



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
UNIDAD DE POSGRADO
MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Proyecto de investigación previa la
obtención del Grado Académico de
Magíster en Gestión Ambiental.

TEMA

**SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL
GENERADA POR LA INDUSTRIA SIEXPAL S.A. POR MÉTODOS
FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS, AÑO 2019.**

AUTORA

ING. VERÓNICA ISABEL MORENO CARRANZA

DIRECTOR

ING. GREGORIO VÁSCONEZ, PhD

QUEVEDO - ECUADOR

2020

CERTIFICACIÓN

Ing. Gregorio Vascones, Ph. D. en calidad de Director del trabajo de investigación, previa a la obtención del Grado Académico de Magister en Gestión Ambiental.

CERTIFICA:

Que la Ing. Verónica Isabel Moreno Carranza, ha cumplido con la elaboración del proyecto de investigación titulado: “SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL GENERADA POR LA INDUSTRIA SIEXPAL S.A. POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS, AÑO 2019”, el mismo que se encuentra apto para la presentación y sustentación respectiva.

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a blue oval. The signature is stylized and appears to read 'Gregorio Vásconez'.

Ing. Gregorio Vásconez, Ph. D

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, Verónica Isabel Moreno Carranza declaro que el trabajo es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes de este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Quevedo, 11 de noviembre de 2020



Ing. Verónica Isabel Moreno Carranza

AUTORA

DEDICATORÍA

En la vida las casualidades no existen, Dios siempre tiene un propósito para cada uno de nosotros, en primer lugar, este logro se lo dedico a él por darme fortaleza, aun cuando me sentía desfallecer.

A Ángel y Lorenza por haber sido mis padres de corazón, quienes me dieron todo el amor y comprensión del mundo.

A mi tía Leonor por su apoyo incondicional, más que una tía es una madre de corazón, que con su ejemplo ha hecho de mí una mujer de bien, capaz de tomar decisiones con madurez, entre consejos y regaños se convirtió en una persona muy importante, le debo tanto que la vida no me alcanzará para retribuirle todo lo que ha hecho por mí.

A mi familia Juanito, Gian, Karol y Ayrton por ser un pilar fundamental, estando a mi lado en todo momento.

Verónica

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo que me dio la oportunidad de continuar con mi formación académica de cuarto nivel, brindándome una educación superior de calidad, en la cual he fortalecido mis conocimientos día a día.

Al Dr. Gregorio Vásquez quien me ha brindado su apoyo en todo momento.

A la Dra. Alexandra Córdova quien ha sido más que una maestra una amiga incondicional, transmitiéndome sus valiosos conocimientos y consejos; sin duda es un ser único y especial, que me abrió las puertas de su hogar y de su corazón en medio de una pandemia.

A la empresa Ambyagro por el apoyo y comprensión en los tantos días que no podía completar mi jornada laboral, por asistir a clase.

A la industria SIEXPAL S.A. por permitirme realizar mi investigación en una de las problemáticas generadas por la actividad; pero sobre todo al Ing. Galo Castillo y el personal operativo de la planta, los cuales siempre estuvieron prestos a colaborarme en lo que necesitara.

A mis amigos Fabricio, Paelo, Augusto, Digna, Paul, Diego y Freddy por su gran ayuda de una u otra forma en mis días de clase y en el desarrollo de mi proyecto de investigación.

A mis compañeros con quienes compartí las aulas de clase y llegaron a ocupar un espacio en mi corazón.

A todas las personas que contribuyeron a cristalizar este objetivo.

Verónica

PRÓLOGO

La contaminación ambiental es una gran problemática que se ha incrementado paulatinamente desde la Revolución industrial; el desarrollo tecnológico, crecimiento poblacional y hábitos de consumo han desencadenado una serie de efectos adversos en el ambiente y cada día es más evidente la pérdida de las características naturales del suelo, aire y agua, reducción de los recursos renovables y no renovables y pérdida de las hábitats acuáticas y terrestres, lo que ha causado un desequilibrio del entorno.

Las actividades que desarrollan las extractoras de aceite crudo de palma y de palmiste generan un gran impacto negativo al ambiente, siendo el más significativo la descarga de las aguas residuales que se generan en el proceso sin previo tratamiento a cuerpos de agua o al suelo, o en su efecto contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales deficiente y descargar el efluente tratado con una carga contaminante superior a la asimilable por el cuerpo receptor.

La presente investigación tiene como finalidad presentar una propuesta de reingeniería al sistema de tratamiento de aguas residuales actual de la industria SIEXPAL S.A., el cual permitirá que el efluente tratado cumpla con los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental aplicable para la descarga al sistema de alcantarillado.

Sin duda alguna esta investigación es de gran importancia no solo para la industria en mención, sino para el resto de extractoras que se dedican a la extracción de aceite de palmiste, ya que dentro de la literatura consultada no se encuentra información respecto al tema y también servirá como punto de partida para futuras investigaciones.

Ing. Alexandra Córdova Mosquera Ph. D.

RESUMEN

La remediación de aguas residuales es muy utilizada para depurar el agua, dependiendo de las características que presenten se aplican diferentes tipos de tratamientos con el fin de reducir los niveles de contaminación. Para este efecto se identificaron los puntos críticos que generan aguas residuales en el proceso de la industria SIEXPAL, se determinaron las características físicas y químicas del agua residual del afluente y efluente de la trampa de grasa (ATG, ETG), y efluente del filtro de gases (EFG), los parámetros analizados fueron: pH, temperatura, Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO, Demanda Química de Oxígeno DQO, fenoles, sólidos suspendidos totales, hierro total, aceites y grasas. Una vez caracterizado el residual, se realizaron pruebas a pequeña escala en un laboratorio, para determinar los procesos y operaciones unitarias aplicables al rediseño del sistema. La extractora genera un caudal total de 3495,77 m³ /año, en la palmistería y secado. La implementación del rediseño del proceso, se realizó a escala de laboratorio. Es así que se incluyen al diseño actual de la planta, unidades de procesos que corresponden a la implementación de un sistema de homogenización, neutralización, coagulación floculación y digestión aerobia. El resultado obtenido en la segunda corrida se ajustó al objetivo del estudio, lográndose 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. Finalmente, los resultados de las muestras de agua residual tratada cumplieron con los criterios de calidad de descarga al sistema de alcantarillado público establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A.

Palabras clave: Calidad del agua, aguas residuales, palma aceitera.

ABSTRACT

Wastewater remediation is widely used to purify water, depending on the characteristics they present, different types of treatments are applied in order to reduce contamination levels. For this purpose, the critical points that generate wastewater in the SIEXPAL industry process were identified, the physical and chemical characteristics of the wastewater of the effluent and effluent of the grease trap (ATG, ETG), and effluent of the filter of gases (EFG), the parameters analyzed were: pH, temperature, Biochemical Oxygen Demand BOD, Chemical Oxygen Demand COD, phenols, total suspended solids, total iron, oils and fats. Once the residual was characterized, small-scale tests were carried out in a laboratory to determine the processes and unit operations applicable to the redesign of the system. The extractor generates a total flow of 3,495.77 m³ / year, in the palmistry and drying. The implementation of the redesign of the process was carried out on a laboratory scale. Thus, the current design of the plant includes process units that correspond to the implementation of a homogenization, neutralization, coagulation, flocculation and aerobic digestion system. The result obtained in the second run was adjusted to the objective of the study, achieving an efficient removal of oils and fats, BOD₅, COD, phenols and fecal coliforms of 85.95%, 93.87%, 93.32%, 91.10 % and 93.63% respectively. Finally, the results of the treated wastewater samples met the quality criteria for discharge to the public sewer system established in Ministerial Agreement 097-A.

Keywords: Water quality, wastewater, oil palm.

ÍNDICE

PORTADA	<i>i</i>
CERTIFICACIÓN	<i>ii</i>
AUTORÍA	<i>iii</i>
DEDICATORÍA	<i>iv</i>
AGRADECIMIENTO	<i>v</i>
PRÓLOGO	<i>vi</i>
RESUMEN	<i>vii</i>
ABSTRACT	<i>viii</i>
ÍNDICE	<i>ix</i>
ÍNDICE DE TABLAS	<i>xiii</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>xiii</i>
SIGLAS Y ABREVIATURAS	<i>xiv</i>
INTRODUCCIÓN	<i>xvi</i>
CAPÍTULO I	<i>1</i>
MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN	<i>1</i>
1.1 CONTEXTUALIZACIÓN Y UBICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	<i>2</i>
1.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA.....	<i>3</i>
1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	<i>4</i>
1.3.1 Problema general	<i>4</i>
1.3.2 Problemas derivados	<i>4</i>
1.4 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	<i>4</i>
1.5 OBJETIVOS	<i>4</i>
1.5.1 General.....	<i>4</i>
1.5.2 Específicos	<i>5</i>
1.6 JUSTIFICACIÓN	<i>5</i>
CAPÍTULO II	<i>7</i>
MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN	<i>7</i>
2.1 FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL	<i>8</i>
2.1.1 Agua.....	<i>8</i>
2.1.2 Agua residual	<i>8</i>

2.1.3	Calidad del agua.....	8
2.1.4	Contaminación.....	8
2.1.5	Reingeniería.....	8
2.1.6	Palma aceitera.....	9
2.2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9
2.2.1	Aceite de palmiste.....	9
2.2.2	Proceso para la obtención de aceite de palmiste.....	9
2.2.2.1	Generalidades.....	9
2.2.2.2	Proceso productivo.....	10
2.2.2.2.1	Proceso de recepción y almacenamiento.....	10
2.2.2.2.2	Proceso de palmistería.....	10
2.2.2.2.3	Proceso de secado.....	11
2.2.2.2.4	Proceso de prensado.....	12
2.2.2.2.5	Proceso de filtrado de aceite.....	12
2.2.2.2.6	Proceso de almacenamiento de aceites.....	12
2.2.2.2.7	Proceso de martillado de pasta.....	13
2.2.2.2.8	Proceso de almacenamiento de pasta.....	13
2.2.2.3	Sistema de tratamiento de aguas residuales del proceso.....	13
2.2.2.3.1	Tratamiento preliminar.....	13
2.2.2.3.2	Tratamiento primario.....	14
2.2.2.3.3	Fitoremediación.....	14
2.2.2.3.4	Aprovechamiento de lodos.....	15
2.2.3	Depuración de aguas residuales.....	15
2.2.3.1	Características física-químicas y biológicas de las aguas residuales..	15
2.2.3.2	Procesos depuratorios.....	18
2.3	FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	20
	CAPÍTULO III.....	24
	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	25
3.2	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	25
3.2.1	Inductivo.....	25
3.2.2	Deductivo.....	25

3.2.3	Experimental	25
3.3	FUENTES DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	26
3.3.1	Fuentes secundarias	26
3.3.2	Fuentes primarias.....	26
3.4	INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN	26
3.4.1	Ficha de campo	26
3.4.2	Ficha de monitoreo	26
3.5	CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN	27
3.5.1	Identificación de los puntos críticos donde se genera agua residual dentro del proceso de extracción de aceite de palmiste de la industria SIEXPAL S.A.	27
3.5.2	Determinación el grado de contaminación del agua residual del proceso de extracción de aceite de palmiste de la industria SIEXPAL S.A.	27
3.5.2.1	Toma de muestras y preservación.....	27
3.5.2.2	Caracterización de las muestras.....	27
3.5.2.3	Análisis de la caracterización de las muestras	28
3.5.3	Valoración de los diferentes procesos y operaciones unitarias de ingeniería para tratar el agua residual generada en la extracción de aceite de palmiste de la industria SIEXPAL S.A. y cumplir con los límites de descarga al sistema de alcantarillado público establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A.....	29
3.5.3.1	Determinación de los procesos de remoción de los contaminantes orgánicos e inorgánicos del agua residual	29
3.5.3.1.1	Toma de muestras para realizar las pruebas a pequeña escala.....	29
3.5.3.1.2	Prueba caso 1	29
3.5.3.1.3	Prueba caso 2	32
3.5.3.2	Determinación de los procesos y operaciones unitarias de ingeniería más efectivos para tratar el agua residual del proceso de extracción de aceite de palmiste	38
	CAPÍTULO IV.....	39
	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	39

4.1	PUNTOS CRÍTICOS DONDE SE GENERA AGUA RESIDUAL DENTRO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMISTE DE LA INDUSTRIA SIEXPAL S.A.	40
4.2	GRADO DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMISTE DE LA INDUSTRIA SIEXPAL S.A.	42
4.2.1	Caracterización de los efluentes generados en el proceso	42
4.2.2	Caracterización del agua empleada en el proceso	45
4.2.3	Homogenización de los diferentes efluentes	46
4.3	PROCESOS Y OPERACIONES UNITARIAS DE INGENIERÍA PARA TRATAR EL AGUA RESIDUAL GENERADA EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMISTE DE LA INDUSTRIA SIEXPAL S.A. Y CUMPLIR CON LOS LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO ESTABLECIDOS EN EL ACUERDO MINISTERIAL 097-A.....	47
4.3.1	Procesos y operaciones unitarias evaluados a nivel de laboratorio	47
4.3.1.1	Prueba caso 1	47
4.3.1.2	Prueba caso 2	51
4.3.1.2.1	Remoción de hierro y fenoles	52
4.3.1.2.2	Remoción de aceites y grasas	54
4.3.1.2.3	Remoción de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno	54
4.3.2	Determinación de los procesos y operaciones unitarias de ingeniería más efectivos para tratar el agua residual del proceso de extracción de aceite de palmiste	56
	<i>CAPÍTULO V.....</i>	60
	<i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</i>	60
5.1.	CONCLUSIONES	61
5.2.	RECOMENDACIONES	61
	<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</i>	62
	<i>ANEXOS</i>	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Métodos y equipos utilizados para la caracterización físico-química.	28
Tabla 2. Primera neutralización pH inicial 5,7.	30
Tabla 3. Segunda neutralización pH inicial 5,7.	30
Tabla 4. Dosis de PAC empleado.	32
Tabla 5. Dosis de H ₂ O ₂ requerida para oxidar hierro y fenoles.	35
Tabla 6. Neutralización pH inicial 3.	36
Tabla 7. Dosis de PAC y polímero empleado.	37
Tabla 8. Dosificación de los EM al reactor biológico.	38
Tabla 9. Caracterización del Afluente de la Trampa de Grasa.	42
Tabla 10. Caracterización del Efluente del Filtro de Gases.	42
Tabla 11. Caracterización del Efluente de la Trampa de Grasa (agua tratada).	42
Tabla 12. Caracterización del agua de pozo de la extractora.	45
Tabla 13. Caracterización de la mezcla 1 ETG y EFG.	46
Tabla 14. Caracterización de la mezcla del ETG y EFG.	48
Tabla 15. Porcentaje de remoción y eficiencia de los procesos y operaciones unitarias de la prueba del caso 1.	48
Tabla 16. Caracterización de la mezcla del ETG y EFG.	51
Tabla 17. Eficiencia de los procesos y operaciones unitarias de la prueba del caso 2. ..	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso para la obtención de aceite de palmiste.	10
Figura 2. Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales actual.	44
Figura 3. Diagrama de bloque para la reingeniería del sistema de tratamiento de aguas residuales de SIEXPAL S.A.	56
Figura 4. Diagrama de proceso para la reingeniería del sistema de tratamiento de aguas residuales de SIEXPAL S.A.	57

SIGLAS Y ABREVIATURAS

AM	Acuerdo Ministerial
ATG	Afluente de la Trampa de Grasa
COT	Carbono Orgánico Total
EFG	Efluente del Filtro de Gases
ETG	Efluente de la Trampa de Grasa
DBO5	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
EM	Microorganismos Eficientes
FAO	Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura
MAE	Ministerio del Ambiente
NTU	Unidad Nefelométrica de Turbidez
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
pH	Potencial de hidrógeno
PAC	Policloruro de Aluminio
POA	Procesos de Oxidación Avanzada
RFF	Racimo de Fruta Fresca
SIEXPAL	Sistema de Extracción de Aceite de Palmiste
SS	Sólidos Suspendidos
TRH	Tiempo de Retención Hidráulica
cm	Centímetro
CO ₂	Dióxido de Carbono
Fe	Hierro
Fe ⁺²	Hierro ferroso
Fe ⁺³	Hierro férrico
g	Gramo
gal	Galón
H	Iones de hidrogeno o hidroniones
HCl	Ácido Clorhídrico
H ₂ O	Agua

H_2O_2	Peróxido de Hidrogeno
H_2SO_4	Ácido Sulfúrico
kg	Kilogramos
L	Litro
m	masa
m	Metro
m^2	Metro cuadrado
m^3	Metro cúbico
mg	Miligramo
mL	Mililitro
mm	Milímetro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
N	Normal
Na(OH)	Hidróxido de Sodio
NO_2^-	Nitrito
Na_2SO_4	Sulfato de Sodio
ρ	Densidad de la sustancia
rpm	Revoluciones por minuto
SH_2	Bisulfuro de hidrogeno
SO_4^{2-}	Sulfatos
ton	Tonelada
V	Volumen
$^{\circ}C$	Grados Celsius
%	Porcentaje

INTRODUCCIÓN

El agua es el líquido vital más abundante en el planeta Tierra, necesario para suplir los requerimientos básicos de los seres vivos y para mantener los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, las actividades antropogénicas han causado paulatinamente la pérdida de las características naturales de los cuerpos hídricos y con ellos una serie de efectos en cadena sobre el ambiente (FAO, 2019).

En el Ecuador la industria aceitera ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años (Proaño, Stuart, Chongo, & Flores, 2019). Dicha actividad depende fundamentalmente de adecuadas labores de cultivo y disponibilidad de los abastecimientos de agua, lo cual permite una mayor eficiencia en la obtención de la materia prima de las plantaciones y por consiguiente mayor producción de aceite crudo de palma y de palmiste en las extractoras. Debido a los impactos negativos, la Autoridad Ambiental competente ha desarrollado normas que regulan las actividades de las plantaciones y extractoras (Cortés, 2015).

A causa del proceso de extracción de aceite crudo de palma y de palmiste se generan desechos sólidos y líquidos como cuesco, fibra, ceniza y efluente del proceso, sin embargo, el que ocasiona más daño en el suelo y agua es la producción de residuos líquidos, los cuales son tratadas en sistemas de tratamiento deficientes o son descargadas a un cuerpo receptor sin previo tratamiento (De La Cruz, 2019).

El presente trabajo tuvo como finalidad identificar los puntos críticos de generación de aguas residuales en el proceso, además de evaluar el grado de contaminación del agua residual generada en la industria SIEXPAL S.A. y a partir de la aplicación de procesos y operaciones unitarias a nivel de laboratorio, se planteó una alternativa de rediseño del sistema de tratamiento actual para brindar un adecuado manejo y disposición final de los efluentes, reduciendo de esta manera los impactos ambientales ocasionados y mejorar la calidad del agua descargada al sistema de alcantarillado público, cumpliendo de esta forma con los criterios de calidad establecidos en la normativa ambiental vigente.

En base a lo anteriormente expuesto, el estudio está constituido de la siguiente manera:

Capítulo I - Marco contextual de la investigación: Ubicación y contextualización de la problemática, problema general y derivados, delimitación del problema, objetivos y justificación.

Capítulo II - Marco teórico de la investigación: Fundamentos conceptuales y teóricos relativos al estudio, y sustento legal.

Capítulo III - Metodología de la investigación: Tipo y métodos de investigación, fuentes de recopilación de información, instrumento de investigación y construcción metodológica del objeto de investigación, procesamiento y análisis de resultados.

Capítulo IV – Análisis e interpretación de resultados.

Capítulo V – Conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I.

MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

“El agua se ha convertido en un recurso muypreciado. Hay lugares en los que un barril de agua cuesta más que un barril de petróleo.”

Lloyd Axwrthy

1.1 CONTEXTUALIZACIÓN Y UBICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

El recurso hídrico a nivel mundial se ha deteriorado debido a las actividades antropogénicas; el crecimiento poblacional, uso de tecnologías y hábitos de consumo generan desechos sólidos y líquidos, los cuales no reciben un adecuado manejo y disposición final, especialmente del sector industrial (FAO, 2019).

En el Ecuador la industria de palma africana empieza a promover e introducir en 1962, las primeras plantaciones de palma comienzan en el oeste en Santo Domingo, Quevedo, la Concordia y Quinindé (Narváez, 2015).

El Ministerio del Ambiente como ente regulador encargado del control y seguimiento de la contaminación ambiental de los proyectos, obras o actividades que se desarrollan en el país, realiza inspecciones ambientales sean de control o por denuncias a extractoras de aceite de palma y de palmiste para constatar el cumplimiento ambiental y en caso de evidenciarse no conformidades, especialmente por la descarga del agua residual generado en el proceso sin previo tratamiento, la industria puede ser sancionada con multas económicas desde 20 a 200 salarios básicos dependiendo de la infracción, sin que esto la exonere de remediar las áreas afectadas (MAE, 2019).

SIEXPAL S.A. es una industria dedicada a la extracción de aceite de palmiste. Dentro del proceso productivo se genera como residuos tales como la fibra, cuesco y agua residual con alta carga contaminante, el efluente es manejado inadecuadamente ya que la extractora dispone de un sistema de tratamiento deficiente, generando malestar a la comunidad, la cual se ha visto afectada por la generación de malos olores.

La investigación se desarrolló en la industria SIEXPAL S.A. localizada en el cantón Santo Domingo de los Colorados, Ecuador, donde se realizó la caracterización del agua residual industrial generada en el proceso, posteriormente se aplicaron procesos y operaciones unitarias a nivel de laboratorio para tratar los efluentes, y se estableció el rediseño del sistema de tratamiento actual. Las respectivas coordenadas geográficas son 703462 de latitud sur y 9974237 de longitud occidental.

1.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA

En el Ecuador existen algunas empresas dedicadas a la extracción de aceite crudo de palma y aceite y pasta de palmiste, para la obtención de aceite de palmiste se emplea la nuez de la palma aceitera como materia prima y debido al procesamiento de la misma se genera agua residual con una elevada carga contaminante (Bolaños, 2015); la generación está dada por la capacidad de procesamiento y el equipamiento e infraestructura de la planta. El valor promedio de agua residual generada por tonelada de Racimo de Fruta Fresca (RFF) para producir aceite rojo es de $0,84 \text{ m}^3/\text{tonRFF}$ (Malacatus, Guerrero y Llerena, 2017). Sin embargo, no se cuenta con valores referenciales de la generación del desecho líquido en el proceso de extracción de aceite de palmiste en la literatura.

Dentro de las extractoras de aceite de palmiste se encuentra SIEXPAL S.A. ubicada en la Vía Colorados del Búa Km 1, cantón Santo Domingo de los Colorados, provincia Santo Domingo de los Tsáchilas. Para llevar a cabo la extracción del aceite de palmiste, SIEXPAL S.A. genera residuos como fibra, cuesco, ceniza y aguas residuales, de los cuales el efluente del proceso al contener una elevada carga orgánica, aceites y grasas, requiere un manejo adecuado para evitar la generación de malos olores, afectación a los moradores del sector y contaminación al recurso suelo y agua.

La extractora dispone de un sistema de tratamiento de aguas residuales convencional y deficiente, constituido por un cribado, una trampa de grasas (7 compartimentos), dos tanques de decantación para separar las partículas más gruesas las cuales caen al fondo del tanque por acción de la gravedad y un filtro biológico (*pasto vetiver*), adicionalmente dispone un área con piso y paredes de cemento y techada para el manejo de aceites y grasas. A pesar que las aguas residuales son tratadas en dicho sistema, el efluente presenta valores por encima de los criterios de calidad establecidos en la normativa ambiental vigente.

1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 *Problema general*

¿Cuál es el nivel de contaminación de las aguas residuales generadas por la industria SIEXPAL S.A. y del sistema de reingeniería para el tratamiento integral de dichas aguas?

1.3.2 *Problemas derivados*

- ¿Cuáles son los puntos críticos donde se genera agua residual dentro del proceso de extracción de aceite de palmiste de la industria SIEXPAL S.A.?
- ¿Cuál es el grado de contaminación del agua residual generada en el proceso de extracción de aceite de palmiste?
- ¿Cuáles son los procesos y operaciones unitarias que se deben emplear para depurar el agua residual de la industria SIEXPAL S.A.?

1.4 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

- **Campo:** Ciencias ambientales
- **Área:** Calidad de agua
- **Lugar:** Santo Domingo
- **Aspecto:** Generación de aguas residuales industriales
- **Tiempo:** Septiembre de 2019 a septiembre de 2020
- **Línea de investigación:** Evaluación de la calidad del agua, aire y suelo, incluyendo las alternativas de mitigación a los impactos ambientales.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 *General*

Evaluar el nivel de contaminación de las aguas residuales generadas por la industria SIEXPAL S.A. y del sistema de reingeniería para el tratamiento integral de dichas aguas.

1.5.2 Específicos

- Identificar los puntos críticos donde se genera el agua residual del proceso de extracción de aceite de palmiste de la industria SIEXPAL S.A.
- Determinar el grado de contaminación del agua residual del proceso de extracción de aceite de palmiste de la industria SIEXPAL S.A.
- Valorar los diferentes procesos y operaciones unitarias de ingeniería para tratar el agua residual generada en la extracción de aceite de palmiste de la industria SIEXPAL S.A. y cumplir con los límites de descarga al sistema de alcantarillado público establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A.

1.6 JUSTIFICACIÓN

El agua es un recurso natural de vital importancia para los seres vivos y es el bien más abundante y delicada del planeta Tierra. El crecimiento poblaciones y la globalización, han conllevado al incremento de los requerimientos de agua a nivel mundial (Naciones Unidas, 2019).

La generación de aguas residuales ha incrementado con el pasar de los años y no se aplican mecanismos efectivos de depuración, especialmente en el sector industrial; se estima que el 70% de las aguas residuales generadas en las industrias son descargadas a cauces hídricos sin previo tratamiento. Las grandes cantidades de generación y la elevada carga contaminante hace imposible que los mismos sean asimilados naturalmente por el cuerpo receptor (Corcoran, et al., 2019). Las aguas residuales de las extractoras de aceite de palmiste presentan una elevada carga orgánica, aceites y grasas.

Las industrias extractoras de aceite crudo de palma y palmiste emplean agua para llevar a cabo el proceso productivo generan desechos y el agua residual representa un problema latente para el ambiente, especialmente cuando se descargan los efluentes a ríos, y estos eventualmente se vuelven sépticos y seriamente se destruye la vida acuática y el hábitat natural (Azniidris y Aukay, 1995), sin embargo, la aplicación de un adecuado sistema de tratamiento es una alternativa viable desde el punto de vista ambiental, al reducir solidos

suspendidos y totales, DBO, DQO, materia orgánica y aceites y grasas; por tanto, los efluentes no deben causar problemas si se manejan y se monitorean adecuadamente (Bonomie y Reyes, 2012).

En el proceso de extracción de aceite crudo de palma se generan fibra, racimos vacíos y efluente líquido. Estos efluentes tienen altos valores en DQO (demanda química de oxígeno) (40 a 60.000 ppm), DBO (20 a 40.000 ppm) y sólidos suspendidos (20 a 30.000 ppm). Además, son ácidos (pH de 4,0 a 4,5) y aceitosos (+/- 5.000 ppm) (Cortés, Cayón, Aguirre y Chaves, 2006). El efecto negativo que los efluentes causan en un cuerpo receptor se produce cuando los requerimientos de oxígeno de las bacterias es superior a la cantidad existente en el medio, y para suplir dicha necesidad, las bacterias captan el oxígeno contenido en los nitratos (NO₃⁻) y los sulfatos (SO₄⁻) presentes, produciéndose la formación del bisulfuro de hidrógeno (SH₂), el cual es el responsable del mal olor en estas aguas (Guzmán, 2012).

Se estima que se genera 0,75 toneladas de efluente del proceso de extracción de aceite de palma por cada tonelada de RFF (Fakir, Yaakob, Ali, Abdullah, & Takriff, 2019). Previo a su descarga estos efluentes requieren ser tratados, debido a su elevada carga contaminante alteran las características del medio, al sobrepasar la capacidad autodepuratoria de los cuerpos de agua (Bolaños, 2015).

Por lo antes expuesto, fue necesario aplicar procesos y operaciones unitarias a nivel de laboratorio para tratar las aguas residuales de la industria SIEXPAL S.A. para mejorar la calidad del agua descargada al sistema de alcantarillado público y de esta forma se estableció una reingeniería al sistema de tratamiento actual y cumplir con los criterios de calidad establecidos en la normativa ambiental vigente.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

“No lo arruines. Los buenos
planetas son difíciles de
encontrar”

Revista Time

2.1 FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL

2.1.1 Agua

Es una sustancia líquida, inodora, insípida e incolora que está formada por dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno. Forma parte de la composición de todos los organismos vivos y compuestos naturales; ocupa las tres cuartas partes de la superficie terrestre, en la cual el agua cambia de estado sólido, líquido o gaseoso, mediante el ciclo hidrológico (Guerrero, 2012).

2.1.2 Agua residual

Son aquellas que se generan por las actividades antropogénicas y por sus características físicas, químicas y microbiológicas requieren un tratamiento previo, antes de su reuso o descarga a un cauce natural o sistema de alcantarillado (OEFA, 2019).

2.1.3 Calidad del agua

Es el conjunto de características físicas, químicas y microbiológicas aceptables en el agua para diferentes fines, se centra en la determinación de sustancias químicas específicas en el agua que pueden causar afectación al ambiente a corto, mediano o largo plazo o a la presencia de microorganismos patógenos que causen daño al ser humano (Zhen, 2009).

2.1.4 Contaminación

Es la introducción de uno o más contaminantes o la combinación de ellos en el ambiente, que dependiendo de su composición, concentración y tiempo de permanencia en el medio receptor causa condiciones negativas en el suelo, aire y agua, y por ende afecta el hábitat y las condiciones naturales de vida del hombre, flora y fauna (Acuerdo Ministerial 061, 2015).

2.1.5 Reingeniería

Es la modificación del diseño del proceso productivo mediante el estudio de las condiciones actuales, brindando una alternativa técnica, económica y ambientalmente viable para mejorar el rendimiento del proceso, reduciendo costos a mediano o largo plazo y brindando un producto final de igual o mejor calidad (Pérez, Gisbert y Pérez, 2017).

2.1.6 *Palma aceitera*

Es una planta originaria del golfo de Guinea en el África occidental debido a lo cual se la conoce popularmente como palma africana, su nombre científico es *Elaeis guineensis* Jacq, la cual crece en climas cálidos en altitudes de 0 a 500 msnm (Jaremar, 2019) (TECHNOSERVE, 2020).

2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1 *Aceite de palmiste*

El aceite de palmiste se obtiene de la almendra de la fruta que queda después de la extracción del aceite rojo de palma, la cual se encuentra protegida por cuesco, un endocarpio leñoso y también por una pulpa carnosa, la extracción se realiza por procesos mecánicos y como resultado se genera aceite y pasta de palmiste, que son empleados para la fabricación de productos oleoquímicos (industria de jabones y cosméticos) y alimento para animales (industria de balanceados) (Cenipalma, 2020).

2.2.2 *Proceso para la obtención de aceite de palmiste*

2.2.2.1 Generalidades

Del proceso de extracción de la nuez de palmiste se obtiene como residuos el cuesco, el mismo que por su alto poder calorífico se lo usa como combustible para calderos, y otra parte del residuo es vendido a las fábricas como INAEXPO y EPACEM, para generar energía en sus calderos (SIEXPAL, 2020).

El proceso para obtener el aceite de palmiste contempla la recepción y almacenamiento de la materia prima, palmistería, secado, prensado, filtrado de aceite, almacenamiento del aceite, martillado de la pasta y almacenamiento de la pasta.

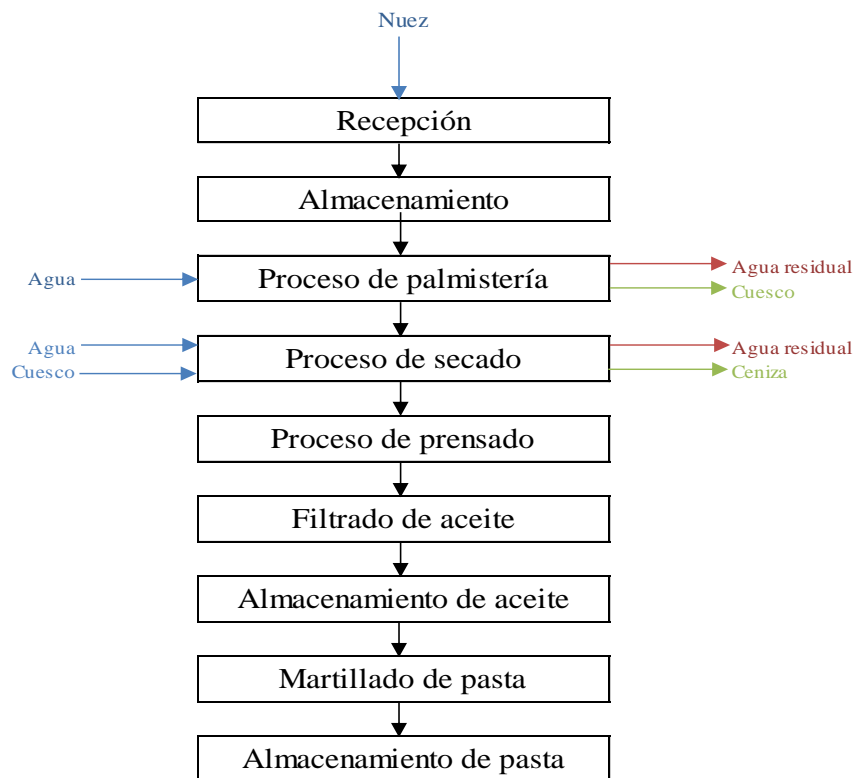


Figura 1. Proceso para la obtención de aceite de palmiste.
Fuente: Segunda Auditoría Ambiental- auditoría de conjunción, 2020.

2.2.2.2 Proceso productivo

2.2.2.2.1 Proceso de recepción y almacenamiento

La materia prima se la compra a las distintas extractoras de aceite rojo (Agrooleaginosas Los Ríos Oleorios S.A., Extractococa Extractora Río Coca S.A., Extractora La Sexta S.A., Extractora Quevepalma S.A., Manobandacorp, Sopilin, Oleaginosas del Castillo Oleocastillo S.A., Oleodavila S.A. y Organicsupply), la nuez de palmiste se transporta en camiones desde las extractoras hasta los patios de almacenamiento (capacidad de almacenamiento de 8.000 ton aproximadamente) (SIEXPAL, 2020).

2.2.2.2.2 Proceso de palmistería

El proceso del palmiste se inicia con la separación de la almendra de la cáscara. Para esto hay una tolva de inicio que almacena 30 ton aproximadamente, de aquí pasa a través de un sinfín hasta un pulidor, el cual tiene 1,20 m de diámetro y 4,20 m de largo, al final tiene una malla troquelada de 24 x 50 mm donde se queda cualquier impureza. Además,

al inicio del tambor hay una malla perforada de 5 mm donde queda el polvo e impurezas pequeñas. El polvo que genera este proceso de limpieza es absorbido por una turbina y conducido hasta otro sinfín que lo envía a la parte exterior.

Las nueces ya limpias pasan por dos sinfines en los cuales hay un imán en cada uno que retiene cualquier objeto metálico pequeño que haya pasado del primer tambor. Luego sube a través de dos elevadores de canjilones hasta los clasificadores que separan las nueces en distintos tamaños para poder pasar por las respectivas rompedoras calibradas de manera específica para cada tamaño. Los clasificadores tienen 0,80 m de diámetro y 3,60 m de largo. En los primeros 1,20 m se encuentra una malla troquelada de 12 x 30 mm donde caen las nueces más pequeñas, después hay una malla troquelada de 15 x 40 mm donde quedan las nueces de tamaño medio, finalmente las nueces que tienen más de 15 mm caen directamente a otra rompedora.

Una vez clasificadas las nueces en distintos tamaños estas se dividen para 6 rompedoras donde por rotación son martilladas y rotas, luego caen a unos pulidores con perforaciones redondas donde las nueces que no se parten, que es un bajo porcentaje son filtradas y enviadas al inicio el proceso; las que pasan por los pulidores son transportadas hacia las columnas neumática para su respectiva limpieza y separación.

El proceso de separación o limpieza de la almendra tiene dos etapas, la primera consiste en separar las cáscaras más livianas de las almendras enteras a través de la succión de aire generado por dos turbinas, generando la suficiente cantidad de presión para que las impurezas más livianas sean absorbidas y enviada hacia afuera, pero la presión no es tan alta y las almendras enteras caen a un sinfín que las lleva hasta un tanque de almacenamiento y la segunda etapa consiste en pasar las almendras rotas con cuesco del mismo peso, por un hidrociclón, de tal manera que las almendras por su densidad se separen y pasan a un tanque de almacenamiento de almendra húmeda y el cuesco es enviado a otro sitio exterior designado para fibra y cuesco.

2.2.2.2.3 *Proceso de secado*

Para poder secar o bajar la humedad de la almendra se la envía a unas secadoras, donde se la somete a temperaturas de 80 a 90 grados centígrados durante unas 24 horas para

llegar a la humedad óptima (entre 2,5 y 3 %). Las secadoras constan de un horno, donde se genera la temperatura y es absorbida por un ventilador, el cual sopla el aire caliente hacia los cilindros de las secadoras, aquí permanece la almendra hasta llegar a la humedad requerida. El calor se genera en los hornos, quemando la cascarilla que se obtiene en la primera etapa de proceso que es la palmistería; de este proceso se genera cierta cantidad de humo, por la combustión de la cascarilla, para evitar la contaminación del ambiente y molestias que este humo pueda causar a la comunidad, se construyó un filtro de gases.

2.2.2.2.4 Proceso de prensado

Una vez que se obtiene en las secadoras almendras con humedad de 2,5 a 3 %, estas son llevadas a los silos de almacenamiento, aquí se distribuye para las 4 prensas que, por torsión mecánica, extraen el aceite por la parte inferior y el residuo sólido que viene a ser la pasta o torta de palmiste, sale por el frente de la prensa. De esta manera se obtiene aceite sin purificar, es decir que contiene todavía cierto porcentaje de lodo, y la torta de palmiste es una materia muy irregular, por lo que los dos productos necesitan de otro proceso.

2.2.2.2.5 Proceso de filtrado de aceite

El aceite sale de las prensas y a través de un canal se lo conduce a un tanque con capacidad para almacenar 2 ton, aquí se almacena el aceite sin filtrar, luego se lo bombea hasta una maquina compuesta de varias placas, donde se pone unas telas de hilo y con presión de aire y una bomba se pasa a través de estas telas donde se queda todo el lodo, que es transportado a otro tanque para ser usado como sustrato en el proceso de compostaje y el aceite sale totalmente limpio, el cual se almacena en otro tanque pequeño que también tiene capacidad para 2 ton.

2.2.2.2.6 Proceso de almacenamiento de aceites

Luego de filtrar el aceite se va almacenando en los tanques hechos para este fin. La industria cuenta con una capacidad para almacenar 650 ton de aceite. Este producto permanece líquido cuando está por encima de los 30 °C. A temperaturas más bajas se solidifica, volviéndose como manteca. Para su traslado a la industria o exportaciones

requiere ser calentado para volverlo líquido y poder manipularlo, ya que en estado sólido no se puede cargar ni descargar.

2.2.2.2.7 *Proceso de martillado de pasta*

El residuo que sale de las prensas después de la obtención del aceite se denomina torta o pasta de palmiste, el mismo que para su almacenamiento debe de ser martillado para obtener una granulometría más fina. La pasta de palmiste posee un gran porcentaje de proteínas, además el método mecánico que se usa para extraer el aceite da lugar a que quede de 8 a 10 % de aceite palmiste en la misma, estos son los motivos por los que la hacen atractiva y consumible este producto que en sus inicios era desechado.

2.2.2.2.8 *Proceso de almacenamiento de pasta*

La pasta es almacenada en sacos con etiquetas para su fácil reconocimiento y no se pueda confundir con otros productos, ya que este es solo un elemento de los que se usan en la industria de balanceados. Para que no haya contacto con el suelo se lo estiba en pallet y además se deja suficiente espacio entre los sacos para que se pueda ventilar.

2.2.2.3 Sistema de tratamiento de aguas residuales del proceso

2.2.2.3.1 *Tratamiento preliminar*

Al finalizar el ciclo productivo se le aplica un galón de microorganismos eficientes (EM1 5% - melaza 5% - agua 80%) al agua lodosa después de apagar el hidrociclón, la descarga se realiza cada 12 o 24 horas (dependiendo de la capacidad de producción), la misma que es conducida mediante tubería y previo al ingreso a la trampa de grasa pasa por un cribado.

El cribado tiene la función de retener el cuesco (sólidos gruesos) para evitar el taponamiento de la bomba 1, consta de una malla metálica de 5 mm y tiene un área de 0,64 m² y la limpieza de la misma se realiza manualmente. Antes que el efluente del proceso ingrese al tanque, pasa por el tamiz y un operador remueve el efluente con una pala para que el cuesco no obstruya los orificios de la malla metálica, y cada que hay una cierta cantidad de cuesco en el tamiz, el operador retira el exceso.

2.2.2.3.2 Tratamiento primario

Se dispone de una trampa de grasa que tiene la función de eliminar grasas, aceites y otros materiales ligeros que se encuentran flotantes en el agua residual del proceso, que podrían interferir con el proceso de depuración. La trampa de grasa está construida de cemento, dispone de cinco compartimentos y 2 bombas sumergidas, además cuenta con una capacidad de 28,08 m³. El efluente del proceso ingresa con una temperatura de 36 °C a 37 °C al primer compartimento, en el cual se deja reposar 8 horas hasta que el efluente esté a temperatura ambiente.

Además cuenta con un desaceitado que tiene la función de retirar el aceite que se encuentra flotante en el agua residual de la trampa de grasa; la separación del aceite se realiza de forma manual, con ayuda de un tacho, el aceite que se retira es colocado en un tanque metálico de 55 gal y posteriormente es llevado a un sitio con techo, piso y pared de cemento pared, en dicho lugar el aceite es colocado en el piso para que se seque naturalmente; una vez secado, el sustrato es esparcido en las plantas de plátano que hay dentro de la extractora.

La decantación tiene la función de separar un sólidos de dos o más mezclas (lodo, agua y aceite), se disponen de dos tanques de decantación en forma de cono en la parte inferior, con una capacidad de 2 ton cada uno. Se enciende la bomba 1, para transportar el agua lodosa del tercer compartimento de la trampa de grasa al tanque 1 de decantación, hasta que éste se llene y se deja reposar por 8 horas, una vez que el lodo se haya sedimentado, se volver a bombear el agua del tanque 1 de decantación al cuarto compartimento de la trampa de grasa, y el agua lodosa de la parte inferior del tanque 1 de decantación es bombeada al tanque 2 de decantación para que el agua lodosa se sedimente nuevamente por 8 horas, (este proceso se lo hará hasta vaciar el agua sin sedimentos al cuarto compartimento).

2.2.2.3.3 Fitoremediación

El filtro biológico tiene la función de realizar un filtrado natural, se dispone de un filtro biológico con un área de 50 m², constituido por pasto de vetiver, sembrados en hileras de 0,5 m x 1 m, entre cada hilera se cuenta con canales de 0,5 m de profundidad. Cuando el

agua llegue a un nivel apreciable en el sexto compartimento de la trampa de grasa se enciende la bomba 2 para enviar el agua a los canales de absorción provistos con pasto de vetiver.

2.2.2.3.4 *Aprovechamiento de lodos*

El compostaje tiene la función de aprovechar el lodo (desecho orgánico) generado del proceso productivo para obtener un compost de uso agrícola. El lodo del tanque 2 de decantación se bombea a un contenedor metálico de 1 m² aproximadamente, posteriormente se bombea al área de compostaje que está compuesto de 10 camas, cada una con una profundidad de 0,80 m, además cuentan con techo de zinc y paredes de plástico.

Para llevar a cabo el proceso de compostaje se aplica sobre la cama una capa de fibra de 0,30 m de espesor, después se coloca una capa de lodo de 0,20 m sobre la fibra, simultáneamente se fumiga con una dilución de microorganismos eficientes sobre la capa de lodo, 3, colocando aproximadamente una bomba por cada 100 m² de compostera, repetir tres veces la secuencia incluido la aplicación de microorganismos después de cada capa de lodo. Después de 15 días de conformada la pila de compost se inician los volteos de forma manual o con maquinaria, este proceso se realiza cada 8 a 15 días dependiendo de los resultados obtenidos en el monitoreo de la temperatura, durante los volteos se deberá prever la aplicación de microorganismos y agua de ser necesario.

2.2.3 *Depuración de aguas residuales*

2.2.3.1 Características física-químicas y biológicas de las aguas residuales

Temperatura: La temperatura cumple un papel fundamental en la solubilidad de algunos componentes presentes en el agua como sales y gases, debido a la absorción de la radiación en las superficies acuáticas de los recursos hídricos, por consiguiente, la variación de este componente puede presentar cambios importantes en la caracterización de las aguas (Calderón y Orellana, 2015).

Color: El agua tiene como característica principal ser incolora, sin embargo, en la naturaleza podemos apreciar una gama de colores de acuerdo a su fuente y origen, debido

a las diferentes sustancias suspendidas y disueltas que se encuentran en los cuerpos de agua. Los ácidos húmicos, la madera, las hojas, los óxidos de hierro, los óxidos de manganeso son, entre otros, los elementos que proporcionan diferentes colores al agua. Los sólidos suspendidos aportan el color aparente del agua, mientras que los sólidos disueltos proporcionan color verdadero (Campos, 2003).

Turbidez: La turbidez indica la cuantificación de la cantidad de luz que puede ser absorbida en un cuerpo de agua, cuyo valor se incrementa o disminuye debido a las interferencias presentes como sólidos suspendidos, sólidos disueltos que implican color y microorganismos; este parámetro se expresa en NTU (unidad nefelométrica de turbidez), pero también se puede expresar en Jackson TU (Rigola, 1990) (Buelta & Martínez, 2019).

Sólidos suspendidos: Son partículas que permanecen en suspensión en el agua debido al movimiento del líquido o debido a que la densidad de la partícula es menor o igual que la del agua. La concentración de sólidos en suspensión es un valor utilizado como uno de los indicadores de la calidad del agua (Grundfos, 2020).

Aceites y grasas: La presencia de aceites y grasas en las aguas residuales impiden la respiración celular de los microorganismos durante los procesos de depuración, debido a la biopelícula formada por estos componentes. Otro efecto negativo como consecuencia de estos agentes presentes en los cuerpos de agua es que impiden la sedimentación de los sólidos suspendidos, reduciendo la mojabilidad de los mismos (Aznar, 2019).

Fenoles: Muñoz y Paredes (2014) afirman que “los fenoles son alcoholes aromáticos capaces de generar otros compuestos sustituidos. En un sistema acuático, clorofenoles, nitrofenoles, catecoles y clorocatecoles, metilfenoles, alquilfenoles, bisfenoles y aminofenoles tienen importancia ambiental, algunos de estos fenoles son disruptores endócrinos” (p. 1).

Acidez (pH): El pH es la medida de concentración de iones hidrógeno o hidronios (H^+), por consiguiente, en los recursos hídricos cambia en función de las reacciones químicas de oxidación, reducción y de algunos compuestos solubles e insolubles que aportan

condiciones de acidez o basicidad. La expresión cuantitativa de valores va de 1 a 14, valores menores a 6,9 indican acidez, valores mayores a 7,1 indican condiciones básicas y 7 un pH neutro (López & Martín, 2015).

Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días (DBO5): Es la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para la degradación de la materia orgánica en condiciones aerobias a 20 ° C por cinco días. El presente ensayo simula las condiciones de requerimiento de oxígeno por parte de los microorganismos durante la depuración, que pueden producirse en un cuerpo de agua o en aguas residuales (MOPT, 2019).

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Es la medida más exacta de la cantidad de oxígeno total presente en una muestra de agua, capaz de ser susceptible a oxidación por un oxidante fuerte como el Dicromato de Potasio. La DQO es mayor que el de la DBO5 y los compuestos finales de la reacción son CO₂ y H₂O (MOPT, 2019) (Déniz, 2020).

Carbono Orgánico Total: El carbono forma parte de todos los organismos vivos. Sirve para medir la cantidad de materia orgánica disuelta o suspendida en el agua, susceptible a ser descompuesta por organismos (Secretaría de Economía, 2020) (PRTR, 2020).

Hierro total: El hierro suele encontrarse presente en diferentes cuerpos de agua, provenientes de la disolución de rocas y minerales donde se encuentra contenido, las aguas subterráneas contienen mayores concentraciones de hierro que las aguas superficiales, donde el hierro se encuentra en niveles muy bajos y es prácticamente insoluble, considerando que el ion ferroso es muy reactivo y oxida fácilmente en presencia del aire. El hierro y el manganeso pueden darle al agua un color y olor indeseable (Single & Bauder, 2020) (Universidad Tecnológica de Panamá, 2020).

Coliformes fecales: Se encuentran clasificados dentro de los coliformes totales y generalmente representan contaminación fecal, ya sea procedente de seres humanos, de operaciones agrícolas o de animales y pájaros silvestres; uno de los organismos más representativos presentes en las aguas negras domesticas son las bacterias *Escherichia coli* (*E. coli*) (Canal de Panamá, 2019).

2.2.3.2 Procesos depuratorios

En la depuración de aguas residuales se emplean diferentes procesos y operaciones unitarias, tanto físicas, químicas y biológica para el tratamiento de aguas residuales y mejorar las características físico-químicas y microbiológicas de las mismas, antes de su vertido aun cuerpo de agua o al sistema de alcantarillado (Torres, 2014).

Homogenización: Es la mezcla de dos o más corrientes o flujos en la depuración de aguas residuales, de origen y características diferentes, que al unirse forman una nueva combinación, que pueden tener capacidad de concentrar o diluir la solución final (Duque, 2014).

Oxidación: Es el proceso mediante el cual los contaminantes presentes en el agua residual se transforman en compuestos o sustancias más simples y menos peligrosos, en la oxidación una sustancia orgánica o inorgánica transfiere oxígeno, electrones e hidrogeno para convertirse en otra sustancia según el estado de oxidación y condiciones de la reacción (Jiménez, 2005) (Weber, 1979).

Los oxidantes más utilizados son el ácido perclórico, peroxidisulfato, peryodato potásico, bismuto sódico, clorato potásico, permanganato potásico, peróxido de hidrógeno, óxido de plata, ozono, ácido nítrico y halógenos; y los agentes reductores son los metales, reductor Jones, cloruro estannoso, sales ferrosas, dióxido de azufre, sulfuro de hidrógeno, hiposulfito sódico y ácido clorhídrico (Ruiz, 2020).

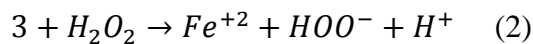
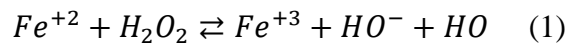
Neutralización: Son reacciones químicas que se dan en el agua residual mediante la adición de reactivos alcalinos o ácidos dependiendo del pH del agua a tratar, de tal forma que dicho parámetro esté dentro del rango previsto (Sainz, 2005) (INDITEX, 2020).

Los ácidos más importantes son ácido clorhídrico, ácido bromhídrico, ácido yodhídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido perclórico, ácido fosfórico, ácido carbónico, ácido acético, ácido cítrico, ácido láctico y ácido bórico; y las bases más importantes son el hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, hidróxido de calcio, hidróxido de manganeso, y amoniaco acuoso (Bermeo, 2020).

Descarbonatación: La cal produce un pH elevado, lo cual ayuda a eliminar hierro y manganeso en las aguas residuales. Los metales en estado iónico y no de complejos pueden precipitar como hidróxidos o bicarbonato en un medio donde el pH favorezca la reacción (a pH cercano a 8 se produce la desertización) (Morillo, 2012).

Proceso Fento: Se produce cuando se emplea peróxido de hidrogeno (H_2O_2) como reactivo y hierro divalente (Fe^{+2}) como catalizador (Castells, 2012); cuando la DQO es superior a 500 mg/L, la reacción es eficiente como pre-tratamiento (Guarquilla, 2013).

Bes, Silva, & Bengoa (2020) afirman que “en este proceso, los radicales HO^\cdot se forman a partir de la interacción entre H_2O_2 y hierro ferroso (Fe^{2+}) en medio ácido (pH 2,5-4), en un mecanismo desarrollado de acuerdo con la Ecuación 1. Como el hierro es un catalizador, no se consume durante el proceso. Por lo contrario, el Fe^{2+} se regenera a partir del hierro férrico (Fe^{3+}), para lo cual se tienen las siguientes reacciones:” (p. 35)



Coagulación-Floculación: Este proceso consiste en la desestabilización electrostática de la materia coloidal cargada eléctricamente negativa para neutralizar sus fuerzas, mediante la adición de un coagulante químico, mientras que la floculación se efectúa a través de sustancias químicas denominadas floculantes que tienen como función aglutinar las sustancias coloidales (desestabilizadas y neutralizadas en el proceso de coagulación), con el fin de permitir la separación de estos sólidos y materia coloidal por medio la decantación y posterior filtrado. De esta forma se produce la clarificación del agua, por la disminución de la turbidez (Aguilar, Sáez, Lloréns, Soler, & Ortoño, 2002) (Lanuza, 2012).

Los coagulantes son compuestos químicos que al entran en contacto con el agua producen reacciones químicas capaces de formar precipitados voluminosos, siendo los más empleados las sales de aluminio, sales de hierro y polielectrolitos. Por otra parte, la composición de los floculantes empleados se caracteriza por poseer altos pesos

moleculares, son macromoléculas orgánicas constituidos por monómeros de cadena largas y que pueden ser de origen natural y sintéticos (Cárdenas, 2020).

Según Lanuza (2012) existe una serie de parámetros importantes en el proceso de coagulación-floculación:

- “Características del sólido: Composición y edad del sólido, concentración de sólidos, influencia de su superficie,
- Características del líquido: Temperatura, alcalinidad, acidez del medio y fuerza iónica del líquido,
- Parámetros externos: Agitación, tiempo de coagulación y dimensiones del recipiente,
- Características de los aditivos (Coagulante y floculante): Naturaleza, peso molecular, forma de preparación y adición, ...”

Reactor aerobio: Los microorganismos juegan un papel muy importante en la degradación de la materia orgánica de las aguas residuales, en presencia de oxígeno o ausencia del mismo (Ramos, Sepúlveda, & Villalobos, 2003) (Rodríguez, et al., 2020). En los reactores aerobios se obtiene mayor eficiencia debido a aumento de la población microbiana por la presencia de oxígeno, lo cual reduce la carga contaminante del medio (Guarquilla, 2013).

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Las leyes, reglamentos y normativa nacional relacionadas con el tema de investigación son descritos a continuación:

Según la Constitución de la República del Ecuador (2008) de la Asamblea Nacional, Registro Oficial 449 señala:

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

los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

Según el Código Orgánico del Ambiente (2017) del Ministerio de Ambiente, Registro Oficial N° 983 señala:

Artículo 1.- Objeto. Este Código tiene por objeto garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o sumak kawsay.

Las disposiciones de este Código regularán los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, así como los instrumentos que fortalecen su ejercicio, los que deberán asegurar la sostenibilidad, conservación, protección y restauración del ambiente, sin perjuicio de lo que establezcan otras leyes sobre la materia que garanticen los mismos fines.

Artículo 298.- Objeto. El presente título tendrá como objeto regular la potestad sancionadora de la Autoridad Ambiental Nacional, con la finalidad de fortalecer la gestión ambiental prevista en el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental y la correcta aplicación de la política pública ambiental.

Según el Código Orgánico Integral Penal (2014) de la Asamblea Nacional, Suplemento del Registro Oficial 180 señala:

Art. 251.- La persona que contraviniendo la normativa vigente, contamine, desee o altere los cuerpos de agua, vertientes, fuentes, caudales ecológicos, aguas naturales

afloradas o subterráneas de las cuencas hidrográficas y en general los recursos hidrobiológicos o realice descargas en el mar provocando daños graves, será sancionada con una pena privativa de libertad de tres a cinco años.

Art. 257.- Obligación de restauración y reparación. - Las sanciones previstas en este capítulo, se aplicarán concomitantemente con la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas y la obligación de compensar, reparar e indemnizar a las personas y comunidades afectadas por los daños. Si el Estado asume dicha responsabilidad, a través de la Autoridad Ambiental Nacional, la repetirá contra la persona natural o jurídica que cause directa o indirectamente el daño.

Según el Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (2014) de la Secretaria Nacional del Agua, Segundo Suplemento del Registro Oficial 305 señala:

Artículo 3.- Objeto de la Ley. El objeto de la presente Ley es garantizar el derecho humano al agua así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el *sumak kawsay* o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución.

Según el Ley Orgánica de Salud (2006) del Ministerio de Salud, Suplemento del Registro Oficial 423 señala:

Art. 96.- Toda persona natural o jurídica tiene la obligación de proteger los acuíferos, las fuentes y cuencas hidrográficas.

Según el Reglamento de Aplicación a la Ley de Aguas (2003) de la Secretaria Nacional del Agua, Registro Oficial EE-1 señala:

Art. 89.- Se considerará como agua contaminada toda aquella que presente deterioro de sus características físicas, químicas o biológicas, debido a la influencia de cualquier elemento o materia sólida, líquida, gaseosa, radioactiva o cualquiera otra sustancia y que

den por resultado la limitación parcial o total de ellas para el uso doméstico, industrial, agrícola, de pesca, recreativo y otros.

Según el Acuerdo Ministerial 097-A (2015) del Ministerio de Ambiente, Registro Oficial EE-1 señala:

Artículo 1.- Expídase el Anexo 1, referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes del Recurso Agua.

En el Acuerdo Ministerial 061 (2015) del Ministerio de Ambiente, Edición Especial del Registro Oficial 316 señala:

Art. 1 **Ámbito.** - El presente Libro establece los procedimientos y regula las actividades y responsabilidades públicas y privadas en materia de calidad ambiental. Se entiende por calidad ambiental al conjunto de características del ambiente y la naturaleza que incluye el aire, el agua, el suelo y la biodiversidad, en relación a la ausencia o presencia de agentes nocivos que puedan afectar al mantenimiento y regeneración de los ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos de la naturaleza.

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

“El mundo no va a sobrevivir
mucho más tiempo como
cautivo de la humanidad”

Daniel Quinn

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la investigación corresponde a una metodología de tipo: inductivo, deductivo y experimental; puesto que se realizó la manipulación directa de las variables en estudio tales como: carga contaminante del agua residual y los procesos combinados de tratamiento de aguas residuales, a través del análisis de laboratorio del agua residual generada y tratada, empleando las técnicas y normativas que rigen la calidad de agua. Además, se efectuó el rediseño de la planta en base a la eficiencia obtenida del proceso.

3.2 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

3.2.1 Inductivo

Se utilizó durante la identificación de los puntos críticos donde se genera el agua residual dentro del proceso de extracción del aceite de palmiste y caracterización del agua residual, con lo cual se determinaron los procesos que se emplearon para el tratamiento de los efluentes.

3.2.2 Deductivo

Permitió evaluar el nivel de calidad del agua residual del proceso de extracción de aceite de palmiste de la industria SIEXPAL S.A. mediante procesos físicos, químicos y biológicos para la aplicación de una reingeniería del proceso actual empleado por la extractora.

3.2.3 Experimental

Se realizó la caracterización del agua residual antes y después del tratamiento, y se determinó la eficiencia de los procesos físicos, químicos y biológicos determinados para tratar las aguas residuales, mediante la reducción de la carga contaminante de los efluentes generados en el proceso productivo.

3.3 FUENTES DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

3.3.1 Fuentes secundarias

Para llevar a cabo el presente estudio se requirió la utilización textos, revistas, artículos, normativa vigente etc., lo cual permitió aplicar una adecuada metodología para llevar a cabo la presente investigación.

3.3.2 Fuentes primarias

Se consideró como fuente primaria las observaciones realizadas durante la identificación de los puntos críticos dentro del proceso donde se genera el agua residual, los monitoreos de la caracterización de los efluentes y la calidad del agua tratadas mediante procesos físicos, químicos y biológicos.

3.4 INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

3.4.1 Ficha de campo

En la misma se recabó toda la información relativa a las actividades realizadas en campo, referente al manejo y tratamiento del agua residual generada en el proceso productivo.

3.4.2 Ficha de monitoreo

Sirvió para el registro de la información referente a los monitoreos del agua residual generada en el proceso productivo y también el agua tratada mediante procesos físicos, químicos y biológicos: número de muestras, volumen de las muestras, transporte y análisis de muestras, y demás aspectos relativos al monitoreo y análisis de las muestras de agua.

3.5 CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

3.5.1 Identificación de los puntos críticos donde se genera agua residual dentro del proceso de extracción de aceite de palmiste de la industria SIEXPAL S.A.

La identificación de los puntos críticos del proceso que generan gran cantidad de agua residual se efectuó mediante la verificación a lo largo del procesamiento del aceite de palmiste, atribuyendo al proceso de palmistería como el más relevante.

3.5.2 Determinación el grado de contaminación del agua residual del proceso de extracción de aceite de palmiste de la industria SIEXPAL S.A.

Se determinaron las características físicas y químicas del agua residual generada para conocer el grado de contaminación de la misma.

3.5.2.1 Toma de muestras y preservación

Se tomaron muestras compuestas por triplicado del Afluente de la Trampa de Grasa (ATG), Efluente de la Trampa de Grasa (ETG) y Efluente del Filtro de Gases (EFG), para determinar las características físicas y químicas del agua residual generada en el proceso de extracción de aceite de palmiste. Adicionalmente se recolectaron muestras simples del agua de pozo que se emplea en el proceso, con el objeto de comprobar el grado de contaminación que pudiera encontrarse debido a la influencia de la descarga del agua residual que se realiza semanalmente. Para la toma de muestra y preservación de las muestras se procedió de acuerdo a las disposiciones planteadas en las Normas Técnicas Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS y NTE INEN 2176:1998. AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO (ver anexos).

3.5.2.2 Caracterización de las muestras

Los parámetros analizados para dar cumplimiento a la caracterización del agua residual, se escogieron en base al acuerdo Ministerial 097-A que fueron: pH, temperatura, DBO5, DQO, fenoles, sólidos suspendidos totales, hierro total, aceites y grasas. Adicionalmente

se analizó una muestra simple del agua de pozo que se usa en el proceso productivo. En el caso del ATG y ETG también se determinó Carbono Orgánico Total (COT).

El Standard Methods for the examination of Water and Wastewater (Eaton, American Public Health Association, American Water Works Association & Water Environment Federation, 2005) y el Manual de Análisis de Agua HACH, Procedimientos fotométricos de titulación y microbiológicos (HACH, 2000) fueron empleados para caracterizar las muestras.

Tabla 1. Métodos y equipos utilizados para la caracterización físico-química.

Parámetro	Método	Equipo
Potencial de hidrógeno	Potenciométrico	Multiparámetro Hach HQ40d
Temperatura	Potenciométrico	Multiparámetro Hach HQ40d
DBO ₅	Respirométrico	DBO hach - bod trak II
DQO	Espectrofotómetro UV-Vis	Thermo Scientific – Evolution 60S
Fenoles	Espectrofotómetro UV-Vis	Thermo Scientific – Evolution 60S
SST	Espectrofotómetro UV-Vis	Thermo Scientific – Evolution 60S
Aceites y grasas	Gravimetría	Extractor Soxhlet BÜCHI B-810
Hierro total	Espectrofotómetro UV-Vis	Thermo Scientific – Evolution 60S
COT	Espectrofotómetro UV-Vis	Termoreactor (HACH DRB 200) Thermo Scientific – Evolution 60S

Elaborado por: Verónica Moreno, 2020.

3.5.2.3 Análisis de la caracterización de las muestras

Una vez obtenido los resultados de la caracterización de las muestras. Se calculó el promedio y la desviación estándar de los valores de los parámetros analizados de cada replica. El promedio de los valores de los diferentes parámetros ATG, ETG, EFG y agua de pozo empleado en el proceso fueron comparados con la Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público del Acuerdo Ministerial 097A.

3.5.3 Valoración de los diferentes procesos y operaciones unitarias de ingeniería para tratar el agua residual generada en la extracción de aceite de palmiste de la industria SIEXPAL S.A. y cumplir con los límites de descarga al sistema de alcantarillado público establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A.

3.5.3.1 Determinación de los procesos de remoción de los contaminantes orgánicos e inorgánicos del agua residual

Con los resultados de la caracterización de los diferentes puntos de muestreo, se realizaron pruebas a pequeña escala en un laboratorio, para determinar los procesos y operaciones unitarias más factibles para el rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales actual.

3.5.3.1.1 Toma de muestras para realizar las pruebas a pequeña escala

Se tomaron 20 L de muestra del ETG y EFG que fueron caracterizadas previo a la experimentación que consistió en realizar las siguientes operaciones unitarias: homogenización, Proceso de Oxidación Avanzada (POA), neutralización, coagulación – floculación y digestión biológica aerobia.

3.5.3.1.2 Prueba caso 1

Homogenización de las muestras

Considerando que por cada 1 m³ del ETG también se descarga 1,5 m³ del EFG, se efectuó una relación matemática para determinar las proporciones de muestra requerida. En un recipiente de plástico de 20 L se adicionaron 4 L de ETG y 6 L del EFG, posteriormente se mezcló para homogenizar la muestra (Mezcla ETG y EFG). Con el fin de preparar una muestra compuesta de las dos fuentes de aguas residuales que se descargan por separado, una de ellas sin previo tratamiento, para dar cumplimiento al rediseño del sistema de tratamiento actual.

Procedimiento de neutralización con Hidróxido de Sodio Na(OH)

Este procedimiento se realizó con el propósito de ajustar el pH y reducir la concentración de fenoles reportados en la caracterización del agua residual. Para la neutralización se utilizó Hidróxido de Sodio Na(OH) a una concentración de 1,54 normal y de la mezcla del ETG y EFG se colocaron 500 mL en un vaso de precipitación y posteriormente se midió el pH inicial por colorimetría con un pHmetro el cual fue de 5,7.

Inicialmente se efectuó la neutralización a escala de laboratorio, como un caso práctico empleando 100 mL de mezcla del ETG y EFG en un matraz y se agregó el Na(OH) continuamente en pequeñas dosis hasta ajustar el pH.

Tabla 2. Primera neutralización pH inicial 5,7.

Dosis Na(OH) adicionados (ml)	pH medido
0,1	5,8
0,2	6,2
0,2	6,5
0,50	Total de Na(OH) empleado

Elaborado por: Verónica Moreno, 2020.

Para la segunda neutralización se procedió de la misma forma detallada anteriormente.

Tabla 3. Segunda neutralización pH inicial 5,7.

Dosis Na(OH) adicionados (mL)	pH medido
0,1	5,8
0,2	6,2
0,2	6,5
0,1	6,8
0,1	6,9
0,1	>7
0,05	7,2
0,85	Total de Na(OH) empleado

Elaborado por: Verónica Moreno, 2020.

A continuación, se realizó la neutralización con un mayor volumen mezcla ETG y EFG, teniendo en cuenta los datos de la segunda neutralización a pequeña escala, de lo cual se obtuvo lo siguiente:

$$9,5 \text{ L de mezcla ETG y EFG} \times \frac{0,85 \text{ mL Na(OH)}_{1,54N}}{0,1 \text{ L mL de mezcla ETG y EFG}} \\ = 80,75 \text{ mL Na(OH)}_{1,54N}$$

Ensayo del Test de Jarra (coagulación – floculación)

Materiales y Equipos

- Probetas
- Vasos de precipitación
- Pipetas
- Test de Jarra Phipps & Bird – HACH: 2631730

Sustancias y Reactivos

- Policloruro de aluminio PAC # 43
- Polímero

Procedimiento

- Se tomaron 4 L de la mezcla del ETG y EFG.
- Simultáneamente se determinó la DBO5, DQO, sólidos suspendidos, aceites y grasas, fenoles y pH a la muestra.
- Adicionalmente se preparó una solución de PAC (bajo en hierro) al 1% y polímero al 0,1%.

- A cada jarra se le agregó 0,5 L de muestra y se programó el Test de Jarra a 300 rpm durante 1 minuto (agitación rápida) y 40 rpm durante 15 minutos (agitación lenta).
- Luego se vertieron las dosis de PAC a todas las jarras simultáneamente y se dio inicio al equipo.
- Trascurrido 30 segundos, se agregaron 0,15 mL de solución de polímero.
- Al finalizar el proceso se dejó reposar durante 10 minutos y se evalúan los mismos parámetros que se analizaron inicialmente.

Tabla 4. Dosis de PAC empleado.

Jarra (500 mL)	PAC (mL)
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6

Elaborado por: Verónica Moreno, 2020.

Digestión biológica aerobia

El volumen efectivo del reactor fue de 2,5 L, para esto se empleó un recipiente de polietileno. El agua residual vertida en el reactor fue procedente de las dos jarras optimas del ensayo de coagulación – floculación. La aireación fue proporcionada por un compresor SB-108 SOBO MOTOR DE AIRE de 1 X 3.0 L/min de potencia; transcurrida las 24 horas de digestión biológica, sin la adición de nutrientes o microorganismos, se midieron los parámetros detallados anteriormente.

3.5.3.1.3 Prueba caso 2

Homogenización de las muestras

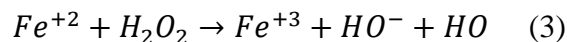
El procedimiento es similar al expresado en el caso 1, únicamente varió el volumen muestra homogenizada, el cual fue de 15 litros. La deducción matemática fue la misma.

Proceso de Oxidación Avanzada

Durante la aireación producida en la digestión biológica (caso 1) se produjo color por la oxidación del hierro, debido a esto se procedió a oxidar con peróxido de hidrogeno H_2O_2 al 35% para precipitar hierro y degradar compuestos fenólicos, previo a la neutralización del agua residual, ya que el oxidante claramente disminuye el pH de la mezcla. Para lo cual se procedió de la siguiente manera:

Determinación del volumen de H_2O_2 para oxidar Hierro (Fe^{+2})

En la determinar la dosis correcta del oxidante, se efectuó el cálculo estequiométrico con el propósito de obtener el volumen de H_2O_2 requerido para oxidar Fe^{+2} a Fe^{+3} (precipitado), teniendo en cuenta que la muestra tuvo una concentración de 47 mg Fe^{+2} , se partió de la siguiente reacción:



Cálculos estequiométrico

Los valores considerados para los cálculos estequiométricos del hierro y fenol, son los reportados en la caracterización de la mezcla del agua residual de la tabla 13.

$$47 \text{ mg } Fe^{+2} \times \frac{1 \text{ g } Fe^{+2}}{1000 \text{ mg } Fe^{+2}} \times \frac{1 \text{ mol } Fe^{+2}}{55,85 \text{ g } Fe^{+2}} \times \frac{1 \text{ mol } H_2O_2}{1 \text{ mol } Fe^{+2}} \times \frac{34 \text{ g } H_2O_2}{1 \text{ mol } H_2O_2}$$

$$= 0,029 \text{ g } H_2O_2$$

Cálculo de la masa de la solución consumida de Fe^{+2} considerando el grado de pureza del reactivo del H_2O_2 35%.

$$0,029 \text{ g (masa de soluto Peroxido de Hidrogeno)} = \frac{100 \text{ g de solución}}{35 \text{ g de soluto}}$$

$$= 0,08 \text{ g solución}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (4)$$

Donde:

ρ = Densidad de la sustancia ($H_2O_2 = 1,11 \text{ g/mL}$)

m = Masa

V = Volumen

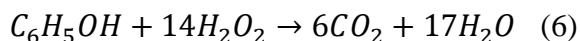
$$V = \frac{m}{\rho} \quad (5)$$

$$V = \frac{0,08 \text{ gH}_2\text{O}_2}{1,11 \text{ gH}_2\text{O}_2/\text{mLH}_2\text{O}_2} = 0,072 \text{ mLH}_2\text{O}_2$$

$$2,5 \text{ L de mezcla ETG y EFG} \times \frac{0,072 \text{ mLH}_2\text{O}_2}{1 \text{ L de mezcla ETG y EFG}} = 0,18 \text{ mLH}_2\text{O}_2$$

Determinación del volumen de H₂O₂ para oxidar Fenoles (C₆H₅OH)

De igual forma se efectuó el cálculo estequiométrico para determinar el volumen de H₂O₂ requerido para oxidar C₆H₅OH, teniendo en cuenta que la muestra tuvo una concentración de 0,63 mg C₆H₅OH, se partió de la siguiente reacción:



$$0,63 \text{ mg C}_6\text{H}_5\text{OH} \times \frac{1 \text{ gC}_6\text{H}_5\text{OH}}{1000 \text{ mgC}_6\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{1 \text{ molC}_6\text{H}_5\text{OH}}{104 \text{ gC}_6\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{14 \text{ molH}_2\text{O}_2}{1 \text{ molC}_6\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{34 \text{ gH}_2\text{O}_2}{1 \text{ molH}_2\text{O}_2}$$

$$= 0,003 \text{ gH}_2\text{O}_2$$

Cálculo de la masa de la solución consumida de fenoles considerando el grado de pureza del reactivo del H₂O₂ 35%.

$$0,003 \text{ g (masa de soluto Peroxido de Hidrogeno)} = \frac{100 \text{ g de solución}}{35 \text{ g de soluto}}$$

$$= 0,009 \text{ g solución}$$

$$V = \frac{0,009 \text{ gH}_2\text{O}_2}{1,11 \text{ gH}_2\text{O}_2/\text{mLH}_2\text{O}_2} = 0,008 \text{ mLH}_2\text{O}_2$$

$$2,5 \text{ L de mezcla ETG y EFG} \times \frac{0,008 \text{ mLH}_2\text{O}_2}{1 \text{ L de mezcla ETG y EFG}} = 0,02 \text{ mLH}_2\text{O}_2$$

Dosis total de Peróxido de Hidrogeno

Para oxidar simultáneamente el hierro y los fenoles se deben considerar la sumatoria de ambos volúmenes de H₂O₂ al 35% calculados previamente.

Tabla 5. Dosis de H₂O₂ requerida para oxidar hierro y fenoles.

Compuestos	H ₂ O ₂ (mL)
Fe+2	0,18
C ₆ H ₅ OH	0,02
Total de H₂O₂ requerido	0,20

Elaborado por: Verónica Moreno, 2020.

Prueba de Oxidación a escala laboratorio de hierro y fenoles

Se procedió a oxidar la mezcla de ETG y EFG a escala, como un caso práctico empleando 0,25 L de mezcla de ETG y EFG en un matraz y se empezó a agregar el H₂O₂.

$$0,25 \text{ L de mezcla ETG y EFG} \times \frac{0,20 \text{ mLH}_2\text{O}_2}{2,5 \text{ L de mezcla ETG y EFG}} = 0,02 \text{ mLH}_2\text{O}_2$$

Transcurridas las 9 horas de reacción con H₂O₂ el pH de la solución fue de 3 (ácido).

Posteriormente se realizó la oxidación con un mayor volumen mezcla de ETG y EFG teniendo en cuenta los datos del ensayo a pequeña escala, de lo cual se obtuvo lo siguiente:

$$4,5 \text{ L de mezcla ETG y EFG} \times \frac{0,02 \text{ mL de H}_2\text{O}_2}{0,25 \text{ L de mezcla ETG y EFG}}$$

$$= 0,36 \text{ mL de H}_2\text{O}_2$$

La oxidación se realizó durante 9 horas, una vez transcurrido ese tiempo se procedió a decantar el precipitado de la reacción, para ajustar el pH y reducir la carga contaminante.

Neutralización de la muestra oxidada

Para realizar la neutralización se reemplazó al Na(OH) utilizado en el caso 1, por regulador de pH al 40% que cumple doble función, ajustar el pH y producir la descarbonatación del agua residual, debido al contenido de cal que posee. Antes de realizar la reacción con el volumen requerido (4,5 L), se efectuó la neutralización con una alícuota menor, como un caso práctico empleando 100 mL de mezcla oxidada (H₂O₂), en un matraz y se agregó el reactivo continuamente en pequeñas dosis hasta ajustar el pH.

Tabla 6. Neutralización pH inicial 3.

Dosis Regulador de pH adicionados (mL)	pH medido
0,5	3,3
1,0	4,0
1,0	6,2
0,1	6,4
0,2	6,8
0,5	7,0
0,5	7,8
0,1	7,9
0,1	8,0
4,0	Total de Regulador de pH empleado

Elaborado por: Verónica Moreno, 2020.

Como producto de la reacción se formó un precipitado semi-sólido que se separó por decantación una vez transcurrido 30 minutos de reposo.

Posteriormente se realizó la prueba con un mayor volumen mezcla oxidada, teniendo en cuenta los datos del ensayo a pequeña escala, de lo cual se obtuvo lo siguiente:

$$4,5 \text{ L de mezcla oxidada} \times \frac{4,0 \text{ mL de Regulador de pH}}{0,1 \text{ L de mezcla oxidada}}$$

$$= 180 \text{ mL de Regulador de pH}$$

Ensayo del Test de Jarra (coagulación – floculación)

La metodología empleada para esta prueba fue similar a la detallada anteriormente, a continuación, se presenta la tabla 7 con las dosis empleadas.

Tabla 7. Dosis de PAC y polímero empleado.

Jarra Número	Jarra Volumen (mL)	PAC (mL)	Polímero (mL)
1	1000	25,0	0,2
2	1000	25,0	0,2
3	500	12,5	0,1

Elaborado por: Verónica Moreno, 2020.

Preparación de los microorganismos (EM)

Para activar los microorganismos eficientes, se preparó una solución al 10%, que consistió en agregar en un recipiente 100 g de EM en 1 L de agua residual, alícuota tomada del agua tratada previamente y dispuesta en el reactor biológico. Se adicionó también 10 mL de melaza como fuente de carbono para influir en el crecimiento de los microorganismos, esta mezcla se dejó reposar durante 24 horas para su activación, previo a la inoculación del reactor. La estrategia de emplear el agua residual de la fuente, en la preparación de los microorganismos antes de ser inoculados en el reactor tiene como fin adaptarlos al medio.

Dosificación de microorganismo eficientes (EM)

Durante el proceso biológico se añadieron diferentes dosis de microorganismo preparados en concentraciones distintas. Por recomendación del fabricante se debe variar las dosis y concentraciones aplicadas hasta obtener los resultados más óptimos en la disminución de la carga contaminante del agua residual.

$$1 \text{ L de agua a tratar} \times \frac{1 \text{ L EM de solución } 10\%}{10 \text{ L de agua a tratar}} = 0,1 \text{ L EM de solución } 10\%$$

$$1 \text{ L de agua a tratar} \times \frac{0,2 \text{ L EM de solución } 2\%}{10 \text{ L de agua a tratar}} = 0,02 \text{ L EM de solución } 2\%$$

Tabla 8. Dosificación de los EM al reactor biológico.

Tiempo	Día 1	Día 2	Día 3
Dosis (L)	0,1	0,02	0,02
Concentración (%)	10	2	2

Elaborado por: Verónica Moreno, 2020.

Digestión biológica aerobia

Para el montaje del reactor aerobio se empleó la misma metodología utilizada en el caso 1, con la diferencia de que en esta ocasión se procedió a inocular microorganismos eficientes, que fueron inoculados paulatinamente en los días 1, 2 y 5 con una concentración total del 14% para promover una mayor eficacia de la actividad biológica representada en la disminución de la carga contaminante del agua residual (DQO: DBO).

3.5.3.2 Determinación de los procesos y operaciones unitarias de ingeniería más efectivos para tratar el agua residual del proceso de extracción de aceite de palmiste

Una vez valorados los procesos y operaciones unitarias más idóneos para reducir eficientemente la carga contaminante del agua residual, a través de los procesos anteriormente descritos, se estableció el rediseño de ingeniería del actual tratamiento de la planta depuradora de la industria SIEXPAL S.A. Que consistió en la aplicación de los principios físicos y químicos deducidos experimentalmente, para lo cual se estableció un diseño de bloque y de planta.

CAPÍTULO IV.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

“Si hay magia en este planeta,
está contenida en el agua”

Loran Eisely

4.1 PUNTOS CRÍTICOS DONDE SE GENERA AGUA RESIDUAL DENTRO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMISTE DE LA INDUSTRIA SIEXPAL S.A.

SIEXPAL S.A. es una empresa que se dedica a la extracción de aceite y pasta de palmiste, el proceso productivo contempla la recepción y almacenamiento de la materia prima, palmistería, secado, prensado, filtrado de aceite, almacenamiento del aceite, martillado de la pasta y almacenamiento de la pasta. Dentro del proceso productivo se identificaron puntos críticos de generación de efluente en la palmistería y secado.

En la palmistería se emplea una lavadora para la limpieza de la almendra, la cual tiene una capacidad de 5 m³, el consumo de agua en la lavadora es de 4 m³ y de 0,15 m³ para el lavado del piso por donde se descarga el efluente de la misma, sin embargo, al final se descargan 2 m³ de agua residual, ya que 2,15 m³ se evapora o humedece la materia prima. Cuando la planta está procesando al 100% las descargas se realizan cada 24 horas, pero cuando bajan los niveles de producción se lo realiza cada 48 horas, por consiguiente, cada año se procesan 20.186.002 ton de materia prima y se generan 3417,77 m³ de agua residual aproximadamente.

En el secado se emplea un filtro de gases que cuenta internamente con cinco deflectores que cambian el sentido de circulación del viento, que es soplado por una turbina que hace que el aire con el material particulado choquen con el agua y detenga el material particulado en la misma. El filtro requiere 1,5 m³ y cuenta con una alimentación de agua constante para conservar el nivel, la descarga se realiza una vez a la semana; generando 78 m³ de agua residual al año, la cual es descargada sin previo tratamiento. De acuerdo a lo expresado, el punto crítico de la planta extractora se identifica en la palmistería, donde se reporta el mayor caudal de producción del agua residual, en el procesamiento del aceite de palmiste. En consecuencia, se genera un total de 3495,77 m³/año de agua residual de la extractora de aceite de palmiste, El conocimiento de la estimación del caudal producido al año por esta industria, es de gran valía, ya que, en la literatura consultada, no se reportan datos concretos de este proceso productivo, si no del tratamiento integral del aceite crudo de palma incluido el de palmiste. Según Villamarin (2015) la extractora de aceite de palma Pexa produjo 36000 m³/ año del agua residual. Estos volúmenes son superiores y

no son comparables, debido a que el autor cuantifica la producción del agua residual en ambos procesos y no por separado. Cabe recalcar que el presente estudio solo evalúa la calidad y generación del residual del aceite de palmiste.

Según García (1993) en promedio las extractoras en Colombia generan $0,84 \text{ m}^3$ de agua residual por tonelada de RFF, en cambio Chamorro y Orellana (2016) manifiestan que la generación de agua residual en la extractora Teobroma es de $0,31 \text{ m}^3/\text{ton RFF}$, lo cual indica que el efluente del proceso de extracción de aceite de palmiste es inferior, al registrado en las extractoras de aceite crudo de palma. La comparación del caudal generada en la industria SIEXPAL S.A. es diferente a los citados, debido a las distintas aplicaciones tecnológicas empleadas, tipo de fruto y condiciones de operación. Es válido mencionar los caudales producidos para comprender la importancia de la generación de este residual en volumen, debido a la alta carga orgánica contaminante que los caracteriza (Cuesta, 2019). Es impredecible estimar la generación del volumen total emitida por estos autores, producido por racimo de fruta fresca, ya que para lograr este objetivo se debería contar con la información necesaria de producción anual. En el presente trabajo se recolectó información precisa en la determinación del caudal real generado en todas las fases del proceso durante todo el año.

Así mismo se reporta en la literatura que la medición del caudal promedio de agua residual generada en cinco extractoras de aceite de palma ubicadas en Pichincha, Santo Domingo y Esmeraldas. En tres extractoras se efectuó la medición in situ y en las dos restantes se analizaron los datos históricos proporcionados por las mismas, de los datos obtenidos se determinó que la generación es de $0,84 \text{ m}^3/\text{tonRFF}$ (Malacatus, Guerrero y Llerena, 2017).

4.2 GRADO DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMISTE DE LA INDUSTRIA SIEXPAL S.A.

4.2.1 Caracterización de los efluentes generados en el proceso

En el proceso de extracción de aceite de palmiste se generan dos corrientes de agua residual, de diferentes características (ATG y EFG). En las tablas 9 y 10 se muestran la caracterización del ATG y EFG.

Tabla 9. Caracterización del Afluente de la Trampa de Grasa.

Parámetro	Limites Máximos Permisibles Tabla 8 del AM 097-A	Unidades	ATG
Aceites y grasas	70	mg/L	904,46±2,34
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	250	mg/L	6924,49±460,09
Demanda Química de Oxígeno	500	mg/L	12399,40±100
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,56±0,04
Fenoles	0,2	mg/L	0,87±0,02
pH	6-9	unid pH	4,80±0,10
Sólidos Suspendidos	220	mg/L	20526,09±990,10
Carbono Orgánico Total	-	mg/L	3989,66±10,02
Temperatura de campo	<40	°C	32,00±0,00

Fuente: Informe de Resultados de laboratorio, 2020.

Elaborado por: Verónica Moreno, 2020.

Tabla 10. Caracterización del Efluente del Filtro de Gases.

Parámetro	Limites Máximos Permisibles Tabla 8 del AM 097-A	Unidades	EFG
Aceites y grasas	70	mg/L	<0,1
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	250	mg/L	2239,13±60,09
Demanda Química de Oxígeno	500	mg/L	3849,45±50,00
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,58±0,02
Fenoles	0,2	mg/L	0,04±0,00
pH	6-9	unid pH	6,15±0,05
Sólidos Suspendidos	220	mg/L	1389,24±19,50
Temperatura de campo	<40	°C	35,60±0,00

Fuente: Informe de Resultados de laboratorio, 2020.

Elaborado por: Verónica Moreno, 2020.

Tabla 11. Caracterización del Efluente de la Trampa de Grasa (agua tratada).

Parámetro	Limites Máximos Permisibles Tabla 8 del AM 097-A	Unidades	ETG
Aceites y grasas	70	mg/L	136,28±4,51
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	250	mg/L	6279,46±360,06
Demanda Química de Oxígeno	500	mg/L	10749,59±50,00
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,58±0,04
Fenoles	0,2	mg/L	0,61±0,01
pH	6-9	unid pH	5,03±0,06
Sólidos Suspendidos	220	mg/L	4083,66±64,51
Carbono Orgánico Total	-	mg/L	3244,46±45,00
Temperatura de campo	<40	°C	22,60±0,00

Fuente: Informe de Resultados de laboratorio, 2020.

Elaborado por: Verónica Moreno, 2020.

El agua residual generado en la extractora presenta mucha variación en los parámetros físico-químicos, debido a la diversificación de la materia prima, ya que emplea *Elaeis guineensis Jacq* y una variedad híbrida de diferentes extractoras del país, además del equipamiento y la infraestructura utilizada. De acuerdo a la caracterización presentada en los diferentes puntos de muestreo, se comprueba la acidez y el alto grado de contaminación que contienen estos residuales líquidos, expresado como DQO que oscila entre 12399,40 - 3849,45 mgDQO/L de agua residual aproximadamente.

Se observó una ligera reducción de la DQO de 13,31%, una vez el afluente es retirado de la trampa de grasa, previo a la descarga final, cuyo valor resultante es de 10749,59 mgDQO/L. En consecuencia, se demuestra que el presente sistema de tratamiento empleado es deficiente, aunque el porcentaje de eliminación de aceites y grasas correspondiente al 84,93% y de sólidos suspendidos a 80,11%, los cuales son valores importantes de remoción, además se produce una escasa disminución en términos de DBO5 de 9,32%, reflejada en la figura 2. En definitiva, estos resultados no se ajustan en lo absoluto al cumplimiento de la normativa ambiental y en base a lo expuesto se consideraron los valores determinados de carga contaminante para diseñar el tratamiento complementario, con la finalidad de eliminar estos residuos y que el efluente tratado

cumpla con los criterios de calidad de descarga al sistema de alcantarillado público. Adicionalmente es importante recalcar que la industria realiza dos descargas independientes al suelo, una de ellas (EFG) sin tratamiento alguno.

Se comprueba la acidez y el alto grado de contaminación que estas aguas representan y se observan que tienen un índice de biodegradabilidad superior a 0,5 lo que indica que puede ser tratado por vía biológica, requerida para llevar a cabo el procesos (Castillo, 2020).

Evidentemente este vertido en los cuerpos de agua ocasiona un aumento en la contaminación orgánica, un incremento en la concentración de materia suspendida, más turbidez, drásticas disminuciones del pH, malos olores y pérdida de la calidad visual, lo que imposibilita el aprovechamiento del vital líquido para consumo humano o uso industrial, así como el desarrollo de la comunidad acuática (Guardia, 2012).

Asimismo, existen diversos compuestos que actúan de forma letal sobre los microorganismos que participan en la digestión anaerobia, ocasionando inhibición del proceso. Entre ellos se encuentran los metales pesados, fenoles, tiosulfatos, tiocianatos, cianuros, agentes oxidantes fuertes como cromatos y cloro, tensoactivos aniónicos, antibióticos, pesticidas y sales. Su toxicidad dependerá de la concentración en que estos se encuentran en el efluente (Lorenzo y Obaya, 2005).

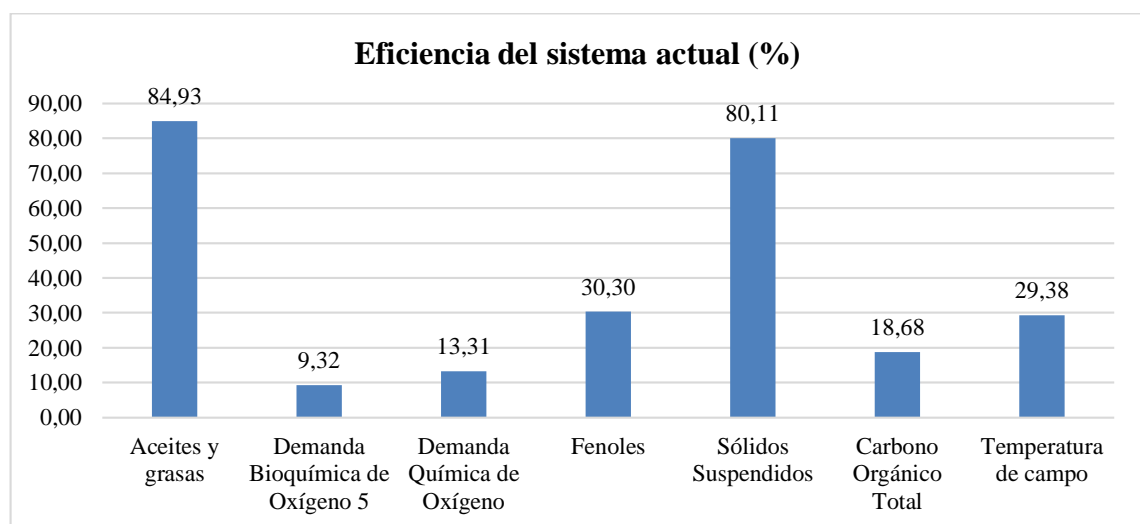


Figura 2. Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales actual.
Elaborado por: Verónica Moreno, 2020.

De los resultados de la eficiencia de eliminación de los parámetros evaluados al sistema de tratamiento que emplea la industria SIEXPAL S.A., se obtiene información crucial para realizar el rediseño de la PTAR. Considerando los datos obtenidos, es notorio el mal funcionamiento del procesamiento del agua residual. Parámetros como DBO5 y DQO que reflejan claramente el grado de contaminación que estos residuales poseen, solo pueden ser removidos en valores inferiores al 14%, demostrando de esta manera, que la implementación de un rediseño del sistema actual es fundamental, para descargar el agua residual en condiciones amigable con el medio ambiente y en cumplimiento de la normativa ambiental.

El proceso es efectivo únicamente en la remoción de aceites y grasas y sólidos suspendidos con un porcentaje de eliminación de 84,93% y 80,11% respectivamente. Estos valores de remoción son cercanos a los reportados por Chamorro y Orellana (2016) en la que indica una eficiencia de remoción en aceites y grasas del 99,16% y sólidos suspendidos totales del 92,99%. Sin embargo, la diferencia es muy significativa cuando se compara con los valores de contaminantes orgánicos expresados como DBO5 (94,71%) y DQO (94,14%).

4.2.2 Caracterización del agua empleada en el proceso

Tabla 12. Caracterización del agua de pozo de la extractora.

Parámetro	Límites Máximos Permisibles Tabla 1 del AM 097-A	Unidades	Pozo
Aceites y grasas	0,3	mg/L	0,59±0,10
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	<2	mg/L	<1±0,00
Demanda Química de Oxígeno	<4	mg/L	<2,52±<1,15
Índice de Biodegradabilidad	-	-	<0,40±<0,14
Fenoles	-	mg/L	0,02±0,00
pH	6-9	unid pH	6,73±0,05
Temperatura de campo	-	°C	24±0,00

Fuente: Informe de Resultados de laboratorio, 2020.

Elaborado por: Verónica Moreno, 2020.

El incumplimiento del contenido de aceite y grasas en el agua de pozo refleja claramente la contaminación que sufre el suelo y el subsuelo por la infiltración de este residual después de la descarga. Se realizó la valoración de este pozo debido a que el agua proveniente del mismo se utiliza como insumo en el proceso productivo de extracción de aceite de palmiste, con la finalidad de evaluar la calidad y la influencia de estos vertidos.

4.2.3 Homogenización de los diferentes efluentes

Tabla 13. Caracterización de la mezcla 1 ETG y EFG.

Parámetro	Limites Máximos Permisibles Tabla 8 del AM 097-A	Unidades	ETG	EFG	Mezcla 1 ETG y EFG
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	250	mg/L	6279,46	2239,13	2860,65
Demanda Química de Oxígeno	500	mg/L	10749,59	3849,45	4310
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,58	0,58	0,66
pH	6-9	unid pH	5,03	6,15	5,7
Sólidos Suspendidos	220	mg/L	4083,66	1389,24	1900

Fuente: Informe de Resultados de laboratorio, 2020.

Elaborado por: Verónica Moreno, 2020.

Para realizar el rediseño de la PTAR se aplicó una mezcla de las dos corrientes de salida (EFG y ETG), de tal forma que se simuló un equalizador con agitación discontinua para mantener una concentración constante de la carga orgánica volumétrica, debido que, a la variabilidad en los parámetros estudiados, puede ocasionar el colapso del sistema biológico. El resultado de la caracterización de esta nueva corriente de tratamiento expresa el efecto positivo de la combinación de ambos residuales; generando una dilución importante, ocasionado la disminución de la concentración del residual, cuyo factor fue de 2,4 (Harris, 2001), obteniéndose una reducción de la DQO del 59,90% y 53,47% de remoción de sólidos suspendidos volátiles.

4.3 PROCESOS Y OPERACIONES UNITARIAS DE INGENIERÍA PARA TRATAR EL AGUA RESIDUAL GENERADA EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMISTE DE LA INDUSTRIA SIEXPAL S.A. Y CUMPLIR CON LOS LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO ESTABLECIDOS EN EL ACUERDO MINISTERIAL 097-A.

4.3.1 Procesos y operaciones unitarias evaluados a nivel de laboratorio

4.3.1.1 Prueba caso 1

Durante la primera corrida de pruebas.

Tabla 14. Caracterización de la mezcla del ETG y EFG.

Parámetro	Limites Máximos Permisibles Tabla 8 del AM 097-A	Unidades	Mezcla 1 ETG y EFG	Agua Neutralizada Na(OH)	Posterior a la Coagulación-Floculación	Reactor Biológico Aerobio 1
Color	-	Unidades de platino-cobalto	18300	17200	3760	22433,13
Turbiedad	-	NTU	2100	1370	198	2574,43
pH	6-9	unid pH	5,7	7,20	6,60	6,80
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	250	mg/L	2869,65	2658,90	2063,36	1501,26
Demanda Química de Oxígeno	500	mg/L	4310	3906,50	3306,60	2898,85
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,67	0,68	0,62	0,52
Sólidos Suspendidos	220	mg/L	1900	1250	161	150
Hierro Total	25	mg/L	47	40	4,40	24,66

Fuente: Informe de Resultados de laboratorio, 2020.

Elaborado por: Verónica Moreno, 2020.

Tabla 15. Porcentaje de remoción y eficiencia de los procesos y operaciones unitarias de la prueba del caso 1.

Parámetro	Muestra Neutralizada Na(OH) %	Posterior a la Coagulación-Floculación %	Reactor Biológico Aerobio 1 %	Remoción Total %
Color	6,01	78,14	-496,63	18,42*
Turbiedad	34,76	85,55	-1200,22	18,43*
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	7,34	22,40	27,24	47,68

Demanda Química de Oxígeno	9,36	15,36	12,33	32,74
Sólidos Suspendidos	34,21	87,12	6,83	92,11
Hierro Total	14,89	89,00	-460,50	47,53

Nota: Los porcentajes que se encuentran con * representan el porcentaje de incremento del parámetro analizado.

Fuente: Informe de Resultados de laboratorio, 2020.

Elaborado por: Verónica Moreno, 2020.

La disposición del agua residual no tratada a los efluentes naturales implica la corrupción de la materia orgánica presente, ocasionado problemas que generan un impacto ambiental negativo difícil de recuperar, emanación de malos olores, crecimiento de microorganismos patógenos, desarrollos de plantas acuáticas y algas, por aceleración del proceso de eutrofización de lagos y ríos (Torres, 1995). Por tanto, es imperante la evaluación de los procesos de tratamientos del residual, en este sentido la primera corrida de pruebas establecida para cumplimentar este objetivo, constó de una serie de operaciones unitarias para logra obtener tal fin; es así que se empleó: homogenización de efluentes (mezcla), neutralización, coagulación – floculación y finalmente digestión biológica aerobia. El sistema de tratamiento aplicado no produjo una disminución importante de la carga orgánica contaminante, apenas un 32,74% de la DQO y 47,68% de la DBO5 (tabla 15).

Se efectuó una neutralización con hidróxido de sodio 1,54 N hasta ajustar el pH de ácido a neutro, pero al evaluar las causas que promovieron el bajo rendimiento del tratamiento aplicado, se pudo constatar que el alto contenido de hierro y de fenoles inhibían el proceso biológico, impidiendo la degradación de la materia orgánica, además de las altas concentraciones de hierro contenido en el agua residual (47 mg/L), resultando ser un factor influyente en el aumento del color del agua, el cual cambió de 18300 a 22433,13 unidades de platino-cobalto (18,42% de incremento) debido a la oxidación y precipitación del Fe^{+2} a Fe^{+3} , estimulado por la aireación continua en el reactor aerobio, lo cual es evidente al registrar incrementos del valor de hierro total de 4,40 mg/L después de la coagulación – floculación a 24,66 mg/L en el reactor biológico aerobio, esta reacción por ende incidió en el parámetro de turbidez, que experimentó un acrecentamiento de 18,43% en lugar de disminuir.

Una vez comprobado el deficiente sistema de tratamiento con que cuenta la planta actualmente reportando apenas un porcentaje de remoción de DQO de 13,31%. Se realizó a partir de la nueva muestra compuesta de ambos efluentes (ETG y EFG) el rediseño del proceso, considerando primero la remoción de parámetros que inhiben los procesos biológicos como los altos contenidos de hierro y fenoles (Lorenzo y Obaya, 2005), los cuales se cuantificaron en cantidades relevantes en el residual líquido de estudio.

4.3.1.2 Prueba caso 2

Durante la segunda corrida de pruebas.

Tabla 16. Caracterización de la mezcla del ETG y EFG.

Parámetro	Límites Máximos Permisibles Tabla 8 del AM 097-A	Unidades	Mezcla 2 ETG y EFG	Muestra Oxidada H ₂ O ₂	Muestra Oxidada H ₂ O ₂ y Neutralizada RpH	Posterior a la Coagulación-Floculación	Reactor Biológico Aerobio 2
Aceites y grasas	70	mg/L	107,17±4,60	-	-	-	15,05±3,21
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	250	mg/L	2597,96±51,50	1565,64±57,01	1308,20±22,50	702,61±39,02	159,18±8,50
Demanda Química de Oxígeno	500	mg/L	4298,82±100	2750±0	2210,49±34	1169,41±30,01	287,27±7,51
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,60	0,57	0,59	0,60	0,55
Fenoles	0,2	mg/L	0,629±0,01	0,22±0,01	0,16±0,01	0,10±0,01	0,06±0,01
pH	6-9	unid pH	5,46±0,21	4,33±0,15	7,13±0,06	6,93±0,06	-
Hierro Total	25	mg/L	46,49±0,50	13,28±0,40	-	-	-
Coliformes Fecales	-	NMP/100 mL	540,000±0	-	-	-	18,20±0

Fuente: Informe de Resultados de laboratorio, 2020.

Elaborado por: Verónica Moreno, 2020.

En la segunda propuesta de tratamiento se desarrolló una alternativa eficaz para la eliminación de materia orgánica de efluentes residuales y remoción de hierro y fenoles; estos últimos parámetros recalcitrantes, mediante la aplicación de procesos y operaciones unitarias, en este sentido se incrementó un reactor para la oxidación de los fenoles y la precipitación de hierro en presencia de agua oxigenada (reacción Fenton), neutralización a partir del reactivo ajustador de pH con bajo contenido de hierro, pruebas de tratabilidad, decantación y finalmente digestión biológica aerobia.

4.3.1.2.1 Remoción de hierro y fenoles

Se hicieron varias pruebas con el objetivo de remover hierro, fenol y otros compuestos oxidables, entre ellos se determinó analítica y experimentalmente las dosis adecuadas, a través de la estequiometría de las reacciones empleadas por Moreno, Sarria, Polo y Giraldo (2007), que utilizó la reacción fento para la degradación catalítica del fenol. El alto contenido de hierro obtenido de la caracterización de la mezcla de los efluentes de 47mg/L (provenientes del fruto de la palma durante la extracción del aceite) fue conveniente para que se produzca la reacción Fento en presencia del H₂O₂ añadido (Domènech, Jardim y Litter, 2014).

De esta manera se logró reducir al mismo tiempo ambos parámetros en esta primera unidad del tratamiento, sin la necesidad de añadir hierro, el cual actúa como catalizador en el POA. Así mismo cabe indicar que la oxidación del hierro necesita condiciones de pH alcalino de 7,8 en adelante, siendo el ideal 8,2, el cual es distinto al pH de 4,80 obtenido por la adición del H₂O₂ al agua residual. El pH de la mezcla inicial fue de 5,46 muy por encima de 4 como límite máximo de pH, tal cual como lo menciona Castells (2012), quien asegura que “otro de los factores limitantes de la reacción fento, es el pH del medio del reactor. El pH óptimo de la reacción ha de estar comprendido entre 2 y 4. Un incremento del pH (por encima de 4) disminuye la solubilidad de los iones férricos, convertidos a partir de los iones ferrosos, que precipitan como un complejo oxihidróxido amorfo (FE₂O₃.nH₂O), minimizando la formación de radicales hidróperóxidos” (p113).

Sin embargo, la eliminación de los compuestos fenólicos es relevante, lo cual fue un factor definitivo en el resultado obtenido durante el POA en términos de reducción del fenol, que fue de 64,93%. Este valor se puede corroborar por la disminución de DQO en

un 36,03% y 39,74% de la DBO5 durante la operación indicada. A través de estos parámetros se demuestra claramente que el fenol es reducido eficientemente a compuestos más simples como CO₂ y H₂O y no fueron desdoblados a otros compuestos intermediarios diferentes a los fenoles, que podrían incidir en el incremento de la DQO, por el contrario, el presente trabajo reporta la caída del mismo, evidenciado la eficiencia del proceso aplicado.

Estudios realizados por Domènech, Jardim y Litter (2014) corroboran el efecto de la disminución de la carga contaminante, al aplicar Fento, los autores indican que esta operación es muy poderosa para destruir contaminantes, ya que es muy efectiva para la generación de HO•, pero un exceso de iones Fe⁺² puede atraparlos, al igual que los halógenos, el mismo H₂O₂ o el radical perhidroxilo.

Por otra parte, Chamorro, Marco & Esplugas (2001) indican que se han realizados pruebas para comprobar la degradación de distintos compuestos orgánicos tales como: ácido fórmico, fenol, 4-clorofenol, 2,4-diclorofenol y nitrobenceno en solución acuosa. En este sentido se confirmó que el coeficiente estequiométrico idóneo para la reacción Fento era de 0,5 mol de compuesto orgánico/mol de H₂O₂, con excepción del ácido fórmico donde se obtuvo un valor de aproximadamente uno (debido a la formación directa de CO₂) y reconoce que este procedimiento elimina las sustancias deletéreas y acrecienta la biodegradabilidad del agua tratada (medida como la relación DBO5/DQO). La biodegradabilidad más positiva se alcanza cuando se elimina el compuesto inicial, el obtenido en esta operación fue de 0,57.

En los posteriores procesos se continúa removiendo los fenoles de tal forma que se logra degradar un 27,90% después de la neutralización, 35,40% mediante las pruebas de jarra por medio del PAC y polímero, ambos reactivos promueven la degradación de estos compuestos y finalmente un 45,59% fue degradado por los microorganismos eficientes inoculados al reactor, dando un total de remoción del 91,10% de fenoles; en paralelo a la eliminación de la DQO y DBO5. Así mismo el hierro al actuar como catalizador en la reacción Fento se oxidó y precipitó hasta lograr una remoción después de la decantación del agua en un 71,44%. Ambos valores después del proceso biológico se reportaron dentro

de la normativa ambiental de descarga al alcantarillado, cumpliendo de esta manera el propósito de la investigación.

4.3.1.2.2 *Remoción de aceites y grasas*

El contenido de aceites y grasas en la mezcla de efluentes se valoró inicialmente en $107,17 \pm 4,60$. Este parámetro no fue controlado en los procesos anteriores al del reactor biológico aerobio, mismo que fue inoculado con microorganismos eficientes en tres diferentes tiempos, alcanzando una máxima concentración en el reactor del 14% en un tiempo de retención hidráulica (RTH) de 7 días, en el que se logró remover el contenido de aceites y grasas en un 85,95%. Se atribuye esta considerable degradación de los compuestos lipídicos a la aplicación del cultivo biológico, que pueden tomar las grasas presentes en el residuo, las metaboliza y permita aprovechar los nutrientes, minerales, carbohidratos y proteínas (Otálora, Peña, Martínez y Varela, 2000). Se cumple con la normativa ambiental que señala como límite máximo permisible 70 mg/L, el de la muestra final fue de $15,05 \pm 3,21$.

4.3.1.2.3 *Remoción de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno*

En la tabla 17 que muestra la eficiencia de los procesos y operaciones unitarias de la prueba del caso 2, nos indica claramente el continuo descenso de la eliminación de la DBO5 y DQO a medida que se van aplicando los tratamientos, siendo así que se alcanza una reducción total del sistema del 93,87% y 93,32% respectivamente.

Según Rodríguez, Torregroza, Mejía, Artencia y Villero (2019) quien evaluó la eficiencia del PAC en la remoción de contaminantes de DQO, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, obtuvo un porcentaje de remoción de 75,79%, 86,21% y 98,8% respectivamente, mediante los procesos de coagulación y floculación de residuales proveniente de una planta de aceite de palma. La dosis óptima empleada por los autores para obtener estos resultados fue de 3963mg/L de PAC. Dosis elevada en comparación con la aplicada en la mejor jarra de los ensayos realizados en esta investigación, de 500 mg/L, esto justifica la baja remoción del 47,10% la DQO obtenida en las pruebas de tratabilidad. Es conveniente acotar que el valor obtenido finalmente después de este proceso fue suficiente para disminuir la DQO y la DBO5 y cumplir con la normativa de descarga al sistema de

alcantarillado público, evitando incurrir en más gastos de operación innecesarios con la aplicación de dosis más altas que logren mejorar la eficiencia de la eliminación.

Se observa una eficiencia moderada en la remoción de estos parámetros en el reactor biológico, del 77,34% en la DBO5 y 75,43% en la DQO. Esos valores son superiores a los conseguidos por Ome (2017) que logró una remoción promedio de 21,5% de BDO5 y 13% de DQO del agua residual de una extractora de aceite de palma, para lo cual utilizó una población bacteriana nativa de las trampas de grasas de la misma industria.

Se debe estudiar la aplicación de otra cepa de microorganismos eficientes que logre degradar un mayor porcentaje de la materia orgánica o en su defecto, aplicar concentraciones más altas de estos microorganismos, que permitan una biodegradabilidad más efectiva del sustrato. A pesar de lo mencionado se alcanza el cumplimiento de la normativa en estos parámetros para la descarga al alcantarillado público.

En cuanto al contenido de los coliformes fecales caracterizados en la mezcla del agua residual fue de 540 NMP/100 mL, dicho contenido fue desinfectado por la aplicación de H₂O₂ en el POA, el cual decreció a 18,20 NMP/100 mL. Aguilar y Durán (2011) manifiestan que el oxígeno formado durante la descomposición catalítica del agua oxigenada actúa como desinfectante, es decir, oxida y mata a los microorganismos.

Tabla 17. Eficiencia de los procesos y operaciones unitarias de la prueba del caso 2.

Parámetro	Muestra Oxidada H2O2 %	Muestra Oxidada H2O2 y Neutralizada RpH %	Posterior a la Coagulación-Floculación %	Reactor Biológico Aerobio 2 %	Eficiencia Total %
Aceites y grasas	-	-	-	-	85,95
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	39,74	16,44	46,29	77,34	93,87
Demanda Química de Oxígeno	36,03	19,62	47,10	75,43	93,32
Fenoles	64,93	27,90	35,40	45,59	91,10
Hierro Total	71,44	-	-	-	-

Coliformes Fecales	-	-	-	-	96,63
--------------------	---	---	---	---	-------

Fuente: Informe de Resultados de laboratorio, 2020.

Elaborado por: Verónica Moreno, 2020.

4.3.2 Determinación de los procesos y operaciones unitarias de ingeniería más efectivos para tratar el agua residual del proceso de extracción de aceite de palmiste

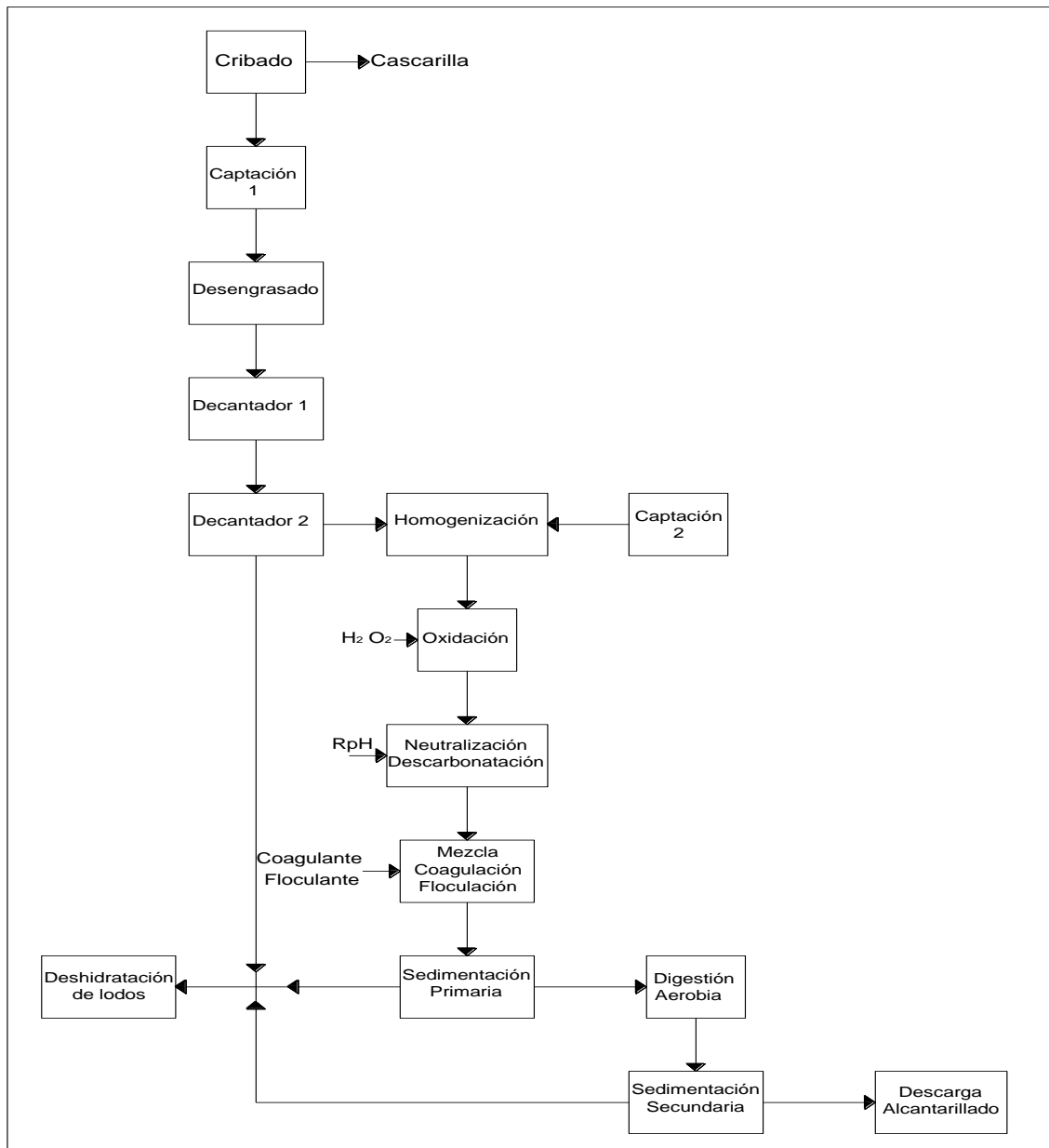


Figura 3. Diagrama de bloque para la reingeniería del sistema de tratamiento de aguas residuales de SIEXPAL S.A.

Elaborado por: Verónica Moreno, 2020.

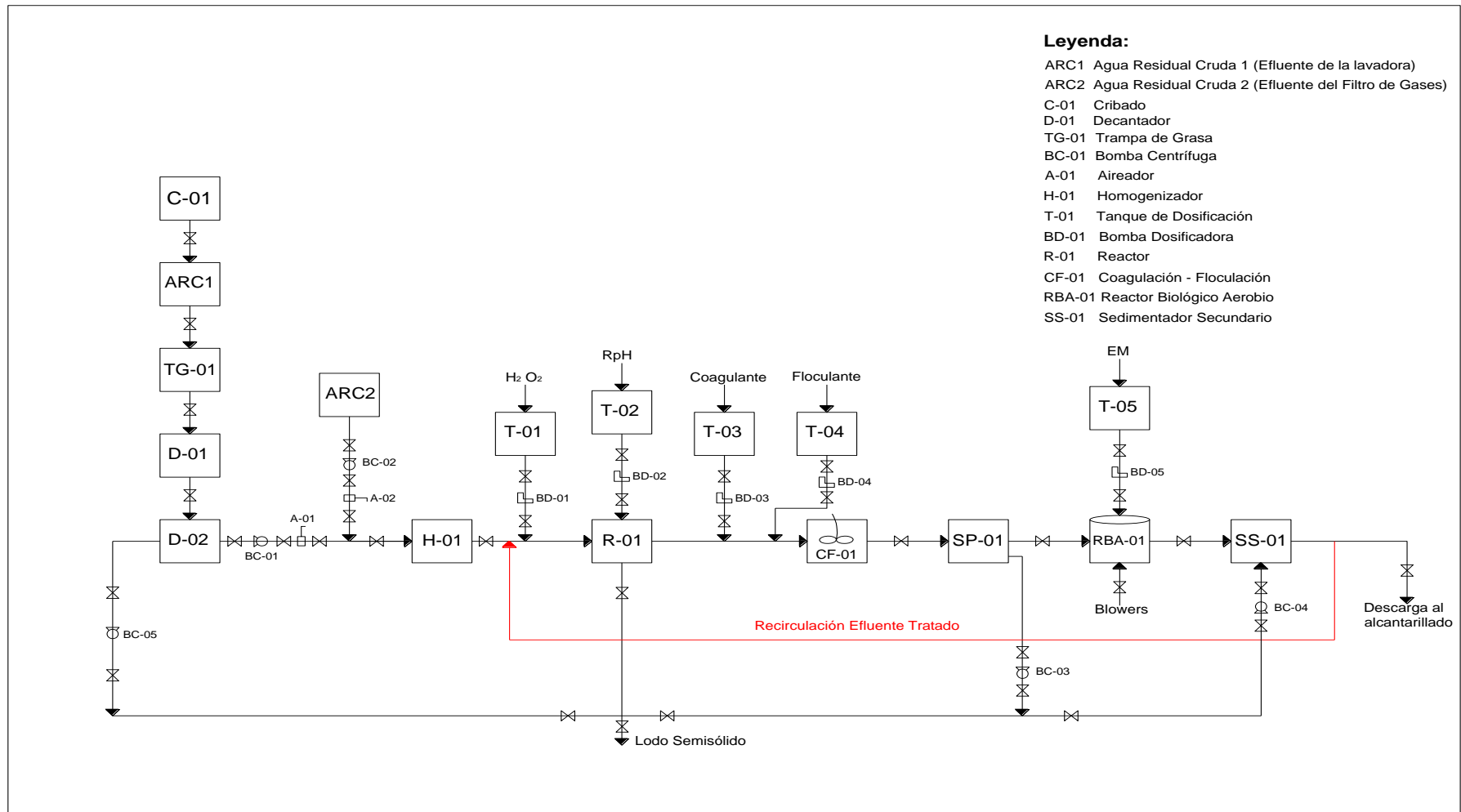


Figura 4. Diagrama de proceso para la reingeniería del sistema de tratamiento de aguas residuales de SIEXPAL S.A.
Elaborado por: Verónica Moreno, 2020.

El rediseño de tratamiento de aguas residuales propuesto en el diagrama de bloques fue elaborado en función de las eficiencias obtenidas en las pruebas experimentales declaradas anteriormente. Es así que se incluyen al diseño actual de la planta unidades de procesos que corresponden a la implementación de un sistema de homogenización, para combinar los efluentes residuales del EFG y ETG que actualmente se descargan por separado, esta mezcla favorece la dilución de la carga contaminante del residual proveniente de la trampa de grasa. La incorporación de un reactor para oxidar los compuestos fenólicos y precipitar hierro, al mismo tiempo que disminuye la carga orgánica contaminante. Posteriormente se emplea otra unidad de reacción para neutralizar el pH del agua residual. La aplicación de tratamiento químico mediante coagulación - floculación utilizando PAC y polímeros y finalmente la adición de un reactor biológico aerobio. Cabe recalcar que el sistema actual adolece de suficientes operaciones unitarias para lograr el cometido de depurar el residual.

En el diagrama de planta se puede apreciar todo el sistema de bombas de tanques sedimentadores, reactores, válvulas, conectores y dosificadores, además de incluir una recirculación parcial no mayor al 10% del agua tratada, con el fin de diluir la concentración del agua residual inicial bruta y, por consiguiente, minimizar costos de operación, eliminando contaminantes como fenoles, hierro, DQO, DBO5 y neutralizar el pH. Cumpliendo de esta manera con el propósito de descargar un efluente acorde a la normativa de control.

De la literatura consultada, las plantas extractoras de aceite crudo de palma y de palmiste no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales eficiente que logre eliminar o disminuir el impacto ambiental negativo generado por el residuo. Es importante mencionar que las extractoras no consideran dentro de su presupuesto un rubro destinado a la gestión de los mismos, sino que lo ven como algo innecesario y poco importante, deslindándose de la responsabilidad social y ambiental por la ejecución de la actividad. El Ecuador cuenta con cuerpos legales que regulan y controlan el manejo y disposición de los residuos y también se establecen sanciones administrativas y penales dependiendo del daño que se ocasione en el ambiente. El cambio de visión de los mandos altos de las extractoras repercutiría significativamente en el entorno, así como la concepción

paulatina de la economía circular en el sector industrial al integrar los aspectos económicos, sociales y ambientales, como ejes empresariales fundamentales que le brindarían un valor agregado al producto final.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

“El agua es la fuerza motriz de
toda la naturaleza”

Leonardo da Vinci

5.1.CONCLUSIONES

- Se identificaron dos puntos críticos dentro del proceso, el primero en la palmistería durante el lavado de la nuez y el segundo en el secado de las almendras mediante la operación del filtro de gases.
- Se comprobó el alto grado de contaminación que estas aguas residuales poseen, evidenciándose dos descargas independientes, la primera proveniente del efluente de la trampa de grasa que contiene valores en términos de DBO que oscilan entre 5500-7000 mg/L, DQO de 10000 – 10500 mg/L. Y la segunda del efluente de filtro de gases con una DBO de 2000 - 2500 mg/L, y la DQO 3500 - 4000mg/L. La mezcla evaluada para el rediseño del proceso actual reportó valores de DBO de 2500 - 3000 mg/L y la DQO de 4000 - 4500 mg/L.
- El contenido de aceites y grasas promedio del afluente de la trampa de grasas fue de 904,46 mg/L, lo cual dificulta el proceso biológico.
- Se implementaron operaciones unitarias al sistema actual tales como homogenización, procesos de oxidación avanzada (POA), neutralización, coagulación - floculación y digestión biológica aerobia. Con la finalidad de cumplimentar la normativa ambiental.

5.2.RECOMENDACIONES

- Evaluar la cinética del POA para establecer el tiempo óptimo del reactor.
- Realizar diferentes pruebas de tratabilidad con coagulantes naturales como la *Moringa Oleífera* que produce lodos amigables con el medio ambiente.
- Ajustar las dosis y concentraciones de los microorganismos eficientes (EM), que generen una mayor degradación de la materia orgánica oxidable presente en el agua residual.
- Considerar la valoración económica en posteriores estudios del rediseño del proceso recomendado para mejorar la eficiencia del tratamiento actual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuerdo Ministerial 061 del Ministerio de Ambiente. Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria. Publicado en la Edición Especial del Registro Oficial 316 del 4 de mayo de 2015.
- Acuerdo Ministerial 097-A del Ministerio de Ambiente. Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria. Publicado en el Registro Oficial -- Edición Especial N° 387 del 4 de noviembre de 2015.
- Aguilar, M., y Durán, C. (2011). Química recreativa con agua oxigenada. Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 8(Extraordinario), 446-453.
- Aznar, A. (27 de Marzo de 2019). *Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas*. Obtenido de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
- Azniidris y Aukay, S. (1995). Manejo de efluentes de las plantas extractoras de aceite de palma - proceso de la más avanzada tecnología. *Palma*, 16(Especial), 171-177.
- Bermeo, M. (02 de Octubre de 2020). *Users*. Obtenido de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/COMPLETO_neutralizacion-mod%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/COMPLETO_neutralizacion-mod%20(1).pdf)
- Bes, S., Silva, A., & Bengoa, C. (27 de Septiembre de 2020). Obtenido de http://www.cyted.org/sites/default/files/manual_sobre_oxidaciones_avanzadas_0.pd
- Bolaños, M. (2015). Evaluación del potencial del efluente de palma (POME) como medio de cultivo de la microalga de alto valor lipídico, *Chlorella vulgaris*, en su aplicación como fuente de biodiesel. (Tesis de pregrado). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- Bonomie, M. y Reyes, M. (2012). Estrategia ambiental en el manejo de efluentes en la extracción de aceite de palma. *Redalyc*, 14(3), 323-332.
- Buelta, A., & Martínez, R. (27 de Marzo de 2019). *Guía básica de control de calidad de agua*. Obtenido de <https://www.ongawa.org/wp-content/uploads/2015/09/Agua-CAS-revisar2.pdf>
- Calderón, C. y Orellana, V. (2015). Control de calidad del agua potable que se distribuye en los campus: Central, Hospitalidad, Balzay, Paraíso, Yanuncay y las granjas de Irquis y Romeral pertenecientes a la Universidad de Cuenca. (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Campos, I. (2003). Saneamiento Ambiental. San José: EUNED.

- Canal de Panamá. (28 de Marzo de 2019). *Ambiente, Agua y Energía*. Obtenido de <https://micanaldepanama.com/wp-content/uploads/2012/06/2010.pdf>
- Cárdenas, Y. (30 de Septiembre de 2020). *Sedapal*. Obtenido de https://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154
- Castells, X. (2012). *Tecnologías aplicables al tratamiento de residuos*. Madrid: Diaz de Santos.
- Castillo, G. (21 de Febrero de 2020). Operatividad de la extractora SIEXPAL S.A. (V. Moreno, Entrevistador)
- Cenipalma. (01 de Octubre de 2020). Palma de aceite. Obtenido de <http://www.palmadeaceite.org/sites/default/files/Gu%C3%ADa%20aceite%20de%20palma%20y%20aplicaciones.pdf>
- Chamorro, E. y Orellana, G. (2016). Análisis de eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales de la extractora de aceite de palma la Sexta S.A. y propuesta de rediseño de las lagunas facultativas. (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Chamorro, E., Marco, A., & Esplugas, S. (2001). Use of fenton reagent to improve organic chemical biodegradability. *PERGAMON*. 35(4), 1047-1051.
- Código Orgánico del Ambiente. Publicado en el Registro Oficial No. 983 – Suplemento del 12 de abril de 2017).
- Código Orgánico Integral Penal. Publicado en el Suplemento del Registro Oficial 180 del 10 de febrero de 2014.
- Constitución Política de la República del Ecuador. Publicada en el Registro Oficial 449 del 20 de octubre de 2008, Última modificación 21 de diciembre 2015.
- Corcoran, E., Nellemann, C., Baker, E., Bos, R., Osborn, D., & Savelli, H. (2019, Junio 25). *Sick water?* Retrieved from https://www.susana.org/_resources/documents/default/3-2236-22-1428912362.pdf
- Cortés, C., Cayón, D., Aguirre, V., y Chaves, B. (2006). Respuesta de palmas de vivero a la aplicación de residuos de la planta extractora. *Palmas*, 27(3), 23-32.
- Cortés, S. (2015). Fitoremediación de aguas residuales de la extractora de aceites de palma africana. Ecuador.

- Cuesta, H. (2019). Procesos avanzados de oxidación aplicados al tratamiento de las aguas residuales de la industria petroquímica: Fenton y foto – Fenton. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, Bogotá, Colombia.
- De La Cruz, R. (06 de junio de 2019). *Evaluación fisicoquímica de las aguas residuales industriales tratadas en el sistema de lagunas de oxidación de la empresa oleaginosas del Perú S. A.* Obtenido de Unas: https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/EVALUACION%20FISICOQUIMICA%20DE%20LAS%20AGUAS%20RESIDUALES%20INDUSTRIALES%20TRATADAS%20EN%20EL%20SISTEMA%20DE%20LAGUNAS%20DE%20OXIDACION%20DE%20LA%20EMPRESA%20
- Déniz, F. (01 de Octubre de 2020). *Accedacris*. Obtenido de https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/4858/3/0622200_00000_0000.pdf
- Domènech, X., Jardim, W., y Litter, M. (2014). Procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes. ResearchGate. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/237764122>
- Duque, G. (2014). Aprovechamiento de los gases de combustión de caldero en la neutralización de aguas residuales alcalinas. (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Eaton, A., American Public Health Association, American Water Works Association & Water Environment Federation. (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. New York, United States. APHA-AWWA-WEF. 21 ed.
- Fakir, K., Yaakob, Z., Ali, E. A., Abdullah, S., & Takriff, M. (25 de Junio de 2019). *Jordan International Energy Conference*. Obtenido de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/32778812/An_Overview_of_Microalgae_as_a_Wastewater_Treatment.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DAn_Overview_of_Microalgae_as_a_Wastewater.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Creden
- FAO. (28 de Marzo de 2019). *Agua*. Obtenido de <http://www.fao.org/land-water/water/es/>
- FAO. (28 de Marzo de 2019). *Insignia del agua*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/i3225s/i3225s.pdf>
- García, J. (1993). Estado actual del manejo de efluentes en Colombia. Palmas, 14(Número especial), 141-148.

- Grundfos. (01 de Octubre de 2020). *Grundfos*. Obtenido de <https://co.grundfos.com/service-support/encyclopedia-search/suspended-solids.html>
- Guardia, Y. (2012). Estudio de la digestión anaerobia en dos fases para el tratamiento de las aguas residuales de despulpe del beneficiado húmedo del café. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Guarquilla, M. (2013). Tratamiento de efluentes industriales mediante procesos avanzados de oxidación-sector textil. (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Guerrero, M. (2012). *El agua*. Mexico: Fondo de Cultura Económica.
- Guzmán, J. (2012). Efecto de cinco dosis de hidróxido de calcio en el tratamiento de aguas residuales del beneficiado húmedo del café, en Cooperativa Loma Linda, El Palmar, Quetzaltenango, durante el periodo cafetalero 2006-2007. (Tesis de pregrado). Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
- HACH. (2000). Manual de Análisis de Agua HACH, Procedimientos fotométricos, de titulación y microbiológicos., Segunda edición (español) – HACH COMPANY, Loveland, Colorado, E.E.U.U.
- Harris, D. (2001). Análisis químico cuantitativo. Barcelona, España. Reverté S.A.
- INDITEX. (02 de Octubre de 2020). *Neutralización de pH*. Obtenido de <https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Neutralizaci%C3%B3n.pdf/e7996c1d-1265-54c0-07d8-c0a79ce2cd91>
- Jaremar, G. (27 de Marzo de 2019). *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para la Producción Sostenible de la Palma Aceitera por Pequeños Productores*. Obtenido de http://www.fhia.org.hn/downloads/pdfs_palma_aceitera/manual_buenas_practicas.pdf
- Jiménez, B. (2005). *Contaminación ambiental en México*. México: LIMUSA S.A.
- Lanuza, A. (2012). Formación de subproductos en procesos de oxidación avanzada aplicados en la regeneración de aguas de salida de depuradora. (Tesis de pregrado). Universidad de Zaragoza, España.
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, publicada en el Segundo Suplemento del Registro Oficial 305 del 6 de agosto de 2014.
- Ley Orgánica de Salud. Publicada en el Registro Oficial 423 del 22 de diciembre de 2006.

- López, S., & Martín, S. (2015). *UF1666: Depuración de aguas residuales*. España: ELEARNING S.L.
- Lorenzo, Y. y Obaya, M. (2005). La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I. ICIDCA. *Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 39(1), 35-48.
- MAE. (30 de Marzo de 2019). *MAE monitorea cumplimiento de normas ambientales de Extractora de aceite de palma en Los Ríos*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/mae-monitorea-cumplimiento-de-normas-ambientales-de-extractora-de-aceite-de-palma-en-los-rios>/Narváez, Estefanía. (2015). Estudio sobre la recirculación de agua de producción utilizada para la extracción del aceite crudo de palma (Tesis de pregrado). Universidad de San Francisco de Quito, Ecuador.
- Malacatus, P., Guerrero, B., y Llerena, G. (2017). Generación de efluentes en el proceso de extracción de aceite crudo de Palma en el Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 3(4), 459-469.
- MOPT. (27 de Marzo de 2019). *Aguas residuales*. Obtenido de http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/Aguas_residuales_MOPT.pdf
- Moreno, J., Sarria, V., Polo, A. y Giraldo, L. (2007). Evaluación del Peróxido de hidrogeno en la oxidación de fenol con hierro soportado sobre tela de carbón activado. *Información Tecnológica*, 18(2), 67-72.
- Morillo, G. (2012). Reingeniería del proceso de tratamiento de efluentes provenientes de decapado. (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Muñoz, F., y Paredes, A. (2014). Descontaminación de fenoles en el efluente de una refinería ecuatoriana, mediante el uso de ozono y combinaciones con peróxido de hidrógeno. *Escuela Politécnica Nacional*, 34(1), 1-6.
- Naciones Unidas. (20 de Junio de 2019). *Organización*. Obtenido de <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:1998. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.
- OEFA. (27 de Marzo de 2019). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Obtenido de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Ome, O. (2017). Bioestimulación de microorganismos como estrategia sustentable de pretratamiento para aguas residuales industriales del procesamiento de aceite de

palma: un estudio de caso en Bogotá D.C. (Tesis de maestría). Universidad Francisco José de Caldas. Colombia.

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.

Pérez, G., Gisbert, V. y Pérez, H. (2017). Procesos de reingeniería. 3C Empresas, Edición Especial, 81-91.

Proaño, F., Stuart, J., Chongo, B., & Flores, L. (30 de Marzo de 2019). *Evaluación de tres métodos de saponificación en dos tipos de grasas como protección ante la degradación ruminal bovina*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/html/1930/193036208007/>

PRTR. (01 de Octubre de 2020). *Carbono Orgánico Total (COT)(como C Total O DQO/3)*. Obtenido de <http://www.prtr-es.es/Carbono-organico-total-COTComo-C,15663,11,2007.html#:~:text=El%20Carbono%20Org%C3%A1nico%20Total%20es,su%20metabolismo%20excreci%C3%B3n%20y%20descomposici%C3%B3n>

Ramos, R., Sepúlveda, R., & Villalobos, F. (2003). *El agua en el medio ambiente. Muestreo y analisis*. México: Plaza y Valdés S.A.

Reglamento de Aplicación a la Ley de Aguas. Publicado en el Registro Oficial EE-1 del 20 de marzo de 2003.

Rigola, M. (1990). *Tratamiento de aguas residuales: Agua de procesos y residuales*. Barcelona: Marcombo.

Rodríguez, A., Letón, P., Rosal, R., Dorado, M., Villar, S. y Sanz, J. (30 de Septiembre de 2020). Obtenido de https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT2_Tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf

Rodriguez, Y., Torregroza, A., Mejía, F., Artencia, J., Villero, A. (2019). Eficiencia de la aplicación de policloruro de aluminio en post-tratamiento de aguas industriales en palma de aceite. *Temas Agrarios*. 24(2), pp 158-169.

Ruiz, E. (30 de Septiembre de 2020). *Silo*. Obtenido de <https://silo.tips/download/621-261762176-587256>

Sainz, J. (2005). *Tecnología para la sostenibilidad. Procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales*. España: EOI Medio Ambiente.

Secretaría de Economía. (01 de Octubre de 2020). *Proteccion al ambiente-Calidad del agua vocabulario - (Cancela a la NMX-AA-089/2-1992)*. Obtenido de

<http://legismex.mty.itesm.mx/normas/AA/proy0909/proy-nmx-aa-089-2-scfi-08.pdf>

- SIEXPAL. (2020). Segunda Auditoria Ambiental de Cumplimiento. Auditoria de conjunción. Santo Domingo, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.
- Single, A., & Bauder, J. (01 de Octubre de 2020). *Hierro o fierro total*. Obtenido de http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Iron%202012-11-15-SP.pdf
- TECHNOSERVE. (01 de Octubre de 2020). *Palma*. Obtenido de <https://palma.webcindario.com/manualpalma.pdf>
- Torres, G. (2014). Tratamiento de aguas residuales mediante la combinación de técnicas avanzadas de oxidación y biofiltros. (Tesis doctoral). Universidad de las Palmas de Gran Canaria, España.
- Torres, R. (1995). Procesos de bioaumentación en aguas residuales. *Palmas*. 16(3), 25-27.
- Universidad Tecnológica de Panamá. (01 de Octubre de 2020). *Procedimiento para la Medición de Hierro Total*. Obtenido de <https://www.utp.ac.pa/documentos/2011/pdf/PCUTP-CIHH-LSA-218-2006.pdf>
- Villamarín, R. (2015). Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales utilizando humedales artificiales para la extractora de aceite de palma Pexa del cantón La Concordia (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Weber, W. (1979). *Control de la calidad del agua. Procesos fisicoquímicos*. España: Reverté S.A.
- Zhen, Bi. (2009). Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de las microcuencas de la quebrada Victoria, Curubancé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007 – 2008. (Tesis de maestría). Universidad a Distancia, San José, Costa Rica.

ANEXOS

Anexo 1. Certificado del Urkund.

CERTIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD DEL URKUND

Eco. Carlos Zambrano, Ph.D

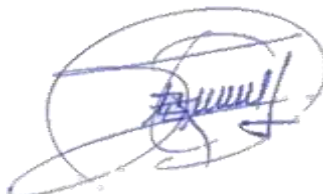
COORDINADOR DE LA MAESTRIA EN GESTION AMBIENTAL

Presente. -

Cordialmente informo a usted que según el análisis realizado en la plataforma **URKUND** al Proyecto de Investigación: **“SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL GENERADA POR LA INDUSTRIA SIEXPAL S.A. POR MÉTODOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS, AÑO 2019.”** perteneciente a la Ingeniera **VERÓNICA ISABEL MORENO CARRANZA**, presenta un 93% de originalidad y un 7% de similitud con otros trabajos publicados, tal como se da en la siguiente imagen:

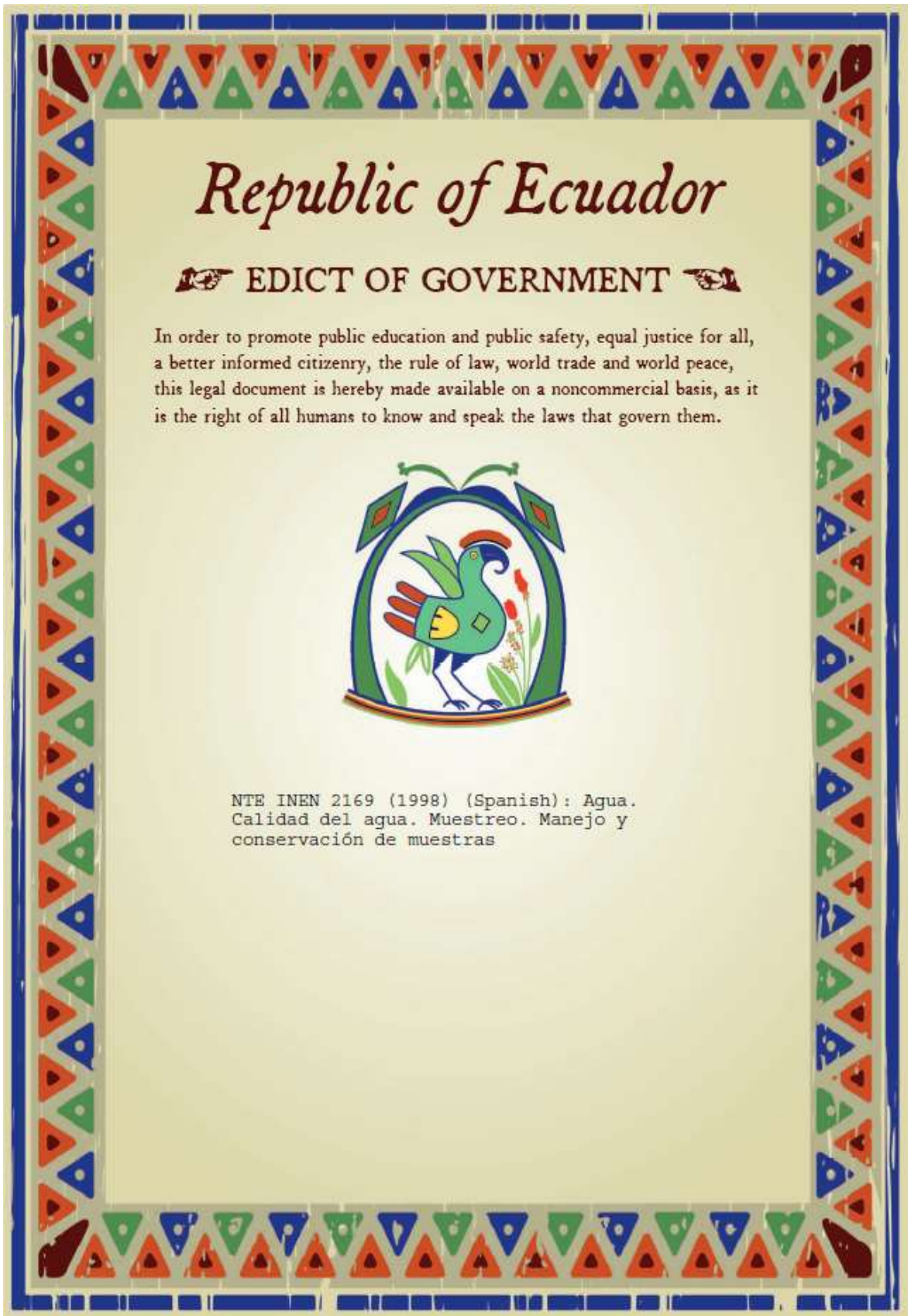


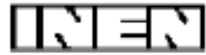
Atentamente;

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gregorio Vásquez Montúfar', enclosed within a blue circular scribble.

Dr. Gregorio Vásquez Montúfar

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN





INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 169:98

AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS.

Primera Edición

WATER. WATER QUALITY. SAMPLING. HANDLING AND MAINTENANCE OF SAMPLES.

First Edition

DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, muestras para el análisis, preservación, manejo, condiciones generales.
AL 01.06-202
CDU: 614.777.620.113
CIIU: 42.420.4200
ICS: 13.060.01

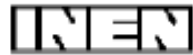
Republic of Ecuador

EDICT OF GOVERNMENT

In order to promote public education and public safety, equal justice for all, a better informed citizenry, the rule of law, world trade and world peace, this legal document is hereby made available on a noncommercial basis, as it is the right of all humans to know and speak the laws that govern them.



NTE INEN 2176 (1998) (Spanish): Agua.
Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de
muestreo



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 176:1998

AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO.

Primera Edición

WATER QUALITY. SAMPLING. GUIDANCE ON SAMPLING TECHNIQUES.

First Edition

DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, equipo de muestreo, condiciones generales.
AL 01.06-203
CDU: 614.777:620.113
CIIU: 42.420.4200
ICS: 13.060.01

Anexo 4. Determinación de pH y temperatura.

pH Y TEMPERATURA

Materiales y Equipos

- Multiparámetro Hach HQ40d y sondas
- Vasos de precipitación

Procedimiento

- El equipo multiparámetro está conformado por tres sondas, la primera determina temperatura y la segunda el pH.
- En la determinación de pH y temperatura se utilizaron las sondas correspondientes de cada parámetro de medición, para lo cual en primer lugar se procede a clarificar la sonda con agua destilada con el fin de encerar el equipo y posteriormente se realiza la lectura de los parámetros indicados.

Expresión de los resultados

Temperatura: °C y pH: sin unidad.

Anexo 5. Determinación de sólidos suspendidos totales.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

Materiales y Equipos

- Espectrofotómetro UV-Vis
- Beaker de 600 mL
- Cubetas de vidrio

Procedimiento

- Se tomaron 500 mL de la muestra y se homogenizó mediante agitación, para que los sólidos que se han asentado en el fondo del recipiente se suspendan en todo el volumen de la muestra. Esta actividad se realizó por dos minutos aproximadamente.
- Asimismo, se tomó una alícuota de 25 mL que fueron trasvasados a una cubeta de vidrio, para su posterior lectura.
- Como blanco se empleó 25 mL de agua destilada, que fue dispuesto en otra cubeta de vidrio, propia del equipo de medición.
- Para dar lectura se configuró el equipo empelando el código correspondiente del parámetro de medición (cód 690).
- Se manipularon cuidadosamente las cubetas de vidrio antes de proceder a la determinación del parámetro, además se limpiaron con gasa estéril las mismas con el fin de evitar interferencias de turbiedad durante la lectura.
- Durante la determinación del método, primero se enceró el equipo a través de la lectura del blanco y posteriormente se realizó la lectura de la muestra.

Expresión de los resultados

Los resultados fueron expresados en unidades de mg/L de Solidos Suspendidos
Totales.

Anexo 6. Determinación de color.

COLOR (VERDADERO)

Materiales y Equipos

- Espectrofotómetro UV-Vis
- Aparato de filtrado (Filtro de membrana, soporte del filtro, tubo del filtro y aspirador)
- Cubetas de vidrio

Sustancias y Reactivos

- Agua destilada o desionizada (Blanco)

Procedimiento

- Se realizó el montaje del equipo de medición conformado por el filtro de membrana, soporte del filtro, tubo del filtro y aspirador.
- Luego se procedió a enjuagar el aparato de filtrado vertiendo alrededor de 50 mL de agua desionizada a través del filtro, se desechó el agua del enjuague.
- Posteriormente se volvió a pasar por el filtro 50 mL de agua desionizada con el propósito de utilizar 25 mL como blanco para la lectura en el espectrofotómetro.
- Se filtraron 50 mL de la muestra y se recolectaron de 25 mL, que fueron vertidos a una cubeta de vidrio para proceder a realizar la medición del color.
- Se configuró el espectrofotómetro con el código correspondiente y se encendió el equipo a través de la lectura del blanco, posteriormente se realiza la medición de la muestra.

Expresión de los resultados

Los resultados fueron expresados en unidades de color ó mg/L de platino.

Anexo 7. Determinación de Carbono Orgánico Total.

CARBONO ORGÁNICO TOTAL

Materiales y Equipos

- Termorreactor HACH DRB 200
- Espectrofotómetro UV-Vis
- Matraz
- Pipeta
- Cubetas de vidrio o viales

Sustancias y Reactivos

- Solución Buffer pH 2.0
- Indicador Azul de Timol
- Agua destilada

Procedimiento

- Se programó el termorreactor a una temperatura de 103 o 105 °C durante dos horas, para efectuar la digestión de la muestra.
- En un matraz Erlenmeyer de 50 mL de capacidad, se agregaron 10 mL de la muestra.
- También se adicionaron 0.4 mL de solución Buffer pH 2.0. Se utilizaron tiras de papel de pH para estar seguro que el pH de la muestra era 2.

- Seguidamente se colocó el matraz en un Hot Plane y con una pastilla agitadora se empezó a mezclar la muestra a una velocidad moderada durante 10 minutos.
- Transcurrido ese tiempo, en dos cubetas de vidrios se agregaron 10 mL de la muestra y del blanco respectivamente.
- Con la ayuda de embudos se adicionaron en las cubetas los contenidos de un sobre por cada una del reactivo Persulfato COT (Carbono Orgánico Total)
- Luego con una pipeta se agregó 1 mL de agua libre de materia orgánica de la muestra preparada que se encontraba en la cubeta de vidrio y se agitó.
- De igual modo se agregó el contenido de las dos ampollas de indicador azul de timol en las cubetas que poseían el agua destilada y la muestra. Se realizó con sumo cuidado y no se introdujo en el vial, ya que podía ocasionar el derrame de la muestra, por ende, conllevaría a repetir el procedimiento.
- Se colocaron las cubetas de vidrio o vial de digestión acida en el Termorreactor durante dos horas a una temperatura de entre 103 a 105 °C.
- Después de esperar ese tiempo se retiran los viales con cuidado y se dejan enfriar a temperatura ambiente para posteriormente empezar con la lectura en el espectrofotómetro, primero con el blanco para encerar y por último la muestra.

Expresión de los resultados

Los resultados fueron expresados en unidades de mg/L de Carbono.

Anexo 8. Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO DBO5

Materiales y Equipos

- Incubadora
- BODTrak™ II
- Botellas Ámbar para DBO
- Agitadores magnéticos
- Probetas

Sustancias y Reactivos

- Agua destilada
- Solución tampón de nutriente de DBO
- Inhibidor de nitrificación

Procedimiento

- Se condicionó la muestra a una temperatura de 20°C.
- Debido a que el oxígeno requerido por la muestra es superior a 700 mg/L, se diluye la muestra con agua desionizada o agua destilada de alta calidad; por esta razón se realizó una dilución de la muestra con agua destilada en proporción 1:1.
- De la dilución preparada se midieron 95 mL en una probeta graduada.
- También se mezcló el contenido del sobre con solución tampón de nutrientes con la muestra, para posteriormente transferir la solución a la botella ámbar para DBO.
- Luego se ubicó una barra agitadora dentro de la botella con la muestra.

- Asimismo, se agregó el contenido de un sobre de hidróxido de potasio en el tapón hermético colocado en el cuello de la botella.
- A continuación, se ubicaron las botellas en el chasis del BODTrack II.
- De igual manera se conectaron y encendieron los respectivos equipos. Se colocó el instrumento en la incubadora, en donde la temperatura debe ser de $20 \pm 1^\circ$ por 5 días (DBO_5).
- Trascurridos los cinco días se determinó la DBO_5 y se obtuvieron los resultados.

Nota: Los resultados incluyen el factor de dilución adicional, es decir, se multiplicó la lectura del instrumento por 2.

$DBO = DBO$ (lectura del instrumento*2) x factor de dilución

Expresión de los resultados

Los resultados fueron expresados en unidades de mg/L de DBO_5 .

Anexo 9. Determinación de la Demanda Química de Oxígeno.

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO DQO

Materiales y Equipos

- Agitador Magnético Corning PC-420D
- Termoreactor HACH DRB 200
- Espectrofotómetro UV-Vis
- Tubos de ensayos
- Vaso de precipitación
- Pipetas de 5mL

Sustancias y Reactivos

- Viales con solución A+B

Procedimiento

- Se programó el termoreactor a una temperatura de 150°C y 120 minutos.
- Entre tanto se tomó una muestra representativa y se homogenizó mediante agitación continua por 30 segundos.
- Después se agregaron 0.2 mL de la muestra en un vial para digestión de DQO HR plus, sostenido en una posición angular de 45° .
- Inmediatamente se invirtió el tubo en reiteradas ocasiones.
- Luego se preparó un blanco con agua destilada siguiendo los dos pasos anteriores.
- A continuación, se ubicaron los dos tubos en el termoreactor y se dio inicio al proceso.
- Culminado el proceso de digestión, se dejaron enfriar los tubos hasta 120°C dentro del termoreactor, para posteriormente agitarlos.
- Seguidamente se colocaron los tubos en una gradilla para que se enfríen a temperatura ambiente.
- Posteriormente se configuró el espectrofotómetro con el código de la DQO HR plus (431).
- Por otra parte, se limpiaron los viales con gasa estéril.
- Finalmente se enceró el espectrofotómetro por medio del blanco.

Expresión de los resultados

Los resultados fueron expresados en unidades de mg/L de DQO.

Anexo 10. Determinación de fenoles.**FENOLES****Materiales y Equipos**

- Tubos de ensayos
- Pipetas
- Folin
- Centrífuga Eppendorf Centrifuge 5408 R
- Espectrofotómetro UV-Vis

Sustancias y Reactivos

- Solución gelatina
- Solución ácido de cloruro de sodio
- Caolín
- Carbonato de sodio al 20%

Procedimiento

- Se añadieron 0.25 mL de la muestra en una cubeta de vidrio y se enrazaron 25 mL con agua destilada.
- Del mismo modo se agregaron 0.5 mL de reactivo Tanniver®3 y 5 mL de carbonato de sodio en solución, en la muestra preparada.
- Por consiguiente, el blanco se preparó con 25 mL de agua desionizada en una cubeta de vidrio y se agregó la solución de reactivos como se indica en el paso anterior.
- El período de reacción corresponde a 25 minutos.
- Luego se configuró el espectrofotómetro con la codificación de fenoles (720).
- Además, se limpiaron las cubetas de vidrio con gasa estéril.
- Por último, se enceró el espectrofotómetro mediante el blanco preparado.

Expresión de los resultados

Los resultados fueron expresados en unidades de mg/L de fenoles.

Anexo 11. Determinación de aceites y grasas.**ACEITES Y GRASAS****Materiales y Equipos**

- Extractor Soxhlet BÜCHI B-810
- Cabina extractora de vapores orgánicos
- Balanza analítica (Ohaus Pioneer PA 214)
- Centrífuga Eppendorf Centrifuge 5408 R
- Desecador
- Embudo de vidrio
- Embudos de separación de 1 L o de 2 L con llave de paso de PTEF.
- Frasco lavador
- Papel filtro cuantitativo de 11 cm de diámetro. (Whatman No. 40 o equivalente)
- Soporte para embudo
- Varillas de vidrio

- Vasos de precipitado de 50 mL
- se transfirieron cuantitativamente

Sustancias y Reactivos

- Ácido clorhídrico (HCl) o Ácido sulfúrico (H₂SO₄) 1:1
- Hexadecano, pureza mínima del 98%
- Ácido esteárico, pureza mínima del 98%
- Estándar hexadecano-ácido esteárico 1:1 p/p: en acetona a 2 mg/mL de cada uno. Pesar 200±2 mg de ácido esteárico y 200±2 mg de hexadecano en un vaso volumétrico de 100 mL y llevar a volumen con acetona. La concentración del patrón es de 400 mg.

Procedimiento

- Se acidificó la muestra previamente a su almacenamiento hasta pH < 2, esto se realiza con HCl o H₂SO₄ en relación 1:1. Se marcó el menisco en la botella demarcando el nivel de la muestra.
- Empelando embudos de separación se traspasaron las muestras, el blanco los estándares y el blanco para separar el contenido oleoso.
- Así mismo se procedió a enjuagar con 30 mL de solvente las paredes de la botella con aproximadamente y se añadió el enjuague al embudo de separación.
- Prontamente se removió vigorosamente el embudo de separación durante 2 minutos. Mediante la agitación, se liberó la presión constantemente invirtiendo el embudo y abriendo la llave.
- En caso de formarse una emulsión con los sólidos suspendidos sedimentables provenientes de la muestra, agitar suavemente de 5 a 10 minutos.
- Posteriormente se dejó separar las fases. Por consiguiente, se drenó el extracto orgánico (fase superior) a través de un embudo de filtración con papel de filtro humedecido en el solvente de análisis y sulfato de sodio anhidro.
- Si la fase orgánica se emulsiona, se adiciona 10 g de sulfato de sodio (Na₂SO₄) anhidro en el filtro de papel, de lo contrario adicionar solamente de 3 a 5 gramos y drenar el extracto emulsionado o adicionar mayor cantidad de sulfato de sodio anhidro para romper la emulsión si se hace necesario.
- Por otra parte, se tuvo mucho cuidado para evitar que algunos cristales de sodio pasen al interior del vaso donde se efectuó la determinación. Después del secado, los cristales de sulfato de sodio fueron visibles en el matraz y causaron interferencia en la determinación gravimétrica.
- Además, si no es posible obtener una capa del solvente transparente después de la adición del sulfato de sodio y la emulsión es aproximadamente 5 mL, drenar la emulsión y las capas de solvente en un tubo de centrifuga en vidrio y centrifugar durante 5 minutos aproximadamente a 2400 rpm.
- Simultáneamente se transfirió el material centrifugado a un embudo de separación y se drenó la fase de solvente a través de un embudo con papel de filtro y 10 g sulfato de sodio a los cuales se les realizó un prelavado con solvente, en un matraz de destilación limpio y tarado. Se combinaron las fases acuosas y cualquier emulsión restante o sólidos en el embudo de decantación y se realizó una nueva extracción.
- A las muestras con < 5 mL de emulsión o sin emulsión se les drenó solo el solvente transparente a través del embudo que contiene papel filtro y sulfato de

sodio humedecido con hexano en el vaso de extracción limpio, seco y tarado previamente.

- Luego se retornó la muestra nuevamente al recipiente de origen (botella de recolección) y se repitió el proceso de extracción 2 veces más como se describió anteriormente utilizando 30 mL de solvente en cada extracción. Se drenó y recolectó todos los extractos en el vaso.
- Si se presenta nuevamente formación de emulsiones en el extracto final, repetir el paso de centrifugación como se describió anteriormente y continuar con los pasos de las 2 extracciones.
- Después que se finalizaron las tres extracciones, se lavó el papel filtro con 10 a 20 mL de solvente.
- Del mismo modo se recuperó el solvente de los extractos contenidos en el vaso, con la ayuda del equipo de extracción soxhlet abriendo la válvula de drenaje del solvente. Recuperar el solvente hasta secado total.
- Si se observan cristales en vaso tarado después del secado, disolver el aceite y la grasa con 30 mL de solvente de extracción y drenar el solvente a través de un embudo que contenga un papel de filtro enjuagado con hexano en un matraz limpio y tarado. Lavar el residuo de grasas y aceites 3 veces con solvente, reunir los lavados y tratar como una muestra extraída.
- A continuación, se dejó enfriar el vaso en la cabina de extracción para eliminar el solvente residual. Se llevó el vaso al desecador durante 30 minutos, pasado este tiempo pesar el vaso con el residuo seco. Se repitió el paso anterior hasta conseguir peso constante.
- Por último para determinar el volumen de la muestra marcado en la botella inicialmente, se llenó el frasco con agua hasta la marca, luego se vertió el agua en una probeta y se consignó en el formato de captura de datos el volumen. Los volúmenes para el blanco y los estándares son de 1000 mL.

Expresión de los resultados

Los resultados fueron expresados en unidades de mg/L de Aceites y grasas.

Anexo 12. Determinación de hierro total.

HIERRO TOTAL

Materiales y Equipos

- Tubos de ensayos
- Pipetas
- Espectrofotómetro UV-Vis

Sustancias y Reactivos

- Sobre de FerroMo agente reactivo 1
- Sobre de FerroMo agente reactivo 1

Procedimiento

- Se insertó el adaptador de la multicelda de 1 pulgada en el soporte cuadrado de la celda.
- Simultáneamente se llenó el cilindro mezclador graduado con 50 mL de muestra.

- Además, se añadió el contenido de un sobre de FerroMo agente reactivo 1 en el mezclador cilíndrico y se agitó varias veces hasta disolver los reactivos.
- Igualmente se llenó un cilindro mezclador limpio hasta la marca de 25 mL con la mezcla preparada y se guarda el restante para emplearla más adelante.
- Igualmente se añadió el contenido de un sobre de FerroMo agente reactivo 2 a la muestra en el mezclador cilíndrico de 25 mL y se agitó para disolver los reactivos. Si se produce un color azul hay presencia de hierro.
- Seguidamente se dejó reaccionar por 3 minutos.
- Posteriormente se vertió la muestra reaccionada en una celda de muestra cuadrada.
- Para preparar el blanco se llenó una segunda celda de muestra cuadrada con la muestra preparada que se guardó.
- Cuando el temporizador expiró, se insertó el blanco en el portaceldas y se presionó CERO. La pantalla mostró: 0.00 mg/L Fe. Se insertó la muestra revelada en el portaceldas.

Expresión de los resultados

Los resultados fueron expresados en unidades de mg/L de Fe.

Anexo 13. Caracterización del afluente de la trampa de grasa.

Parámetro	Límites Máximos Permisibles Tabla 8	Unidades	Afluente de la Trampa de Grasa			Promedio	Desvest
			Informe 1	Informe 2	Informe 3		
			ATG 1.1	ATG 1.2	ATG 1.3		
Aceites y grasas	70	mg/L	907	902,4	904	904,46	2,34
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	250	mg/L	7400	6480	6924	6924,49	460,09
Demanda Química de Oxígeno	500	mg/L	12300	12500	12399	12399,40	100
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,60	0,52	0,56	0,56	0,04
Fenoles	0,2	mg/L	0,847	0,896	0,87	0,87	0,02
pH	6-9	unid pH	4,7	4,9	4,8	4,80	0,10
Sólidos Suspendidos	220	mg/L	21540	19560	20526	20526,09	990,10
Carbono Orgánico Total	-	mg/L	4000	3980	3989	3989,66	10,02
Temperatura de campo	<40	°C	32	32	32	32,00	0

Anexo 14. Caracterización del efluente del filtro de gases.

Parámetro	Límites Máximos Permisibles Tabla 8	Unidades	Efluente del Filtro de Gases			Promedio	Desvest
			Informe 7	Informe 8	Informe 9		
			ETG 1.1	ETG 1.2	ETG 1.3		
Aceites y grasas	70	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	250	mg/L	2300	2180	2239	2239,13	60
Demanda Química de Oxígeno	500	mg/L	3800	3900	3849	3849,45	50
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,61	0,56	0,58	0,58	0,02
Fenoles	0,2	mg/L	0,043	0,047	0,04	0,04	0
pH	6-9	unid pH	6,2	6,1	6,15	6,15	0,05
Sólidos Suspendidos	220	mg/L	1370	1409	1389	1389,24	19,50
Temperatura de campo	<40	°C	35,6	35,6	35,6	35,60	0

Anexo 15. Caracterización del efluente de la trampa de grasa.

Parámetro	Límites Máximos Permisibles Tabla 8	Unidades	Efluente de la Trampa de Grasa			Promedio	Desvest
			Informe 4	Informe 5	Informe 6		
			ETG 1.1	ETG 1.2	ETG 1.3		
Aceites y grasas	70	mg/L	141	132	136	136,28	4,51
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	250	mg/L	6650	5930	6279	6279,46	360,06
Demanda Química de Oxígeno	500	mg/L	10700	10800	10749	10749,59	50
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,62	0,55	0,58	0,58	0,04
Fenoles	0,2	mg/L	0,617	0,594	0,61	0,61	0,01
pH	6-9	unid pH	5,1	5	5	5,03	0,06
Sólidos Suspendidos	220	mg/L	4149	4020	4083	4083,66	64,51
Carbono Orgánico Total	-	mg/L	3290	3200	3244	3244,46	45
Temperatura de campo	<40	°C	22,6	22,6	22,6	22,60	0

Anexo 16. Caracterización del agua de pozo.

Parámetro	Límites Máximos Permisibles Tabla 1	Unidades	Agua de pozo			Promedio	Desvest
			Informe 10	Informe 11	Informe 12		
			Pozo 1.1	Pozo 1.2	Pozo 1.3		
Aceites y grasas	0,3	mg/L	0,5	0,7	0,6	0,59	0,10
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	<2	mg/L	<1	<1	<1	<1	0
Demanda Química de Oxígeno	<4	mg/L	<4	<2	<2	<2,52	<1,15
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,25	0,5	0,5	0,40	0,14
Fenoles	-	mg/L	0,022	0,025	0,02	0,02	0
pH	6-9	unid pH	6,7	6,8	6,7	6,73	0,05
Temperatura de campo	-	°C	24	24	24	24	0

Anexo 17. Pruebas de tratabilidad de la primera corrida.

CONDICIÓN INICIAL DEL AGUA CRUDA (MEZCLA DEL EFLUENTE DE LA TRAMPA DE GRASA Y EFLUENTE DEL FILTRO DE GASES)

Color (Pt Co)	Turbiedad (NTU)	pH	Sólidos Suspendidos (mg/L)	Hierro Total (mg/L)
18300	2100	5,7	1900	47

CONDICIÓN DEL AGUA CRUDA NEUTRALIZADA CON HIDROXIDO DE SODIO

Color (Pt Co)	Turbiedad (NTU)	pH	Sólidos Suspendidos (mg/L)	Hierro Total (mg/L)
17200	1370	7,2	1250	40

Lugar de muestreo: SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMISTE "SIEXPAL S.A."

Punto de muestreo: Efluente de la Trampa de Grasa (ETG) y Efluente del Filtro de Gases (EFG)

Condiciones del muestreo: Agua residual - Agua de la lavadora y filtro de gases - Conducción por gravedad y tubería de hierro dúctil sin revestimiento.

JAR TEST N° 1

Coagulante: Policloruro de Aluminio - PAC VIDAR TIPO V1 - Concentración de la solución empleada: 1%

Floculante: VH 1000 - Concentración de la solución empleada: 0,1 %

Volumen empleado: 500 ml / jarra

Identificación	Dosis Coag. (mg/L)	Dosis Floc. (mg/L)	Color (Pt Co)	Turbiedad (NTU)	pH	Sólidos Suspendidos (mg/L)	Hierro Total (mg/L)
Jarra 1	1	0,15	8900	498	7,0	458	---
Jarra 2	2	0,15	5010	436	6,9	397	---
Jarra 3	3	0,15	5070	403	6,9	363	---
Jarra 4	4	0,15	4500	416	6,9	378	---
Jarra 5	5	0,15	4220	386	6,8	350	---
Jarra 6	6	0,15	3970	353	6,8	318	5,10

JAR TEST N° 2

Coagulante: Policloruro de Aluminio - PAC VIDAR TIPO V1 - Concentración de la solución empleada: 1%

Floculante: VH 1000 - Concentración de la solución empleada: 0,1 %

Volumen empleado: 500 ml / jarra

Identificación	Dosis Coag. (mg/L)	Dosis Floc. (mg/L)	Color (Pt Co)	Turbiedad (NTU)	pH	Sólidos Suspendidos (mg/L)	Hierro Total (mg/L)
Jarra 1	2	0,15	5650	652	6,9	596	---
Jarra 2	4	0,15	5380	575	6,9	521	---
Jarra 3	6	0,15	5110	471	6,8	420	---
Jarra 4	8	0,15	4850	398	6,8	347	---
Jarra 5	10	0,15	4120	303	6,6	256	---
Jarra 6	12	0,15	3760	198	6,6	161	4,40

Ensayo	Tipo Floc.	Dosis Coag. (mg/L)	Dosis Floc. (mg/L)	Color (Pt Co)	Turbiedad (NTU)	pH	Sólidos Suspendidos (mg/L)	Hierro Total (mg/L)
Agua cruda	---	---	---	18300	2100	5,7	1900	47
Agua neutralizada	---	---	---	17200	1370	7,2	1250	40
Jar Test N° 1	VH 1000	6	0,15	3970	353	6,8	318	5,1
Jar Test N° 2	AH 1000	12	0,15	3760	198	6,6	161	4,4

Anexo 18. Caracterización del efluente del reactor biológico aerobio 1.

Parámetro	Límites Máximos Permisibles Tabla 8	Unidades	Reactor Biológico Aerobio 1			Promedio	Des vest
			Informe 27	Informe 28	Informe 29		
			Reactor 1.1	Reactor 1.2	Reactor 1.3		
Color	Unidades de platino-cobalto	-	22300	22500	22500	22433,13	115,47
Turbiedad	NTU	-	2480,17	2576,29	2670,35	2574,43	95,09
pH	6-9	unid pH	6,8	6,9	6,7	6,80	0,10
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	250	mg/L	1400	1520	1590	1501,26	96,09
Demanda Química de Oxígeno	500	mg/L	3000	2800	2900	2898,85	100
Índice de Biodegradabilidad	0,3-0,8	-	0,47	0,54	0,55	0,52	0,05
Sólidos Suspendidos	220	mg/L	145,6	156,4	148,20	150	5,64
Hierro Total	25	mg/L	25	24	25	24,66	0,58

Anexo 19. Caracterización de la mezcla 2 del ETG y EFG.

Parámetro	Límites Máximos Permisibles Tabla 8	Unidades	Mezcla 2 ETG y EFG			Promedio	Desvest
			Informe 30	Informe 31	Informe 32		
			ETG-EFG 2.1	ETG-EFG 2.2	ETG-EFG 2.3		
Aceites y grasas	70	mg/L	102,7	111,9	107,1	107,17	4,60
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	250	mg/L	2650	2547	2597,9	2597,96	51,50
Demanda Química de Oxígeno	500	mg/L	4400	4200	4298,8	4298,82	100
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,60	0,61	0,60	0,60	0
Fenoles	0,2	mg/L	0,64	0,62	0,63	0,629	0,01
pH	6-9	unid pH	5,7	5,4	5,3	5,46	0,21
Hierro Total	25	mg/L	47	46	46,47	46,49	0,50
Coliformes Fecales	-	NMP/100 mL	540	540	540	540,00	0

Anexo 20. Caracterización de la muestra oxidada con H₂O₂.

Parámetro	Límites Máximos Permisibles Tabla 8	Unidades	Muestra oxidada H ₂ O ₂			Promedio	Desvest
			Informe 33	Informe 34	Informe 35		
			MO 1.1	MO 1.2	MO 1.3		
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	250	mg/L	1510	1624	1565	1565,64	57,01
Demanda Química de Oxígeno	500	mg/L	2750	2750	2750	2750	0
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,55	0,59	0,57	0,57	0,02
Fenoles	0,2	mg/L	0,22	0,23	0,22	0,22	0,01
pH	6-9	unid pH	4,2	4,5	4,3	4,33	0,15
Hierro Total	25	mg/L	13,7	12,9	13,25	13,28	0,40

Anexo 21. Caracterización de la muestra oxidada con H₂O₂ y neutralizada con RpH.

Parámetro	Límites Máximos Permisibles Tabla 8	Unidades	Muestra oxidada H ₂ O ₂ y neutralizada RpH			Promedio	Desvest
			Informe 36	Informe 37	Informe 38		
			MON 1.1	MON 1.2	MON 1.3		
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	250	mg/L	1331	1286	1308	1308,20	22,50
Demanda Química de Oxígeno	500	mg/L	2245	2177	2210	2210,49	34
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,59	0,59	0,59	0,59	0
Fenoles	0,2	mg/L	0,15	0,17	0,16	0,16	0,01
pH	6-9	unid pH	7,1	7,2	7,1	7,13	0,06

Anexo 22. Caracterización del efluente posterior a la coagulación - floculación.

Parámetro	Límites Máximos Permisibles Tabla 8	Unidades	Posterior a la Coagulación-Floculación			Promedio	Desvest
			Informe 39	Informe 40	Informe 41		
			Coag-Floc 1.1	Coag-Floc 1.2	Coag-Floc 1.3		
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	250	mg/L	743	665	702	702,61	39,02
Demanda Química de Oxígeno	500	mg/L	1200	1140	1169	1169,41	30,01
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,62	0,58	0,60	0,60	0,02
Fenoles	0,2	mg/L	0,11	0,10	0,10	0,10	0,01
pH	6-9	unid pH	6,9	7	6,9	6,93	0,06

Anexo 23. Caracterización del efluente del reactor biológico aerobio 2.

Parámetro	Límites Máximos Permisibles Tabla 8	Unidades	Reactor Biológico Aerobio 2			Promedio	Desvest
			Informe 42	Informe 43	Informe 44		
			Reactor 2.1	Reactor 2.2	Reactor 2.3		
Aceites y grasas	70	mg/L	12,20	18,60	15,03	15,05	3,21
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	250	mg/L	151	168	159	159,18	8,50
Demanda Química de Oxígeno	500	mg/L	280	295	287	287,27	7,51
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,54	0,57	0,55	0,55	0,02
Fenoles	0,2	mg/L	0,07	0,05	0,06	0,06	0,01
Coliformes Fecales	-	NMP/100 mL	18,20	18,20	18,20	18,20	0

Anexo 24. Informes de resultados de las muestras analizadas.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA	Pág. 1 de 1
---	--	----------------

INFORME DE RESULTADOS No. 4

DATOS GENERALES			
Cliente*	Verónica Isabel Moreno Carranza	Teléfono*	0987135128
Dirección*	Calle 05 y Esmeraldas, Quintas Acrópolis	e-mail*	verisa1@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Integridad de la muestra*	Cumple	Lugar de muestreo*	Laboratorio de Química
Tipo de muestra*	Agua residual	Fecha de muestreo*	26-jun-2020
Identificación de la muestra*	ET6 I1	Responsable del muestreo*	Verónica Moreno
Fecha de recepción*	27-jun-2020	Periodo de realización de análisis*	27-jun-2020 al 08-jul-2020

RESULTADOS			
Parámetro	Unidades	AM 097A Tabla 8	Resultado
Aceites y grasas	mg/L	70	141
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/L	250	6650
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500	10700
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,62
Fenoles	mg/L	0,2	0,617
pH	unidades pH	6-9	5,1
Sólidos Suspendedos	mg/L	220	4149
Carbono Orgánico Total	mg/L	-	3290
Temperatura de campo	°C	<40	22,6

UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE MANABÍ

TÉCNICO RESPONSABLE

ROSA ALEXANDRA
CORDOVA MOSQUERA

Forma y contenido por el Dr. ROSA ALEXANDRA MOSQUERA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
E-mail: rosa.cordova@utm.edu.ec
Fecha: 2020-11-28 14:57:38

Dra. Rosa Alexandra Córdova Mosquera
DOCTORA EN CIENCIAS
Reg. Senecyt 1921164873

Dirección: Avenida Urbina y Portoviejo 130105
Teléfono: (05) 263-2677 e-mail: rosa.cordova@utm.edu.ec



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Pág.
1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 5

DATOS GENERALES

Cliente:	Verónica Isabel Moreno Carranza	Teléfono:	0987136128
Dirección:	Calle 06 y Esmeraldas, Quintas Acrópolis	e-mail:	verisal@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Integridad de la muestra:	Cumple	Lugar de muestreo:	Laboratorio de Química
Tipo de muestra:	Agua residual	Fecha de muestreo:	26-jun-2020
Identificación de la muestra:	ET6 1.2	Responsable del muestreo:	Verónica Moreno
Fecha de recepción:	27-jun-2020	Periodo de realización de análisis:	27-jun-2020 al 08-jul-2020

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	AM 097A Tabla 8	Resultado
Aceites y grasas	mg/L	70	132
Demanda Bioquímica de Oxígeno B ₅	mg/L	250	6930
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500	10800
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,66
Fenoles	mg/L	0,2	0,694
pH	unid pH	6-9	6
Sólidos Suspendedos	mg/L	220	4020
Carbono Orgánico Total	mg/L	-	3200
Temperatura de campo	°C	<40	22,6

UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE MANABÍ

TÉCNICO RESPONSABLE

ROSA ALEXANDRA
CORDOVA MOSQUERA

Presentado digitalmente por ROSA ALEXANDRA CORDOVA MOSQUERA
Dra. ROSA ALEXANDRA CORDOVA MOSQUERA, MSc
Médico Químico
Médico Químico de Alimentos
Médico Químico
Fecha: 2020-11-08 11:48:08:00

Dra. Rosa Alexandra Córdova Mosquera
DOCTORA EN CIENCIAS
Reg. Senecyt 1921164873

Dirección: Avenida Urbina y Portoviejo 130105
Teléfono: (05) 263-2677 e-mail: rosa.cordova@utm.edu.ec



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Pág.
1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 6

DATOS GENERALES

Cliente:	Verónica Isabel Moreno Carranza	Teléfono:	0987136128
Dirección:	Calle 06 y Esmeraldas, Quintas Acrópolis	e-mail:	verisa1@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Integridad de la muestra:	Cumple	Lugar de muestreo:	Laboratorio de Química
Tipo de muestra:	Agua residual	Fecha de muestreo:	26-jun-2020
Identificación de la muestra:	ET6 1.3	Responsable del muestreo:	Verónica Moreno
Fecha de recepción:	27-jun-2020	Periodo de realización de análisis:	27-jun-2020 al 08-jul-2020

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	AM 097A Tabla 8	Resultado
Aceites y grasas	mg/L	70	136
Demanda Bioquímica de Oxígeno B	mg/L	250	6279
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500	10749
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,58
Fenoles	mg/L	0,2	0,61
pH	unid pH	6-9	5
Sólidos Suspendedos	mg/L	220	4083
Carbono Orgánico Total	mg/L	-	3244
Temperatura de campo	°C	<40	22,6

UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE MANABÍ

TÉCNICO RESPONSABLE

ROSA ALEXANDRA
CORDOVA MOSQUERA

FORMA DE REGISTRO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA
DE MANABÍ Y SU SECTOR EDUCATIVO
REGISTRADO EN EL REGISTRO
NACIONAL DE LA EDUCACIÓN
NACIONAL

Dra. Rosa Alexandra Córdova Mosquera
DOCTORA EN CIENCIAS
Reg. Senecyt 1921164873

Dirección: Avenida Urbina y Portoviejo 130105
Teléfono: (05) 263-2677 e-mail: rosa.cordova@utm.edu.ec



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Pág.
1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 7

DATOS GENERALES

Cliente:	Verónica Isabel Moreno Carranza	Teléfono:	0987136128
Dirección:	Calle 06 y Esmeraldas, Quintas Acrópolis	e-mail:	verisal@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Integridad de la muestra:	Cumple	Lugar de muestreo:	Laboratorio de Química
Tipo de muestra:	Agua residual	Fecha de muestreo:	26-jun-2020
Identificación de la muestra:	EF6 11	Responsable del muestreo:	Verónica Moreno
Fecha de recepción:	27-jun-2020	Periodo de realización de análisis:	27-jun-2020 al 08-jul-2020

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	AM 097A Tabla 8	Resultado
Aceites y grasas	mg/L	70	<0,1
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/L	250	2300
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500	3800
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,61
Fenoles	mg/L	0,2	0,043
pH	unid pH	6-9	6,2
Sólidos Suspendedos	mg/L	220	1370
Temperatura de campo	°C	<40	35,6

TÉCNICO RESPONSABLE

UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE MANABÍ

ROSA ALEXANDRA
CORDOVA
MOSQUERA

Firma digitalizada por ROSA ALEXANDRA CORDOVA MOSQUERA
EN UNIVERSIDAD TECNICA DE MANABÍ
MOSQUERA OHC IMPORTADORA
Módulo Agrícola 1000 - Guano -
Cuenca
Fecha: 2020-11-09 10:51:00:00

Dra. Rosa Alexandra Córdova Mosquera
DOCTORA EN CIENCIAS
Reg. Senecyt 1921164873

Dirección: Avenida Urbina y Portoviejo 130105
Teléfono: (05) 263-2677 e-mail: rosa.cordova@utm.edu.ec



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Pág.
1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 8

DATOS GENERALES

Cliente:	Verónica Isabel Moreno Carranza	Teléfono:	0987136128
Dirección:	Calle O6 y Esmeraldas, Quintas Acrópolis	e-mail:	verisal@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Integridad de la muestra:	Cumple	Lugar de muestreo:	Laboratorio de Química
Tipo de muestra:	Agua residual	Fecha de muestreo:	26-jun-2020
Identificación de la muestra:	EF6 1.2	Responsable del muestreo:	Verónica Moreno
Fecha de recepción:	27-jun-2020	Periodo de realización de análisis:	27-jun-2020 al 08-jul-2020

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	AM 097A Tabla 8	Resultado
Aceites y grasas	mg/L	70	<0,1
Demanda Bioquímica de Oxígeno B ₅	mg/L	250	2180
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500	3900
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,56
Fenoles	mg/L	0,2	0,047
pH	unid pH	6-9	6,1
Sólidos Suspendedos	mg/L	220	1409
Temperatura de campo	°C	<40	35,6

TÉCNICO RESPONSABLE

ROSA ALEXANDRA
CORDOVA MOSQUERA

ROSA ALEXANDRA MOSQUERA CORDOVA
DOCTORA EN CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Dra. Rosa Alexandra Córdova Mosquera
DOCTORA EN CIENCIAS
Reg. Senecyt 1921164873

Dirección: Avenida Urbina y Portoviejo 130105
Teléfono: (05) 263-2677 e-mail: rosa.cordova@utm.edu.ec



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Pág.
1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 9

DATOS GENERALES

Cliente*	Verónica Isabel Moreno Carranza	Teléfono*	0987135128
Dirección*	Calle O5 y Esmeraldas, Quintas Acrópolis	e-mail*	verisal@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Integridad de la muestra*	Cumple	Lugar de muestreo*	Laboratorio de Química
Tipo de muestra*	Agua residual	Fecha de muestreo*	26-jun-2020
Identificación de la muestra*	EFG 1.3	Responsable del muestreo*	Verónica Moreno
Fecha de recepción*	27-jun-2020	Periodo de realización de análisis*	27-jun-2020 al 08-jul-2020

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	AM 097A Tabla 8	Resultado
Aceites y grasas	mg/L	70	<0,1
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/L	250	2239
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500	3849
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,58
Fenoles	mg/L	0,2	0,04
pH	unid pH	6-9	6,15
Sólidos Suspendidos	mg/L	220	1389
Temperatura de campo	°C	<40	35,6

ROSA ALEXANDRA
CORDOVA MOSQUERA

Trabajo realizado en el laboratorio de Química Analítica
del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos
de la Universidad Técnica de Manabí

TÉCNICO RESPONSABLE

ROSA ALEXANDRA
CORDOVA MOSQUERA

Trabajo realizado en el laboratorio de Química Analítica
del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos
de la Universidad Técnica de Manabí

Dra. Rosa Alexandra Córdova Mosquera
DOCTORA EN CIENCIAS
Reg. Senecyt 1921164873

Dirección: Avenida Urbina y Portoviejo 130105
Teléfono: (05) 263-2677 e-mail: rosa.cordova@utm.edu.ec



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Pág.
1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 31

DATOS GENERALES

Cliente:	Verónica Isabel Moreno Carranza	Teléfono:	0987135128
Dirección:	Calle 05 y Esmeraldas, Quintas Acrópolis	e-mail:	verisal@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Integridad de la muestra:	Cumple	Lugar de muestreo:	Laboratorio de Química
Tipo de muestra:	Agua residual	Fecha de muestreo:	12-ago-2020
Identificación de la muestra:	ET6-EF6 2.2	Responsable del muestreo:	Verónica Moreno
Fecha de recepción:	12-ago-2020	Periodo de realización de análisis:	12-ago-2020 al 26-ago-2020

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	AM 097A Tabla 8	Resultado
Aceites y grasas	mg/L	70	111,9
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/L	250	2547
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500	4200
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,61
Fenoles	mg/L	0,2	0,62
pH	unid pH	6-9	5,4
Hierro Total	mg/L	25	46
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	-	540

TÉCNICO RESPONSABLE

ROSA ALEXANDRA CORDOVA
MOSQUERA

FORMA ASESORÍA TÉCNICA A PERSONAS CON MENOS CAPACIDADES
CON ESPECIALIDAD EN QUÍMICA ANALÍTICA Y QUÍMICA AMBIENTAL
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

Dra. Rosa Alexandra Córdova Mosquera
DOCTORA EN CIENCIAS
Reg. Senecyt 1921164873

Dirección: Avenida Urbina y Portoviejo 130105
Teléfono: (05) 263-2677 e-mail: rosa.cordova@utm.edu.ec



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Pág.
1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 32

DATOS GENERALES

Cliente:	Verónica Isabel Moreno Carranza	Teléfono:	0987135128
Dirección:	Calle 05 y Esmeraldas, Quintas Acrópolis	e-mail:	verisal@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Integridad de la muestra:	Cumple	Lugar de muestreo:	Laboratorio de Química
Tipo de muestra:	Agua residual	Fecha de muestreo:	12-ago-2020
Identificación de la muestra:	ET6-EF6 2.3	Responsable del muestreo:	Verónica Moreno
Fecha de recepción:	12-ago-2020	Periodo de realización de análisis:	12-ago-2020 al 26-ago-2020

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	AM 097A Tabla 8	Resultado
Aceites y grasas	mg/L	70	107,1
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/L	250	2597,9
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500	4298,8
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,60
Fenoles	mg/L	0,2	0,63
pH	unid pH	6-9	5,3
Hierro Total	mg/L	25	46,47
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	-	540

UNIVERSIDAD
TÉCNICO RESPONSABLE
TÉCNICA DE MANABÍ

ROSA ALEXANDRA
CORDOVA
MOSQUERA

Firmado digitalmente por ROSA
ALEXANDRA CORDOVA MOSQUERA
DN: cn=ROSA ALEXANDRA CORDOVA
MOSQUERA o=EC PORTOVIEJO
Motivo: Aprobado este documento
Ubicación:
Fecha: 2020.11.09 17:01:05:00

Dra. Rosa Alexandra Córdova Mosquera
DOCTORA EN CIENCIAS
Reg. Senecyt 1921164873

Dirección: Avenida Urbina y Portoviejo 130105
Teléfono: (05) 263-2677 e-mail: rosa.cordova@utm.edu.ec



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Pág.
1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 33

DATOS GENERALES

Cliente*	Verónica Isabel Moreno Carranza	Teléfono*	0987135128
Dirección*	Calle 05 y Esmeraldas, Quintas Acrópolis	e-mail*	verisal@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Integridad de la muestra*	Cumple	Lugar de muestreo*	Laboratorio de Química
Tipo de muestra*	Agua residual tratada	Fecha de muestreo*	13-ago-2020
Identificación de la muestra*	MO 1.1	Responsable del muestreo*	Verónica Moreno
Fecha de recepción*	13-ago-2020	Periodo de realización de análisis*	13-ago-2020 al 28-ago-2020

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	AM 097A Tabla 8	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/L	250	1510
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500	2750
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,55
Fenoles	mg/L	0,2	0,22
pH	unid pH	6-9	4,2
Hierro Total	mg/L	25	13,7

TÉCNICO RESPONSABLE

**ROSA ALEXANDRA
CORDOVA
MOSQUERA**

Firmado digitalmente por ROSA ALEXANDRA
CORDOVA MOSQUERA
DN: cn=ROSA ALEXANDRA CORDOVA
MOSQUERA, o=EC, ou=PORTOVIEJO
Motivo: Aprobado este documento
Ubicación:
Fecha: 2020-11-09 17:12:05:00

Dra. Rosa Alexandra Córdova Mosquera
DOCTORA EN CIENCIAS
Reg. Senecyt 1921164873

Dirección: Avenida Urbina y Portoviejo 130105
Teléfono: (05) 263-2677 **e-mail:** rosa.cordova@utm.edu.ec



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Pág.
1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 34

DATOS GENERALES

Cliente*	Verónica Isabel Moreno Carranza	Teléfono*	0987135128
Dirección*	Calle 05 y Esmeraldas, Quintas Acrópolis	e-mail*	verisal@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Integridad de la muestra*	Cumple	Lugar de muestreo*	Laboratorio de Química
Tipo de muestra*	Agua residual tratada	Fecha de muestreo*	13-ago-2020
Identificación de la muestra*	MO 1.2	Responsable del muestreo*	Verónica Moreno
Fecha de recepción*	13-ago-2020	Periodo de realización de análisis*	13-ago-2020 al 28-ago-2020

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	AM 097A Tabla 8	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/L	250	1624
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500	2750
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,59
Fenoles	mg/L	0,2	0,23
pH	unid pH	6-9	4,5
Hierro Total	mg/L	25	12,9

TÉCNICO RESPONSABLE

UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE MANABÍ

ROSA ALEXANDRA
CORDOVA
MOSQUERA

Firma digitalizada por ROSA ALEXANDRA
CORDOVA MOSQUERA
DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE MANABÍ
Rosa Alexandra Mosquera
Código: 1921164873
Fecha: 2020-11-06 17:36:00

Dra. Rosa Alexandra Córdova Mosquera
DOCTORA EN CIENCIAS
Reg. Senecyt 1921164873

Dirección: Avenida Urbina y Portoviejo 130105
Teléfono: (05) 263-2677 e-mail: rosa.cordova@utm.edu.ec



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Pág.
1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 35

DATOS GENERALES

Cliente*	Verónica Isabel Moreno Carranza	Teléfono*	0987135128
Dirección*	Calle 05 y Esmeraldas, Quintas Acrópolis	e-mail*	verisal@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Integridad de la muestra*	Cumple	Lugar de muestreo*	Laboratorio de Química
Tipo de muestra*	Agua residual tratada	Fecha de muestreo*	13-ago-2020
Identificación de la muestra*	MO I.3	Responsable del muestreo*	Verónica Moreno
Fecha de recepción*	13-ago-2020	Periodo de realización de análisis*	13-ago-2020 al 28-ago-2020

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	AM 097 A Tabla 8	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/L	250	1565
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500	2750
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,57
Fenoles	mg/L	0,2	0,22
pH	unid pH	6-9	4,3
Hierro Total	mg/L	25	13,25

TÉCNICO RESPONSABLE

UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE MANABÍ

**ROSA ALEXANDRA
CORDOVA
MOSQUERA**

Firmado digitalmente por ROSA
ALEXANDRA CORDOVA MOSQUERA
DN: cn=ROSA ALEXANDRA CORDOVA
MOSQUERA, o=INGENIERIA QUIMICA
UNIVERSIDAD TECNICA DE MANABÍ,
c=EC
Fecha: 2020.11.04 17:36:02.00

Dra. Rosa Alexandra Córdova Mosquera
DOCTORA EN CIENCIAS
Reg. Senecyt 1921164873

Dirección: Avenida Urbina y Portoviejo 130105
Teléfono: (05) 263-2677 e-mail: rosa.cordova@utm.edu.ec



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Pág.
1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 36

DATOS GENERALES

Cliente:	Verónica Isabel Moreno Carranza	Teléfono:	0987135128
Dirección:	Calle 06 y Esmeraldas, Quintas Acrópolis	e-mail:	verisal@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Integridad de la muestra:	Cumple	Lugar de muestreo:	Laboratorio de Química
Tipo de muestra:	Agua residual tratada	Fecha de muestreo:	13-ago-2020
Identificación de la muestra:	MON 1.1	Responsable del muestreo:	Verónica Moreno
Fecha de recepción:	13-ago-2020	Periodo de realización de análisis:	13-ago-2020 al 28-ago-2020

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	AM 097A Tabla 8	Resultado
Damanda Bioquímica de Oxígeno B	mg/L	250	1331
Damanda Química de Oxígeno	mg/L	500	2245
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,59
Fenoles	mg/L	0,2	0,15
pH	unid pH	6-9	7,1

TÉCNICO RESPONSABLE

**ROSA ALEXANDRA
CORDOVA
MOSQUERA**

Firmado digitalmente por ROSA
ALEXANDRA CORDOVA MOSQUERA
DN: cn=ROSA ALEXANDRA CORDOVA
MOSQUERA, o=EC-PORTOVIJEJO
Motivo: Aprobado este documento
Ubicación:
Fecha: 2020-11-09 17:37:05:00

Dra. Rosa Alexandra Córdova Mosquera
DOCTORA EN CIENCIAS
Reg. Senecyt 1921164873



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Pág.
1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 37

DATOS GENERALES

Cliente:	Verónica Isabel Moreno Carranza	Teléfono:	0987136128
Dirección:	Calle 06 y Esmeraldas, Quintas Acrópolis	e-mail:	verisal@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Integridad de la muestra:	Cumple	Lugar de muestreo:	Laboratorio de Química
Tipo de muestra:	Agua residual tratada	Fecha de muestreo:	13-ago-2020
Identificación de la muestra:	MON I.2	Responsable del muestreo:	Verónica Moreno
Fecha de recepción:	13-ago-2020	Periodo de realización de análisis:	13-ago-2020 al 28-ago-2020

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	AM 097A Tabla 8	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno B	mg/L	250	1286
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500	2177
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,59
Fenoles	mg/L	0,2	0,17
pH	unid pH	6-9	7,2

TÉCNICO RESPONSABLE

ROSA
ALEXANDRA
CORDOVA
MOSQUERA

Fotado digitalmente por ROSA
ALEXANDRA CORDOVA MOSQUERA
DI: JORNADA AL DOCTORADO ROSA
MOSQUERA OREO-PORTOVIEJO
Móvil: 0987136128
Usando
Fecha: 2020-11-06 12:37:45:00

Dra. Rosa Alexandra Córdova Mosquera
DOCTORA EN CIENCIAS
Reg. Senecyt 1921164873



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Pág.
1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 38

DATOS GENERALES

Cliente*	Verónica Isabel Moreno Carranza	Teléfono*	0987135128
Dirección*	Calle 05 y Esmeraldas, Quintas Acrópolis	e-mail*	verisal@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Integridad de la muestra*	Cumple	Lugar de muestreo*	Laboratorio de Química
Tipo de muestra*	Agua residual tratada	Fecha de muestreo*	13-ago-2020
Identificación de la muestra*	MON13	Responsable del muestreo*	Verónica Moreno
Fecha de recepción*	13-ago-2020	Periodo de realización de análisis*	13-ago-2020 al 28-ago-2020

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	AM 097A Tabla 8	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/L	250	1308
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500	2210
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,59
Fenoles	mg/L	0,2	0,16
pH	unidad pH	6-9	7,1

TÉCNICO RESPONSABLE

**ROSA
ALEXANDRA
CORDOVA
MOSQUERA**

Firmado digitalmente por ROSA
ALEXANDRA CORDOVA
MOSQUERA
DN: cn=ROSA ALEXANDRA
CORDOVA MOSQUERA, c=EC,
o=PORTOVIEJO
Motivo: Aprobé este documento
Ubicación:
Fecha: 2020-11-09 17:39:05:00

Dra. Rosa Alexandra Córdova Mosquera
DOCTORA EN CIENCIAS
Reg. Senecyt 1921164873



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Pág.
1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 39

DATOS GENERALES

Cliente:	Verónica Isabel Moreno Carranza	Teléfono:	0987136128
Dirección:	Calle 06 y Esmeraldas, Quintas Acrópolis	e-mail:	verisa1@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Integridad de la muestra:	Cumple	Lugar de muestreo:	Laboratorio de Química
Tipo de muestra:	Agua residual tratada	Fecha de muestreo:	13-ago-2020
Identificación de la muestra:	Coag-Floc I1	Responsable del muestreo:	Verónica Moreno
Fecha de recepción:	13-ago-2020	Periodo de realización de análisis:	13-ago-2020 al 28-ago-2020

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	AM 097A Tabla 8	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno B	mg/L	250	743
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500	1200
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,62
Fenoles	mg/L	0,2	0,11
pH	unid pH	6-9	6,9

TÉCNICO RESPONSABLE

UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE MANABÍ

ROSA ALEXANDRA
CÓRDOVA MOSQUERA

Trabajo realizado en el laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Matemáticas, Física y Química de la Universidad Técnica de Manabí. Autorizada por el Director del Laboratorio de Química Analítica. Fecha: 13-ago-2020.

Dra. Rosa Alexandra Córdoba Mosquera
DOCTORA EN CIENCIAS
Reg. Senecyt 1921164873

Dirección: Avenida Urbina y Portoviejo 130105
Teléfono: (05) 263-2677 e-mail: rosa.cordova@utm.edu.ec



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Pág.
1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 40

DATOS GENERALES

Cliente:	Verónica Isabel Moreno Carranza	Teléfono:	0987136128
Dirección:	Calle O6 y Esmeraldas, Quintas Acrópolis	e-mail:	verisal@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Integridad de la muestra:	Cumple	Lugar de muestreo:	Laboratorio de Química
Tipo de muestra:	Agua residual tratada	Fecha de muestreo:	13-ago-2020
Identificación de la muestra:	Coag-Floc 12	Responsable del muestreo:	Verónica Moreno
Fecha de recepción:	13-ago-2020	Periodo de realización de análisis:	13-ago-2020 al 28-ago-2020

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	AM 097A Tabla 8	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno B	mg/L	250	665
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500	1140
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,58
Fenoles	mg/L	0,2	0,10
pH	unid pH	6-9	7

ROSA ALEXANDRA
CORDOVA MOSQUERA

INGENIERA EN QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

TÉCNICO RESPONSABLE

UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE MANABÍ

ROSA ALEXANDRA
CORDOVA MOSQUERA

INGENIERA EN QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

Dra. Rosa Alexandra Córdova Mosquera
DOCTORA EN CIENCIAS
Reg. Senecyt 1921164873



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Pág.
1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 41

DATOS GENERALES

Cliente:	Verónica Isabel Moreno Carranza	Teléfono:	0987135128
Dirección:	Calle 05 y Esmeraldas, Quintas Acrópolis	e-mail:	verisal@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Integridad de la muestra:	Cumple	Lugar de muestreo:	Laboratorio de Química
Tipo de muestra:	Agua residual tratada	Fecha de muestreo:	13-ago-2020
Identificación de la muestra:	Coag-Floc 13	Responsable del muestreo:	Verónica Moreno
Fecha de recepción:	13-ago-2020	Periodo de realización de análisis:	13-ago-2020 al 28-ago-2020

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	AM 097A Tabla 8	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/L	250	702
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500	1169
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,60
Fenoles	mg/L	0,2	0,10
pH	unid pH	6-9	6,9

TÉCNICO RESPONSABLE

ROSA ALEXANDRA
CORDOVA MOSQUERA

Proceso digitalizado por ROSA ALEXANDRA
CORDOVA MOSQUERA
Dra. ROSA ALEXANDRA CORDOVA MOSQUERA
MFC MPORTOVIEJO
Médico Químico en el Ecuador
Licenciada
Fecha 2020.11.02 18:30:30.00

Dra. Rosa Alexandra Córdova Mosquera
DOCTORA EN CIENCIAS
Reg. Senecyt 1921164873



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Pág.
1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 42

DATOS GENERALES

Cliente:	Verónica Isabel Moreno Carranza	Teléfono:	0987136128
Dirección:	Calle 06 y Esmeraldas, Quintas Acrópolis	e-mail:	verisal@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Integridad de la muestra:	Cumple	Lugar de muestreo:	Laboratorio de Química
Tipo de muestra:	Agua residual tratada	Fecha de muestreo:	20-ago-2020
Identificación de la muestra:	Reactor 2.1	Responsable del muestreo:	Verónica Moreno
Fecha de recepción:	20-ago-2020	Periodo de realización de análisis:	20-ago-2020 al 02-sep-2020

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	AM 097A Tabla 8	Resultado
Aceites y grasas	mg/L	-	12,20
Demanda Bioquímica de Oxígeno B	mg/L	260	161
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500	280
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,64
Fenoles	mg/L	0,2	0,07
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	-	18,20

TÉCNICO RESPONSABLE

**ROSA ALEXANDRA
CORDOVA
MOSQUERA**

Firmado digitalmente por ROSA ALEXANDRA
CORDOVA MOSQUERA
DN: cn=ROSA ALEXANDRA CORDOVA
MOSQUERA, o=EC I+PORTOVIEJO
Motivo: Aprobado este documento
Ubicación:
Fecha: 2020-11-26 17:40:05:00

Dra. Rosa Alexandra Córdova Mosquera
DOCTORA EN CIENCIAS
Reg. Senecyt 1921164873

Dirección: Avenida Urbina y Portoviejo 130105
Teléfono: (05) 263-2677 e-mail: rosa.cordova@utm.edu.ec



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Pág.
1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 43

DATOS GENERALES

Cliente:	Verónica Isabel Moreno Carranza	Teléfono:	0987135128
Dirección:	Calle 05 y Esmeraldas, Quintas Acrópolis	e-mail:	verisal@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Integridad de la muestra:	Cumple	Lugar de muestreo:	Laboratorio de Química
Tipo de muestra:	Agua residual tratada	Fecha de muestreo:	20-ago-2020
Identificación de la muestra:	Reactor 2.2	Responsable del muestreo:	Verónica Moreno
Fecha de recepción:	20-ago-2020	Periodo de realización de análisis:	20-ago-2020 al 02-sep-2020

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	AM 097A Tabla 8	Resultado
Aceites y grasas	mg/L	-	18,60
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/L	250	168
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500	295
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,57
Fenoles	mg/L	0,2	0,05
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	-	18,20

TÉCNICO RESPONSABLE

**ROSA ALEXANDRA
CORDOVA
MOSQUERA**

Firmado digitalmente por ROSA ALEXANDRA
CORDOVA MOSQUERA
DN: cn=ROSA ALEXANDRA CORDOVA
MOSQUERA, o=EC, ou=PORTOVIEJO
Motivo: Aprobó este documento
Ubicación:
Fecha: 2020-11-09 17:42:05:00

Dra. Rosa Alexandra Córdova Mosquera
DOCTORA EN CIENCIAS
Reg. Senecyt 1921164873

Dirección: Avenida Urbina y Portoviejo 130105
Teléfono: (05) 263-2677 **e-mail:** rosa.cordova@utm.edu.ec



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE MATEMÁTICAS, FÍSICA Y QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Pág.
1 de 1

INFORME DE RESULTADOS No. 44

DATOS GENERALES

Cliente*	Verónica Isabel Moreno Carranza	Teléfono*	0987135128
Dirección*	Calle 05 y Esmeraldas, Quintas Acrópolis	e-mail*	verisal@hotmail.com

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Integridad de la muestra*	Cumple	Lugar de muestreo*	Laboratorio de Química
Tipo de muestra*	Agua residual tratada	Fecha de muestreo*	20-ago-2020
Identificación de la muestra*	Reactor 2.3	Responsable del muestreo*	Verónica Moreno
Fecha de recepción*	20-ago-2020	Periodo de realización de análisis*	20-ago-2020 al 02-sep-2020

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	AM 097A Tabla 8	Resultado
Aceites y grasas	mg/L	-	15,03
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/L	250	159
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	500	287
Índice de Biodegradabilidad	-	-	0,55
Fenoles	mg/L	0,2	0,06
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	-	18,20

TÉCNICO RESPONSABLE

**ROSA ALEXANDRA
CORDOVA
MOSQUERA**

Firmado digitalmente por ROSA
ALEXANDRA CORDOVA MOSQUERA
DN: cn=ROSA ALEXANDRA CORDOVA
MOSQUERA, o=EC-PORTOVIEJO
Motivo: Aprobado este documento
Ubicación:
Fecha: 2020-11-09 17:43:08:00

Dra. Rosa Alexandra Córdova Mosquera
DOCTORA EN CIENCIAS
Reg. Senecyt 1921164873

Dirección: Avenida Urbina y Portoviejo 130105
Teléfono: (05) 263-2677 e-mail: rosa.cordova@utm.edu.ec

Anexo 25. Hoja técnica del PAC.

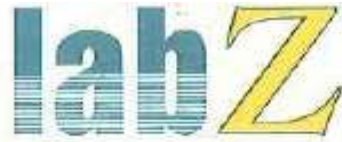
Certificate of Analysis

Product name (品名): POLY ALUMINIUM CHLORIDE		
Number(编号): PAC - low low iron	Appearance(性状): Light Yellow powder	
Grade (等级): Drinking water grade	Production Date (生产日期): 2020-03-09	
Inspection Date (检验日期): 2020-03-09	Expiry Date (保质期): 2022-03-09	
Batch No. (批次): FBZ0200309	02030	
Item (项目)	Standard (标准)	Result (结果)
AL ₂ O ₃ %	≥30	30.1
Basicity %	40-90	80.0
PH value (1% aqueous solution)	3.5-5.0	4.0
water insoluble substance %	≤0.1	0.06
Fe, %	≤0.001	0.001
Pb, %	≤0.0001	<0.0001
As, %	≤0.00001	<0.00001
Cd, %	≤0.0002	<0.0001
Hg, %	≤0.000001	<0.000001
Cr+6 %	≤0.00001	<0.00001

Results (结果): PASS Check (检验): Wang Yan Date (日期): 2020.03.09

杨方方

Anexo 26. Ficha técnica de los EM.



Producción de los Inoculantes

FICHA TÉCNICA

1. CARACTERÍSTICAS

DECON es un complejo de bacterias endémicas de los ecosistemas ecuatorianos que mejoran la calidad de suelos de las camaroneras y suelos acuícolas.

Es un agregado bacterial orgánico compuesto de bacterias nitrificantes y ácido láctico, estreptococos, Levaduras *Sacharomyces* y *Streptomyces* y enriquecido con una solución de aminoácidos y enzimas de alta calidad. Eliminan bacterias perjudiciales a gran escala y puede reproducirse en medios intolerables.

Adaptable a todo tipo de medios de alta contaminación, ácidos o alcalinos, y a todo tipo de salinidad en medios acuáticos o terrestres, contaminación de residuos de petróleo, aceites y grasas y saturación de metales pesados. (Comportamiento eurihalino).

2. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Bacterias Nitrificantes, ácido láctico y estreptococos..... 6.3×10^9 ufc.

Levaduras *Sacharomyces*

Levaduras *Streptomyces*

Caldo de soya 15,00%

Acido láctico 2,00%

Acido Fórmico 1,77%

Vitaminas y minerales 0,20 %

Puerto Santa Ana
Edif. El Astillero 4to. Piso Ofic. 401 mezanine
Teléfonos: (04) 2075403 - (09) 84998733
piazanchi@labz.com.ec * www.labz.com.ec
Guayaquil - Ecuador



Fibra cruda	16,67%
Nitrógeno	1,80%
Aminoácidos	
Vehículo csp	51,31%

3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS:

Color:	Café
Estado:	Sólido polvo granular.
Recuento viable de colonias:	6.3×10^8 UFC
pH:	6,5
Intervalo de resistencia de pH:	2 - 10
Solubilidad:	Moderada (70%)
Gravedad específica:	0,63-0,66

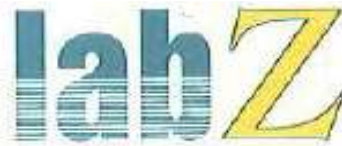
4. USO Y DOSIS

Actúa de manera probiótica y competitiva dentro de un amplio espectro de patógenos gran negativos tales como salmonella, vibrios, coliformes fecales, entre otros, que puedan afectar a vida humana y animal, a través de la competencia por nutrientes para su sobrevivencia y eliminación de colonias bacteriales nocivas por la acción de productos de excreción propios de la **DECON** tales como ácido láctico, ácido fórmico, peróxido de hidrógeno biológico, entre otros.

Mantiene permanencia y acción en medios tóxicos hostiles sean éstos, desechos industriales, domésticos, mineros, agrícolas donde otro tipo de existencia animal o humana colapsaría.

Goza de un buen crecimiento y desarrollo de las colonias de la **DECON** que permitan rivalizar contra el desarrollo desmedido de las colonias patógenas y captar el medio contaminado, recuperándolo de una manera rápida y efectiva.

Puerto Santa Ana
Edif. El Astillero 4to. Piso Ofic. 401 mezanine
Teléfonos: (04) 2075403 - (09) 84998733
piazanchi@labz.com.ec * www.labz.com.ec
Guayaquil - Ecuador



Posee la capacidad de captar cationes de metales pesados en sus superficies celulares e insolubilizarlos, proceso conocido como bioabsorción de metales, en el tratamiento de aguas residuales industriales y permitiendo la remoción de iones metálicos como cobre, cadmio, zinc y hierro. Esto se debe a que las paredes de estas bacterias con carga negativa, captan iones metálicos por absorción, intercambio iónico, micro precipitación y los retienen en su envoltura.

Puede actuar en todo tipo de ambiente debido a su carácter facultativo o anaeróbico que presentan con o en ausencia de oxígeno; a más de presentar compartamiento eurihalino que le permite adaptarse fácilmente en ambientes de aguas dulces, salobres o saladas sin reducir su potencial antibacteriano.

Producen como productos de excreción; peróxido de hidrógeno y ácidos orgánicos naturales que ayudan a disgregar grasas contaminantes del medio u otros compuestos esteéricos a moléculas simples que puedan ser incorporadas y aprovechadas por el medio tales como gliceroles y ácidos grasos.

Hacen viables los desechos orgánicos al digerirlos, disgregarlos y reincorporarlos en forma de aminoácidos esenciales necesarios para plantas y animales.

Producto de aplicación directa o activación aeróbica y anaeróbica.

De acuerdo a la concentración de contaminación se sugiere activarla disolviendo 1 kg de **DECON** en 1000 litros de agua y utilizar 1 litro de esta solución por cada litro de agua contaminada, en porcentajes de 5 a 100% de aplicación.

Puerto Santa Ana
Edif. El Astillero 4to. Piso Ofic. 401 mezanina
Teléfonos: (04) 2075403 - (09) 84998733
piazanchi@labz.com.ec • www.labz.com.ec
Guayaquil - Ecuador

Anexo 27. Toma de muestras de agua residual.



Anexo 28. Muestras después de la oxidación con H_2O_2 (izquierda), neutralización con RpH (centro) y homogenización (izquierda).



Anexo 29. Muestra después de la prueba de tratabilidad.



Anexo 30. Muestra después de la digestión biológica aerobia.

