la demanda biológica de oxígeno (DBO_5), donde el agua residual de la industria de palma ingreso a la planta Stari Yaqua,

siendo este valor >10358,95 mg/l; y a la salida del sistema de tratamiento, la DBO5 redujo considerablemente dando como resultado la media de 12, 93 mg/l. La eficiencia en la remoción de este parámetro fue de un 99,78%, en un tiempo de retención de 8 horas.

Figura 7

Concentración del afluente y efluente de la DBO5



Fuente: Elaboración propia

Esta reducción se debe a la degradación biológica realizada por los microorganismos adheridos a la superficie de las plantas, así como por los microorganismos que se encuentran en la columna de agua. También, influyen los procesos físicos como la sedimentación que se da por la baja velocidad que se maneja en

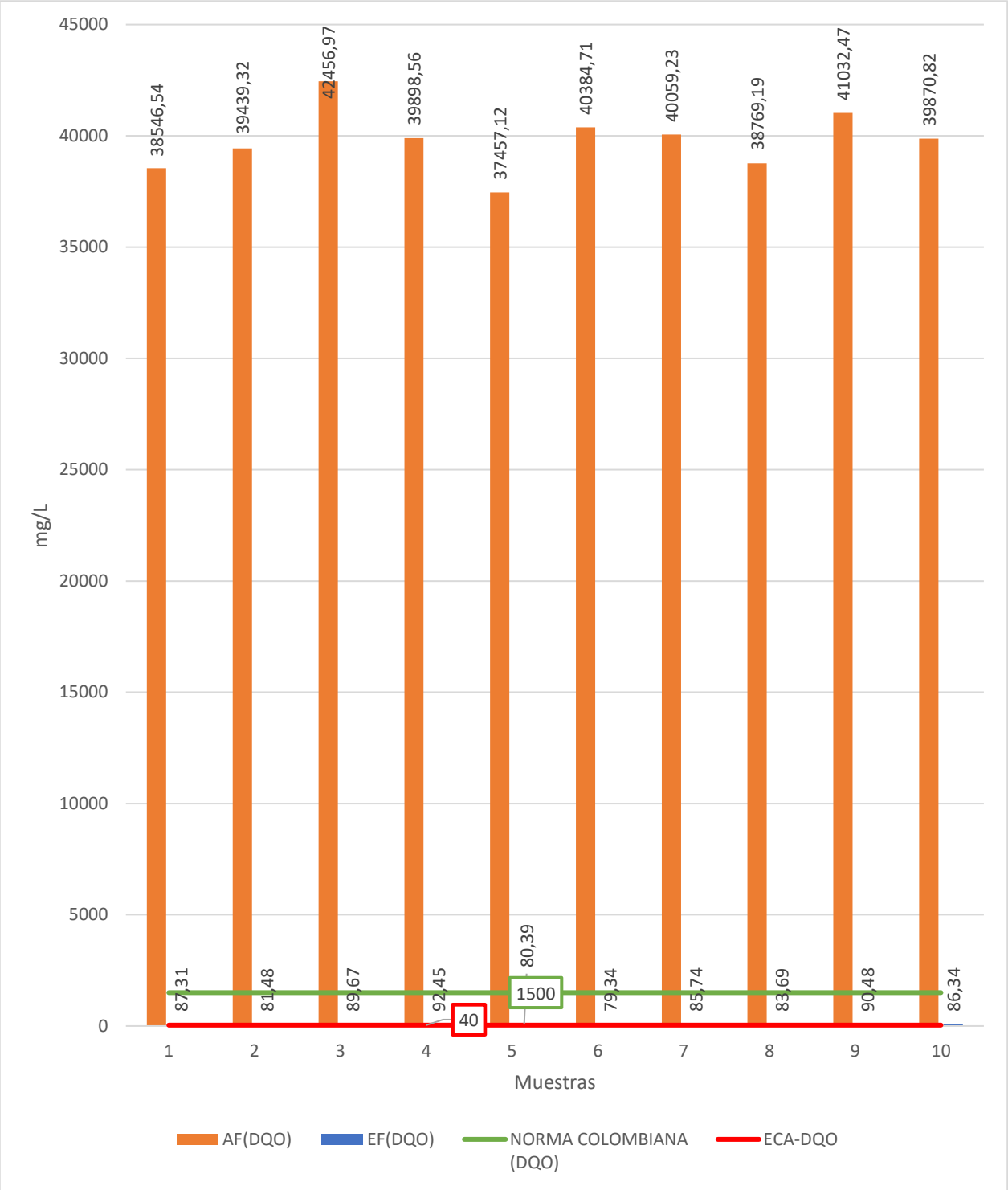
el humedal ya que trabaja con un flujo laminar constante, esto favorece la floculación y tiende a sedimentarse la materia orgánica que se encuentra en forma suspendida. Además, se da el proceso de filtración, el cual es dado a través del medio poroso. Se considera que el 50% de la DBO5 es removida en los primeros metros del fitofiltro ya sea por descomposición aerobios o anaerobios. El resto de la DBO5 soluble continúa siendo removida por los microorganismos por procesos aerobios, para ello se necesita oxígeno el cual es adquirido de la atmósfera por difusión, mediante la fotosíntesis de las plantas al interior de la columna de agua y cedido desde las raíces de las plantas; influyendo el requerimiento de nutrientes por parte de las macrófitas emergentes presentes en el humedal. (Sanabria, 2009)

4.1.5.3. DQO

En la tabla 8 se muestra los valores de DQO obtenidos en los análisis que se hicieron al afluente(P1) y efluente (P2) de las aguas residuales de palma, tratadas con la tecnología Stari Yaqua, en ella se puede observar los valores altos del afluente superando los 30 00 mg/L en DQO, además se contrasta con lo obtenido en el afluente, siendo el valor mínimo 81,48 mg/L de DQO; como resultado los valores del efluente se encuentran por debajo de la establecido por la norma colombina(> a 1500 mg/L) y supera lo establecido en los ECA-agua, categoría 3, el cual indica que el efluente a disponer en un cuerpo de agua no debe superar los 40 mg/L en DQO.

Figura 8

Concentración del afluente y efluente de la DQO



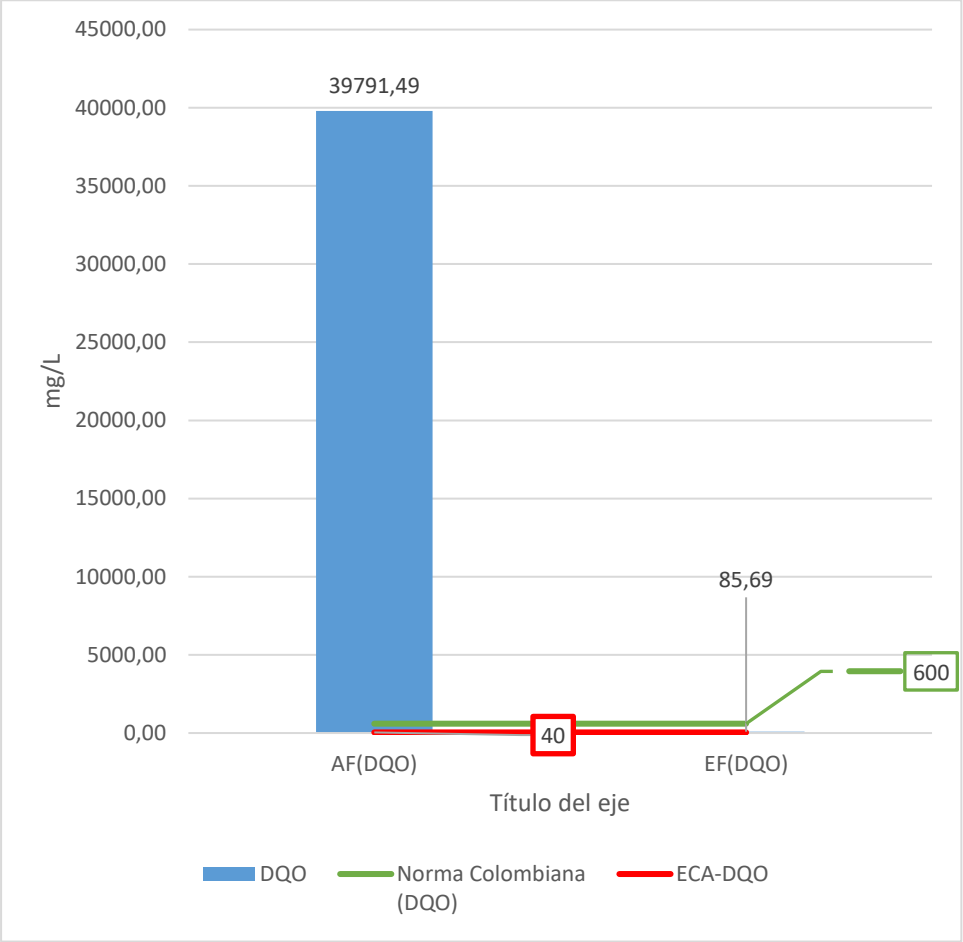
Fuente: Elaboración propia

En la figura 9, se establece que la media de la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno antes de ingresar al tratamiento es de 39791,49 mg/L superando

enormemente los establecido en la norma colombiana y los ECA-agua, en cambio después de aplicado el tratamiento, la concentración de la demanda química de oxígeno se reduce drásticamente, con una media de 85,69 mg/L de DQO, estando por debajo del umbral de los establecido en la norma colombiana y por encima de la norma peruana (ECA-agua).

Figura 9

Concentración del afluente y efluente de la DQO



Fuente: Elaboración Propia

4.2. Discusión

Los resultados de los valores obtenidos del afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales Stari Yaqua, nos permitió determinar el objetivo principal planteado “determinar la eficiencia de remoción de aceites y grasas,

DBO5 y DQO de las aguas residuales de la industria de palma utilizando la tecnología Stari Yaqua", la cual se realizó mediante el análisis de 20 muestras en total para cada parámetro (10 de afluente y 10 del efluente), en la que como resultado de eficiencia de remoción promedio fue el siguiente : 99.88% de eficiencia de remoción en Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO, 99.84% de eficiencia de remoción de la Demanda Química de Oxigeno DQO y 99, 84% de eficiencia de remoción en Aceites y grasas, donde se obtiene valores por debajo de lo establecido en la normativa colombina y el ds 004-2017-minam estándares de calidad ambiental para, los resultados obtenidos son similares con la investigación realizado por sangucho y rodriguez, (2018), en donde evaluó la viabilidad del uso del raquis de escobajo de palma como lecho filtrante de agua residual y que obtuvo con un 86,57% de remoción de DBO y DQO y un 99,44% de remoción en aceites y grasas, para ambos investigaciones se demuestra que los valores de DBO y DQO antes iniciar los tratamientos son mayor a 10 000 mg/L de DBO5 y 53 094,2 mg/L de DQO para la presente investigación y para sangucho y rodriguez (2018) es de 28 800 mg/L en DBO y 36 000 mg/L en DQO respectivamente, donde se afirma lo dicho por Althausen (2016), que habla sobre que el agua residual de palma tiene características agresivas con un DBO de 25 000 mg/L y un DQO de 55 000 mg/l, valores por encima de los límites máximos permisibles. Para sangucho y Rodríguez (2018), el alto grado de remoción de contaminantes de DQO, DBO, aceites y grasas, es debido al espesor del lecho filtrante(escobajo o raquis de palma), el raquiz o escobajo de palma está constituido principalmente por tres materiales poliméricos que son la celulosa, hemicelulosa y lignina, tiene una relación de C/N alta (> 25:1), una humedad del 60 al 65% y 1 a 2.5% de aceite vegetal impregnado, además de ello tiene un 0,5% de nitrógeno, 0,004% de fósforo, 5,68% de potasio, 0.8% de magnesio y 50% de materia orgánica (Ramírez, C. N. E. et al., 2011); en cambio se pudiera indicar que para la tecnología Stari Yaqua el alto

grado de eficiencia se da en el componentes de filtro percolador donde se remueve el mayor porcentaje de carga orgánica presente en el agua residual, cabe recalcar que el filtro percolador está compuesta por fibra y raquis de palma, además de otros componentes secretos de la tecnología, además se incluye que solo el parámetro de aceite y grasas cumplió con la normativa , en cambio en la presente investigación se observa en las figuras 4, 6 y 8, que los parámetros analizados si cumple con la normativa colombiana y los ECA-agua, a excepción de los valores obtenidos de la demanda química de oxígeno, en donde se determinó que el agua tratada no cumplía los estándares de calidad ambiental en dqo, estando por encima de los 40 mg/L, por el contrario si cumplió lo establecido en la norma colombiana. En cambio lo investigado por Narvaez (2015), difiere en resultados con la presente investigación , debido a que obtuvo como porcentaje de remoción solo el 61% de la DQO, allí establece que debido a la accion microbiológica en el filtro de arena y en el tanque aireado pudo remover la contaminación presente, sin embargo debemos hacer énfasis que el agua residual que utilizo para tratar, provenía de una laguna de un sistema de tratamiento aeróbico, con una concentración de 509 mg/ L de DQO, que si comparamos con lo establecido por Althausen (2016), su valor de concentración antes del tratamiento es bajo, facilitando así la remoción del contaminante en su unidad muestral, así lo indica Zaidun y Assist, (2011). El estudio de Moreno, R. C. M. (2015), obtuvo una remoción de la DQO del 92%, se debe considerar que dicha eficiencia se obtuvo después de 218 dias, con una concentración inicial de 2171 mg/L de DQO. Para el caso del estudio de Moreno, V. I. (2020) indica que el porcentaje de remoción de aceites y grasas fue de 85.95%, la remoción de DBO5 y DQO fue de 85.95% y 93,87% respectivamente, en dicho estudio el agua residual de palma fue combinado con otro efluente de un proceso distinto, generando una dilución importante, ocasionado así la disminución de la concentración del agua residual, obteniéndose una reducción de la

DQO del 59,90%. El autor atribuye la reducción de aceites y grasas a la aplicación de una cepa biológica que toman las grasas presentes en el agua residual para que pueda metabolizar y aproveche los nutrientes, minerales y carbohidratos (Otálora et al., 2000). En cambio Pérez (2019), en su tesis, propone un sistema alternativo para tratar biológicamente y en condiciones anaerobias los efluentes provenientes de la extracción de aceite de palma, además diseño y evaluó un sistema de tratamiento a escala laboratorio con una planta acuática (Eichhornia crassipes) y obtuvo como resultados porcentajes de remoción bajos comparados con el presente estudio y el de autores antes mencionados, siendo que el porcentaje de eficiencia en remover la DQO fue de 79,25%.

Asimismo Malacatus (2016) en su investigación evaluó a tres extractoras de aceite de palma, para analizar su eficiencia de remoción de contaminantes en los sistemas de tratamientos de aguas residuales, donde obtuvo como resultado que en la extractora 1 removió un 99,16% de aceite y grasas, un 94,71% en dbo5 y 94,14 % en DQO, en la Extractora 2 removió 99,45% en DBO5, y un 99,42% en DQO, por último la Extractora 3 removió un 99.91% de Aceites y grasas, un 996.88% de DBO5 y un 96,03%,DQO, estos valores son parecidos a los resultados de la presente investigación, la diferencia radica en los tipos de tratamiento que evaluó Malacatus (2016), en donde menciona que los tratamientos consistían en tanques florentinos donde se recuperaba parte del aceite del efluente, para luego estabilizar la temperatura a 53 °C, luego pasaban a una serie de lagunas, que cumplían la función de enfriamiento, desaceitado y acidogénesis, para finalmente ser descargado a un cuerpo de agua, la ventaja de estos sistemas abiertos es su bajo costo , sin embargo son estáticos, no existe una mezcla interna y no hay control de temperatura, haciendo que las bacterias no posean condiciones ideales para la degradación adecuado de la materia orgánica Althausen (2017), el tipo de tratamiento utilizado en la presente investigación abarca una laguna ecualizadora donde se almacena

el efluente y regula la temperatura, luego pasa a una infraestructura donde se realiza la estabilización del pH, para luego pasar al filtro percolador donde se remueve un gran porcentaje de la materia orgánica presente, las aguas resultantes son evacuadas a una laguna facultativa que servirá de recirculación hacia la mezcla rápida y así ayudar a reducir el ph, por ultimo pasa a fitofiltro donde remuevan las impurezas que no se pudieran quitar en el filtro percolador. Análogamente Rodríguez et al., (2022) en su estudio obtuvo como resultado la reducción del 75,79% en DQO, y más de 90% en remoción de aceites y grasas, como método de tratamiento aplico el proceso de coagulación/floculación utilizando policloruro de aluminio(PAC), comparándole con la presente investigación en lo que respecta a eficiencia de remoción de DQO, existe una diferencia de más del 20% debido a que con la tecnología Stari Yaqua se pudo remover más del 99,84% de DQO presente en el efluente, sin embargo si existe similitud de eficiencia de remoción con respecto al parámetro de aceite y grasas, en ambos casos superando el 95% de eficiencia de remoción. En cuanto al estudio realizado por Gronerth y Peña (2017), en donde aplico un sistema de filtración y aireación a escala para tratar el efluente del decanter en industrias del shanusi, obtuvo como resultado la reducción de la carga contaminante del agua residual industrial en un 95,92% para Demanda Bioquímica de Oxígeno y un 95,19% para Demanda Química de Oxígeno. Se debe aclarar que el agua residual tomado como muestra del decanter proviene de una serie de procesos del sistema de tratamiento de aguas residuales de la industria del shanusi, estos comprenden lagunas-digestores anaerobios, que son sistemas biológicos que donde las bacterias realizan la accion metabólica en ausencia de oxígeno, La digestión anaeróbica se define como la descomposición metanogénica anaeróbica modificada de la materia orgánica, que Implica diferentes especies de microorganismos anaerobios que degradan la materia orgánica (Cote et al., 2006). luego pasa por un Sedimentador de Alta Tasa cuya finalidad

es reducir el paso de sólidos suspendidos hasta las lagunas facultativas, y así evitar su colmatación por acumulación de sólidos en el fondo de estas. Los lodos sedimentados son removidos y enviados al Digestor de Lodos, donde en continúan con su estabilización y mineralización antes del proceso de deshidratación mecánica. La Laguna Facultativa cumple la función de remoción de carga orgánica que no se pudo capturar en los digestores anaerobios, además de sirve como almacén de agua para su sistema de riego, como último proceso está el decanter que emplea para deshidratar el lodo que proviene de las etapas anteriores a este, los lodos son atrapados y utilizados como abono orgánico.

Los resultados obtenidos por Gronerth y Peña (2017), son similares al estudio ejecutado en la presente tesis, superando ambos el 95% de efectividad en la remoción de los contaminantes de DBO5 y DQO, se debe indicar que la tecnología Stari yaqua utiliza como proceso principal de remoción de contaminantes el filtro percolador que es regada por medio de un sistema de aspersión de caída vertical, sobre un lecho compuesto por distintos estratos, conteniendo en su parte superior un alto número de lombrices. El efluente de palma se filtra a través de los distintos capas o estratos del filtro que lo conforma, reteniéndose la materia orgánica en las capas superiores del sistema de tratamiento, para posteriormente servir de base alimenticia para las lombrices y bacterias descomponedores de materia orgánica (Salazar, 2005). La materia orgánica del efluente de palma que se encuentra en el agua es consumida por las lombrices, oxidándola así a anhídrido carbónico, pasando un cierto porcentaje a constituir la masa corporal de las lombrices y otra parte en las heces de estas, lo que constituye el humus de lombriz (Salazar, 2005).

Asimismo a nivel local Navarro (2022), en su investigación titulada tiempo de tratamiento de un sistema de electrocoagulación para la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno(DBO_5) y demanda química de oxígeno (DQO) de los efluentes

generados en la ptari de agropecuaria rossel s.r.l., evaluó las concentración iniciales de la Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO_5) y Demanda Química de Oxigeno (DQO), obteniendo como resultado remoción de 98% para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) con valor de 40 mg/L y, 98% para la demanda química de oxígeno (DQO) con valor de 73 mg/L, estos valores están cercanos a lo obtenido en la presente investigación con 99.88% de eficiencia de remoción en Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO, 99.84% de eficiencia de remoción de la Demanda Química de Oxigeno DQO y 99, 84% de eficiencia de remoción en Aceites y grasas, y las concentraciones obtenidas después del tratamiento es de 11,3 mg/L de DBO5 y 87,07 mg/L de DQO, concentraciones muy por debajo de los límites máximos permisibles; cabe mencionar que la concentración inicial determinada por Navarro (2022) provenía de un efluente estabilizado con valores en DBO5 de 1700 mg/L y en DQO de 3500 mg/L, que si le compramos con la presente tesis que inicio con valores en DBO5 superiores a los 10000 mg/L y en DQO con más de 53 000 mg/L; en su investigación Navarro (2022), indica que obtuvo la muestra del agua residual de la cuarta laguna de oxidación, que a criterio del investigador de esta tesis es motivo de la baja concentración de la DBO5 y DQO como concentración inicial, así también lo confirma Althausen (2016), donde define que un sistema biológico en donde diferentes tipos de bacterias metabolizan la materia orgánica en una serie de lagunas abiertas (una laguna anaeróbica, seguida por una laguna facultativa y una laguna aeróbica al final del proceso), que con un correcto diseño (suficiente tiempo de retención) y buen mantenimiento (remoción de lodos), estos sistemas pueden reducir la DQO del efluente a aproximadamente 1.500 mg/L. Por otra parte, Navarro (2022), utilizo un tratamiento distinto a lo biológico, que fue la electrocoagulación, un tratamiento fisicoquímico o terciario (Restrepo et al., 2006).

En el caso de Delgado (2018), en su en su investigación busco determinar el efecto de diferentes mezclas de escobajo de palma aceitera y lombriz de tierra(Eisenia foetida) para la reducción de la demanda bioquímica de Oxígeno y la concentración de aceites y grasas del efluente de la industria Palm Oleo S.A.C., como resultado obtuvo que en 2 kg de escobajo triturado con 400 unidades de lombrices) a los 45 días redujo considerablemente la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de 9 137,20 mg/l (±980,61) a 14,60 mg/l que en porcentaje de remoción significa un 99, 84%; la concentración de aceites y grasas (AyG) se redujo de 8 768,23 mg/l (±1 505,23) a 3,97 mg/l (±1,07) representando un 99,95% de eficiencia de remoción y el tiempo de filtrado (TF) de 59,33 min (± 4,48), además de obtener humus de lombriz en 45 días, estos resultados son idénticos a lo obtenido en nuestra investigación , siendo los parámetros de dbo5 y aceites y grasas donde se obtuvieron más del 99% de eficiencia de remoción llegando a valores de 11,3 mg/L de DBO5 y 2,62 mg/L de aceites y grasas, concentraciones por debajo de lo establecido en los límites máximos permisibles. Delgado (2018) se adaptó y mejoro al sistema toha, que consiste en un filtro compuesto de lombrices que degradan la materia orgánica de los residuos industriales líquidos (Hernández 2005). La degradación rápida de la materia orgánica presente en el agua residual también resulta de la formación de una flora bacteriana en las piedras (parte integral del filtro percolador) que digiere la materia orgánica del agua que pasa por ella y que no fue retenida en las capas superiores del lombrifiltro (Salazar, 2005). La tecnología Stari Yaqua es una adaptación y mejora del sistema toha, añadiendo un proceso que es la fitorremediación.

CAPITULO V

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones:

- Se determinó que la tecnología Stari Yagua es eficiente en la remoción de aceites y grasas, DBO y DQO, de las aguas residuales de la industria de palma.
- Se determinó que la eficiencia en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno de la tecnología stari yaqua es del 99, 88%., evidenciando que la media la demanda biológica de oxígeno (DBO_5) con que el agua residual industrial ingreso a la tecnología Stari Yaqua, siendo este valor 10 358,95 mg/l; y a la salida del sistema de tratamiento, la DBO_5 redujo considerablemente dando como resultado la media de 12,93 mg/l.
- Se determinó que la eficiencia en la remoción de la demanda química de oxígeno de la tecnología stari yaqua es del 99, 78%, evidenciando que la media la demanda química de oxígeno (DQO) con que el agua residual industrial ingreso a la tecnología Stari Yaqua, siendo este valor 39791,49mg/l; y a la salida del sistema de tratamiento, la DBO_5 redujo considerablemente dando como resultado la media de 85.69 mg/l.
- Se determinó que la eficiencia en la remoción de aceites y grasas de la tecnología stari yaqua es del 99, 76%, evidenciando que la misma ingreso a la tecnología Stari Yaqua, siendo este valor 1545, 45 mg/l; y a la salida del sistema de tratamiento, los aceites y grasas se redujo considerablemente dando como resultado la media de 3,71 mg/l.
- Se comparo la concentración de aceites y grasas, DBO5 y DQO del agua tratada, obtenido de la tecnología Stari Yaqua, con la norma colombiana resolución 631-

2015 y el D.S. N°004-2017-MINAM., como resultado los parámetros comparados se encuentran por debajo de los establecido en ambas normas.

5.2. Recomendaciones:

- A la empresa ECOPRODUTS, dueña de la patenta de la tecnología Stari Yaqua, reproducir la tecnología, para otros tipos de afluentes industriales,
- Comparar la tecnología Stari Yaqua con las funciones de otras tecnologías en el tratamiento de aguas residuales industriales.
- Para que la tecnología Stari Yaqua pueda tener un mayor porcentaje de eficiencia en la remoción de la concentración de la DBO5, DQO, aceites y grasas para aguas residuales de una planta extractora de aceite crudo de palma, se deben complementar con otros procesos terciarios, para llegar al parámetro establecido en los estándares de calidad ambiental de agua (ECA-agua).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Althausen, M. (2017). Tratamiento de Efluentes de la Planta de Beneficio- Convertir un residuo en un recurso. Palmas, 37, 31–37. Recuperado a partir dehttps://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11918.

Awotoye, O. O., Dada, A. C. y Arawomo, G.A.O. (2011). Impact of Palm Oil Processing Effluent Discharge on the Quality of Receiving Soil and River in South Western Nigeria. Journal of Applied Sciences Research. 7. 111-118.

Barrantes y Pittman (2018). Efectos de la microalga Botryococcus SP. En la remoción de nitrato y fosfato en aguas residuales. En la empresa municipal de agua y alcantarillado de coronel Portillo Ucayali, marzo 2018. [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ucayali, Perú]. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3856/000003500T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Brandao, F., & George, S. (2015). The state of oil palm development in the Brazilian Amazon. Working Paper, 198. Bogor, Indonesia: Centro de Investigación Forestal Internacional (CIFOR). doi:https://doi.org/10.17528/cifor/005861

Camilo A. Cortés G. et al. (2006). Respuesta de Palma de Vivero a la Aplicación de Residuos de la Planta Extractora. Desarrollo vegetativo y distribución de materia seca. PALMAS, 23-28.

Capurro, V. y Olivera, E. (2018). Aportes pedagógicos a la educación ambiental: una perspectiva teórica. *Journal of High Andean Research*, 20(3): 333-346. http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v20n3/a07v20n3.pdf

Chirif, A., álvarez, j., timothy, a., luisa, b., belaunde, e., martín, m., hugo, b., juan, c., dammert, l., cañas, c. y del, d., 2019. peru: deforestation in times of climate change. [en línea].lima-perú:disponible

en:https://www.researchgate.net/publication/338898445_perudeforestation_in_times_of_climate_change_alberto_chirif_editor.

Corley, R. H. (2009). How much palm oil do we need? Environmental Science and Policy, 12(2), 134–139. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2008.10.011

Cote, C, Daniel, I. M, & Quessy, S. (2006). Reduction of indicator and pathogenic microorganisms by psychrophilic anaerobic digestion in swine slurries. Bioresource 82 Tech- nology, 97, 686-691

Cueva, S. y Eras, D. (2021). Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la población de la cabecera cantonal de Puerto Quito, cantón Puerto Quito, provincia de Pichincha. [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador]. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21287/1/UPS%20-%20TTS535.pdf

Dammert, B., Cardenas, C., & Canziani, E. (2012). Potenciales impactos ambientales y sociales del establecimiento de cultivos de palma aceitera en el departamento de Loreto. Lima: Sociedad Peruana de Derecho Ambiental - SPDA. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12823/265

Delgado, J. (2019). Efecto de diferentes Mezclas de Escobajo de Palma Aceitera y lombriz de tierra(Eisenia foetida) para la reduccion de la demanda bioquimica de oxigeno y concentracion de aceites y grasas del efluente de la industria Palm Oleo S.A.C , departamento de ucayal. Pucallpa.

Duarte, S. (2006). Estudio de factibilidad Tecnico- economico y ambiental para el aprovechamiento del biogas producido en el tratamiento de efluentes de las plantas extractoras de aceite de palma de la zona de puerto wilches. Bucaramanga.

Erazo, J. (2018). Reingeniería de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de la extractora EXTRANATU a través del estudio de la planta actual con fines

de mejoramiento ambiental. [Tesis de licenciatura, Universidad Internacional SEK,Ecuador].https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3181/3/TESIS%20EXTRANATU%20FINAL%20%20joselyn%20erazo.pdf

Gomez, A., & Velasquez, J. (2010). Palma africana: antecedentes históricos. Universidad Juárez Autónoma de Tasco, Mexico.

Gronerth Rengifo, D., & Peña Malca, E. (2017). Aplicacion del sistema de filtracion y aireacion a escala a partir del efluente del decanter para el mejoramiento del STAR de industrias del Shanusi S.A., Yurimaguas, 2015. Tesis título, Moyobamba. Obtenido de https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2583

Havandi, A., Haddadian, R., Ismail, M. H., & Abdullah, N. (2012). Continuous metal and residual oil removal from palm oil mill effluent using natural zeolite-packed column. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers.

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación (5ta ed.). México DF.

Hernández, Y. P. (2005). Anteproyecto de Construcción para Aplicación de Lombricultura al Tratamiento de Planta Llau-Llao de Salmonera Invertec S.A. Pág. 69-71. Obtenido de cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcih557a/doc/bmfcih557a.pdf.

Igwe, J., & Onyegbado, C. (2007). A Review of Palm Oil Mill Effluent (Pome) Water Treatment. Global J Environ Res.. 1.

Koh, L. P., & David S, W. (2008). Is oil palm agriculture really destroying tropical biodiversity? onservation Letters, 1(2), 60–64.

Lawrence K., W., Yung-Tse, H., Howard H., L., & Constantine, Y. (2006). Waste Treatment in the Food Processing Industry. Boca Raton: Prensa CRC.

Macedo Saldaña, C. R., & Zavala Aquino, B. N. (2021). Eficiencia de la electrocoagulación para tratar materia orgánica en agua residual de la extracción de aceite de palma, San Martín 2021. Universidad Cesar Vallejo, Escuela Profesional de Ingenieria Ambiental, Tarapoto. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/68820

Malacatus, P., Chamorro, E., & Orellana, G. (2016). Análisis de eficiencia de remoción de contaminantes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en extracción de aceite de palma. FIGEMPA: Investigación Y Desarrollo, 2(2), 61–68. https://doi.org/10.29166/revfig.v1i2.888

Malqui, S. (2021). Implementación de un sistema de filtros para la remoción de aceites y grasas de aguas residuales domésticas en la asociación café Perú, Puente Piedra, 2021. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte, Perú]. https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29220/Malqui%20Solorzano%2c%20Sally%20Preciosa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ministerio de Agricultura y Riego del Peru [MINAGRI]. (2012). Palma aceitera: principales aspectos de la cadena agroproductiva. Lima: Dirección General de Competitividad Agraria.

Ministerio de Agricultura y Riego del Perú. (2016). Resolución Ministerial N° 0281-2016-MINAGRI. Lima. Recuperado el 22 de junio de 2020, de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/resolucionesministeriales/2016/junio/rm281-2016-minagri.pdf

Miranda, J. (2022). Aplicación de enzimas en la eficiencia de tratamiento de las aguas residuales domésticas de la planta piloto de la FIARNUNAC 2022. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Callao, Perú].

http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/7279/TESIS%20MIRANDA%20PEREZ%202022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Moreno Carranza, Verónica Isabel (2020). Sistema de tratamiento del agua residual generada por la industria siexpal s.a. por métodos físicos, químicos y biológicos, año 2019. Quevedo. UTEQ. 130 p

Moreno Reinoso, C. M. (2015). Tratamiento de agua residual de la extracción del aceite crudo de palma para su reutilización como agua de proceso mediante un biofiltro de arena. Tesis título, Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingeniería, Quito. Obtenido de https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/5625

Myers, N., Russell, M., Cristina G, M., Gustavo A. B., F., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, 403(6772), 853-858.

Narvaez, E. (2015). Estudio sobre la recirculacion de agua de produccion utilizada para la extraccion del aceite crudo de palma. Quito.

Nasamues, J. (2021). *Metodologías para evaluar sistemas de tratamiento de aguas residuales en el Ecuador*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Chimborazo,Ecuador].http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/7659/3/DESARROLLO%20DEL%20PROYECTO%20DE%20INVESTIGACI%c3%93N%20Jessica%20Nasamues.pdf

Navarro, J. I. (2022). Tiempo de tratamiento de un sistema de electrocoagulación para la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) de los efluentes generados en la ptari de agropecuaria rossel s.r.l. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio Universidad Nacional de Ucayali. http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5618.

Ñaupas, H. M. (2013). Metodología de la investigación científica y elaboración de tesis. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Ohimain, E., Izah, S., y Angaye, T. (2016). Environmental Impacts of Oil Palm Processing in Nigeria. Biotechnological Research 2(3):132-141, 137-138.

Otálora, M., Peña, J., Martínez, M., y Varela, A. (2000). Evaluación de la capacidad degradadora de aceite por bacterias lipolíticas en el lodo residual de la extracción de aceite de palma. Palma. 21(Especial Tomo 1), 283-292.

Othman, M., Hassan, M., Shirai, Y., Baharuddin, A., Ali, A., & Idris, J. (2014). reatment of effluents from palm oil mill process to achieve river water quality for reuse as recycled water in a zero emission system. ournal of Cleaner Production. 67. 58–61. 10.1016/j.jclepro.2013.12.004.

Paima, D. y Gratelly, W. (2021). Eficiencia de un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal en el tratamiento de aguas residuales domésticas en una vivienda del A. H 9 de Octubre, Pucallpa. [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ucayali, Perú]. http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5091

Pechsuth, M., Prasertsan, P., & Ukita, M. (2001). High-rate anaerobic treatment of palm oil mill effluen. Original Article, 23, 779–787.

Pérez, A. (2019). Alternativa para el tratamiento biológico anaeróbico para los efluentes procedentes del proceso de extracción de aceite de palma [Tesis de pregrado, Universidad de Pamplona]. Repositorio de la Universidad de Pamplona.http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/5938

Petitpierre, G. (1982). Tratamiento del Efluente del Aceite de Palma y Producción de Biogás.

Quispe, K. y Ayala, M. (2019). Utilización de la Eichhornia Crassipes y Lemna Minor en la remoción de nitrógeno y fósforo, de las aguas residuales de la laguna de oxidación de la empresa EMAPACOP S.A - Ucayali 2018. [Tesis de licenciatura,

Universidad Nacional de Ucayali]. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4238/000004197T-AMBIENTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ramírez Contreras, N. E., Silva Ramírez, Á. S., Garzón González, E. M., & Yánez Angarita, E. E. (Diciembre de 2011). Boletín Técnico N°30: Caracterización y manejo de subproductos del beneficio del fruto de palma de aceite. Bogotá: CENIPALMA.

Restrepo, A., Arango, A., y Garces, L. (2006). Electrocoagulación: retos y oportunidades en el tratamiento de aguas (Vol. 1). Produccion mas limpia. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Luis-Garces-Giraldo/publication/277035194_La_Electrocoagulacion_retos_y_oportunidades_en_el_tratamiento_de_aguas/links/5ef25e06458515ceb2046e5f/La-Electrocoagulacion-retos-y-oportunidades-en-el-tratamiento-de-aguas.pdf

Rival, A., & Levang, P. (2014). La palma de la controversia: la palma aceitera y los desafíos del desarrollo. Bogor: CIFOR. doi:http://dx.doi.org/10.17528/cifor/005097

Rodríguez, Y., Torregoza, A., Mejía, F., Atencia, J. y Villero, A. 2019. Eficiencia de la aplicación de policroruro de aluminio en post-tratamiento de aguas industriales en palma de aceite. Temas Agrarios 24(2): 159-170 https://doi.org/10.21897/rta.v24i2.

Rupani, P., Singh, R., Ibrahim, M., & Esa, N. (2010). Review of Current Palm Oil Mill Effluent (POME) Treatment Methods: Vermicomposting as a Sustainable Practice. World Applied Sciences Journal. 10. 1190-1201, 13.

Salazar, P. (2005). Sistema Tohá; una alternativa ecológica para el tratamiento de aguas residuales en sectores rurales. Pág. 73 - 78. Valdivia: Universidad Austral de Chile.

Sangucho, W., & Rodriguez, A. (2018). Evaluacion de la viabilidad del uso del raquis como lecho filtrante para el tratamiento de agua residual proveniente de la extraccion de aceite de palma. Quito.

Sheil, D., Anne, C., Erik, M., Meine, v. N., Joanne, G., Jacqui, S.-G., . . . Markku, K. (2009). The impacts and opportunities of oil palm in Southeast Asia:what do we know and what do we need to know? Occasional paper no. 51. CIFOR. Bogor, Indonesia: Harapan Prima, Jakarta.

Vallejos, E. (2022). Educación ambiental para el desarrollo sostenible en los estudiantes del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público San Ignacio. *Ñeque, Revista de investigación en Ciencias Administrativas y Sociales*, 5(12): 247-260. https://revistaneque.org/index.php/revistaneque/article/view/91/279

Villacorta y Rios (2019). Sistema de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales de la curtiembre de piel de paiche (Arapaima Gigas) en el cite pesquero, región Ucayali. [tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ucayali, Perú]. http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4290/UNU_AMBIENTAL_2020_T_ZUELY-VILLACORTA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vizcardo, Y. (2019). Desarrollo de un programa integral de disminución de valores máximos admisibles en aguas residuales de establecimientos de comida en un centro comercial de Lima. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú]. https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/7bba8bf7-c858-4f5e-9ad9-fefa09ceb211/content

Zaidun, N., & Assist, L. (2011). The effect of sand filter characteristics on removal efficiency of organic matter from grey, 4(2), 143–155.

Zevallos Ríos, S. P. (2015). Determinación del potencial energético de la biomasa residual obtenida de la extracción del aceite de palma, en las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, Región Ucayali. (Tesis para obtención de título de Ingeniero). Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa.

ANEXOS

Anexo 1. Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM-prueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Domésticas o Municipales

Tabla 22

Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales

PARAMETRO	**UNIDADD**	**LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA**
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10000
Demanda bioquímica de oxigeno	mg/L	100
Demanda química de oxigeno	mg/L	200
pH	Unidad	6.5-8.5
Solidos totales en suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: D.S N° 003-2010-MINAM-anexo

Anexo 2. Formato de Ubicación de Puntos de Monitoreo

Tabla 23

Formato de ubicación de puntos de monitoreo de la PTARI STARI YAQUA

<table>
<tr><th colspan="4">Tesis: “Eficiencia en la remoción de aceites, grasas, DBO, y DQO de las aguas residuales de la industria de palma, mediante la utilización de la tecnología Stari Yaqua, distrito de Manantay, provincia de coronel portillo, departamento de Ucayali”</th></tr>
<tr><td colspan="4">Nombre de PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales STARI YAQUA</td></tr>
<tr><td colspan="4">Ubicación de la PTAR:</td></tr>
<tr><td>Localidad</td><td>Distrito:</td><td>Provincia:</td><td>Departamento</td></tr>
<tr><td>Caserío Nuevo belén</td><td>Manantay</td><td>Coronel Portillo</td><td>Ucayali</td></tr>
<tr><td colspan="4">IDENTIFICACION DE PUNTOS DE MONITOREO</td></tr>
<tr><td colspan="4">AFLUENTE</td></tr>
<tr><td>Denominación del punto de muestreo (Afluente)</td><td colspan="3">P1- fast blending</td></tr>
<tr><td colspan="4">COORDENADAS U.T.M.(WGS84)</td></tr>
<tr><td>Norte</td><td>Este</td><td>Zona UTM</td><td>Altitud (m.s.n.m)</td></tr>
<tr><td>9062522.32 m S</td><td>540905.23 m E</td><td>18 L</td><td>155</td></tr>
<tr><td>CAUDAL DE OPERACIÓN (Promedio diario):</td><td>0.70 L/s</td><td>Método de Medición</td><td>Volumétrico</td></tr>
<tr><td colspan="4">EFLUENTE:</td></tr>
<tr><td>Denominación del punto de muestreo (Efluente)</td><td colspan="3">P2-Laguna pulidora</td></tr>
<tr><td colspan="4">COORDENADAS U.T.M. (WGSM84)</td></tr>
<tr><td>Norte</td><td>Este</td><td>Zona UTM</td><td>Altitud (m.s.n.m)</td></tr>
<tr><td>9062544.09 m S</td><td>540922.47 m E</td><td>18 L</td><td>155</td></tr>
<tr><td>CAUDAL DE OPERACIÓN (promedio diario):</td><td>0.11 L/s</td><td>Método de medición</td><td>Volumétrico</td></tr>
<tr><td colspan="4">Datos del GPS (marca, modelo, número de serie, precisión del equipo)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Marca: GARMIN
Modelo: eTrex Legend® H
Número de serie: 1JZ072248 – Can 310
Precisión del equipo: 2m</td></tr>
</table>

Anexo 3. Reporte de resultados de monitoreo de los efluentes de la PTAR Stari Yaqua.

Tabla 24

Reporte día 1

Nombre de la PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales Stari Yaqua					
Parámetro	**Tipo de muestra**	**Resultado del análisis**		**LMP**	**Eficiencia PTAR(%)**
		Afluente	Efluente		
DBO5	Puntual	10234,65	14,81	100 mg/L	99,86
DQO	Puntual	38546,54	87,31	200 mg/L	99,77
Aceites y grasas	Puntual	1514,6	2,7	20 mg/L	99,82
Caudal del afluente(L/s)	0.70 L/s		**Método de medición**	Volumétrico	
Caudal de efluente(L/s)	0.11 L/s		**Método de medición**	Volumétrico	
Nombre de laboratorio de análisis	AGQ LABS				
Responsable de la PTAR	**Fecha**		**Firma**		
Mauro Giner Mozombite de Jesús Kevin Vela Saldaña	20/05/2021				

Tabla 25

Reporte día 2

Nombre de la PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales Stari Yaqua					
Parámetro	**Tipo de muestra**	**Resultado del análisis**		**LMP**	**Eficiencia PTAR(%)**
		Afluente	Efluente		
DBO5	Puntual	9376,87	12,48	100 mg/L	99,87
DQO	Puntual	39439,32	81,48	200 mg/L	99,79
Aceites y grasas	Puntual	1645,8	4,76	20 mg/L	99,71
Caudal del afluente (L/s)	0.70 L/s		**Método de medición**	Volumétrico	
Caudal de efluente (L/s)	0.11 L/s		**Método de medición**	Volumétrico	
Nombre de laboratorio de análisis	AGQ LABS				

Responsable de la PTAR	Fecha	Firma
Mauro Giner Mozombite de Jesús Kevin Vela Saldaña	27/05/2021	

Tabla 26

Reporte día 3

Nombre de la PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales Stari Yaqua					
Parámetro	**Tipo de muestra**	**Resultado del análisis**		**LMP**	**Eficiencia PTAR(%)**
		Afluente	Efluente		
DBO5	Puntual	9869,43	10,92	100 mg/L	99,89
DQO	Puntual	42456,97	89,67	200 mg/L	99,79
Aceites y grasas	Puntual	1498,2	3,98	20 mg/L	99,73
Caudal del afluente(L/s)	0.70 L/s		**Método de medición**	Volumétrico	
Caudal de efluente(L/s)	0.11 L/s		**Método de medición**	Volumétrico	
Nombre de laboratorio de análisis	AGQ LABS				
Responsable de la PTAR	**Fecha**		**Firma**		
Mauro Giner Mozombite de Jesús Kevin Vela Saldaña	14/09/2021				

Tabla 27

Reporte día 4

Nombre de la PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales Stari Yaqua					
Parámetro	**Tipo de muestra**	**Resultado del análisis**		**LMP**	**Eficiencia PTAR(%)**
		Afluente	Efluente		
DBO5	Puntual	10127,6	13,45	100 mg/L	99,87
DQO	Puntual	39898,56	92,45	200 mg/L	99,77
Aceites y grasas	Puntual	1578,6	3,24	20 mg/L	99,79
Caudal del afluente(L/s)	0.70 L/s		**Método de medición**	Volumétrico	
Caudal de efluente(L/s)	0.11 L/s		**Método de medición**	Volumétrico	
Nombre de laboratorio de análisis	AGQ LABS				
Responsable de la PTAR	**Fecha**		**Firma**		
Mauro Giner Mozombite de Jesús Kevin Vela Saldaña	18/12/2021				

Tabla 28

Reporte día 5

Nombre de la PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales Stari Yaqua					
Parámetro	**Tipo de muestra**	**Resultado del análisis**		**LMP**	**Eficiencia PTAR(%)**
		Afluente	Efluente		
DBO5	Puntual	11231,51	11,19	100 mg/L	99,90
DQO	Puntual	37457,12	80,39	200 mg/L	99,79
Aceites y grasas	Puntual	1597,5	4,81	20 mg/L	99,70
Caudal del afluente(L/s)	0.70 L/s		**Método de medición**	Volumétrico	
Caudal de efluente(L/s)	0.11 L/s		**Método de medición**	Volumétrico	
Nombre de laboratorio de análisis	AGQ LABS				
Responsable de la PTAR	**Fecha**		**Firma**		
Mauro Giner Mozombite de Jesús Kevin Vela Saldaña	11/02/2022				

Tabla 29

Reporte día 6

Nombre de la PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales Stari Yaqua					
Parámetro	**Tipo de muestra**	**Resultado del análisis**		**LMP**	**Eficiencia PTAR(%)**
		Afluente	Efluente		
DBO5	Puntual	10376,38	11,42	100 mg/L	99,89
DQO	Puntual	40384,71	79,34	200 mg/L	99,80
Aceites y grasas	Puntual	1460,1	79,34	20 mg/L	99,83
Caudal del afluente(L/s)	0.70 L/s		**Método de medición**	Volumétrico	
Caudal de efluente(L/s)	0.11 L/s		**Método de medición**	Volumétrico	
Nombre de laboratorio de análisis	AGQ LABS				
Responsable de la PTAR	**Fecha**		**Firma**		
Mauro Giner Mozombite de Jesús Kevin Vela Saldaña	24/03/2022				

Tabla 30

Reporte día 7

Nombre de la PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales Stari Yaqua					
Parámetro	**Tipo de muestra**	**Resultado del análisis**		**LMP**	**Eficiencia PTAR(%)**
		Afluente	Efluente		
DBO5	Puntual	10792,95	13,67	100 mg/L	99,87
DQO	Puntual	40059,23	85,74	200 mg/L	99,79
Aceites y grasas	Puntual	1602,7	2,54	20 mg/L	99,84
Caudal del afluente(L/s)	0.70 L/s		**Método de medición**	Volumétrico	
Caudal de efluente(L/s)	0.11 L/s		**Método de medición**	Volumétrico	
Nombre de laboratorio de análisis	AGQ LABS				
Responsable de la PTAR	**Fecha**		**Firma**		
Mauro Giner Mozombite de Jesús Kevin Vela Saldaña	25/05/2022				

Tabla 31

Reporte día 8

Nombre de la PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales Stari Yaqua					
Parámetro	**Tipo de muestra**	**Resultado del análisis**		**LMP**	**Eficiencia PTAR(%)**
		Afluente	Efluente		
DBO5	Puntual	11234,53	14,75	100 mg/L	99,87
DQO	Puntual	38769,19	83,69	200 mg/L	99,78
Aceites y grasas	Puntual	1545,9	4,35	20 mg/L	99,72
Caudal del afluente(L/s)	0.70 L/s		**Método de medición**	Volumétrico	
Caudal de efluente(L/s)	0.11 L/s		**Método de medición**	Volumétrico	
Nombre de laboratorio de análisis	AGQ LABS				
Responsable de la PTAR	**Fecha**		**Firma**		
Mauro Giner Mozombite de Jesús Kevin Vela Saldaña	09/06/2022				

Tabla 32

Reporte día 9

Nombre de la PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales Stari Yaqua					
Parámetro	**Tipo de muestra**	**Resultado del análisis**		**LMP**	**Eficiencia PTAR(%)**
		Afluente	Efluente		
DBO5	Puntual	10052,89	15,13	100 mg/L	99,85
DQO	Puntual	41032,47	90,48	200 mg/L	99,78
Aceites y grasas	Puntual	1487,8	3,21	20 mg/L	99,78
Caudal del afluente(L/s)	0.70 L/s		**Método de medición**	Volumétrico	
Caudal de efluente(L/s)	0.11 L/s		**Método de medición**	Volumétrico	
Nombre de laboratorio de análisis	AGQ LABS				
Responsable de la PTAR	**Fecha**		**Firma**		
Mauro Giner Mozombite de Jesús Kevin Vela Saldaña	17/06/2022				

Tabla 33

Reporte día 10

Nombre de la PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales Stari Yaqua					
Parámetro	**Tipo de muestra**	**Resultado del análisis**		**LMP**	**Eficiencia PTAR(%)**
		Afluente	Efluente		
DBO5	Puntual	10292,67	11,51	100 mg/L	99,89
DQO	Puntual	39870,82	86,34	200 mg/L	99,78
Aceites y grasas	Puntual	1523,3	5,1	20 mg/L	99,67
Caudal del afluente(L/s)	0.70 L/s		**Método de medición**	Volumétrico	
Caudal de efluente(L/s)	0.11 L/s		**Método de medición**	Volumétrico	
Nombre de laboratorio de análisis	AGQ LABS				
Responsable de la PTAR	**Fecha**		**Firma**		
Mauro Giner Mozombite de Jesús Kevin Vela Saldaña	11/07/2022				

Anexo 4. Certificado de laboratorio

Figura 10

Resultado de laboratorio



AGQ Labs

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-21/053004	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente (*):	ECOPRODUCTS S.R.L.
Análisis:	00024036-1	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio (*):	JR. BELLAVISTA MZA. 48 LOTE. 21 - CORONEL PORTILLO - MANANTAY
Tipo Muestra:	Agua Residual Industrial	Fecha Recepción:	05/05/2021	Contrato:	QMT-PE210400135
Fecha Inicio:	05/05/2021	Fecha Fin:	20/05/2021	Cliente 3º(*):	----
Descripción(*):	AGUA RESIDUAL - AR				

Fecha/Hora Muestreo:	30/04/2021 12:36	Muestreado por:	Cliente (*)
Lugar de Muestreo:	PLANTA DE TRATAMIENTO STARI YAQUA		
Punto de Muestreo:	AGUA RESIDUAL - AR		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Jessica Maryan León Aza
Responsable de Área LI - MA

FECHA EMISIÓN: 20/05/2021

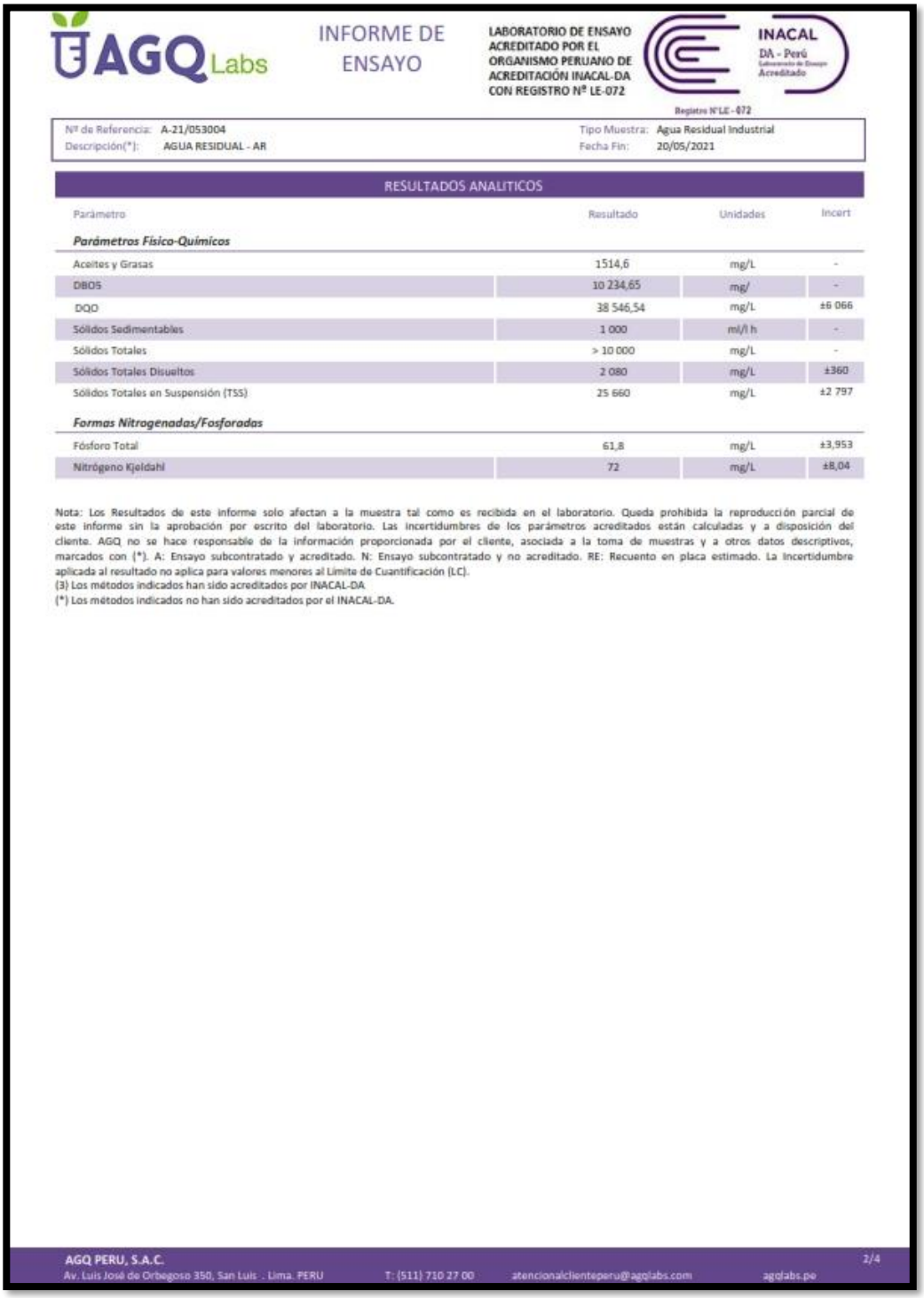
OBSERVACIONES (*):

AGQ PERU, S.A.C.
Av. Luis José de Orbegoso 350, San Luis - . Lima. PERU T: (511) 710 27 00 atencionalclienteperu@agqlabs.com agqlabs.pe

1/4

Figura 11

resultados de parámetros analizados en el afluente



AGQ Labs

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia: A-21/053004
Descripción(*): AGUA RESIDUAL - AR
Tipo Muestra: Agua Residual Industrial
Fecha Fin: 20/05/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
Parámetros Físico-Químicos			
Aceites y Grasas	1514,6	mg/L	-
DBO5	10 234,65	mg/	-
DQO	38 546,54	mg/L	±6 066
Sólidos Sedimentables	1 000	ml/l h	-
Sólidos Totales	> 10 000	mg/L	-
Sólidos Totales Disueltos	2 080	mg/L	±360
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	25 660	mg/L	±2 797
Formas Nitrogenadas/Fosforadas			
Fósforo Total	61,8	mg/L	±3,953
Nitrógeno Kjeldahl	72	mg/L	±8,04

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).
(3) Los métodos indicados han sido acreditados por INACAL-DA
(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

AGQ PERU, S.A.C.
Av. Luis José de Orbegoso 350, San Luis . Lima. PERU T: (511) 710 27 00 atencionalclienteperu@agqlabs.com agqlabs.pe
2/4

Figura 12

Resultado de laboratorio



AGQ Labs

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-21/053006	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente (*):	ECOPRODUCTS S.R.L.
Análisis:	00024036-1	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio (*):	JR. BELLAVISTA MZA. 48 LOTE. 21 - CORONEL PORTILLO - MANANTAY
Tipo Muestra:	Agua Residual Industrial	Fecha Recepción:	05/05/2021	Contrato:	QMT-PE210400135
Fecha Inicio:	05/05/2021	Fecha Fin:	20/05/2021	Cliente SI(*):	----
Descripción(*):	AGUA TRATADA - AT				

Fecha/Hora Muestreo:	30/04/2021 14:40	Muestreado por:	Cliente (*)
Lugar de Muestreo:	PLANTA DE TRATAMIENTO STARI YAQUA		
Punto de Muestreo:	AGUA TRATADA - AT		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Jessica Maryan León Aza
Responsable de Área LI - MA

FECHA EMISIÓN: 20/05/2021

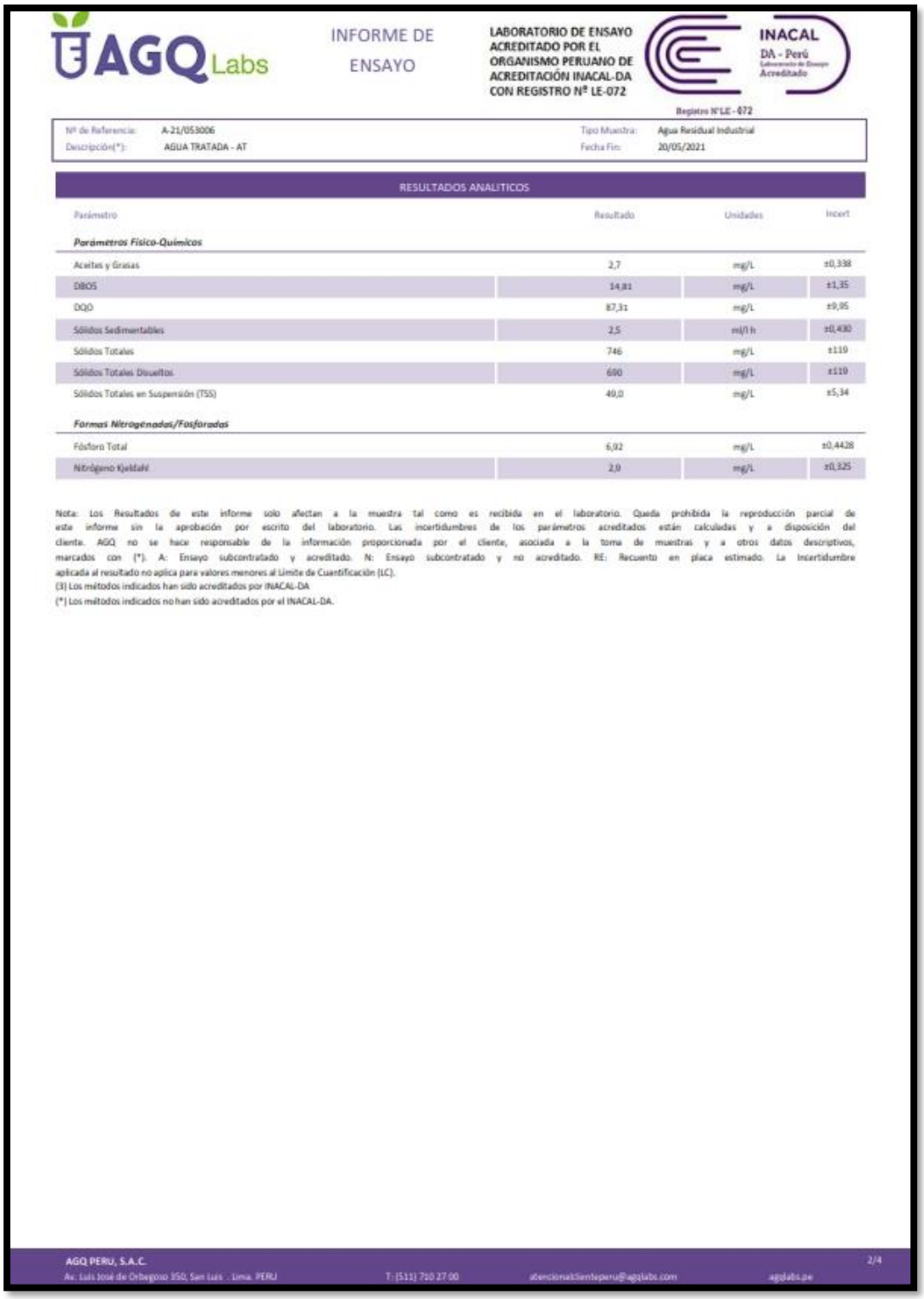
OBSERVACIONES (*):

AGQ PERU, S.A.C.
Av. Luis José de Orbegoso 350, San Luis . Lima. PERU T: (511) 710 27 00 atencionalclienteperu@agqlabs.com agqlabs.pe

1/4

Figura 13

resultados de parámetros analizados en el efluente



AGQ Labs

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO Nº LE-072

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N°LE - 072

Nº de Referencia:	A-21/053006	Tipo Muestra:	Agua Residual Industrial
Descripción(*):	AGUA TRATADA - AT	Fecha Fin:	20/05/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
Parámetros Físico-Químicos			
Aceites y Grasas	2,7	mg/L	±0,338
DBO5	14,81	mg/L	±1,35
DQO	87,31	mg/L	±9,95
Sólidos Sedimentables	2,5	ml/l h	±0,430
Sólidos Totales	746	mg/L	±119
Sólidos Totales Disueltos	690	mg/L	±119
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	49,0	mg/L	±5,34
Formas Nitrogenadas/Fosforadas			
Fósforo Total	6,92	mg/L	±0,4428
Nitrógeno Kjeldahl	2,9	mg/L	±0,325

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).
(3) Los métodos indicados han sido acreditados por INACAL-DA
(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

Anexo 4. Panel fotográfico

Figura 14

Limpieza del área donde se construyó la ptari Stari Yaqua



Figura 15

Excavación de pozas



Figura 16

Construcción de filtro percolador



Figura 17

Verificación de construcción de filtro percolador

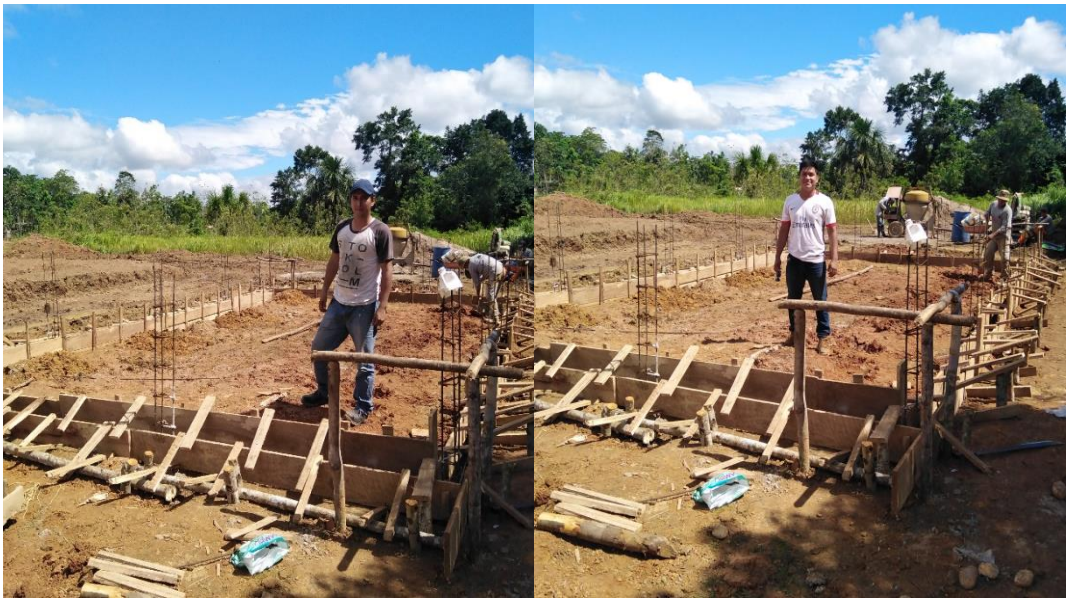


Figura 18

Filtro percolador culminado



Figura 19

Llenado de fibra de palma en el filtro percolador



Figura 20

Instalación de Tuberías



Figura 21

Instalación de geomembrana en las pozas



Figura 22

Llenado de las pozas con agua residual de palma aceitera



Figura 23

Funcionamiento de la planta Stari Yaqua- filtro percolador



Figura 24

Envases donde se almacenaron las muestras por cada parámetro



Figura 25

Toma de muestras en el Afluente(P1)



Figura 26

Toma de muestras en el efluente(P2)



Figura 27

Muestras recogidas para su posterior análisis



Figura 29

Eficiencia de la tecnología Stari Yaqua en el tratamiento de aguas residuales de la industria de palma



Figura 28

Vista aérea de la ptari Stari Yaqua

