

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS VF\_actual.docx**

AUTOR

**GOZME RUIZ, ROSMERY PAOLA LEYVA  
A QUISPE, JANET ANGELICA**

RECUENTO DE PALABRAS

**16592 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**91865 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**104 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**51.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**Aug 5, 2024 12:15 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Aug 5, 2024 12:17 PM GMT-5****● 8% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 13 palabras)



**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA  
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN  
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS**  
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.untels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

**TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

- 1). TESIS ( X )      2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ( )

**DATOS PERSONALES**

Apellidos y Nombres:	Leyva Quispe Janet Angelica
D.N.I.:	75332336
Otro Documento:	
Nacionalidad:	Peruana
Teléfono:	971142993
e-mail:	2016100265@untels.edu.pe

**DATOS ACADÉMICOS**

**Pregrado**

Facultad:	FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
Programa Académico:	TESIS
Título Profesional otorgado:	INGENIERO AMBIENTAL

**Postgrado**

Universidad de Procedencia:	
País:	
Grado Académico otorgado:	

**Datos de trabajo de investigación**

Título:	SISTEMA DE ELECTROCOAGULACIÓN Y LOMBRIFILTRO EN EL TRATAMIENTO DEL EFLUENTE INDUSTRIAL DE UNA PLANTA DE FAENAMIENTO AVÍCOLA, LIMA, 2023
Fecha de Sustentación:	01 DE DICIEMBRE DEL 2023
Calificación:	APROBADO POR UNANIMIDAD
Año de Publicación:	2024

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo  No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	<b>info:eu-repo/semantics/openAccess</b> (Para documentos en acceso abierto)	(X)

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	<b>info:eu-repo/semantics/restrictedAccess</b> (Para documentos restringidos)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/embargoedAccess</b> (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/closedAccess</b> (para documentos confidenciales)	( )

(\*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

---

---

Motivos de la elección del acceso restringido:

---

---

---

---

---

LEYVA QUISPE JANET ANGELICA

APELLIDOS Y NOMBRES

75332336

DNI

Firma y huella:



Lima, 07 de Junio del 20 24



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA  
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN  
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS**  
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.untels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

**TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

- 1). TESIS (  )      2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL (  )

**DATOS PERSONALES**

Apellidos y Nombres: GOZME RUIZ ROSMERY PAOLA
D.N.I.: 75984443
Otro Documento: -
Nacionalidad: PERUANA
Teléfono: 939427674
e-mail: 2016100260@untels.edu.pe

**DATOS ACADÉMICOS**

**Pregrado**

Facultad: FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
Programa Académico: TESIS
Título Profesional otorgado: INGENIERO AMBIENTAL

**Postgrado**

Universidad de Procedencia:
País:
Grado Académico otorgado:

**Datos de trabajo de investigación**

Título: SISTEMA DE ELECTROCOAGULACIÓN Y LOMBRIFILTRO EN EL TRATAMIENTO DEL EFLUENTE INDUSTRIAL DE UNA PLANTA DE FAENAMIENTO AVÍCOLA, LIMA, 2023
Fecha de Sustentación: 01 DE DICIEMBRE DEL 2023
Calificación: APROBADO POR UNANIMIDAD
Año de Publicación: 2024



### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo  No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	<b>info:eu-repo/semantics/openAccess</b> (Para documentos en acceso abierto)	(X)

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	<b>info:eu-repo/semantics/restrictedAccess</b> (Para documentos restringidos)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/embargoedAccess</b> (Para documentos con periodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/closedAccess</b> (para documentos confidenciales)	( )

(\*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

---

---

Motivos de la elección del acceso restringido:

---

---

---

---

---

GOZME RUIZ ROSMERY PAOLA

\_\_\_\_\_  
APELLIDOS Y NOMBRES

75984443

\_\_\_\_\_  
DNI

*Rosmery G.*

\_\_\_\_\_  
Firma y huella:



Lima, 07 de Junio del 2024

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“SISTEMA DE ELECTROCOAGULACIÓN Y LOMBRIFILTRO EN EL  
TRATAMIENTO DEL EFLUENTE INDUSTRIAL DE UNA PLANTA DE  
FAENAMIENTO AVÍCOLA, LIMA, 2023”**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR LOS BACHILLERES**

GOZME RUIZ, ROSMERY PAOLA  
ORCID: 0009-0007-7923-7543

LEYVA QUISPE, JANET ANGELICA  
ORCID: 0000-0003-1483-0243

**ASESOR**

RUIZ HUAMÁN, CARMEN MILAGROS  
ORCID: 0000-0003-4844-2281

**Villa El Salvador  
2023**





**DECANATO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AMBIENTAL**

En Villa El Salvador, siendo las **10:40 a.m.** del día **01 de diciembre del 2023**, en la Facultad de Ingeniería y Gestión, los miembros del Jurado Evaluador, integrado por:

PRESIDENTE: **ROBERT RICHARD RAFAEL RUTTE** DNI N° 20054374 C.I.P. N° 68273  
 SECRETARIO: **JULIO CESAR BRACHO PEREZ** DNI N° 43175931 C.Q.P. N° 721  
 VOCAL : **SOFIA VICTORIA MATA ESPINOZA** DNI N° 45096186 C.I.P. N° 137333  
 ASESOR : **CARMEN MILAGROS RUIZ HUAMAN** DNI N° 10021641 C.B.P. N° 5179

Designados mediante Resolución de Decanato N° 361-2023-UNTELS-R-D de fecha 15 de agosto del 2023 quienes dan inicio a la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación de Tesis.

Acto seguido, el (la) aspirante al: Grado de Bachiller  Título Profesional

Doña: **ROSMERY PAOLA GOZME RUIZ** identificado(a) con **D.N.I. N° 75984443** y **JANET ANGELICA LEYVA QUISPE** identificado(a) con **D.N.I. N° 75332336**, procedió a la Sustentación de:

Trabajo de investigación  Tesis  Trabajo de suficiencia  Artículo científico

Titulado: **"SISTEMA DE ELECTROCOAGULACIÓN Y LOMBRIFILTRO EN EL TRATAMIENTO DEL EFLUENTE INDUSTRIAL DE UNA PLANTA DE FAENAMIENTO AVICOLA, LIMA, 2023"**.

Aprobado mediante Resolución de Decanato N° 789-2023-UNTELS-R-D de fecha 20 de noviembre, de conformidad con las disposiciones del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales vigentes, sustentó y absolvió las interrogantes que le formularon los señores miembros del Jurado Evaluador.

Concluida la Sustentación se procedió a la evaluación y calificación correspondiente, resultando el aspirante **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con la nota de: **CATORCE** (letras) **14** (números), de acuerdo al Art. 65° del Reglamento General para optar el Título Profesional.

CALIFICACIÓN		CONDICIÓN	EQUIVALENCIA
NÚMERO	LETRAS		
14	CATORCE	APROBADO POR UNANIMIDAD	BUENO

Siendo las **11:30 a.m.** del día **01 de diciembre 2023**, se dio por concluido el acto de sustentación, firmando el jurado evaluador el Acta de Sustentación, que obra en el Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión.

Dr. **JULIO CESAR BRACHO PEREZ**  
SECRETARIO

Ph.D. **ROBERT RICHARD RAFAEL RUTTE**  
PRESIDENTE

Mg. **SOFIA VICTORIA MATA ESPINOZA**  
VOCAL

**ROSMERY PAOLA GOZME RUIZ**  
BACHILLER

**JANET ANGELICA LEYVA QUISPE**  
BACHILLER

## **DEDICATORIA**

Dedicamos esta tesis a nuestros padres por su apoyo incondicional, por sus consejos y su paciencia a lo largo de nuestra etapa profesional.

A nuestras hermanas y familiares por apoyarnos día a día en la ejecución de nuestro trabajo de investigación.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por darnos salud y permitirnos crecer profesionalmente.

Agradecemos a nuestros padres, hermanas y familiares por siempre impulsarnos a perseguir nuestras metas y nunca abandonarnos frente a las adversidades que se presentaron en la ejecución de nuestra investigación.

Agradecemos a nuestra asesora, la Dra. Carmen Milagros Ruiz Huamán por guiarnos en el desarrollo de la tesis y brindarnos sus conocimientos. Asimismo, a la Srta. Vanessa Chipoco y el Sr. Francisco Román por facilitarnos el uso del laboratorio y los materiales de la UNTELS.

Agradecemos a los siguientes docentes: Dra. Zany Leonor Valencia Reyes, Dr. Miguel Angel Melgarejo Quijandría y el Lic. Mario Rogelio Peláez Osorio por sus contribuciones y asesorías recibidas para la realización de esta tesis.

A nuestros amigos por su orientación y su ayuda en diversos aspectos técnicos durante el desarrollo de nuestra tesis.

## RESUMEN

En la presente investigación se evaluó el tratamiento de electrocoagulación en la reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de un efluente industrial de faenamiento avícola de Villa María del Triunfo (aguas residuales caracterizadas por contener cantidades elevadas de materia orgánica como proteínas, sangre, etc.). En los ensayos se evaluó el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos como: conductividad eléctrica, pH y temperatura.

Asimismo, en este experimento se utilizaron electrodos de aluminio, la muestra funcionó a diferentes intervalos de tiempo de electrocoagulación (20, 30 y 45 minutos) y a diferentes intensidades de corriente (1 A, 2 A, 3 A), el volumen de agua tratada por corrida fue de 3 L y la separación entre electrodos fue de 1 cm.

La disminución de DBO<sub>5</sub> máxima se produjo a una intensidad de 3 A donde se alcanzó una remoción máxima de 53% a los 45 minutos. Adicionalmente, el efluente del sistema de electrocoagulación fue tratado mediante el lombrifiltro obteniendo una eficiencia de 98.6%, confirmando que cumple con los Valores Máximos Admisibles (VMA).

## **ABSTRACT**

In the present investigation, the electrocoagulation treatment was evaluated in the reduction of the Biochemical Oxygen Demand (BOD<sub>5</sub>) of an industrial effluent from poultry slaughter in Villa María del Triunfo (wastewater characterized by containing high amounts of organic matter such as proteins, blood, etc.). In the tests, the behavior of physicochemical parameters such as: electrical conductivity, pH and temperature was evaluated.

Likewise, in this experiment aluminum electrodes were used, the sample operated at different electrocoagulation time intervals (20, 30 and 45 minutes) and at different current intensities (1 A, 2 A, 3 A), the volume of treated water per run was 3 L and the separation between electrodes was 1 cm.

The maximum decrease in BOD<sub>5</sub> occurred at an intensity of 3 A where a maximum removal of 53% was reached at 45 minutes. Additionally, the effluent from the electrocoagulation system was treated using the vermifilter, obtaining an efficiency of 98.6%, confirming that it complies with the Maximum Admissible Values (MAV).

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Motivación.....	3
1.2. Estado del arte.....	3
1.3. Descripción del problema.....	3
1.4. Formulación del problema.....	4
1.4.1. Problema general.....	4
1.4.2. Problemas específicos.....	4
1.5. Objetivos de la investigación.....	4
1.5.1. Objetivo general.....	4
1.5.2. Objetivos específicos.....	5
1.6. Justificación del problema.....	6
II. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes de la investigación.....	7
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	8
2.2. Bases teóricas.....	9
2.2.1. Agua residual.....	9
2.2.2. Parámetros de las aguas residuales de una planta de faenamiento.....	10
2.2.3. Faenado de animales de abasto.....	11

2.2.4. Procesos de una planta de faenado .....	12
2.2.5. Tipos de tratamiento de efluentes de faenamamiento .....	14
2.2.6. Electrocoagulación .....	15
2.2.7. Lombrifiltro o Sistema Tohá .....	19
2.2.8. Lombriz roja californiana .....	21
2.2.9. Aserrín .....	22
2.2.10. Gravas .....	23
2.2.11. Humus.....	23
2.2.12. Marco legal de los Valores Máximos Admisibles (VMA).....	23
III. VARIABLES E HIPÓTESIS .....	25
3.1. Operacionalización de variables .....	25
3.2. Hipótesis de investigación.....	26
3.2.1. Hipótesis General.....	26
3.2.2. Hipótesis Específicas .....	26
IV. METODOLOGÍA.....	27
4.1. Descripción de la metodología .....	27
4.1.1. Diseño de la investigación .....	27
4.2. Implementación de la investigación .....	27
4.2.1. Materiales, equipos e insumos químicos. ....	27
4.2.2. Procedimiento experimental .....	29
4.3. Población y muestra.....	37
4.3.1. Población .....	37
4.3.2. Muestra .....	37
4.4. Técnicas de recolección de datos.....	37
4.4.1. Toma de muestra.....	37
4.4.2. Análisis del laboratorio.....	38

4.5. Instrumentos de recolección de datos .....	43
4.5.1. Validez .....	43
4.5.2. Confiabilidad .....	43
4.6. Resultados.....	45
4.6.1. Caracterización del agua residual industrial .....	45
4.6.2. Resultados del análisis de los parámetros fisicoquímicos a las diferentes intensidades .....	45
4.6.3. Variación de la temperatura promedio en las diferentes condiciones .....	47
4.6.4. Disminución porcentual de la Conductividad eléctrica (CE) en las diferentes intensidades de corriente y tiempo de electrocoagulación. ....	48
4.6.5. Variación del pH promedio en las diferentes condiciones. ....	49
4.6.6. Influencia del tiempo de electrocoagulación e intensidad de corriente en la .....	50
4.6.7. Análisis estadístico .....	52
4.6.8. Resultados del lombrifiltro en la disminución de la DBO5.....	56
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	57
VI. CONCLUSIONES.....	60
VII. RECOMENDACIONES .....	61
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62
ANEXOS .....	72
Anexo 1. Matriz de consistencia.....	72
Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos .....	73
Anexo 3. Informes finales de laboratorio .....	79
Anexo 4. Glosario de términos .....	91
Anexo 5. Precio por energía consumida (kWh).....	93



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Concentraciones promedio por especie faenada.....	12
<b>Tabla 2</b>	Ventajas y desventajas de la electrocoagulación .....	18
<b>Tabla 3</b>	Ventajas y desventajas del lombrifiltro .....	21
<b>Tabla 4</b>	VMA para descargas al sistema de alcantarillado .....	23
<b>Tabla 5</b>	Operacionalización de variables .....	25
<b>Tabla 6</b>	Requisitos de toma de muestra y preservación ANA RJ 010-2016 ANA .....	38
<b>Tabla 7</b>	Metodología del análisis APHA-AWWA-WEF .....	39
<b>Tabla 8</b>	Confiabilidad del análisis de los parámetros .....	43
<b>Tabla 9</b>	Diseño experimental .....	43
<b>Tabla 10</b>	Resultados del diseño experimental.....	44
<b>Tabla 11</b>	Caracterización del agua residual .....	45
<b>Tabla 12</b>	Resultados a 1 A .....	45
<b>Tabla 13</b>	Resultados a 2 A .....	46
<b>Tabla 14</b>	Resultados a 3 A .....	46
<b>Tabla 15</b>	Variación de la Temperatura .....	47
<b>Tabla 16</b>	Disminución porcentual de la conductividad eléctrica (ms/cm).....	49
<b>Tabla 17</b>	Variación del pH.....	50
<b>Tabla 18</b>	Disminución porcentual de la DBO5 (mg/L) .....	51
<b>Tabla 19</b>	Información del factor .....	53
<b>Tabla 20</b>	Análisis de la varianza .....	53
<b>Tabla 21</b>	Método.....	54
<b>Tabla 22</b>	Información del factor .....	54
<b>Tabla 23</b>	Análisis de Varianza .....	54
<b>Tabla 24</b>	Resumen del modelo.....	55
<b>Tabla 25</b>	Comparaciones en parejas de Tukey .....	55
<b>Tabla 26</b>	Disminución de la DBO5 en el lombrifiltro .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Esquema de procesos en una planta de faenado (aves).....	13
<b>Figura 2</b>	Reacciones en la electrocoagulación.....	16
<b>Figura 3</b>	Capas del lombrifiltro .....	20
<b>Figura 4</b>	Prototipo del sistema de electrocoagulación .....	29
<b>Figura 5</b>	Sistema de electrocoagulación .....	30
<b>Figura 6</b>	Ensayos experimentales .....	30
<b>Figura 7</b>	Verificación de intensidad de corriente.....	31
<b>Figura 8</b>	Toma del tiempo durante la electrocoagulación .....	31
<b>Figura 9</b>	Vaciado de efluente a un envase de 1 L.....	32
<b>Figura 10</b>	Sedimentación .....	32
<b>Figura 11</b>	Medición de pH en la muestra .....	32
<b>Figura 12</b>	Medición de conductividad eléctrica en la muestra .....	32
<b>Figura 13</b>	Obtención de muestra para análisis de DBO5.....	33
<b>Figura 14</b>	Traslado de muestras a laboratorio .....	33
<b>Figura 15</b>	Muestras para análisis .....	34
<b>Figura 16</b>	Lombrices Eisenia foetida.....	34
<b>Figura 17</b>	Adaptación con el agua residual industrial .....	34
<b>Figura 18</b>	Medición de pH con papel tornasol .....	35
<b>Figura 19</b>	Lombrifiltro.....	36
<b>Figura 20</b>	Procesos en conjunto.....	36
<b>Figura 21</b>	Vaciado de efluente obtenido del sistema de electrocoagulación.....	37
<b>Figura 22</b>	Muestra obtenida del lombrifiltro .....	37
<b>Figura 23</b>	Toma de muestra .....	38
<b>Figura 24</b>	pH metro y soluciones Buffer .....	40
<b>Figura 25</b>	Calibración de pH metro .....	40
<b>Figura 26</b>	Calibración del equipo CE .....	41
<b>Figura 27</b>	Termómetro.....	42
<b>Figura 28</b>	Variación de la Temperatura (° C).....	48
<b>Figura 29</b>	Disminución porcentual de la CE .....	49
<b>Figura 30</b>	Variación del pH con respecto a la Intensidad y tiempo.....	50

<b>Figura 31</b> Disminución porcentual de la DBO5 .....	51
<b>Figura 32</b> Gráfico de contorno.....	52
<b>Figura 33</b> Diferencia de las medias en la remoción de DBO5 .....	55

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital para la satisfacción de las necesidades de la población y las actividades productivas esenciales para el desarrollo económico; sin embargo, la ejecución de ellas genera gran cantidad de aguas residuales (ANA, 2016). A nivel mundial, más del 80% de las aguas residuales municipales e industriales son vertidas al medio ambiente sin previo tratamiento (WWAP, 2019).

Una de las actividades productivas, son las industrias de faenado de animales y procesado de carne que producen altos volúmenes de aguas residuales con concentraciones muy elevadas de materia orgánica (Sandogoyin y Agbawhe, 1992), siendo una situación crítica ya que las aguas servidas que son vertidas por los mataderos contienen alta cantidad de demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) sólidos en suspensión y aceites (Escobar, 2014).

El faenado avícola es una actividad que consume agua en abundancia, ya que requiere un consumo estimado entre 15 a 20 litros por ave en todas las etapas de la línea de producción conllevando así a una alta generación de aguas residuales con elevadas cargas contaminantes (Paulatista et al., 2018). Son los procesos de sangrado y evisceración las cuales aportan gran cantidad de carga orgánica como proteínas, grasas, heparina, sales biliares, elementos patógenos y concentraciones de nitrógeno (Comisión Nacional del Medio Ambiente- Región Metropolitana, 1998). Debido a ello, el efluente del matadero de aves requiere de sistemas de tratamiento que cumplan con los estándares mínimos de eliminación indicados por la legislación (Paulatista et al., 2018).

En la actualidad existen tecnologías emergentes para tratar las aguas residuales, basado en los procesos electroquímicos como la técnica de la electrocoagulación (Barboza, 2011). Es un tratamiento muy útil que implica el uso de un ánodo donde ocurre las reacciones de oxidación generando iones metálicos que se encargan de desestabilizar los contaminantes coloidales mientras que el cátodo se da la reducción (Ensano et al., 2019). Esta tecnología es un proceso amigable con el ambiente ya que no se adiciona productos químicos. No obstante, no es totalmente efectivo en la reducción de DBO<sub>5</sub> soluble (Arango, 2005).

En el proceso biológico los microorganismos que se encuentran en el sistema se alimentan de los diferentes compuestos orgánicos presentes en el agua residual conllevando a la remoción orgánica (Montiel, 2011). Asimismo, los filtros biológicos son eficaces cuando la concentración de los contaminantes varía de baja a media (Apaza, 2018).

El uso de ambos procesos resulta beneficioso ya que combina las ventajas de cada tecnología para el tratamiento de aguas residuales industriales de alta resistencia (Bustillo, 2017).

Es por ello, la presente investigación plantea el sistema de electrocoagulación seguido de un lombrifiltro para realizar el tratamiento óptimo de las aguas residuales industriales del faenamiento avícola situado en Villa María del Triunfo, con el fin de reducir la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y cumplir con los Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario (D. S. N° 010-2019-VIVIENDA, 2019).

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Motivación

La principal motivación para realizar este trabajo de investigación es la necesidad actual por el desarrollo de mecanismos que reduzcan la concentración de carga contaminante en aguas residuales. Otro factor que nos motiva es nuestra familia, por su apoyo y confianza depositada en nosotras. En lo profesional, obtener el grado de ingeniera ambiental, ya que de esta manera podremos culminar con la carrera profesional.

### 1.2. Estado del arte

La recopilación de información de este plan de tesis se dio a partir de estudios de investigación, artículos científicos, tesis, libros, manuales, etc. Para los antecedentes se consideró bibliografía de no menor a 5 años a nivel internacional y nacional. Debido a que se está trabajando con dos sistemas, primero se revisó la información de los sistemas por separado y después se buscó información de la unión de los mecanismos. En la metodología, las características del proceso de electrocoagulación se mantendrán en el rango operacional de los antecedentes. El lombrifiltro, al trabajar como un sistema secundario, será el aporte y se contrastará que el efluente final cumpla con los valores máximos admisibles.

### 1.3. Descripción del problema

A nivel mundial, aproximadamente el 80% de las aguas residuales regresan al ambiente sin ser tratadas, lo que ocasiona en las personas enfermedades como el cólera y la esquistosomiasis (WWAP, 2019). En el Perú, el río Rímac es la principal fuente de abastecimiento de agua, sin embargo, en su trayecto presenta diversos puntos de contaminación como vertimientos industriales, aguas residuales domésticas y de riego, botaderos de residuos sólidos y pasivos ambientales. La alteración es perceptible, debido a que, en algunos sectores cercanos a las lavanderías y empresas textiles, el río presenta una coloración azul y grisácea (aquafondo, 2015).

Una de las fuentes principales de contaminación son las plantas de faenamiento, debido a que la producción de carne de res, aves, etc. se ha duplicado en las últimas décadas (Bustillo, 2017) variando proporcionalmente según el crecimiento poblacional. Estas industrias requieren

grandes volúmenes de agua para sus operaciones, por ende, generan una cantidad considerable de efluentes que contienen elevados niveles de materia orgánica, nutrientes y fertilizantes, lo que resulta un riesgo para los componentes ambientales y la salud humana (Reilly et al, 2019).

La electrocoagulación es un método que se ha estado usando para el tratamiento de diversos efluentes, resaltando por su versatilidad y compatibilidad con el medio ambiente (Koby et al., 2006). Los filtros biológicos se utilizan principalmente para que el agua residual entre en contacto con la biopelícula que se forma en la superficie (Romero, 1999).

Por otro lado, usar ambos procesos resulta beneficioso ya que combina las ventajas de diferentes tecnologías para el tratamiento de aguas residuales industriales de alta resistencia (Bustillo, 2017).

Por todo lo detallado anteriormente, este trabajo de investigación tiene como objetivo general contribuir a la descontaminación de las aguas residuales planteando un sistema de electrocoagulación seguido de un lombrifiltro a escala laboratorio como alternativa para remover la carga contaminante presente.

#### **1.4. Formulación del problema**

##### ***1.4.1. Problema general***

- ¿Cuál será la máxima reducción de la DBO<sub>5</sub> en las aguas residuales de un efluente industrial mediante un sistema de electrocoagulación?

##### ***1.4.2. Problemas específicos***

- ¿Cuáles son las condiciones óptimas que favorecen en la disminución de la DBO<sub>5</sub> en las aguas residuales de un efluente industrial mediante un sistema de electrocoagulación?
- ¿Cuál será el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del efluente industrial mediante el sistema de electrocoagulación?
- ¿El tratamiento del efluente del sistema de electrocoagulación mediante un lombrifiltro cumple con los Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario?

#### **1.5. Objetivos de la investigación**

##### ***1.5.1. Objetivo general***

- Reducir la DBO<sub>5</sub> en las aguas residuales de un efluente industrial mediante un sistema de electrocoagulación.

### ***1.5.2. Objetivos específicos***

- Determinar las condiciones óptimas que favorecen en la disminución de la DBO<sub>5</sub> en las aguas residuales de un efluente industrial mediante un sistema de electrocoagulación.
- Evaluar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del efluente industrial mediante el sistema de electrocoagulación.
- Determinar si el tratamiento del efluente del sistema de electrocoagulación mediante un lombrifiltro cumple con los Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.



## **1.6. Justificación del problema**

El vertimiento de aguas residuales sin previo tratamiento contamina los cuerpos de agua generando focos infecciosos para la salud humana, flora y fauna (OEFA, 2014). Tal es el caso, los efluentes de una planta de faenamiento contienen una alta carga orgánica, razón por la cual, la industria debe contar con un sistema de tratamiento de manera obligatoria (D. S. N° 015-2012-AG, 2012).

La electrocoagulación es un sistema respetuoso con el ambiente, ya que, no requiere la adición de químicos adicionales y genera una cantidad mínima de lodos. Además, es un tratamiento que no necesita constante mantenimiento y se puede ejecutar en espacios reducidos (Barboza, 2011). No obstante, no es totalmente efectivo en la reducción de DBO<sub>5</sub> soluble (Arango, 2005). Por otro lado, los filtros biológicos son eficaces cuando la concentración de los contaminantes varía de baja a media. El uso de ambos procesos es efectivo en la remoción de contaminantes, ya que, la electrocoagulación tiene el deber de la remoción del gran porcentaje de carga orgánica mientras que el tratamiento biológico complementa eficazmente el proceso (Apaza, 2018), siendo una buena alternativa para el tratamiento de los efluentes del camal debido que contienen una alta cantidad de carga orgánica.

Mediante este mecanismo, las aguas residuales industriales tratadas pueden ser recirculadas en las operaciones de la industria (Reilly et al., 2019), evitándose así costos por abastecimiento. Asimismo, el agua tratada puede ser reusada para riego de vegetales, áreas verdes, etc., ya que trae beneficios, como: aportar nutrientes para los cultivos, reducir la contaminación ambiental, satisfacer la demanda de escasez del recurso hídrico esto debido al crecimiento poblacional, la urbanización y el cambio climático (Del Castillo y Meseth, 2015).

Es por ello, que el presente trabajo de investigación plantea un sistema de electrocoagulación seguido de un lombrifiltro para el tratamiento óptimo de los efluentes provenientes de un centro de faenamiento, con el fin de cumplir con los Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario (D. S. N° 010-2019-VIVIENDA, 2019).

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Castillo & Chimbo (2021) ejecutaron un sistema de lombrifiltro para evaluar la eficiencia de remoción de materia orgánica de las aguas residuales domésticas provenientes de una zona rural. El tratamiento estaba formado por cuatro capas: aserrín + *Eisenia foetida*, carbón activado, grava y piedras de río. En la experimentación realizaron 3 tratamientos, evaluando el caudal a  $1.8 \times 10^{-2}$  l/s,  $3.4 \times 10^{-2}$  l/s y  $1.13 \times 10^{-2}$  l/s, y el TRH a 0.92 h, 0.49 h y 0.15 h obtenido en base a los caudales mencionados. Como resultado indicaron que se logró alcanzar los mayores porcentajes de remoción con un flujo volumétrico de  $1.8 \times 10^{-2}$  l/s y TRH de 0.92 h obteniendo 52.25 % para DBO<sub>5</sub> y DQO, 66.74 % de SST y 52.91 % de ST.

Akansha (2020) trabajó con las aguas residuales de la industria lechera mediante un proceso combinado de electrocoagulación aireada y fitorremediación. En la electrocoagulación se probó el efecto de varios parámetros operativos como la combinación de electrodos de Al-Fe, el pH y el voltaje. La máxima eficiencia en eliminación de la DQO fue 86,4% con aireación usando electrodos de Al-Fe a 120 minutos de tiempo de reacción, pH inicial 7, voltaje 5 V. La eficiencia del sistema sin aireación fue de 74% en remoción de DQO usando electrodos de Fe-Al y cuando se utilizó un proceso combinado de electrocoagulación y fitorremediación logró una eliminación de DQO del 97%.

Emerick et al. (2020) aplicaron procesos de electrocoagulación-flotación y de electrocoagulación-flotación asistida por ultrasonidos para tratar aguas residuales de los mataderos de cerdos, donde usaron electrodos de Al y Al/Fe evaluando la corriente, el pH y el tiempo. Las condiciones óptimas del primer proceso fueron a una corriente de 5 A, un tiempo de 60 min, utilizando el electrodo de Al a una distancia de 10 mm, ya que, lograron una remoción de la turbiedad 97.4%, color 97%, DBO 93% y aceites y grasas 90%. Obtuvieron resultados similares en el segundo proceso, pero a un tiempo de tratamiento de 25 min.

Pratiwi et al. (2021) realizaron estudios utilizando aguas residuales de la industria de joyería, la celda de electrocoagulación tenía una capacidad de 1,5 m<sup>3</sup>, la unidad de filtración (carbón de sílice) era de 250 L y el humedal tenía una capacidad de 14 m<sup>3</sup>. Las aguas residuales se neutralizaron en un rango de pH de 6 a 8. Los mejores resultados se obtuvieron a un tiempo

de electrocoagulación de 60 min logrando reducir TSS (71 %), DQO (91 %), Cu (95 %), CN (96 %) y aceite y grasa (71 %). En consecuencia, la calidad de las aguas residuales tratadas cumplió con los estándares locales de calidad del agua, por lo que obtuvo un permiso de tratamiento de aguas residuales (IPLC) del gobierno local.

Bow et al. (2020) utilizaron el método combinado de filtración y electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales de la industria de galvanoplastia donde los parámetros observados fueron el total de sólidos disueltos (TDS), el pH, la conductividad y el contenido de Cr y Ni antes y después del tratamiento. Las variables fueron el tiempo de tratamiento 30, 60, 90, 120 y 150 min y la distancia entre las placas de electrodos fueron 1, 2 y 3 cm.

El agua residual pasó primero por el filtro de carbón activado y la arena de sílice, luego por el proceso de electrocoagulación mediante electrodos de aluminio y finalmente pasó por un filtro de cartucho y un filtro de ósmosis inversa (OI). Los resultados muestran que los valores óptimos se dan a un tiempo de tratamiento de 150 minutos y a una distancia entre electrodos de 1 cm. El valor de pH aumentó de 5,63 a 7,89, los TDS disminuyeron de 234 ppm a 73,6 ppm, la conductividad disminuyó de 1466  $\mu\text{s} / \text{cm}$  a 148,5  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , el Cr y Ni han disminuyeron de 8,43 ppm a 0,29 ppm y de 9,288 ppm a 0,893 ppm respectivamente.

### ***2.1.2. Antecedentes nacionales***

Araujo et al. (2021) desarrollaron un proceso combinado para tratar el agua residual del camal de Conchucos, mediante la coagulación química con polímero de aluminio (PAC) y la electrocoagulación llevada en un reactor electroquímico con 6 electrodos de acero de 10 x 10 cm y separación de 1 cm. Se determinó que los parámetros óptimos fueron: tiempo de agitación 25 minutos y concentración de coagulante 261,4 ppm, para la coagulación química; caída de tensión a 12 Voltios y tiempo de 30 minutos para la electrocoagulación. Como resultado se obtuvo la remoción de DQO, DBO<sub>5</sub> y TSS con porcentajes de 78.5%, 79.04% y 51.31% respectivamente.

Cueva & Pereda (2020) utilizaron el proceso de electrocoagulación para el tratamiento de aguas provenientes de un camal utilizando electrodos de acero y aluminio, los parámetros modificados fueron intensidad de corriente de 8, 10 y 12 Amperios con tiempos de reacción de 20, 25 y 30 min; los mejores resultados se obtuvieron a un tiempo y amperaje de 30 min a 12

Amperios respectivamente, donde se obtuvo una remoción de DQO de un 94.27%, DBO<sub>5</sub> de un 87.78 %, SDT de un 88.45%, Grasas y aceites de un 98.22% y Turbidez de un 90.06%.

Castillo (2020) utilizó el proceso de vermifiltración y jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para reducir los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas residuales domésticas. Planteó tres estudios piloto: tres columnas verticales de 65 cm de altura y 20 cm<sup>2</sup> de ancho conformado por mezcla de sustrato orgánico e inorgánico en diferentes proporciones, y tres columnas horizontales de 60 cm<sup>2</sup> donde colocó la planta de jacinto de agua. Los vermifiltros trabajaron a un flujo de agua constante de 12 lt/300 minutos y se varió la retención hidráulica en 110 minutos, 130 minutos y 90 minutos. Se logró la reducción de los parámetros de hasta 99.4% de Aceites y Grasas, 45.8% de Coliformes Termotolerantes, 82.2% de DBO y 94.9% de SST a un TRH de 130 minutos, y del 64.8% de DQO con un TRH de 90 minutos, asimismo se logró mantener el rango de los parámetros de pH y temperatura dentro de la normativa.

Arce et al. (2019) aplicaron el método de electrocoagulación a flujo continuo con electrodos de aluminio, las máximas eficiencias fueron de 94% de turbiedad, 21% de sólidos totales disueltos, 51% de DBO<sub>5</sub>, 94% de aceites y grasas, 63% de DQO bajo condiciones de 40 A y a un caudal de 26 L/hora. Sin embargo, estos resultados no cumplen con los estándares de calidad ambiental por lo cual el autor recomienda usar un segundo tratamiento aerobio y realizar un sistema automatizado de recojo de espuma.

Bermúdez (2019) elaboró un biofiltro de lombrices (*Eisenia foetida*) o sistema Tohá, aserrín y graba para el tratamiento del efluente de un camal municipal de Chimbote, trabajó con un volumen de muestra de 20 litros realizando una caracterización del antes y después del agua tratada. Obteniendo una reducción de DQO del 80.82%, DBO<sub>5</sub> de un 81.36%, aceites y grasas 89.59%, coliformes termotolerantes en un 97.39%, nitratos 72.47%, sólidos totales suspendidos 97.77% y la turbidez en un 52.31%.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Agua residual**

Son aguas cuya calidad inicial ha sido modificada por las diferentes actividades del hombre, es por ello que, se debe realizar un previo tratamiento antes de ser reutilizadas, vertidas a un cuerpo hídrico o descargadas a la red de alcantarillado (OEFA, 2014). También se define

como aquellas aguas que se generan del sistema de abastecimiento de una población, luego de haber sufrido modificaciones por diferentes usos de las actividades humanas siendo recogidas por la red de alcantarillado (Rolim, 2000, como se citó en Arocutipa, 2013). Las aguas residuales son clasificadas según la fuente generadora (OEFA, 2014):

**Aguas residuales domésticas:** Son aquellas aguas que resultan del uso comercial y residencial, con alto contenido de desechos fisiológicos que se generan de las actividades humanas.

**Aguas residuales municipales:** Son generadas del uso doméstico que pueden estar combinadas con aguas de drenaje pluvial o de origen industrial con tratamiento previo, que deben ser evacuadas en las redes de alcantarillado de tipo combinado.

**Aguas residuales industriales:** Son aguas que se generan de los procesos de producción como de las actividades mineras, agrícolas, agroindustriales, energética, etc.

### ***2.2.2. Parámetros de las aguas residuales de una planta de faenamiento***

Las aguas provenientes de las industrias de faenamiento y el procesamiento de las carnes son similares. Los parámetros que se deben evaluar son DBO<sub>5</sub>, pH, SST, Aceites y grasa, Coliformes Totales, SDT, Color, Turbiedad, sustancias tóxicas (Muñoz, 2005).

**Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):** Determina el oxígeno requerido por los organismos para degradar la carga orgánica de aguas residuales, a través de sus procesos metabólicos. Se utiliza la prueba de la DBO<sub>5</sub> para medir la cantidad de materia orgánica biológicamente oxidable en el efluente y evaluar su calidad (Barboza, 2011).

**pH:** Es el valor que calcula las concentraciones de iones hidrógeno presentes en la muestra. La escala de medición está entre el 0 y 14, los valores por debajo del 7 son sustancias ácidas, por encima del 7 son sustancias básicas y en la escala 7 es neutra (DIGESA, s.f.).

**Aceites y grasas:** Son sustancias insolubles en líquidos menos densos que el agua, pero solubles en disolventes orgánicos, en las aguas residuales se depositan en la superficie formando natas y espumas (D. S. N° 001-2015-VIVIENDA, 2015).

**Sólidos suspendidos totales (SST):** Son aquellas sustancias orgánicas o inorgánicas detenidas por una fibra de vidrio que luego es secada a una alta temperatura (D. S. N° 001-2015-VIVIENDA, 2015).

Sólidos totales disueltos (STD): Comprenden las sales inorgánicas como el calcio, magnesio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos, y también pocas cantidades de materia orgánica. Estas sustancias son provenientes de fuentes naturales, aguas residuales, escorrentía urbana, etc. (OMS, 2011)

Color: Se debe a muchos factores como la presencia de sustancias en el líquido que indica el color verdadero o real, sustancias en suspensión que muestra un color aparente y materia coloidal como la materia orgánica, minerales y residuos de industrias (Barrera, 2014).

Turbiedad: Es un parámetro que representa la estética del agua, esto debido a la existencia de partículas en suspensión y disueltas como la arcilla, materia orgánica e inorgánica, solubles coloridos, también puede ser por los microorganismos adheridos. Su determinación está basada en las propiedades ópticas de la suspensión que origina que la luz se disperse o se absorba (Barrera, 2014).

Oxígeno disuelto: Es un indicador de la contaminación y es fundamental para dar vida a las especies vegetales y animales, cuanto más alto es el oxígeno disuelto habrá una mejor calidad de agua. Si el valor del OD se encuentra entre 0-4 mg/L la calidad es baja, a un intervalo de 4.1-7.9 mg/L es aceptable, y valores que están entre 8-12 mg/L indica una buena calidad (Barrera, 2014).

### ***2.2.3. Faenado de animales de abasto***

Consiste en sacrificar a los animales para obtener carne y productos cárnicos. Los lugares donde se realizan estas actividades son denominados camales o mataderos (Tamani, 2017).

Uno de los principales impactos ambientales provocados por la industria cárnica es el vertido de las aguas residuales con altas concentraciones de DBO<sub>5</sub> sin previo tratamiento, no sólo por el impacto ambiental al agua, sino por el impacto a la salud pública generado por esta contaminación. Se estima que de un 80% a un 95% del agua que se usa se desecha, la concentración de contaminantes depende del tipo y cantidad de especies sacrificadas, así como también, de la tecnología empleada y otros factores (Signorini et al., 2006). A continuación, se muestra una tabla de concentraciones promedio en el efluente de una planta de faenamamiento.

**Tabla 1***Concentraciones promedio por especie faenada*

Parámetro (unidad)	Especies faenadas		
	Porcinos	Bovinos	Aves
DBO <sub>5</sub> mg /L	1250	2000	1550
DQO mg / L	2500	4000	2500
Sólidos suspendidos mg/ L	700	1600	ND
Nitrógeno total mg/ L	150	180	150 - 400
Fósforo total mg / L	25	27	16 - 50
Grasa mg / L	150	270	ND
pH	7.2	7.2	ND

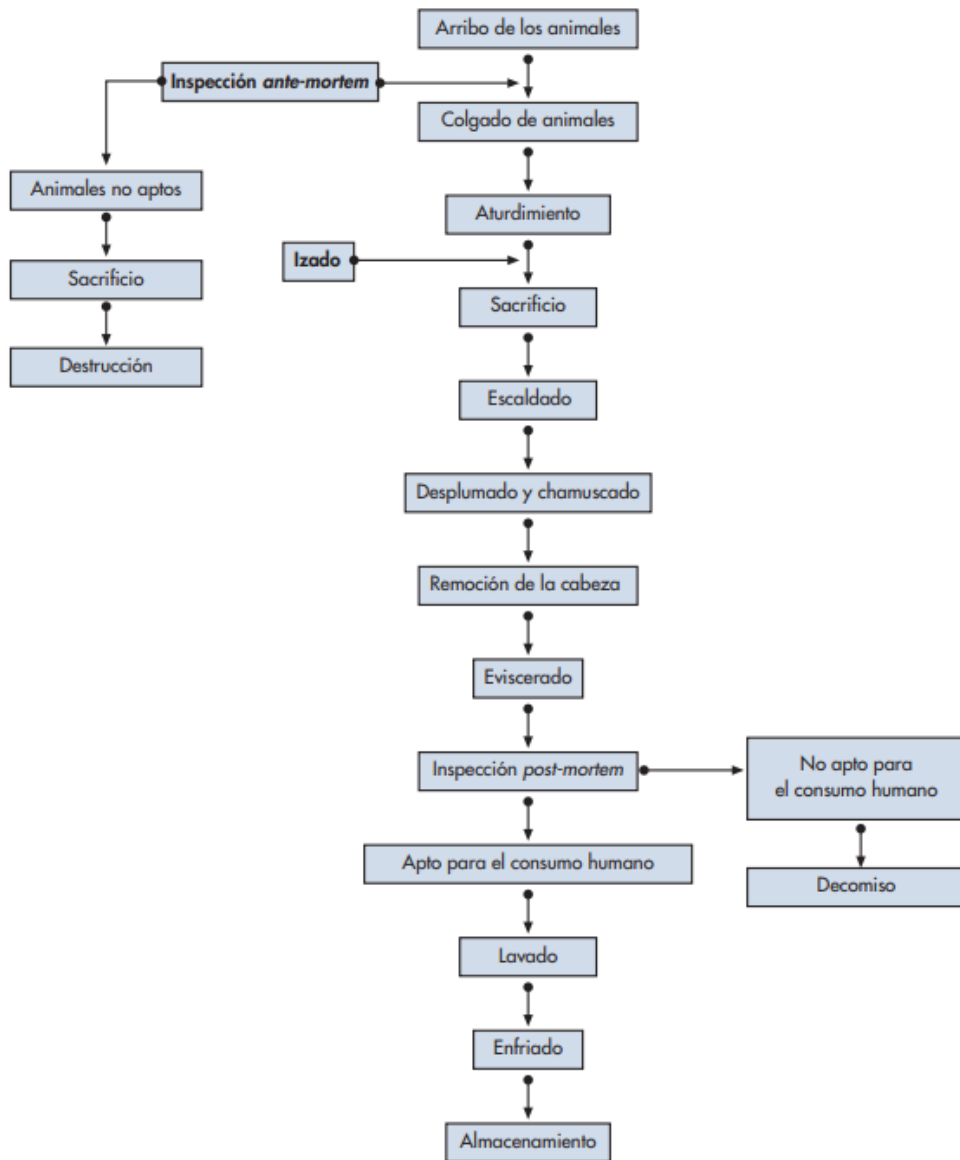
Nota: Datos tomados de Signorini et al. (2006), como se citó en COWI y UNEP (2000).

#### **2.2.4. Procesos de una planta de faenado**

La primera actividad se da en el área de lavado donde se retira la suciedad de los animales. Luego, se da el aturdimiento donde se insensibiliza a los animales para sacrificarlos. En el proceso de degüello se genera sangre, restos de grasa, piel y otras partes del animal; en el desuello, se generan restos de patas y colas y en el eviscerado, se extraen las vísceras del animal. Posteriormente, en la etapa de la división de la carcasa, se extrae la piel del animal. Los residuos generados en el proceso son clasificados y almacenados para la venta. En el desengrase se realiza la extracción de los tejidos adiposos. Finalmente, en la inspección y lavado final se verifica la limpieza total y se clasifica los residuos para generar un registro de las condiciones del animal beneficiado. Se cuenta con un área para que los animales sean oreados y se eliminen los malos olores. Todos los efluentes generados como: la sangre y las aguas residuales, son canalizadas y almacenadas en los pozos de agua residual (Arce, 2019).

**Figura 1**

*Esquema de procesos en una planta de faenado (aves)*



Nota: La figura muestra los procesos de una planta faenado. Fuente: Signorini et al. (2006).



### **2.2.5. Tipos de tratamiento de efluentes de faenamiento**

Los métodos de tratamiento de agua residual de una planta de faenamiento son similares a los de agua residual municipal, incluye tratamiento primario, secundario y terciario. Después del tratamiento preliminar, existen diversos métodos que se clasifican en 4 categorías: tratamiento físico químico, tratamiento biológico, AOP y procesos combinados. A continuación, se muestran una serie de tratamientos para este tipo de efluentes (Bustillo, 2017).

#### **2.2.5.1. Tratamiento preliminar.**

Consiste en separar sólidos y partículas grandes de la porción líquida. Las operaciones unitarias más comunes son: cribas, tamices y filtros.

#### **2.2.5.2. Tratamiento fisicoquímico.**

Coagulación-floculación y sedimentación: Las partículas coloidales se agrupan formando flóculos. Las primeras están cargadas negativamente, lo que lo hace estable, para ello se agregan iones cargados positivamente para desestabilizar las partículas y facilitar la sedimentación. Los coagulantes inorgánicos son el sulfato de aluminio, el cloruro férrico y el sulfato férrico etc. Tiene eficiencias del 80% para DBO, COD y TSS.

#### **2.2.5.3. Flotación por aire disuelto.**

Consiste en la separación líquido-sólido por inducción de aire. La grasa y sólidos generan una capa de lodo, además, se pueden agregar coagulantes para mejorar la efectividad para la eliminación de DQO y DBO5 hasta un 75%.

#### **2.2.5.4. Electrocoagulación.**

Este proceso genera iones  $M^{+3}$ , principalmente  $Fe^{+3}$  y  $Al^{+3}$ , interactúan con iones  $H^+$  y  $OH^-$  en condiciones ácidas o alcalinas. En consecuencia, pueden lograr eficiencias de eliminación de hasta 80, 81, 84, 85 y 96% para DBO, TSS, TN, DQO y color, respectivamente

#### **2.2.5.5. Procesos de membrana.**

Incluyen microfiltración (MF), ultrafiltración (UF), nanofiltración (NF) y ósmosis inversa (RO), con eficiencias generales de hasta el 90%. El principal inconveniente, es el ensuciamiento de la membrana cuando se tratan aguas residuales de alta resistencia debido a la formación de capas de bioincrustación.

#### **2.2.5.6. Tratamiento anaeróbico.**

Método preferido por su efectividad en el tratamiento de efluentes concentrados, los compuestos orgánicos se degradan en ausencia de oxígeno. Entre ellos, destacan: un digestor anaeróbico, un

filtro anaeróbico, una laguna anaeróbica, tanques sépticos y una capa de lodo anaeróbico de flujo ascendente (UASB). Se necesita un tratamiento aeróbico adicional para lograr la máxima eficiencia.

#### **2.2.5.7. Tratamiento aeróbico.**

Los costos operativos de los sistemas aeróbicos son elevados, a comparación de los sistemas anaeróbicos debido a los requisitos de mantenimiento y energía para la oxigenación artificial, las operaciones unitarias más usadas son: contactores biológicos rotativos (RBC) y reactores discontinuos de secuenciación (SBR).

#### **2.2.5.8. Procesos de oxidación avanzados.**

Es un tratamiento complementario al primario o secundario, apto para que los efluentes sean reutilizados. Incluyen, radiación gamma, ozonización, tecnología de ultrasonido (UST), UV / H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, UV / O<sub>3</sub> y fotocatalisis, entre otros, para la oxidación y degradación de materia orgánica. Sus principales ventajas son las altas velocidades de reacción y el tiempo de tratamiento muy reducidos.

### **2.2.6. Electrocoagulación**

La electrocoagulación es una técnica donde los contaminantes son removidos siguiendo el principio de coagulación, pero sin la adición de químicos. Esto sucede por la aplicación de corriente eléctrica al medio líquido conducido por placas metálicas (Chen, 2004).

#### **2.2.6.1. Proceso de electrocoagulación.**

En los electrodos ocurren diferentes reacciones, el ánodo (electrodo de sacrificio) se disuelve y proporciona iones metálicos y el cátodo permanece sin disolverse liberando hidrógeno. Este gas ayuda en la flotación de partículas.

Estos iones desestabilizan las cargas eléctricas que poseen las partículas contaminantes, para luego neutralizarlas y eliminarlas. Este último proceso se podría dar por dos vías: por reacciones químicas y precipitación y por procesos físicos de agregación de coloides que dependiendo de su densidad pueden flotar o precipitar (Arango, 2014).

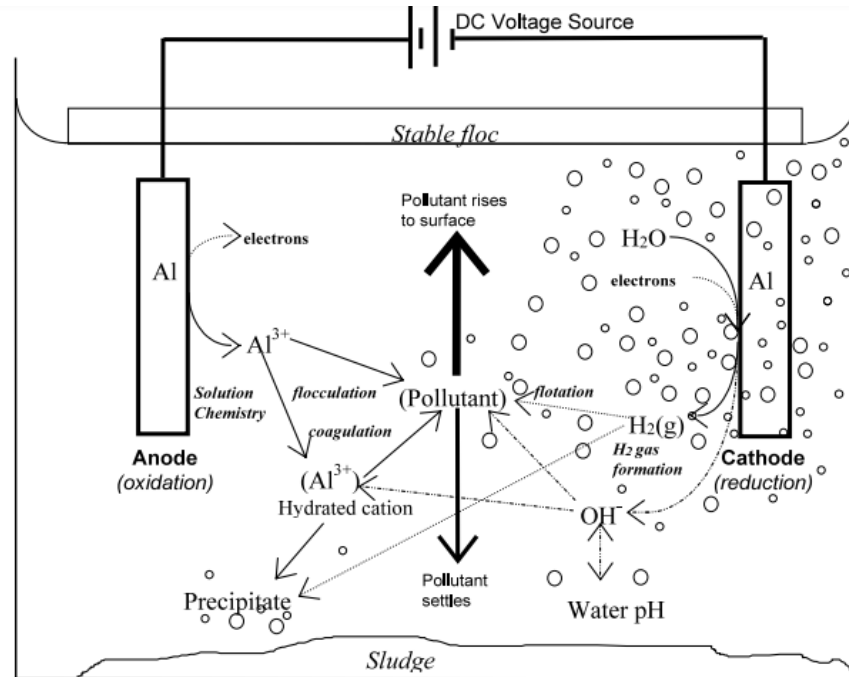
En el proceso de electrocoagulación ocurren tres fenómenos importantes (Rodríguez et al., 2010):

- Las reacciones electrolíticas en la superficie del electrodo

- La formación de coagulante en el medio acuoso y la adsorción de contaminantes coloidales o solubles.
- La separación por flotación o sedimentación, debido a las burbujas de hidrógeno generadas por el cátodo

**Figura 2**

*Reacciones en la electrocoagulación*



Nota: La figura muestra las reacciones que ocurren en una celda de electrocoagulación. Fuente: Holt et al. (2002).

### 2.2.6.2. Factores que afectan al proceso de electrocoagulación.

#### 2.2.6.2.1. Materiales de los electrodos.

Los materiales más usados son los de aluminio o hierro, pero también se usan electrodos de zinc, titanio, cobre, etc. Tienen a disminuir su eficiencia cuando el lodo o las partículas contaminantes se depositan en el ánodo (Gupta y Ali, 2013, como se citó en Gallardo, 2019).

#### 2.2.6.2.2. pH.

Este factor varía durante el proceso de electrocoagulación, para aguas residuales ácidas el pH tiende a incrementarse atribuido a la producción de hidrógeno que emite el cátodo y para las aguas residuales alcalinas el pH tiende a disminuir. Las remociones más eficientes se han obtenido a valores de pH cercanos a 7 (Chen, 2004).

#### **2.2.6.2.3. Densidad de corriente.**

Es un parámetro de importancia debido a que está ligado al factor económico (Arango, 2014). Varía de forma directa con la eficiencia de la remoción y el consumo de energía, un incremento de conductividad podría conllevar a un consumo mayor de energía. Esta situación conduce a pérdidas por la transformación de esta a energía calorífica produciendo un aumento de la temperatura (Larue et al., 2003, como se citó en Arango, 2014). Por otro lado, el uso de una densidad de corriente elevada disminuye la eficiencia (Chen, 2004).

#### **2.2.6.2.4. Conductividad.**

Varía de forma directa con la densidad de corriente. La adición de electrolitos como NaCl o CaCl<sub>2</sub> aumenta la conductividad en el agua residual. Asimismo, los iones del cloruro podrían reducir los efectos negativos de iones carbonatos o sulfatos, estos últimos producen una capa insoluble sobre los electrodos disminuyendo la eficiencia de la densidad de corriente (Chen, 2004).

#### **2.2.6.2.5. Temperatura.**

Se atribuye el aumento de la temperatura al incremento de la eficiencia, asimismo, esto se debe al aumento de la actividad de destrucción de la película de óxido de aluminio en la superficie del electrodo (Arango, 2014).

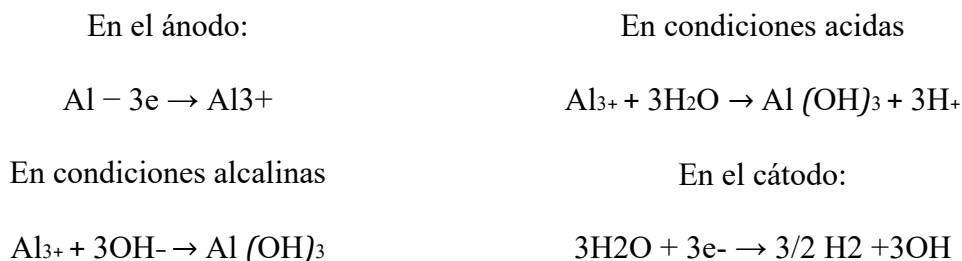
#### **2.2.6.2.6. Distancia entre electrodos.**

Una menor distancia entre electrodos favorece la formación de flóculos, debido a que la resistencia disminuye (Acosta et al., 2013, como se citó en Gallardo, 2019). A una mayor distancia se incrementa la diferencia de potencial y con ello la intensidad de corriente ya que las soluciones poseen resistencia al paso de corriente (Nelson et al., 2004, como se citó en Gallardo, 2019).

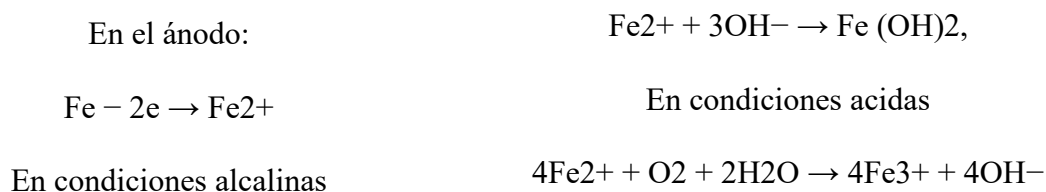
Los tratamientos se hacen prolongados cuando las separaciones son inferiores a 10 mm. Además, presentan atascamientos por deposición de lodo sobre la superficie de los electrodos, impidiendo la circulación del medio acuoso (Arango y Garcés, 2007, como se citó en Apaza, 2018).

### 2.2.6.3. Reacciones involucradas en el proceso de electrocoagulación.

Cuando el aluminio actúa como ánodo las reacciones son las siguientes (Chen, 2004).



Cuando el Fe actúa como ánodo las reacciones son las siguientes (Chen, 2004).



### 2.2.6.4. Ventajas y desventajas.

**Tabla 2**

*Ventajas y desventajas de la electrocoagulación*

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los costos de funcionamiento son menores.</li> <li>• Requiere de equipos simples y de fácil operación</li> <li>• Los lodos producidos son compactos y en menor cantidad, disminuyendo la problemática de disposición de estos lodos.</li> <li>• Puede remover diversos contaminantes.</li> <li>• El agua residual posterior al tratamiento contiene menor cantidad de sólidos disueltos a comparación de aquellas tratadas con productos químicos, en consecuencia, los costos de tratamiento de estos efluentes disminuyen en el caso de ser reusados</li> <li>• Produce flóculos más grandes que aquellos formados en la coagulación química.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es necesario reponer los electrodos de sacrificio.</li> <li>• Los lodos producidos presentan altas concentraciones de hierro y aluminio, dependiendo del material del electrodo de sacrificio utilizado.</li> <li>• El tratamiento puede ser costoso en lugares en las cuales el costo de la energía eléctrica sea elevado.</li> <li>• El óxido formado en el ánodo, puede formar una capa que impide el paso de la corriente eléctrica, disminuyendo de esta forma la eficiencia del proceso.</li> </ul>

Fuente: Datos tomados de Restrepo et al. (2006).

### **2.2.7. Lombrifiltro o Sistema Tohá**

El lombrifiltro es un sistema creado por el profesor Jorge Tohá, este tratamiento se basa en el metabolismo de las lombrices roja californiana *Eisenia foetida*, las cuales degradan la materia orgánica de las aguas residuales liberando nutrientes al medio. (Rodríguez, 2011).

En las capas filtrantes se forma una gran variedad de flora bacteriana que junto con las lombrices actúan y permiten obtener altos porcentajes de remoción de contaminantes (COBEX, 2012, como se citó en Huiza y Ordoñez, 2018).

#### **2.2.7.1. Descripción de las capas del sistema.**

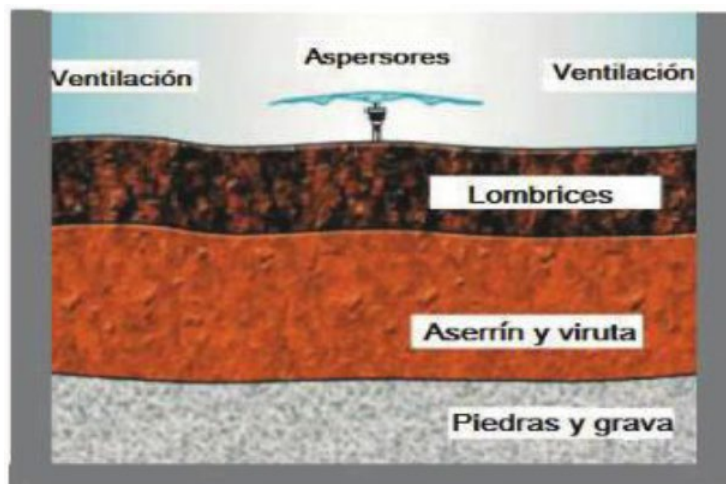
El lombrifiltro está formado por un medio filtrante que es una capa de humus de 2 cm de profundidad, y un soporte que está compuesto de 3 capas (Salazar, 2005).

La primera capa está conformada de aserrín o viruta, que debe tener un espesor mínimo de 25 cm para lograr un espacio adecuado y así permitir el crecimiento de la lombriz. Asimismo, el aserrín sirve como fuente de alimento (Comisión Regional del Medio Ambiente, 2002, como se citó en Salazar, 2005).

La segunda capa está conformada por ripio o grava de diferentes tamaños y la última capa está las piedras enteras, cuyo espesor recomendable de ambas es de 25 cm. Para la distribución, se coloca en la parte baja las piedras de tamaño mayor y las más pequeñas en la parte alta, estas capas cumplen la función de drenaje y aireación del sistema. Además, las piedras cooperan al proceso, ya que, en ellas se forma flora bacteriana que consume la carga orgánica que circula por ella y que no fue retenida anteriormente. En la parte inferior se coloca un piso, consiste en una losa de concreto con una pendiente de 1% aproximadamente para que el agua fluya y salga del sistema (Salazar, 2005).

### Figura 3

#### Capas del lombrifiltro



Nota: La figura muestra las capas de un lombrifiltro.

Fuente: Bermúdez (2019).

#### 2.2.7.2. Funcionamiento del lombrifiltro.

El efluente atraviesa por las diferentes capas filtrantes quedando gran parte de la materia orgánica retenida en ellas. La materia orgánica es consumida por los microorganismos y lombrices que están adheridas al medio, las cuales realizan la degradación principalmente. Luego de utilizarla como fuente de alimento, producen el humus a través de sus excreciones que deben ser extraídas continuamente. El biofiltro tiene un alto índice de absorción, esto generado por los movimientos de las lombrices conllevando a la no producción de malos olores (Chávez, 2017). Posteriormente el líquido percolado sale limpio (COBEX 2012, como se citó en Huiza y Ordoñez, 2018).

#### 2.2.7.3. Operación y Mantenimiento del lombrifiltro.

Se debe mezclar constantemente la viruta con el lecho filtrante para proporcionar y mejorar la permeabilidad del sistema, de esta manera evitar el estancamiento del agua (Bermúdez, 2019). El alimento se debe mantener en estado de saturación y evitar la acumulación del agua, ya que, este ambiente no es recomendable para la lombriz pues puede ocasionar la muerte (Pérez, 2010, como se citó en Bermúdez, 2019).

#### 2.2.7.4. Ventajas y desventajas.

**Tabla 3**

*Ventajas y desventajas del lombrifiltro*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• El sistema no genera lodos.</li><li>• El lecho filtrante no se impermeabiliza, debido a los movimientos dinámicos de las lombrices, ya que, crean caminos que aseguran la alta permeabilidad.</li><li>• Es de diseño modular, es decir puede ser construido a cualquier escala.</li><li>• El lombrifiltro es ecológico, no se utilizan aditivos químicos en el tratamiento.</li><li>• Es eficiente, logra remover hasta un 95% de DBO y sólidos suspendidos.</li><li>• La operación y mantenimiento del sistema es fácil y accesible para el sector rural.</li><li>• No produce olores desagradables.</li><li>• Se obtiene un excelente abono orgánico, el humus.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Los climas fríos pueden alterar el desarrollo y crecimiento de las lombrices en el lecho.</li><li>• Se debe incorporar la viruta al sistema cada 4 meses para no afectar el funcionamiento.</li><li>• Aumentar la carga hidráulica al sistema causa que la materia orgánica no se degrade completamente, debido a que se acorta el tiempo de retención hidráulica (Xing et al, 2010).</li></ul>

Nota: Datos tomados de Quinchel (2015)

#### 2.2.8. Lombriz roja californiana

La lombriz de nombre científico *Eisenia foetida* participa eficientemente en la disminución de los contaminantes de los suelos y de las aguas, ya que, convierte la materia orgánica en abono. Se le llama californiana porque fue en California donde se inició el estudio de los efectos beneficiosos que generaba sobre el mantillo orgánico y estiércol a nivel comercial (Campos y Guzmán, 2014).

##### 2.2.8.1. Descripción de las lombrices.

La principal característica de la lombriz *Eisenia foetida* es su color rojo intenso de ahí proviene su nombre lombriz roja californiana, su tamaño es de 6 a 8 cm de largo, pero puede



llegar a medir hasta los 10 cm y su diámetro que varía de 3 a 5 mm. La forma de su cuerpo es cilíndrica, conformada por múltiples segmentos llamados metámeros, anillos o somitos (hasta 250). Esta especie logra alcanzar la madurez sexual entre 10 a 12 semanas. Cuando es adulto llega a pesar de 1 g a 1.4 g, consume la misma equivalencia de su peso y expulsa hasta un 60% en forma de abono. El habita cerca de la superficie cerca de los 50 cm del suelo y llega a vivir entre 1 y 4 años en cautiverio (Campos y Guzmán, 2014).

#### **2.2.8.2. Reproducción de las lombrices.**

Las lombrices son hermafroditas, es decir, presentan ambos órganos sexuales tanto masculino como femenino, sin embargo, no pueden auto fecundarse y su reproducción es por fecundación cruzada. Ellas logran su máxima actividad sexual cuando la temperatura se encuentra en los 22°C (Alarcón s.f., como se citó en Chávez, 2017).

La reproducción de la lombriz inicia en la décima y doceava semana (3 meses) donde logra su madurez, y se da una vez por semana. De la fecundación se forma 2 capsulas que tiene de nombre cocones o capullos (Duran y Henríquez, 2009)

Al momento de nacer tiene un color palo rosa transparente, pasado los 50-65 días miden de 2 a 3 cm, cuando llegan a los 4 meses tienen una apariencia de adulto siendo de color rojizo y ya están en condiciones de aparearse. Cada lombriz puede producir al año entre 1300 y 1500 lombrices si se encuentran en condiciones favorables (Martínez, 2012, como se citó en Bermúdez, 2019)

#### **2.2.8.3. Condiciones ideales de su hábitat.**

Las condiciones ideales para su desarrollo comprenden a una temperatura que se encuentra entre los 15° y 24° C, siendo la óptima 20° C; una humedad entre el 70% y 80%, un pH neutro entre los 6.5 y 7.5; oxígeno libre; baja luminosidad y materia orgánica que utilizan como fuente de alimento (Salazar, 2005).

#### **2.2.9. Aserrín**

Es un conjunto de diferentes partículas que se obtienen a partir de la madera. Está compuesto por celulosa la cual es el polisacárido que ocupa la mitad del material total, la lignina (polímero) que se genera de la combinación de ácidos y alcoholes fenilpropílicos asimismo esta

brinda protección y dureza, y la hemicelulosa que tiene como función unir las fibras y conforma el 25% del material total. Existen otros materiales como las resinas, ceras y grasas, pero en baja proporción (Caicedo, 2017).

#### **2.2.10. Gravas**

Es un conjunto de rocas de diferentes tamaños comprendido entre 2 y 64 mm. Las partículas se originan por la fragmentación de rocas, ya sea de manera natural o artificial. Asimismo, puede producirse por acción del hombre la cual se llama piedra partida (Caicedo, 2017).

#### **2.2.11. Humus**

Es un fertilizante bio-orgánico generado por la lombriz a través de la digestión de la materia orgánica en descomposición (Brooks, 2004, como citó Sotelo y Téllez, 2007).

Presenta un aspecto terroso, suave y sin olor, facilitando su manipulación. Es considerado uno de los fertilizantes más completos, ya que aporta gran cantidad de nutrientes para las plantas, a comparación de los fertilizantes químicos que carecen de ello frecuentemente (Ochoa, 2003, como citó en Rojas, 2005).

#### **2.2.12. Marco legal de los Valores Máximos Admisibles (VMA)**

Se aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

La presente normativa tiene como objetivo preservar las instalaciones, la infraestructura sanitaria, incentivar a que se realice el tratamiento de las aguas residuales para la disposición o el reúso, entre otros (D.S. N°010-2019-VIVIENDA).

**Tabla 4**

*VMA para descargas al sistema de alcantarillado*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Simbología</b>	<b>VMA para descargas al sistema de alcantarillado</b>
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	DBO <sub>5</sub>	500

---

Demanda Química de Oxígeno	mg/l	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	S.S.T.	500
Aceites y Grasas	mg/l	A y G	100

---

Nota: Datos tomados del D.S. N° 010-2019-VIVIENDA (2019).

### III. VARIABLES E HIPÓTESIS

#### 3.1. Operacionalización de variables

**Tabla 5**

*Operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente:	Es un proceso en el cual se conduce corriente en un medio acuoso (Chen, 2004), las partículas contaminantes son desestabilizadas por las reacciones que ocurren en los electrodos (Arango, 2014).	Para conocer la eficiencia de este proceso se evaluará la intensidad de corriente y tiempo de contacto.	Electrocoagulación	Intensidad de corriente Tiempo de reacción
Sistema de electrocoagulación				
Variable dependiente:	Uno de los principales impactos ambientales provocados por la industria cárnica es el vertido de las aguas residuales con altas concentraciones de DBO <sub>5</sub> sin previo tratamiento (Signorini et al., 2006)	El efluente tratado se evaluará con respecto a las variables biológicas.	Parámetros fisicoquímicos Parámetro biológico	Temperatura Conductividad eléctrica pH DBO <sub>5</sub>
Tratamiento de efluentes de una planta de faenamiento avícola				

## **3.2. Hipótesis de investigación**

### ***3.2.1. Hipótesis General***

- La reducción de la DBO<sub>5</sub> en las aguas residuales de un efluente industrial mediante un sistema de electrocoagulación es del 85%.

### ***3.2.2. Hipótesis Específicas***

- Las condiciones óptimas que favorecen en la disminución de la DBO<sub>5</sub> en las aguas residuales de un efluente industrial mediante un sistema de electrocoagulación son a una intensidad de corriente de 3A y 45 min.
- Los parámetros fisicoquímicos del efluente industrial tratados mediante el sistema de electrocoagulación serán modificados.
- El tratamiento del efluente del sistema de electrocoagulación mediante un lombrifiltro cumple con los Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

## IV. METODOLOGÍA

### 4.1. Descripción de la metodología

#### 4.1.1. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es experimental. La investigación tendrá un diseño factorial con dos variables: la variable independiente (intensidad de corriente eléctrica y tiempo de reacción) y la variable dependiente será el tratamiento de aguas residuales de una planta de faenamiento avícola.

### 4.2. Implementación de la investigación

#### 4.2.1. Materiales, equipos e insumos químicos.

##### 4.2.1.1. Materiales

- Electrodo de Aluminio (11 cm x 16 cm x 2mm)
- Caja de acrílico para el reactor tipo batch (6.4 L)
- Cable mellizo calibre 14 (5 m)
- Pinza cocodrilo (5 pares)
- Botellas de plástico (1000 ml)
- Jarra de plástico (1000 ml)
- Plumón indeleble
- Lombriz roja californiana *Eisenia foetida* (500 gr)
- Cinta aislante negro
- Terminal aislado tipo ojo (2 unidades)
- Pistola de soldar
- Varilla de estaño
- Humus de lombriz (1 Kg)
- Aserrín (6 Kg)
- Grava mediana (1/2 pulgadas)
- Malla Rachel
- Papel filtro
- 2 botellas de plástico 3 L
- Papel tornasol

- Papel tisú
- Bidón (20 L)
- Balde (40 L)
- Caño de plástico
- Sierra 1
- Tamiz
- Pegamento de PVC 1
- Teflón 1
- 4 vasos precipitados (250 ml)
- 3 fioles (100 ml)
- 1 tubo de ensayo
- 1 vagueta
- 1 probeta (1000 ml)

#### **4.2.1.2. Insumos químicos**

- Agua destilada
- Solución amortiguadora de pH 4, pH 6.86 y pH 9.18.
- Solución amortiguadora de conductividad eléctrica 1413  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

#### **4.2.1.3. Equipos**

- pH metro portátil PH – 03 (I)
- Conductímetro portátil NAHITA
- Cronómetro digital XL-015
- Multímetro marca TRUPER
- Fuente de poder regulable 0–10A, 0-30V
- Termómetro digital TBT-08H WMETER.

## 4.2.2. Procedimiento experimental

### 4.2.2.1. Procedimiento de campo

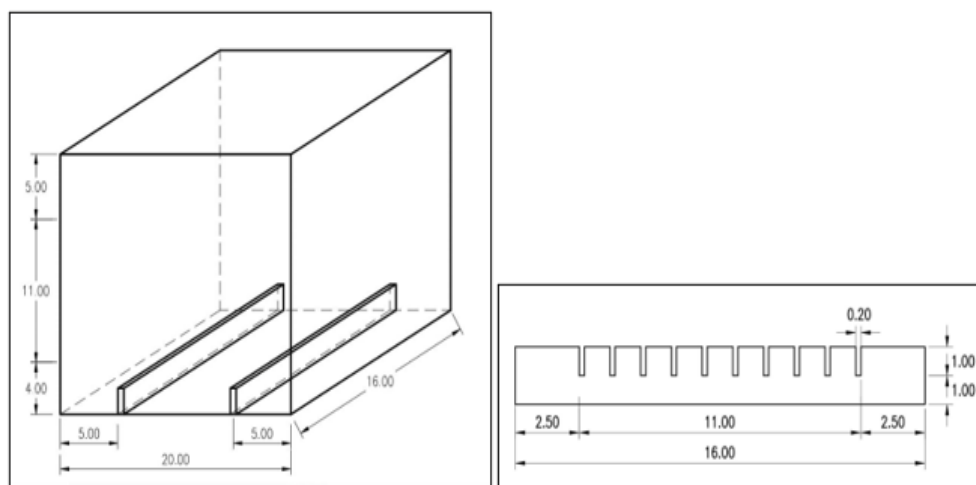
Se visitó la planta de faenamiento por cinco semanas para caracterizar la muestra de agua y recolectar la muestra para su posterior análisis en el laboratorio.

### 4.2.2.2. Proceso de electrocoagulación

Las dimensiones de la celda de electrocoagulación fueron de 16 cm de largo, 20 cm de ancho y 20 cm de altura (Tamani, 2017), el cual tuvo una capacidad útil de 3 litros.

#### Figura 4

*Prototipo del sistema de electrocoagulación*

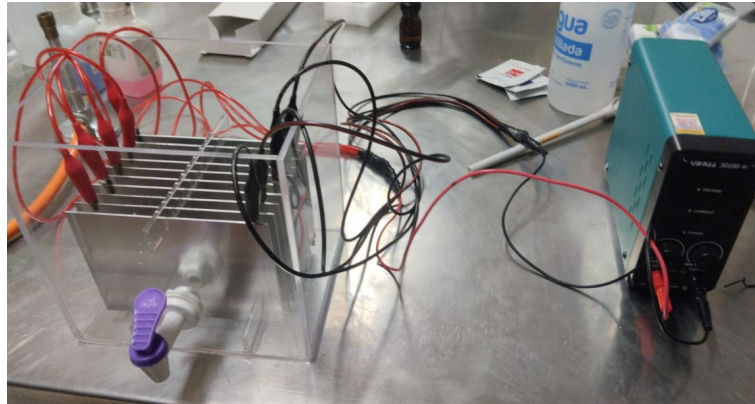


El interior de la celda estaba compuesto por electrodos de aluminio (dimensiones: 11 cm x 16 cm x 2 mm) regulados por una fuente de poder regulada de 0 a 30 V y con una intensidad regulable de 0 a 10A, la cual se encargó de suministrar corriente eléctrica requerida para el proceso de electrocoagulación. Asimismo, se instaló una llave de paso en la parte inferior de la celda para la obtención de las muestras.



## Figura 5

### *Sistema de electrocoagulación*



Luego, se filtró el agua residual industrial con ayuda de un tamiz N° 18 para retirar partículas grandes y seguidamente colocar el volumen útil en la celda de electrocoagulación.

## Figura 6

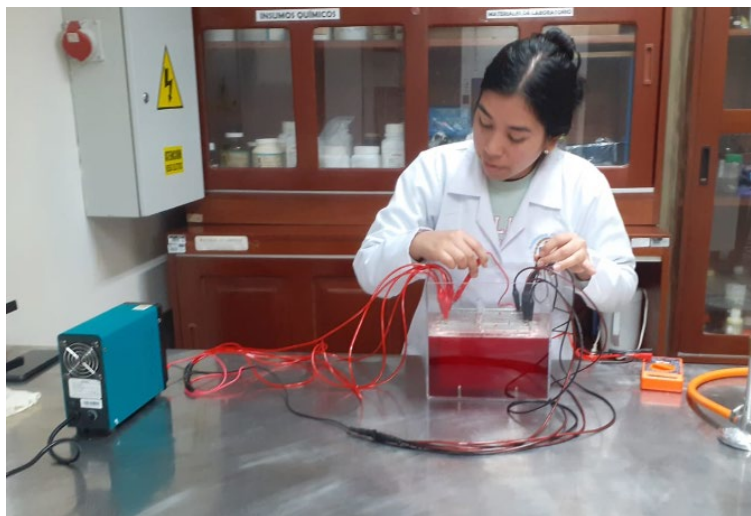
### *Ensayos experimentales*



Una vez armado el sistema se validó la intensidad de corriente que pasaba en el sistema utilizando el multímetro, con la finalidad de contrastar con los valores que figuraba en la fuente de poder.

**Figura 7**

*Verificación de intensidad de corriente*



Se utilizó el cronómetro para medir el tiempo del tratamiento y luego de las corridas se traspasó el contenido a un envase de 1 L para sedimentar por 1 hora.

**Figura 8**

*Toma del tiempo durante la electrocoagulación*



**Figura 9**

*Vaciado de efluente a un envase de 1 L*



**Figura 10**

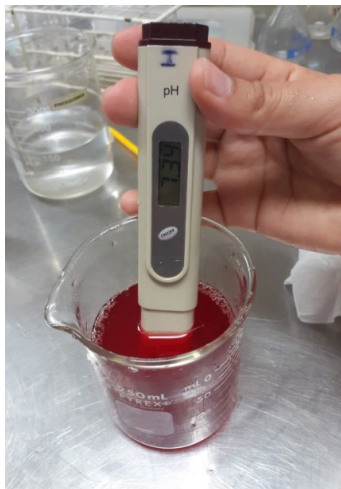
*Sedimentación*



Posteriormente, se analizaron los parámetros fisicoquímicos y se colocó el efluente en los envases de PVC brindados por el laboratorio.

**Figura 11**

*Medición de pH en la muestra*



**Figura 12**

*Medición de conductividad eléctrica en la muestra*



### **Figura 13**

*Obtención de muestra para análisis de DBO<sub>5</sub>*



Los frascos de 1 L se trasladaron en un Cooler con gel refrigerante para mantener la temperatura de 4 °C.

### **Figura 14**

*Traslado de muestras a laboratorio*



**Figura 15**

*Muestras para análisis*



#### 4.2.2.3. Proceso de lombrifiltro

- Adaptación de las lombrices *Eisenia foetida*

Las lombrices pasaron por un proceso de adaptación, es decir, estaban en contacto con el efluente del proceso de electrocoagulación durante 10 días (Castillo y Chimbo, 2021), ya que si se las expone directamente dañaría la epidermis de las lombrices, o incluso causar cambios bruscos en su entorno afectando su metabolismo.

**Figura 16**

*Lombrices Eisenia foetida*



**Figura 17**

*Adaptación con el agua residual industrial*



- Se monitoreo el pH del medio con ayuda del papel tornasol de pH, para conocer la condición en que se encontraban las lombrices rojas californiana.

**Figura 18**

*Medición de pH con papel tornasol*



- El reactor del lombrifiltro tuvo una capacidad total de 3000 ml con una capacidad útil de 2008 ml; para el estudio se utilizó veinte lombrices en etapa adulta, estas características serán tomadas del estudio “Vermifiltros: una herramienta para el tratamiento biológico aeróbico de las aguas residuales de productos farmacéuticos a base de plantas” (Dhadse et al., 2010). El sistema estaba conformado de cuatro capas en proporción de 1:1:1:1, siendo la primera capa de humus de lombriz con veinte lombrices adultas, seguida de aserrín, arena gruesa y por último la grava. La muestra fue recolectada de la base del reactor. El tiempo de retención hidráulica (TRH) fue de 1 día, debido a que en el estudio realizado por el autor Dhadse et al., 2010 se comprobó que este tiempo era eficiente en la remoción de carga orgánica.

## Figura 19

### *Lombrifiltro*



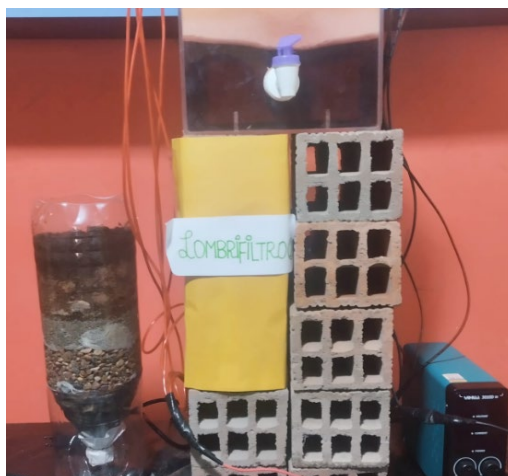
#### 4.2.2.4. Proceso del sistema en conjunto

Previo al tratamiento de los sistemas de electrocoagulación y lombrifiltro, se almacenó la muestra recolectada en un contenedor de 20 L, luego se homogenizó la muestra y con ayuda de una jarra de 1L se llenó la celda de electrocoagulación, y se realizó las corridas respectivas en el sistema de electrocoagulación. Luego, del periodo de sedimentación se trasvasó el efluente a un balde de 4 L con la finalidad de ser el afluente para el sistema de lombrifiltro.

Luego del tiempo de retención se recolectó la muestra final en un envase.

## Figura 20

### *Procesos en conjunto*



Finalmente, se obtuvo el efluente final y se analizó la DBO<sub>5</sub>.

**Figura 21**

*Vaciado de efluente obtenido del sistema de electrocoagulación*



**Figura 22**

*Muestra obtenida del lombrifiltro*



### **4.3. Población y muestra**

#### **4.3.1. Población**

Agua residual industrial del centro de faenamiento avícola ubicado en VMT.

#### **4.3.2. Muestra**

El diseño experimental consistió en efectuar 9 pruebas con 2 réplicas, siendo en total 18 pruebas requiriendo así un volumen total de 63 litros de agua residual sometida a tratamiento. Por cada ensayo se utilizó 3 litros de muestra.

### **4.4. Técnicas de recolección de datos**

#### **4.4.1. Toma de muestra**

Se visitó la industria de faenamiento avícola ubicada en Villa María del Triunfo con las siguientes coordenadas UTM (289233.69 m E - 8658121.45 m S) para caracterizar la muestra de agua residual. En campo se realizó la toma la muestra simple lavando previamente el envase tres veces y posterior a ello, se trasladó al laboratorio R LAB S.A.C. en una caja térmica a una temperatura de 4°C.



## Figura 23

*Toma de muestra*



### 4.4.2. Análisis del laboratorio

Los análisis se ejecutaron cumpliendo los Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales APHA y el protocolo nacional Resolución Jefatural 010-2016 ANA, a continuación, se detalla cada una de ellas:

**Tabla 6**

*Requisitos de toma de muestra y preservación ANA RJ 010-2016 ANA*

<b>Parámetro</b>	<b>Recipiente</b>	<b>Volumen</b>	<b>Conservar Preservar</b>	<b>Tiempo de almacenamiento</b>
<b>Temperatura</b>	Plástico o Vidrio	100 ml	---	Inmediato
<b>pH</b>	Plástico o Vidrio	100 ml	---	24 horas Preferentemente Inmediato
<b>Conductividad eléctrica</b>	Plástico o vidrio	500 ml	Refrigerar a 4 C°	24 horas Análisis Inmediato
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	Plástico	1000ml	Refrigerar a 4°c	24 horas

Nota: Datos obtenidos de la ANA (2016)

**Tabla 7***Metodología del análisis APHA-AWWA-WEF*

<b>Parámetros</b>	<b>Método</b>
<b>Temperatura</b>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 2550 B, 23rd Ed. Temperatura. Método de laboratorio y campo
<b>Conductividad eléctrica</b>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 2510 B, 23rd Ed. Conductividad. Método de laboratorio
<b>pH</b>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 4500-H+ B, 23rd Ed. Método electrométrico.
<b>DBO<sub>5</sub></b>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 5210 B 24th Ed. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Prueba de DBO de 5 días

**4.4.2.1. Análisis del pH**

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 4500-H+ B, 23rd Ed. Método electrométrico.

- ✓ Equipos y Materiales
  - pHmetro digital
- ✓ Reactivos
  - Soluciones buffer de pH 4.00, 6.86 y 9.18.
- ✓ Procedimiento
  - Para la calibración de equipo se diluyó las soluciones buffer con agua destilada en un vaso precipitado de 250 ml, según las indicaciones del fabricante.
  - Se separó una cantidad de 50 ml de la solución 4.00 en un vaso precipitado, seguidamente se introdujo el electrodo y se esperó que el valor se establezca durante 1 minuto, por último, se tomó la medida de pH.
  - Se realizó el mismo procedimiento para las soluciones de 6.86 y 9.18.

**Figura 24**

*pH metro y soluciones Buffer*



**Figura 25**

*Calibración de pH metro*



- Para medir el pH se colocó la muestra en un frasco de 100 ml, luego, se colocó el sensor del equipo y se procedió a la lectura.

#### **4.4.2.2. Análisis de la conductividad**

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 2510 B, 23rd Ed. Conductividad. Método de laboratorio.

- ✓ Equipos y Materiales
  - Sondas de conductímetro NAHITA
- ✓ Reactivos
  - Solución Amortiguadora de conductividad eléctrica 1413 us/cm HANNA
- ✓ Procedimiento
  - Para la calibración de equipo, se vertió la solución en un tubo de ensayo.
  - Se colocó el sensor en la solución amortiguadora y se tomó la lectura de la CE.

## Figura 26

### Calibración del equipo CE



- Para medir la CE se colocó la muestra en un frasco de 100 ml, luego, se colocó el sensor del conductímetro y se procedió con la lectura.

#### 4.4.2.3. Análisis de la temperatura

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 2550 B, 23rd Ed. Temperatura. Método de laboratorio y campo

- ✓ Equipos y Materiales

Termómetro digital TBT-08H WMETER.

Para medir la temperatura se vertió una cantidad de 100 ml de la muestra a un vaso precipitado, seguidamente se introdujo el termómetro, se esperó que el valor se estabilice y se procedió con la lectura.

## Figura 27

Termómetro



### 4.4.2.4. Análisis de la DBO<sub>5</sub>

El análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) se determinó utilizando el método de los winklers, siguiendo el procedimiento que se detalla en el libro de Métodos estándar para el examen de aguas y aguas residuales, 23a edición.

Al finalizar cada tratamiento, y al transcurrir el periodo de 1 hora de sedimentación, se efectuó la toma de muestra procedente de la zona clarificada del reactor.

- ✓ Procedimiento
- ✓ Se deberá oxigenar el agua destilada con el oxímetro por 30 minutos hasta que el OD > 9
- Lavar y rotular los winklers, 5 envases por cada punto de muestreo
- Al agua destilada agregar (MgSO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub>) 1ml por cada litro y agitar la solución.
- Posteriormente, colocar en los winklers hasta la mitad la solución preparada y añadir las respectivas disoluciones de las muestras a cada winkler correspondiente (previamente se medir el OD a cada muestra).
- Finalmente, colocar todas las muestras a la gradilla y llevar a la incubadora.
- Después de 5 días medir el OD nuevamente y lavar los winklers

## 4.5. Instrumentos de recolección de datos

### 4.5.1. Validez

A continuación, se detalla los equipos que se utilizarán en el presente trabajo de investigación, los cuales se calibraron previa lectura de resultados.

**Tabla 8**

*Confiabilidad del análisis de los parámetros*

Parámetros	Validez	Confiabilidad
<b>DBO5</b>	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	R LAB, acreditado por Inacal.
<b>pH</b>	PH-03 (I)	Laboratorio UNTELS, calibrado.
<b>Conductividad</b>	NAHITA.	Laboratorio UNTELS, calibrado.
<b>Temperatura</b>	TBT-08H WMETER.	Laboratorio UNTELS, calibrado

### 4.5.2. Confiabilidad

Este trabajo presenta un diseño factorial completo general  $3^2$  que incluye 2 factores y 3 niveles de estudio (Ver Tabla 9), obteniendo un total de 9 pruebas con 2 réplicas. Este diseño se analizó con el software MINITAB 19 en español.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los factores y niveles de investigación:

**Tabla 9**

*Diseño experimental*

Factor	Niveles		
Intensidad de corriente (A)	1	2	3
Tiempo de reacción (min)	20	30	45

**Tabla 10***Resultados del diseño experimental*

Orden Estadística	Orden Corrida	Bloques	Intensidad de corriente (A)	Tiempo (min)	% Remoción DBO5
1	1	1	1	20	32
2	2	1	1	30	14
3	3	1	1	45	19
4	4	1	2	20	4
5	5	1	2	30	50
6	6	1	2	45	49
7	7	1	3	20	13
8	8	1	3	30	44
9	9	1	3	45	58
10	10	2	1	20	11
11	11	2	1	30	18
12	12	2	1	45	51
13	13	2	2	20	21
14	14	2	2	30	37
15	15	2	2	45	38
16	16	2	3	20	38
17	17	2	3	30	45
18	18	2	3	45	46

Nota: Datos obtenidos de MINITAB 19.

## 4.6. Resultados

### 4.6.1. Caracterización del agua residual industrial

**Tabla 11**

*Caracterización del agua residual*

Nº	Fecha	DBO5 (mg/L)	pH	Conductividad eléctrica ms/cm	Temperatura °C
1	09/09/2023	4651	7.34	2.43	22.2
2	15/09/2023	4634.4	7.32	2.38	21.4
3	16/09/2023	4232	7.25	2.35	21.2
<b>Promedio</b>		4505.5	7.3	2.39	21.6

En la Tabla 11, se muestran los datos obtenidos en la caracterización del agua residual durante la recolección de la muestra.

### 4.6.2. Resultados del análisis de los parámetros fisicoquímicos a las diferentes intensidades

En las siguientes tablas se muestran los resultados de los análisis cuando se trabajó a las diferentes intensidades de corriente.

#### 4.6.2.1. Resultados del análisis de los parámetros fisicoquímicos con I = 1 A

**Tabla 12**

*Resultados a 1 A*

Condiciones	Pto. Muestreo	CE (ms/cm)	pH	T (°C)	DBO 5 (mg/L)
I=1	ARI - 00	2,39	7,3	21,6	4505,8
T=20 min	ARI - 1 - 20 I	2,34	7,54	23,2	3152
V1= 2.42	ARI - 1 - 20 II	2,38	7,56	23,1	4153
V2= 2.14					
I=1	ARI - 01	2,39	7,3	21,6	4505,8
T=30 min	ARI - 1 - 30 I	2,23	7,87	23,4	3975
V1= 1.36	ARI - 1 - 30 II	2,23	7,85	23,2	3800
V2= 1.45					
I=1	ARI - 03	2,39	7,3	21,6	4505,8
T=45 min	ARI - 1 - 45 I	2,16	8,29	22,6	3749
V1= 1.37	ARI - 1 - 45 II	2,19	8,33	25,7	2068
V2= 1.92					



En la Tabla 12 se muestra los resultados de los análisis cuando se trabajó a la intensidad de corriente de 1 A y a los tiempos de electrocoagulación de 20, 30 y 45 minutos.

#### 4.6.2.2. Resultados del análisis de los parámetros fisicoquímicos con I = 2 A

**Tabla 13**

*Resultados a 2 A*

Condiciones	Pto. Muestreo	CE (ms/cm)	pH	T (°C)	DBO 5 (mg/L)
I=2	ARI - 00	2,39	7,3	21,6	4505,8
T=20 min	ARI - 2 - 20 I	2,38	7,88	23,4	4449
V1= 2.48					
V2= 2.50	ARI - 2 - 20 II	2,39	7,87	23,6	3673
I=2	ARI - 01	2,39	7,3	21,6	4505,8
T=30 min	ARI - 2 - 30 I	2,29	7,97	23,8	2304
V1= 1.80					
V2= 1.89	ARI - 2 - 30 II	2,27	7,95	23,4	2923
I=2	ARI - 03	2,39	7,3	21,6	4505,8
T=45 min	ARI - 2 - 45 I	2,18	8,57	26,1	2176
V1= 2.23					
V2= 2.10	ARI - 2 - 45 II	2,15	8,57	25,5	2639

En la Tabla 13 se muestra los resultados de los análisis cuando se trabajó a la intensidad de corriente de 1 A y a los tiempos de electrocoagulación de 20, 30 y 45 minutos.

#### 4.6.2.3. Resultados del análisis de los parámetros fisicoquímicos con I = 3 A

**Tabla 14**

*Resultados a 3 A*

Condiciones	Pto. Muestreo	CE (ms/cm)	pH	T (°C)	DBO 5 (mg/L)
I=3	ARI - 00	2,39	7,3	21,6	4505,8
T=20 min	ARI - 3 - 20 I	2,35	7,96	23,5	4051
V1= 3.01					
V2= 2.92	ARI - 3 - 20 II	2,25	7,98	24,4	2865
I=3	ARI - 01	2,39	7,3	21,6	4505,8
T=30 min	ARI - 3 - 30 I	2,26	8,1	24,1	2607
V1= 2.23					
V2= 2.20	ARI - 3 - 30 II	2,24	8,06	24,4	2566
	ARI - 01	2,39	7,3	21,6	4505,8

I=3 T=45 min V1= 2.22 V2= 2.36	ARI - 3 - 45 I	2,18	9,05	25,9	1955
	ARI - 3 - 45 II	2,11	8,64	26,9	2304

En la Tabla 14 se muestra los resultados de los análisis cuando se trabajó a la intensidad de corriente de 1 A y a los tiempos de electrocoagulación de 20, 30 y 45 minutos.

#### 4.6.3. Variación de la temperatura promedio en las diferentes condiciones

Los datos presentados a continuación se obtuvieron de la siguiente manera:

$$\Delta_{promedio} T = T_{final} - T_{inicial}$$

Donde:

T = Temperatura °C

**Tabla 15**

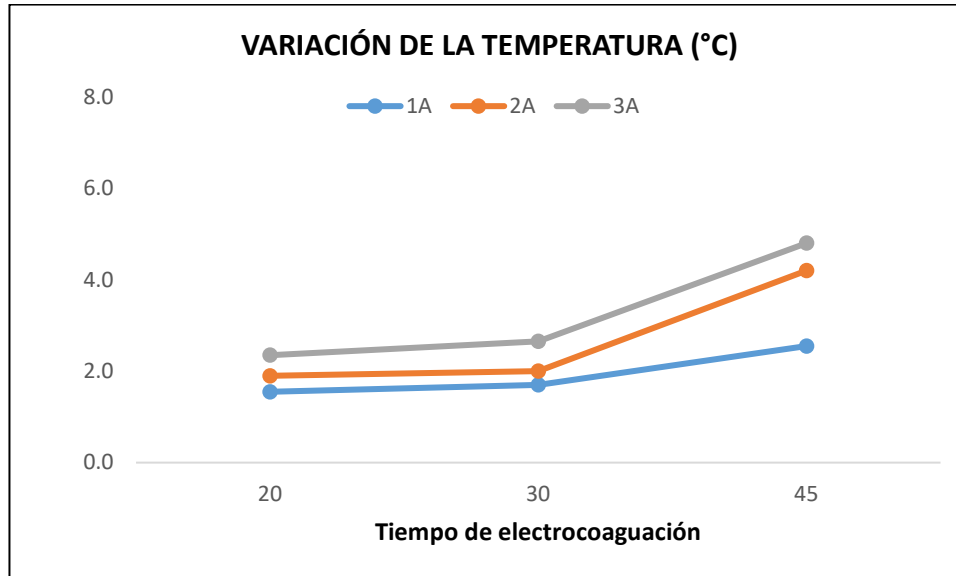
*Variación de la Temperatura*

ELECTROCOAGULACIÓN			
VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA °C			
Tiempo (min)	Intensidad de corriente (A)		
	1A	2A	3A
20	1,55	1,90	2,35
30	1,70	2,00	2,65
45	2,55	4,20	4,80

En la Tabla 15, se muestra la variación promedio de la temperatura en los experimentos realizados en las diferentes condiciones de tiempo de electrocoagulación e intensidad de corriente. La mayor variación se obtuvo en el tiempo de 45 minutos y a una intensidad de 3A, dando el valor de 4,8 °C.

**Figura 28**

*Variación de la Temperatura (° C)*



En relación con los resultados detallados en la Figura 28, se observa que la temperatura aumenta conforme se incrementa el tiempo de electrocoagulación y la intensidad. Sin embargo, se evidencia un aumento significativo en el tratamiento de 45 minutos con respecto a la variación de los otros tiempos de trabajo.

#### ***4.6.4. Disminución porcentual de la Conductividad eléctrica (CE) en las diferentes intensidades de corriente y tiempo de electrocoagulación.***

La disminución porcentual de la conductividad eléctrica (CE) promedio se determinó con la siguiente ecuación:

$$\%CE = \frac{CE_{inicial} - CE_{final}}{CE_{inicial}} \times 100$$

Donde:

CE = Conductividad eléctrica (ms/cm)

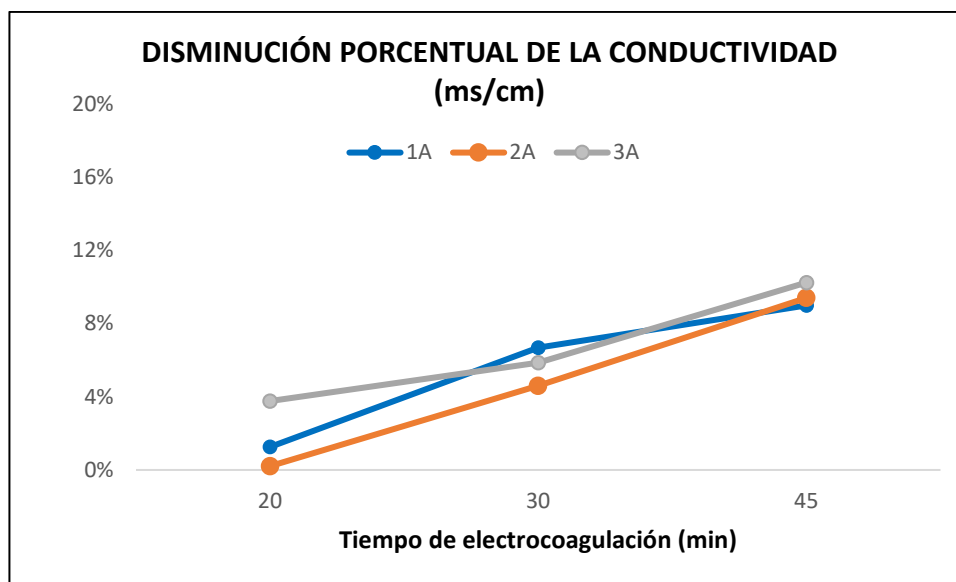
**Tabla 16**

*Disminución porcentual de la conductividad eléctrica (ms/cm)*

<b>Electrocoagulación</b>			
<b>Disminución porcentual de la conductividad eléctrica (ms/cm)</b>			
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Intensidad de corriente (A)</b>		
	1 A	2 A	3 A
20	1,26%	0,21%	3,77%
30	6,69%	4,60%	5,86%
45	9,00%	9,41%	10,25%

**Figura 29**

*Disminución porcentual de la CE*



En la tabla 16, se presentan los datos del porcentaje de la variación de la conductividad eléctrica, en la Figura 29 se observa que el parámetro presenta ligeras variaciones en cada experimento. Sin embargo, la relación con el tiempo de electrocoagulación es inversamente proporcional y esto podría ser debido a la precipitación de los iones en el efluente.

#### **4.6.5. Variación del pH promedio en las diferentes condiciones.**

La variación promedio del pH se realizó de la siguiente manera:

$$\Delta pH = pH_{final} - pH_{inicial}$$

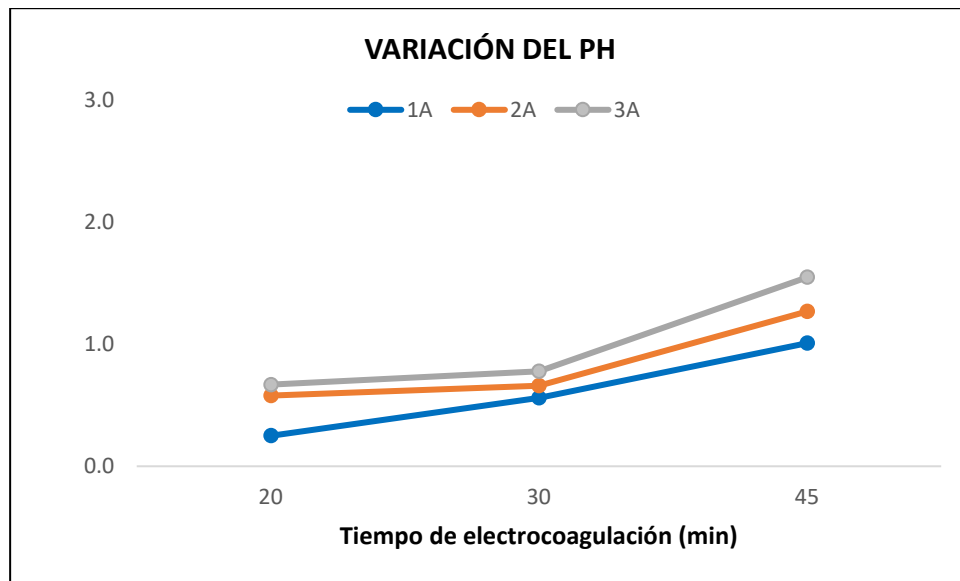
**Tabla 17**

*Variación del pH*

Electrocoagulación			
Variación del pH			
Tiempo (min)	Intensidad de corriente (A)		
	1 A	2 A	3 A
20	0,25	0,58	0,67
30	0,56	0,66	0,78
45	1,01	1,27	1,55

**Figura 30**

*Variación del pH con respecto a la Intensidad y tiempo*



En la Figura 30, se observa que los datos de la variación del pH es igual que la temperatura, es decir, se incrementan en relación con el tiempo de electrocoagulación y la intensidad de corriente. Asimismo, en la Tabla 17 se visualiza que el mayor aumento se obtuvo a los 45 minutos y 3A, ya que se logró una variación de 1,55 unidades.

**4.6.6. Influencia del tiempo de electrocoagulación e intensidad de corriente en la disminución de la concentración de la DBO5**

Los resultados se obtuvieron mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de disminución DBO5} = \left( \frac{\text{DBO5}_{\text{inicial}} - \text{DBO5}_{\text{final}}}{\text{DBO5}_{\text{inicial}}} \right) \times 100$$

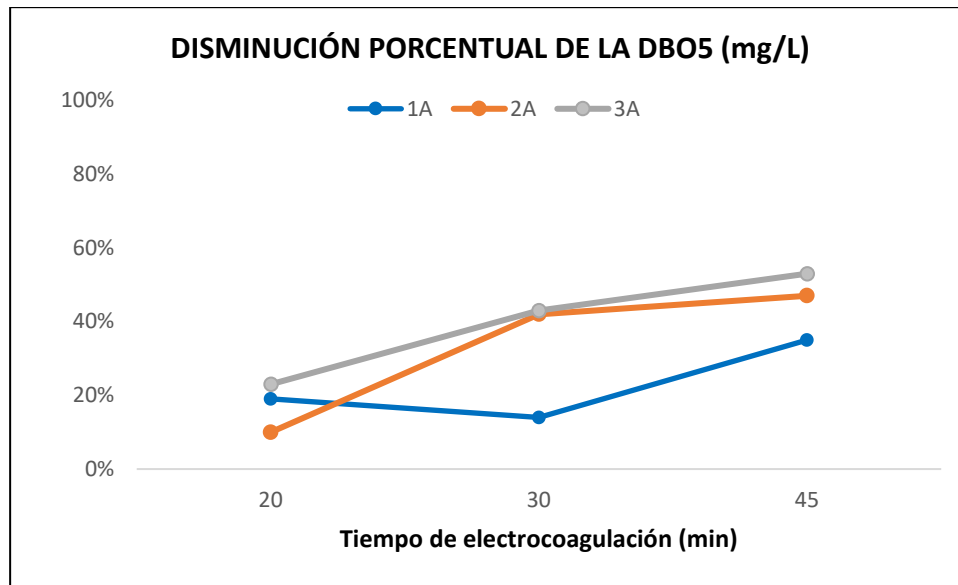
**Tabla 18**

*Disminución porcentual de la DBO5 (mg/L)*

<b>Electrocoagulación</b>			
<b>Disminución porcentual de la DBO5 (mg/L)</b>			
<b>Tiempo (min)</b>	<b>Intensidad de corriente (A)</b>		
	1 A	2 A	3 A
20	19%	10%	23%
30	14%	42%	43%
45	35%	47%	53%

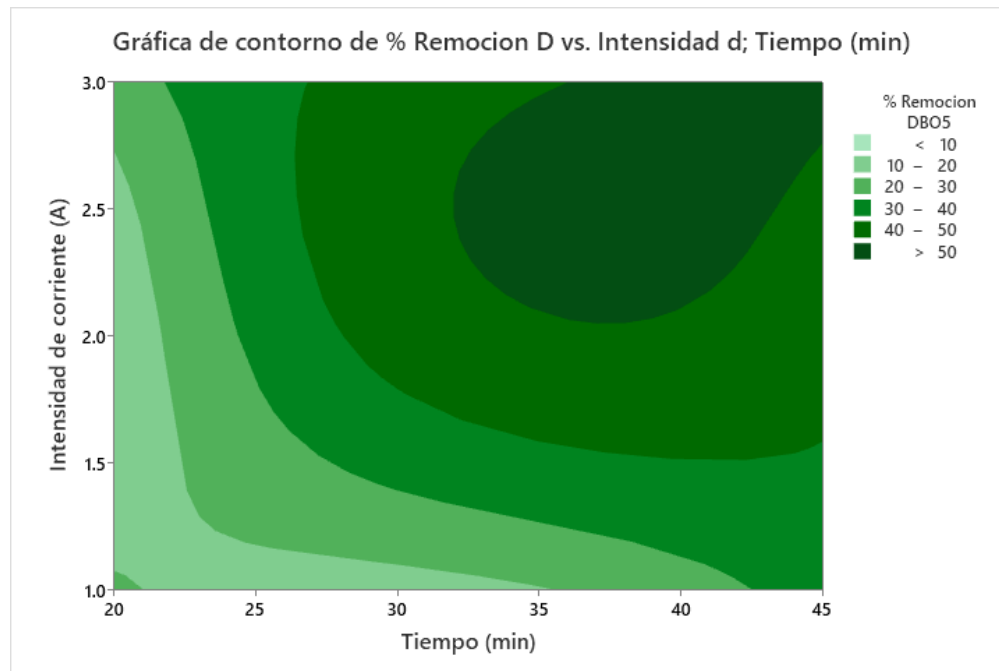
**Figura 31**

*Disminución porcentual de la DBO5*



**Figura 32**

*Gráfico de contorno*



Nota: La gráfica de contorno muestra el % Remoción DBO5 vs intensidad vs tiempo

Fuente: Minitab 19.

En la Figura 31, se muestra que la reducción de la DBO<sub>5</sub> máxima fue a una intensidad de corriente de 3 A y un tiempo de 45 minutos obteniendo una reducción de 53%. También, se observa que el comportamiento no fue directamente proporcional cuando se trabajó a una intensidad de corriente eléctrica de 1 A dado que se obtuvo un porcentaje de reducción mayor a 20 minutos y esta eficiencia disminuyó a los 30 minutos. Por otro lado, cuando se trabajó con 2 A la disminución de la DBO<sub>5</sub> varió de forma directamente proporcional con el tiempo de electrocoagulación.

#### **4.6.7. Análisis estadístico**

En el presente estudio de investigación se busca determinar cuál será la intensidad de corriente y el tiempo de electrocoagulación adecuado para la reducción de DBO<sub>5</sub>, motivo por el cual a continuación se detalla:

Se trabajó el análisis de los resultados con nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

- Valor  $p \leq \alpha$ : La asociación es estadísticamente significativa.
- Valor  $p > \alpha$ : La asociación no es estadísticamente significativa.

#### 4.6.7.1. Regresión factorial general: % Remoción DBO5 vs. Intensidad de corriente (A); Tiempo (min).

**Tabla 19**

*Información del factor*

Factor	Niveles	Valores
Intensidad de corriente (A)	3	1; 2; 3
Tiempo (min)	3	20; 30; 45

Nota: Datos obtenidos de Minitab 19.

**Tabla 20**

*Análisis de la varianza*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	3229.0	403.6	2.57	0.091
Lineal	4	2535.3	633.8	4.03	0.038
Intensidad de corriente (A)	2	819.0	409.5	2.60	0.128
Tiempo (min)	2	1716.3	858.2	5.46	<b>0.028</b>
Interacciones de 2 términos	4	693.7	173.4	1.10	0.412
Intensidad de corriente (A)*Tiempo (min)	4	693.7	173.4	1.10	0.412
Error	9	1415.0	157.2		
Total	17	4644.0			

Nota: Datos obtenidos de Minitab 19.

A partir de la Tabla 20, se evidencia que el tiempo de tratamiento influye significativamente ( $P < 0.05$ ) en la remoción de la DBO5 en aguas residuales industriales de



faenamiento avícola. Lo que significa que no presenta un efecto combinado (interacción) del tiempo y la intensidad de corriente ( $P=0.412$ ) sobre la remoción de la DBO<sub>5</sub>. El R<sup>2</sup> para el modelo lineal es 54.6%, por tanto, la remoción de DBO<sub>5</sub> se explica en 54.6% por el efecto lineal del tiempo.

#### 4.6.7.2. ANOVA de un solo factor: % Remoción DBO<sub>5</sub> vs. Tiempo (min)

**Tabla 21**

*Método*

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Nota: Datos obtenidos de Minitab 19.

**Tabla 22**

*Información del factor*

Factor	Niveles	Valores
Tiempo (min)	3	20; 30; 45

Nota: Datos obtenidos de Minitab 19.

**Tabla 23**

*Análisis de Varianza*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo (min)	2	1716	858.2	4.40	0.031
Error	15	2928	195.2		
Total	17	4644			

Nota: Datos obtenidos de Minitab 19.

De la Tabla 23, el valor de p es menor que el nivel de significancia, por ende, se rechaza la hipótesis nula y se determina que no todas las medias de los ensayos experimentales son iguales.

**Tabla 24**

*Resumen del modelo*

S	R-cuadrado	R - cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
13.9706	36.96%	28.55%	9.22%

Nota: Datos obtenidos de Minitab 19.

En la tabla 24 indica que el R2 para el modelo de un solo factor (tiempo) es 36.96%.

**Tabla 25**

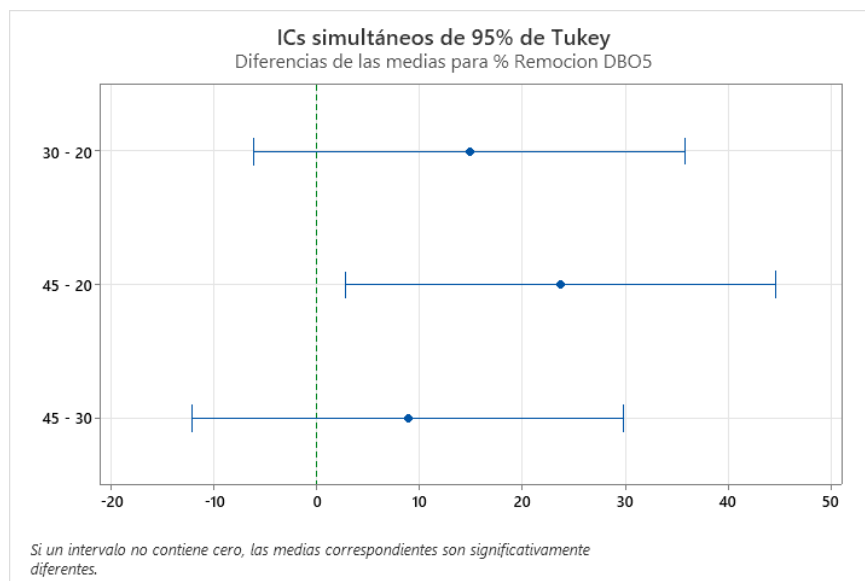
*Comparaciones en parejas de Tukey*

Tiempo (min)	N	Media	Agrupación
45	6	43.50	A
30	6	34.67	A B
20	6	19.83	B

Nota: Datos obtenidos de Minitab 19.

**Figura 33**

*Diferencia de las medias en la remoción de DBO5*



Nota: El gráfico muestra las medias significativas y no significativas.

Fuente: Minitab 19.

Los resultados de la Tabla 25 mostraron que las corridas experimentales con un tiempo de electrocoagulación de 30 minutos no poseen una media significativa, dado que comparten una letra. Por otro lado, los ensayos realizados a los 20 y 45 minutos no comparten una letra, lo que indica que el ensayo realizado a 45 minutos presenta una media significativamente mayor que el ensayo a los 20 minutos. Esta diferencia se da a nivel poblacional y se debe al efecto del tiempo, descartando el azar.

De igual manera en la figura 33, se visualiza que el intervalo de 45 y 20 no contiene el valor del 0, resultando que las medias son significativamente diferentes.

#### 4.6.8. Resultados del lombrifiltro en la disminución de la DBO<sub>5</sub>

Los resultados se obtuvieron mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de disminución DBO}_5 = \left( \frac{DBO5_{inicial} - DBO5_{final}}{DBO5_{inicial}} \right) \times 100$$

**Tabla 26**

*Disminución de la DBO<sub>5</sub> en el lombrifiltro*

LOMBRIFILTRO		
Tratamiento en lombrifiltro	DBO <sub>5</sub> inicial (mg/L)	DBO <sub>5</sub> final (mg/L)
1	2763	39

Calculamos el porcentaje de disminución de la DBO<sub>5</sub> a partir de los datos obtenidos.

$$\text{Porcentaje de disminución DBO}_5 = \left( \frac{2763 - 39}{2763} \right) \times 100$$

$$\text{Porcentaje de disminución DBO}_5 = 98.58 \%$$

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El porcentaje de reducción máximo de DBO<sub>5</sub> en este estudio fue de 53% a diferencia de otros estudios donde logran eficiencias mayores a 80% (Cueva y Pereda, 2020; Tamani, 2017; Paitan, 2018) una característica en común de los autores descritos consiste en que el afluente con el que trabajaron se encontró en rango de 1200 a 1500 mg/L (DBO<sub>5</sub>). Este trabajo de investigación trabajo con un afluente cuyo valor se encuentra alrededor de 4000 – 4600 mg/L.

En este marco, Cisneros (2017) en su investigación demostró alcanzar una remoción máxima de DBO<sub>5</sub> de 76,49% en un tiempo de 30 minutos y a un voltaje de 25 V. En otro estudio, donde se trabajó a flujo continuo se obtuvo una disminución de la DBO<sub>5</sub> de 51% operando el sistema a 26 l/h, 40 Amperios y un voltaje de 4 V (Arce y Cruz, 2019). Ambas investigaciones, presentan similitud en el porcentaje de reducción de DBO<sub>5</sub> a este estudio dado que la máxima reducción fue de 53% a un tiempo de 45 min y una intensidad de corriente de 3 A, el voltaje máximo fue de 2.55 V y una corriente de 7.6.

Por otro lado, cuando se trabajó una intensidad de corriente de 1 A se logró conseguir un porcentaje de reducción de 21% a los 20 min, sin embargo, la eficiencia disminuyó cuando se trabajó a 30 minutos obteniendo una eficiencia del 16%. En este marco, citamos lo indicado por (Asselin y Blais, 2008) en su trabajo de investigación debido a que indicaron que esta situación es causada por los agentes coagulantes como el AL (OH)<sub>3</sub>, responsables de la eliminación de compuestos orgánicos, este agente puede neutralizar los compuestos orgánicos en los primeros 20 minutos. Sin embargo, durante la reacción electroquímica se genera suficiente cantidad de gas hidrogeno, en consecuencia, tienden a depositarse sobre los electrodos catódicos e impactan de forma negativa en la coprecipitación de materia orgánica con hidróxidos metálicos.

En el estudio se observó que la temperatura aumentaba de forma directamente proporcional con el tiempo de reacción, ya que se obtuvo el mayor valor a un tratamiento de 45 minutos, generando una temperatura de 26.4°C y una variación de 4,8 °C con respecto a la inicial. Barboza (2011), indica que el aumento de la temperatura en los experimentos ejecutados incrementa con el tiempo de electrocoagulación. No obstante, los cambios de temperatura no son tan elevados ya que el tratamiento de aguas requiere de tiempos pequeños.

Asimismo, a mayor intensidad se observaron valores promedios de 25.8°C en 2A y 26.4°C en 3A indicando un ligero aumento de temperatura, en el cual Restrepo et al. (2006) menciona que cuando se produce altos consumos de energía se genera pérdidas en forma de calor, conllevando que la temperatura incremente en el medio acuoso.

El agua residual del camal avícola presenta un pH cercano a la neutralidad, según los valores obtenidos en la caracterización inicial. Durante la ejecución de los tratamientos se observó que este parámetro tiende a elevarse conforme se incrementa el tiempo de electrocoagulación y las intensidades de corriente, ya que se obtuvo valores que oscilaban desde 7.55 hasta 8.85 siendo este último el mayor valor generado en el tratamiento de 45 minutos y 3A. Sin embargo, Arango (2005) menciona que el pH tiende a aumentar en las aguas ácidas originado por la reacción del hidrógeno en la superficie del cátodo (electrodo de aluminio) por la generación de OH<sup>-</sup>. Pero según los resultados obtenidos este comportamiento también ocurre en las aguas cercanas a neutro. Como lo confirma Tamani (2017) en la caracterización de su muestra resultó un pH ligeramente neutro, una vez transcurridos los tratamientos obtuvo valores de pH de hasta aproximadamente 10, acorde se aumentaba el tiempo y la intensidad. No obstante, Chen (2004) afirma que se ha logrado mejores remociones para valores de pH cercanos a 7. Carhuapoma (2022) que trató aguas residuales de un camal concluyó que a una intensidad de 3A y un tiempo de 30 minutos logró que el pH aumente a 8.13, dando como resultado que la muestra después de pasar por el tratamiento a esas condiciones se volvió levemente alcalina. De igual manera Ayuque et al. (2022) indicó que al incrementar el tiempo y la densidad de corriente también aumenta el pH, puesto que obtuvo un aumento del 13.33% en un tiempo de tratamiento de 30 minutos.

Respecto a la conductividad eléctrica, según la caracterización realizada, el efluente del camal avícola presenta valores entre 2.35 – 2.43 ms/cm, resultando como promedio 2,39 ms/cm. Durante los tratamientos ejecutados se observó una disminución conforme se aumentaba el tiempo de reacción, ya que se obtuvo el valor de 2.145 ms/cm para un tiempo de 45 minutos representando un 10,25% de reducción. De igual manera Tamani (2017) en su estudio obtuvo que la conductividad disminuyó a medida que el tiempo se elevaba, mencionando que este comportamiento se debe a que los iones presentes en la muestra se fueron estabilizando y

posteriormente precipitaban por la formación de conglomerados. Rivas y Rojas (2020) identificaron que su muestra de agua residual presentaba 1526.4 us/cm de conductividad pasado el tratamiento de electrocoagulación en un tiempo de 60 minutos, obtuvieron valores de 1123 us/cm en promedio resultando una disminución del parámetro respecto a la inicial. Asimismo, Barboza (2011) que trató aguas residuales determinó una relación inversa entre el tiempo y la conductividad eléctrica indicando que se debe a la reducción de la cantidad de iones disueltos en la muestra tratada ocurrido por la precipitación o la adsorción en el precipitado del hidróxido de aluminio producido.

Respecto al lombrifiltro, el porcentaje de reducción de DBO<sub>5</sub>, luego de que el efluente del sistema de electrocoagulación pase por el filtro biológico fue de 98.59%.

Según Dhadse et al., 2010, en su investigación obtuvo eficiencias de 98%, 97%, 96% y 94% operando con cargas de 800, 1600, 2400, 3200 mg/L a un TRH de 1 día respectivamente en aguas residuales industriales de una industria farmacéutica.

Una de las características que representa a las lombrices son sus movimientos por la madriguera, ya que, esto genera una adecuada aireación y porosidad lo que evita que se obstruya y resulta beneficioso para el proceso (Dhadse et al., 2010).

En este marco, los valores guardan relación con los resultados obtenidos en esta investigación. Resultados similares, se obtuvo con Timoteo (2019) ya que tuvo una eficiencia de 81% en el tratamiento de aguas residuales de una industria de faenamiento.

Respecto al sistema en conjunto, se obtuvo una reducción de la DBO<sub>5</sub> del 38,68% en el sistema de electrocoagulación, sin embargo, esta disminución del valor en la eficiencia se debe al uso de los electrodos en diversas corridas produciendo el depósito de material en los electrodos lo que impacta de forma negativa el proceso (Asselin y Blais, 2008). La eficiencia del sistema en general (electrocoagulación seguido de lombrifiltro) resultó en una disminución de 99.13% de DBO<sub>5</sub>.

## VI. CONCLUSIONES

- Se alcanzó una reducción de DBO<sub>5</sub> del 53% para el agua residual industrial del faenamiento avícola mediante la aplicación del sistema de electrocoagulación, indicando que el proceso de tratamiento disminuye considerablemente la carga orgánica presente.
- Se determinó que las mejores condiciones para la disminución de la DBO<sub>5</sub> en el tratamiento de las aguas residuales del camal avícola fueron a una intensidad de corriente de 3A y un tiempo de reacción de 45 minutos, dando como resultado la reducción de la DBO<sub>5</sub> final en 2129 mg/L con respecto a la DBO<sub>5</sub> inicial que fue 4505.8 mg/L.
- Se verificó que los parámetros fisicoquímicos variaron con respecto a las variables estudiadas. Con respecto al pH se obtuvo el valor de 8.85 en un tiempo de 45 minutos y 3A, observándose que el parámetro incrementaba conforme al aumento del tiempo e intensidad de corriente. El mismo comportamiento tuvo la temperatura y se logró un aumento de 4,8°C en las mismas condiciones, dando el valor de 26,4°C. Caso contrario, se observó en la conductividad eléctrica ya que este parámetro tuvo una relación inversa con el tiempo, resultando una disminución del 10,25% dando el valor de 2.145 ms/cm.
- El efluente del sistema de electrocoagulación operado a un tiempo de 45 minutos y 3A, siendo las mejores condiciones del estudio, al pasar por el tratamiento del lombrifiltro logró una remoción del 98% de la DBO<sub>5</sub> cumpliendo así con los Valores Máximos Admisibles (VMA) ya que se obtuvo 39 mg/L como DBO<sub>5</sub> final.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una limpieza adecuada a los electrodos con agua y detergente después de cada ensayo, debido a que durante los ensayos experimentales tienden a formar una película en las placas metálicas, desencadenado, la disminución de la eficiencia en el sistema.
- Se recomienda ampliar las réplicas, modificando la variable tiempo de reacción, con la finalidad de estudiar el comportamiento en la disminución de la DBO<sub>5</sub>, ya que el tiempo es un factor estadísticamente significativo.
- Se recomienda analizar el lodo y la espuma generado del proceso de electrocoagulación.
- Se recomienda realizar más repeticiones con el tratamiento del lombrifiltro u otros métodos biológicos a diferentes tiempos de retención hidráulica, utilizando una bomba de agua y caudalímetro para obtener datos más precisos.



## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguado, M. (1998). Resistencia de la piel al paso de corriente eléctrica en adultos trabajadores. [Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid] Repositorio UCM <http://webs.ucm.es/BUCM/tesis/19972000/D/0/D0092301.pdf>
- Akansha, J., Nidheesh, P. V., Gopinath, A., Anupama, K. V., & Suresh Kumar, M. (2020). *Treatment of dairy industry wastewater by combined aerated electrocoagulation and phytoremediation process. Chemosphere, 253.* <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126652>
- Anda, L. (19 de noviembre de 2021). Tiempo de retención hidráulico (TRH) en plantas de agua potable. IAGUA. <https://www.iagua.es/blogs/luis-anda-valades/tiempo-retencion-hidraulico-trh-planta-agua#:~:text=El%20tiempo%20de%20retenci%C3%B3n%20hidr%C3%A1ulica,suministro%20a%20la%20red%20domiciliaria.>
- Apaza H. (2018). *Sistema combinado electrocoagulación-filtro biológico para la remoción de carga orgánica de los efluentes lácteos.* [Tesis de Magister, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio UNALM. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3395>
- Aquafondo (s/f). *La contaminación de los ríos de Lima.* <http://smia.munlima.gob.pe/uploads/documento/37cf4400e9be155b.pdf>
- Arango, A. (2014). *Tratamiento de aguas residuales mediante electrocoagulación: desarrollo y potencial de aplicación.* 3(1). Journal of Engineering and Technology. <http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/jet/article/view/1132>
- Arango, A. (2005). La electrocoagulación: Una alternativa para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Lasallista de Investigación, 2, (1).* <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69520109>
- Araujo, L., Campos L. & Chavarria M. (2021). *Tratamiento de agua residual de camal Conchucos mediante coagulación química seguido de electrocoagulación.* [Tesis de pregrado de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio Institucional UNAC [http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6068/TESIS\\_PREGRADO\\_ARAUJO\\_CAMPOS\\_CHAVARRIA\\_FIQ\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6068/TESIS_PREGRADO_ARAUJO_CAMPOS_CHAVARRIA_FIQ_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Arce, F. y Cruz, I. A. (2019). *Tratamiento del efluente industrial de una planta de beneficio de reses, mediante el método de electrocoagulación de flujo a escala piloto*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental y Recursos Naturales, Universidad Nacional del Callao] Repositorio Institucional UNAC. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/4493>.
- Arias, A. (27 de junio de 2022). Adaptación biológica: qué es, tipos y ejemplos. *Ecología verde*. <https://www.ecologiaverde.com/adaptacion-biologica-que-es-tipos-y-ejemplos-2893.html>
- Arocutipa, J. (2013). *Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del distrito de Alto Inambari – Sandia*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio UNAP. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4516>
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2011). Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos. Dirección General de Calidad de los Recursos Hídricos [DGCRH], Lima. Recuperado el 22 de marzo de 2017, de [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/2011-protocolo-anaperu.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/2011-protocolo-anaperu.pdf)
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2016). Estrategia nacional para el mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos, Lima. [https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/r.j.\\_042-2016-ana\\_-\\_copia.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/r.j._042-2016-ana_-_copia.pdf)
- Ayuque, J., Ayuque, C., Dueñas, C., Esteban, J., Huere, J. y Yaulilahua, R. (2022) *Tratamiento de aguas residuales con cámaras de electrocoagulación a escala de laboratorio*. Inudi Perú S.A.C. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.060>
- Barboza, G. (2011). *Reducción de la Carga de Contaminantes de las Aguas Residuales de la Planta de Tratamiento de Totoro-Ayacucho Empleando la Técnica de Electrocoagulación*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional UNI. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/338>
- Barrera, C. E. (2014). *Aplicaciones electroquímicas al tratamiento de aguas residuales*. Reverté.

- Behar, D. (2008). *Metodología de la investigación*. Shalom
- Bermúdez, G. (2019). *Tratamiento de agua residual del camal municipal de Chimbote, usando un Biofiltro de lombrices, para el riego de parques y jardines*. [Tesis de pregrado, Universidad San Pedro]. Repositorio USP. [http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/12476/Tesis\\_61801.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/12476/Tesis_61801.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bow, Y., Syakdani, A. y Taufik, M. (2020). Filtración y electrocoagulación como proceso combinado para la galvanoplastia de aguas residuales. En *Foro En Investigación, Ciencia y Tecnología (FIRST)* (Vol. 7, pp. 18-22). POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA.
- Bustillo-Lecompte, C., & Mehrvar, M. (2017). *Slaughterhouse Wastewater: Treatment, Management and Resource Recovery*. In *Physico-Chemical Wastewater Treatment and Resource Recovery*. InTech. <https://doi.org/10.5772/65499>
- Caicedo, J. (2017). *Diseño, construcción y evaluación de un prototipo biológico compuesto de Eisenia fetida y Agave filifera, para el tratamiento de aguas residuales en la granja del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Riobamba 2015*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo] Repositorio ESPOCH. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/6321>
- Campos, G. y Guzmán, G. (2014). *Producción de abono orgánico en pequeña escala con lombriz californiana (Eisenia foetida)*. [https://issuu.com/lombriculturabarquisimetodevenezuel/docs/manual\\_8\\_\\_\\_produccion\\_abono\\_con\\_lo](https://issuu.com/lombriculturabarquisimetodevenezuel/docs/manual_8___produccion_abono_con_lo)
- Carhuapoma, A. (2022). *Tratamiento de las aguas residuales de camal provado frigorífico industrial Valle Verde Inversiones Trece S.A.C. mediante procesos electroquímicos*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión] Repositorio UNJFSC <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/6077/ALESSIO%20BILL%20CARHUAPOMA%20NICO.pdf?sequence=1>

- Castillo, J. y Chimbo, J. (2021). Efficiency in the removal of organic matter by wormfilters (*Eisenia foetida*) in domestic wastewater for rural areas. *Enfoque UTE*, 12(2), pp. 80 - 99. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.746>
- Castillo, R. (2020). *Remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos mediante un proceso de vermifiltración y jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) del Asentamiento Humano Lomas de Zapallal - Distrito de Puente Piedra-Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte] Repositorio de la UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/26448/Tesis%20final-Ronal%20Castillo-%20Vermifiltracion.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chávez, J. (2017). *Eficiencia de un biofiltro en la reducción de carga orgánica de un efluente industrial en la ciudad de Celendín*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio UNC. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1734>
- Chen, G. (2004). *Electrochemical technologies in wastewater treatment. Separation and Purification Technology*, 38(1), 11–41. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2003.10.006>
- Comisión Nacional del Medio Ambiente- Región Metropolitana. (1999). *Guía para el control y prevención de la contaminación industrial “Industria Procesadora de la Carne*. Santiago. [https://www.academia.edu/18733169/GUIA\\_PARA\\_EL\\_CONTROL\\_Y\\_PREVENCION\\_DE\\_LA\\_CONTAMINACION\\_INDUSTRIAL\\_ESTACIONES\\_DE\\_SERVICIO\\_1](https://www.academia.edu/18733169/GUIA_PARA_EL_CONTROL_Y_PREVENCION_DE_LA_CONTAMINACION_INDUSTRIAL_ESTACIONES_DE_SERVICIO_1)
- Cueva, E. y Pereda, M. (2020). *Efecto del amperaje y tiempo del proceso de la electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales del camal de José Leonardo Ortíz*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Pedro Ruiz de Gallo]. Repositorio UNPRG [https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8688/Cueva\\_Torres\\_E\\_wdim\\_Franklin\\_y\\_Pereda\\_Vela\\_Marlith\\_Ysabel.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8688/Cueva_Torres_E_wdim_Franklin_y_Pereda_Vela_Marlith_Ysabel.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Dhadse, S., Satyanarayan, S., Chaudhari, PR y Wate, SR (2010). Vermifiltros: una herramienta para el tratamiento biológico aeróbico de aguas residuales farmacéuticas a base de plantas. *Ciencia y tecnología del agua*, 61 (9), 2375-2380.
- D. S. N° 001-2015-VIVIENDA. Se modifican diversos artículos del Decreto Supremo N° 021-2009- VIVIENDA, que aprobó los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario (2015). <http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/documentos/DS-001-2015-VIVIENDA.pdf>
- D. S. N° 010-2010-MINAM. Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minera-Metalúrgicas (2010). <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/37789>
- D. S. N° 015-2012-AG. Aprueban el Reglamento Sanitario del Faenado de Animales de Abasto (2012). [https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2014/11/DS\\_015\\_2012\\_AG-REGLAMENTO-SANITARIO-DEL-FAENADO-DE-ANIMALES-DE-ABASTO.pdf](https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2014/11/DS_015_2012_AG-REGLAMENTO-SANITARIO-DEL-FAENADO-DE-ANIMALES-DE-ABASTO.pdf)
- D. S. N° 020-2019-VIVIENDA. Aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario (2019). <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-de-valores-maximos-decreto-supremo-n-010-2019-vivienda-1748339-3/>
- Del Castillo, M. y Meseth, E. (2015). El reúso de aguas residuales tratadas en el Perú. *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/publication/287216350\\_El\\_reuso\\_de\\_aguas\\_residuales\\_tratadas\\_en\\_el\\_Peru](https://www.researchgate.net/publication/287216350_El_reuso_de_aguas_residuales_tratadas_en_el_Peru)
- DIGESA (s.f). *Fichas técnicas del grupo de uso: Parámetros organolépticos*. [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf)

- Duran, L. y Henríquez, C. (2009). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, 33(2), 275-281. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43613279011>
- Emerick T., Viera J. L., Silveria M. H., João J. J. (2020). *Ultrasound-assisted electrocoagulation process applied to the treatment and reuse of swine slaughterhouse wastewater. Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(6). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104308>
- Ensano, B., Borea, L., Naddeo, V., Belgiorno, V., De Luna, M., Balakrishnan, M. y Ballesteros, F. (2019). Applicability of the electrocoagulation process in treating real municipal wastewater containing pharmaceutical active compounds. *Journal of Hazardous Material*. 361, 367-373. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.07.093>
- Escobar, P. (2014). Contaminación de los recursos hídricos de los mataderos de ganado vacuno y otras especies en Lima Metropolitana. Universidad Nacional Federico Villarreal [https://web.unfv.edu.pe/facultades/fiiS/images/oficinas/unidad\\_investigacion/investigacion\\_2014/ESCOBAR\\_PROYECTO\\_2014.pdf](https://web.unfv.edu.pe/facultades/fiiS/images/oficinas/unidad_investigacion/investigacion_2014/ESCOBAR_PROYECTO_2014.pdf)
- Gallardo, J. A. (2019). “*Remoción de la DBOs y coliformes termotolerantes en aguas residuales domésticas del CITRAR mediante electrocoagulación*”. [Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur] Repositorio Institucional UNTELS.
- Guadalupe, M. (2012). *Coagulación optimizada en el tratamiento de potabilización de agua: su efecto sobre la remoción de enteroparásitos*. [Tesis de postgrado, Universidad Nacional del Litoral] Repositorio UNL <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/461/tesis.pdf?sequence=1>
- Huiza, J. y Ordoñez, N. (2018). *Eficiencia de lombrifiltro implementando la técnica de pared caliente en el tratamiento de aguas residuales domésticas del centro poblado de Huaylacucho del distrito de Huancavelica-2018*. [Tesis de Pregrado, Universidad

- Nacional de Huancavelica] Repositorio UNH.  
<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2429>
- Holt, P. K., Barton, G. W., Wark, M., & Mitchell, C. A. (2002). *A quantitative comparison between chemical dosing and electrocoagulation*. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 211, 233-248.
- Kobyas, M., Senturk, E., & Bayramoglu, M. (2006). *Treatment of poultry slaughterhouse wastewaters by electrocoagulation*. *Journal of Hazardous Materials*, 133(1-3), 172-176. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.10.007>
- Martínez, F. (2007). *Tratamiento de Aguas Residuales Industriales mediante Electrocoagulación y Coagulación Convencional*. [Tesis Doctoral, Universidad de Castilla-La Mancha] <https://ruidera.uclm.es/server/api/core/bitstreams/e73f8d0f-1235-4c58-828f-d3bc80ac5748/content>
- Montiel, J. (2011). *Los filtros aerobios como una alternativa para aumentar la eficiencia de las lagunas de oxidación*. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León] <https://core.ac.uk/download/pdf/76593773.pdf>
- Muñoz, D. (2005). Sistema de tratamiento de aguas residuales de matadero: para una población menor 2000 habitantes. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6117975>
- Ñaupas, H. Valdivia, M. Palacios, J. Romero, H. (2013). *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. (5ta. Ed.) Ediciones de la U.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)
- Organización Mundial de Salud (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: Cuarta edición que incorpora la primera agenda*. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Paitan De La Cruz, M. A., & Sifuentes Cateño, G. (2018). *Remoción de contaminantes de aguas residuales de un matadero de equinos por el método de electrocoagulación a nivel de laboratorio.*
- Paulatista, L., Presumido, P., Theodoro, J. y Pinheiro, A. (2018). *Efficiency analysis of the electrocoagulation and electroflotation treatment of poultry slaughterhouse wastewater using aluminum and graphite anodes.* Environ Sci Pollut Res. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2184-y>
- Pratiwi, NI, Mukimin, A., Zen, N. y Septarina, I. (2021). Integración de tecnología de electrocoagulación, adsorción y humedales para el tratamiento de aguas residuales de la industria de la joyería. *Tecnología de separación y purificación* , 279 , 119690.
- Quinchel, J. (2015). *Plan de Gestión de Manejo de Sistema Sanitario de Aguas Servidas por Sistema Tohá, Putre.* <https://docplayer.es/13904060-Informe-plan-de-gestion-de-manejo-de-sistema-sanitario-de-aguas-servidas-por-sistema-toha-putre-ilustre-municipalidad-de-putre-30-de-marzo-de-2015.html>
- Reilly, M., Cooley, A. P., Tito, D., Tassou, S. A., & Theodorou, M. K. (2019). *Electrocoagulation treatment of dairy processing and slaughterhouse wastewaters.* In Energy Procedia (Vol. 161). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.02.106>
- Restrepo, A., Arango, A., & Garcés, L. (2006). La Electrocoagulación: retos y oportunidades en el tratamiento de aguas. *Producción+ limpia*, 1(2), 58-77.
- Rivas, J. y Rojas, M. (2020) *Tratamiento de aguas residuales por el método de electrocoagulación del sistema PTAR de la laguna de estabilización San José Lambayeque.* [Tesis para optar el título de Ingeniero Químico, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo] Repositorio UNPRG [https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/9200/Rivas\\_Ram%c3%adrez\\_Jimy\\_Edgar\\_y\\_Rojas\\_Oblitas\\_Manuel\\_Alejandro.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/9200/Rivas_Ram%c3%adrez_Jimy_Edgar_y_Rojas_Oblitas_Manuel_Alejandro.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Rodríguez, C.T., Amaya-Chávez, A., Roa-Morales, G., Barrera-Díaz, C.E., Urena-Núñez, F., (2010). *An integrated electrocoagulation phytoremediation process for the treatment of*



- mixed industrial wastewater*. International Journal of Phytoremediation.  
<http://dx.doi.org/10.1080/15226510903390429>
- Rodríguez, H. (24 de agosto de 2022). *Propiedades del aluminio (Al)*. National Geographic.  
[https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/propiedades-aluminio-al\\_18221](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/propiedades-aluminio-al_18221)
- Rodríguez, P. (2011). *Análisis de la situación de las aguas servidas en zonas rurales de la IV, VI y RM de Chile y proposición de un sistema sustentable para su tratamiento*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio UCHILE.  
<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104031>
- Rojas, M. (2005). *Producción de humus de lombriz roja californiana (Eisenia foetia) elaborado con diferentes sustratos vegetales en la comunidad de Trinidad Pampa - Coripata*. [Tesis para optar el título de Ingeniero en Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés] Repositorio Institucional UMSA.  
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/6004/T-805.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Salazar, P. (2005). *Sistema Tohá; una alternativa ecológica para el tratamiento de aguas residuales en sectores rurales*. [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile]. Repositorio UACH.  
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcis161s/doc/bmfcis161s.pdf>
- Sandogoyin, A. y Agbawhe, O. (1992). Environmental study on surface and ground water pollutants from slaughterhouse effluents. *Bioresour Technol.* 41, 193-200.
- Severiche, C., Castillo, M. y Acevedo, R. (2013). *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas*. EUMED. NET  
<https://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/index.htm>
- Signorini, M., Civit, S., Bonilla, M., Cervantes, M., Calderon, M., Perez, A., Del Pilar, M., Almanza, C. (2006). *Evaluación de riesgos de los rastros y mataderos municipales*.  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/154388/Evaluacion\\_de\\_riesgos\\_de\\_los\\_rastros\\_y\\_mataderos\\_municipales.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/154388/Evaluacion_de_riesgos_de_los_rastros_y_mataderos_municipales.pdf)

- Sotelo, M. & Téllez, G., (2007). *Efecto de distintos porcentajes de humus de lombriz, compost y suelo, como sustrato en la producción de plántulas de café (Coffea arabica L) variedad caturra*. [Trabajo de diploma para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria] Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/2020/1/tnf04s717.pdf>
- Tamani, Y. H. (2017). *Electrocoagulación para la remoción de carga contaminante del efluente del matadero municipal de Tingo María*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Agraria de la Selva] Repositorio Institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1379>
- Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 33 (1), 155-165. <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>
- WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO). 2019. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás*. <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>
- Xing, M. Li, X. Yang J. (2010). *Treatment performance of small-scale vermifilter for domestic wastewater and its relationship to earthworm growth, reproduction and enzymatic activity*. *African Journal of Biotechnology*, 9 (44), 7513-7520. 10.5897/AJB10.811

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia

Problemática	Objetivos	Hipotesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
PG: ¿Cual será la máxima reducción de la DBO5 en las aguas residuales de un efluente industrial mediante un sistema de electrocoagulación?	OG: Reducir la DBO5 en las aguas residuales de un efluente industrial mediante un sistema de electrocoagulación.	HG: La reducción de la DBO5 en las aguas residuales de un efluente industrial mediante un sistema de electrocoagulación es del 85%.	VI: Sistema de electrocoagulación	Electrocoagulación	Intensidad de corriente	<p><b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b> Explicativo</p> <p><b>Diseño de investigación:</b> Experimental</p> <p><b>Enfoque de la investigación:</b> Cuantitativo</p> <p><b>Técnica:</b> SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 4500-H+ B, 23rd Ed. Método electrométrico. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 2510 B, 23rd Ed. Conductividad. Método de laboratorio</p> <p>SMEWW-APHA-AWWA-WEF Parte 2550 B, 23rd Ed. Temperatura. Método de laboratorio y campo</p> <p>SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 5210 B 24th Ed. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Prueba de DBO de 5 días</p> <p><b>Instrumentos:</b> pH metro digital, conductímetro portátil, cronómetro, amperímetro, termómetro digital</p> <p><b>Población:</b> Aguas residuales industriales de faenamiento avícola</p> <p><b>Muestra:</b> 63 L</p> <p><b>Método de análisis de datos:</b> Diseño factorial completo general 3<sup>2</sup> Minitab 19</p>
PE: ¿Cuales son las condiciones óptimas que favorecen en la disminución de la DBO5 en las aguas residuales de un efluente industrial mediante un sistema de electrocoagulación?	OE: Determinar las condiciones óptimas que favorecen en la disminución de la DBO5 en las aguas residuales de un efluente industrial mediante un sistema de electrocoagulación.	HE: Las condiciones óptimas que favorecen en la disminución de la DBO5 en las aguas residuales de un efluente industrial mediante un sistema de electrocoagulación son a una intensidad de corriente de 3A y 45 min.			Tiempo de reacción	
PE: ¿Cuál será el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del efluente industrial mediante el sistema de electrocoagulación?	OE: Evaluar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del efluente industrial mediante el sistema de electrocoagulación .	HE: Los parámetros fisicoquímicos del efluente industrial tratados mediante el sistema de electrocoagulación serán modificados.	VD: Tratamiento de efluentes de una planta de faenamiento avícola.	Parámetros fisicoquímicos	pH	
PE: ¿ El tratamiento del efluente del sistema de electrocoagulación mediante un lombrifiltro cumple con los Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario?	OE: Determinar si el tratamiento del efluente del sistema de electrocoagulación mediante un lombrifiltro cumple con los Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.	HE: El tratamiento del efluente del sistema de electrocoagulación mediante un lombrifiltro cumple con los Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.			Parámetro biológico	
					Temperatura	
					DBO5	



Los análisis de la DBO<sub>5</sub> del efluente residual se llevaron a cabo en el laboratorio RLAB S.A.C., se presenta las cadenas de custodia.



CADENA DE CUSTODIA

F: RTM - 04  
Revisión: 05  
Fecha: 22-01-2021  
Página 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE Y FACTURACIÓN							N° Cadena de Custodia:	2309125A		N° Plan de Muestreo:			
Cliente:	Rosmary Paola Gozme Ruiz						Preservante						
Dirección del Cliente:	Mz C9 Lt6 12 de noviembre Pamplona Alta, SSM												
RUC:	75984443		Teléfono(s):		939427674								
Atención a:	Rosmary Paola Gozme Ruiz		Correo:		rosmarygozme@gmail.com								
DATOS PARA EJECUCIÓN DEL MUESTREO													
Usuario:	Rosmary Paola Gozme Ruiz		N° de Orden de Trabajo:		2308023		Tipo de frasco / envase (2)						
Muestreo realizado por:	CLIENTE		Analista de Campo:				P						
Lugar de Muestreo:	Faenamiento avícola en Villa María del Triunfo						ENSAYO(S) SOLICITADO(S)						
Procedimiento del Muestreo:			Ensayo:		Agua Residual Industrial								
Contacto de Campo:	Rosmary Paola Gozme Ruiz		Teléfono(s):		939427674		Correo:		rosmarygozme@gmail.com				
Contacto R-LAB:	León Geronimo, Susana		Teléfono(s):		993 666 617		Correo:		coordinacion@rlabac@gmail.com				
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CÓDIGO DEL LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO (D/M/A)	HORA DE MUESTREO (24:00)	TIPO DE MATRIZ Y/O PRODUCTO (1)	N° DE ENVASES/FRASCOS	ESTADO DE CONSERV. (3)	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	Demanda Bioquímica de Oxígeno					
ARI-00	2309125A-01	09/09/23	07:45	ARI	01	R	faenamiento avicola	X					
ARI-1-20I	2309125A-02	09/09/23	10:22	ARI	01	R	faenamiento avicola	X					
ARI-1-20II	2309125A-03	09/09/23	11:03	ARI	01	R	faenamiento avicola	X					
ARI-2-20I	2309125A-04	09/09/23	11:44	ARI	01	R	faenamiento avicola	X					
ARI-2-20II	2309125A-05	09/09/23	12:43	ARI	01	R	faenamiento avicola	X					
ARI-3-20I	2309125A-06	09/09/23	13:45	ARI	01	R	faenamiento avicola	X					
OBSERVACIÓN							Coordenadas: ARI-00 N: 8658121.45 E: 289233.69 ARI-1-20I ARI-2-20I ARI-3-20I N: 8649092.29 E: 289421.86 ARI-1-20II ARI-2-20II						
Devolución de Items de Ensayo:							CONFORMIDAD DEL SERVICIO POR EL CLIENTE (EN CAMPO)						
SI ( ) NO (X) (3)TEMPERATURA: AMBIENTE(T), PRESERVADO(P), REFRIGERADO(R)													
(1) MATRIZ: AGUA NATURAL: Superficial Lago (ANSLo), Superficial Laguna (ANSLa), Río (ANSR); Subterránea: Manantial (ANSbM) / Pozo (ANSbP); Termal (ANSbT); AGUA SALINA: Mar (ASAM), Salobre (ASAO); AGUA RESIDUAL: Doméstico (ARD), Industrial (ARI), Municipal (ARbM); AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: Bebida Potable (ACHPo), Mesa (ACHM), Envasada (ACHE), Piscina (ACHP), Laguna Artificial (ACHLa); AGUA DE PROCESO: Circulación o enfriamiento (APE), Alimentación para calderas (APAC), Calderas (APC), Lixiviación (APL), Purificada (APP), Inyección y reinyección (APR), AIRE (H); TUBO ADSORBENTE: (TA); SOLUCIÓN CAPTADORA: (SC); FILTRO: (F); METEOROLOGÍA: (MET); EMISIONES EN FUENTES ESTACIONARIAS: (EM); SUELO: Suelo (S), Lodo (SL), Sedimentos (SSED), Biosólidos (BS); SEDIMENTOS: Epicontinental (SSEDE), Estuarinos (SSEDES), Marinos (SSEDM); RUIDO (RU); SUPERFICIES: Inertes regulares (SIR), Inertes irregulares (SII), Vivas (SV); OTROS (O):							NOMBRE: Rosmary Paola Gozme Ruiz						
(2) ENVASE: PLÁSTICO (P); VIDRIO (V); VIDRIO ÁMBAR (VA); BOLSA ZIPLOC (BZ); SOBRE MANILA (SM); PLACA PETRI (PP); TUBOS ADSORBENTES (TA); PLÁSTICO ÁMBAR (PA); FILTRO CON CARBÓN ACTIVADO (FCA); CASSETTE (C); PLÁSTICO ESTERILIZADO (PE); VIDRIO ESTERILIZADO (VE); BOLSA ZIPLOC ESTÉRIL (BZE), OTROS(O)							CARGO: Testista						
							FIRMA:						
SOLO PARA SER LLENADO POR COORDINADOR DE RECEPCION DE MUESTRAS													
Entregado por:		Firma:		Recibido por:		Firma:		CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS					
Rosmary Gozme Ruiz				Susana León Geronimo				En buen estado: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>					
OBSERVACIONES:								Recipiente apropiado: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>					
Termómetros Utilizados: 41106115								Dentro del tiempo de conservación: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>					
								Correctamente preservadas: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>					
								CONFORME <input checked="" type="checkbox"/> NO CONFORME <input type="checkbox"/>					





CADENA DE CUSTODIA

F - RTM - 04  
 - Revisión: 05  
 Fecha: 22-01-2021  
 Página 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE Y FACTURACIÓN					Nº Cadena de Custodia: 2309226A		Nº Plan de Muestreo:		
Cliente: Rosmery Paola Gozme Ruiz Dirección del Cliente: MZCG H.6 12denoviembre SJM RUC: 75984443 Teléfono(s): 939427674 Atención a: Rosmery Paola Gozme Ruiz Correo: rosmerygozme@gmail.com					Preservante				
DATOS PARA EJECUCIÓN DEL MUESTREO					Tipo de frasco / envase (2)				
Usuario: Rosmery Gozme Ruiz Muestreo realizado por: CLIENTE Lugar de Muestreo: VMT Procedimiento del Muestreo: Ensayo: Agua Residual Industrial Contacto de Campo: Rosmery Paola Gozme Ruiz Teléfono(s): 939427674 Correo: rosmerygozme@gmail.com Contacto R-LAB: León Geronimo, Susana Teléfono(s): 993 666 617 Correo: coordinacion@riabsac@gmail.com					P				
ENSAYO(S) SOLICITADO(S)					Demanda Bioquímica de Origen VILLA EL SALVADOR RECIBIDO Laboratorio de Ensayo R-LAB-S.A.C Fecha: 16/09/2023 Hora: 13:30 T.C.V = 5.0°C Firma: [Firma] LA RECEPCIÓN DE ESTE DOCUMENTO NO ES SERIAL DE CONFORMIDAD				
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CÓDIGO DEL LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO (D/M/A)	HORA DE MUESTREO (24:00)	TIPO DE MATRIZ Y/O PRODUCTO (1)	Nº DE ENVASES/ FRASCOS	ESTADO DE CONSERV. (3)	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO		
ARI-03	2309226A-01	16/09/2023	08:50	ARI	1	R	Faenamiento cuale	✓	
ARI 1-45II	2309226A-02	16/09/2023	11:04	ARI	1	R	Faenamiento cuale	✓	
ARI 2-45I	2309226A-03	16/09/2023	12:00	ARI	1	R	Faenamiento cuale	✓	
ARI 2-45II	2309226A-04	16/09/2023	13:20	ARI	1	R	Faenamiento cuale	✓	
ARI 3-45II	2309226A-05	16/09/2023	12:52	ARI	1	R	Faenamiento cuale	✓	
OBSERVACIÓN					Coordenadas: ARI 03 N: 8658121.45 E: 289233.69 ARI 1-45II N: 8649092.29 E: 28921.86 ARI 2-45I ARI 2-45II				
Devolución de Items de Ensayo: SI ( ) NO (X) (3)TEMPERATURA: AMBIENTE(T), PRESERVADO(P), REFRIGERADO(R)					CONFORMIDAD DEL SERVICIO POR EL CLIENTE (EN CAMPO)				
(1) MATRIZ: AGUA NATURAL: Superficial Lago (ANSLo), Superficial Laguna (ANSLa), Rio (ANSR); Subterránea: Manantial (ANSm) / Pozo (ANSbP), Termal (ANSbT); AGUA SALINA: Mar (ASAM), Salobre (ASAO), Salobre (ASAD), Industrial (ARI), Municipal (ARIM); AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: Bébida Potable (ACHPo), Mesa (ACHM), Envasada (ACHE), Piscina (ACHP), Laguna Artificial (ACHLA); AGUA DE PROCESO: Circulación o enfriamiento (APE), Alimentación para calderas (APAC), Calderas (APC), Lixiviación (APL), Purificada (APP), Inyección y reinyección (APIR); AIRE (H); TUBO ADSORBENTE (TA); SOLUCIÓN CAPTADORA (SC); FILTRO (F); METEOROLOGÍA (MET); EMISIONES EN FUENTES ESTACIONARIAS (EM); SUELO: Suelo (S), Lodo (SL), Sedimentos (SSED), Biosólidos (BS); SEDIMENTOS: Epicontinental (SEDE), Estuarinos (SSEDES), Marinos (SSEDM); RUIDO (RU); SUPERFICIES: Inertes regulares (SIR), Inertes irregulares (SII), Vivas (SV); OTROS (O)					NOMBRE: Rosmery Paola Gozme Ruiz CARGO: FIRMA: [Firma]				
(2) ENVASE: PLÁSTICO(P), VIDRIO(V), VIDRIO ÁMBAR(VA), BOLSA ZIPLOC(BZ), SOBRE MANILA(SM), PLACA PETRI (PP), TUBOS ADSORBENTES (TA); PLÁSTICO ÁMBAR (PA); FILTRO CON CARBÓN ACTIVO (FCA); CASSETTE (C); PLÁSTICO ESTERILIZADO (PE); VIDRIO ESTERILIZADO (VE); BOLSA ZIPLOC ESTÉRIL (BZE), OTROS(O)					SOLO PARA SER LLENADO POR COORDINADOR DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS				
Entregado por:		Firma:		Recibido por:		Firma:		CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	
Rosmery Gozme		[Firma]		Susan León Geronimo		[Firma]		En buen estado: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Recipiente apropiado: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Dentro del tiempo de conservación: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Correctamente preservadas: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> CONFORME <input checked="" type="checkbox"/> NO CONFORME <input type="checkbox"/>	
OBSERVACIONES:									
Termómetro Utilizado: 41106115									



CADENA DE CUSTODIA

F - RTM - 04  
Revisión: 05  
Fecha: 22-01-2021  
Página 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE Y FACTURACIÓN							N° Cadena de Custodia:	2310329A		N° Plan de Muestreo:				
Cliente:	ROSMERY PAOLA GOZME RUIZ						Preservante							
Dirección del Cliente:	M2 C9 LT 6 12 DE NOVIEMBRE PAMPLONA ALTA, SJM													
RUC:	75984443	Teléfono(s):	939427674											
Atención a:	Rosmary Paola Gozme Ruiz		Correo:	rosmarygozme@gmail.com										
DATOS PARA EJECUCIÓN DEL MUESTREO														
Usuario:	Rosmary Paola Gozme Ruiz		N° de Orden de Trabajo:	2308023			Tipo de frasco / envase (2)							
Muestreo realizado por:	CLIENTE		Analista de Campo:				P							
Lugar de Muestreo:	Villa Maria del Triunfo						ENSAYO (S) SOLICITADO (S)							
Procedimiento del Muestreo:	Ensayo: Agua Residual Industrial													
Contacto de Campo:	Rosmary Paola Gozme Ruiz		Teléfono(s):	939427674	Correo:	rosmarygozme@gmail.com								
Contacto R-LAB:	León Geronimo, Susana		Teléfono(s):	993 666 617	Correo:	coordinacion@rlabsac@gmail.com								
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CÓDIGO DEL LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO (D/M/A)	HORA DE MUESTREO (24:00)	TIPO DE MATRIZ Y/O PRODUCTO (1)	N° DE ENVASES/FRASCOS	ESTADO DE CONSERV. (3)							DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	
	ARI-B-01	2310329A-01	29-10-2023	ARI	01	R	Fogonamiento Avícola	X						
OBSERVACIÓN														
Coordenadas N: 8649092, 29 E: 289721, 86														
Devolución de Ítems de Ensayo:							CONFORMIDAD DEL SERVICIO POR EL CLIENTE (EN CAMPO)							
SI ( ) NO (X) (3) TEMPERATURA: AMBIENTE(T), PRESERVADO(P), REFRIGERADO(R)														
(1) MATRIZ: AGUA NATURAL: Superficial Lago (ANSLo), Superficial Laguna (ANSLa), Río (ANSR); Subterránea: Manantial (ANSbM) / Pozo (ANSbP), Termal (ANSbT); AGUA SALINA: Mar (ASAM), Salobre (ASAO); AGUA RESIDUAL: Doméstico (ARD), Industrial (ARI), Municipal (ARM); AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: Bobida Potable (ACHPo), Mesa (ACHM), Envasada (ACHE), Piscina (ACHP), Laguna Artificial (ACHLa); AGUA DE PROCESO: Circulación o enfriamiento (APE), Alimentación para calderas (APAC), Calderas (APC), Lixiviación (APL), Purificada (APP), Inyección y reinyección (APIR); AIRE (H); TUBO ADSORBENTE (TA); SOLUCIÓN CAPTADORA (SC); FILTRO (F); METEOROLOGÍA (MET); EMISIONES EN FUENTES ESTACIONARIAS: (EM); SUELO: Suelo (S), Lodo (SL), Sedimentos (SSED), Biosólidos (BS); SEDIMENTOS: Epicontinental (SSEDE), Estuarinos (SSEDES), Marinos (SSEDM); RUIDO (RU); SUPERFICIES: Inertes regulares (SIR), Inertes irregulares (SII), Vivas (SV); OTROS (O):							NOMBRE		Rosmary Paola Gozme Ruiz					
							CARGO		Tesisista					
(2) ENVASE: PLÁSTICO(P); VIDRIO(V); VIDRIO AMBAR(VA); BOLSA ZIPLOC(BZ); SOBRE MANILA(SM); PLACA PETRI (PP), TUBOS ADSORBENTES (TA); PLÁSTICO AMBAR (PA); FILTRO CON CARBÓN ACTIVADO (FCA); CASSETTE (C); PLÁSTICO ESTERILIZADO (PE); VIDRIO ESTERILIZADO (VE); BOLSA ZIPLOC ESTÉRIL (BZE), OTROS(O)							FIRMA							
SOLO PARA SER LLENADO POR COORDINADOR DE RECEPCION DE MUESTRAS														
Entregado por:	Firma:		Recibido por:	Firma:			CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS							
Rosmary Gozme Ruiz			Deisy Cortez Arauco											
OBSERVACIONES:							En buen estado:							
Termómetro utilizado para medir la temperatura de las muestras que ingresan al laboratorio: 41106115							SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>							
							Recipiente apropiado:							
							SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>							
							Dentro del tiempo de conservación:							
							SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>							
							Correctamente preservadas:							
							SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>							
							CONFORME		X				NO CONFORME	





CADENA DE CUSTODIA

F: RTM - 04  
Revisión: 05  
Fecha: 22-01-2021  
Página 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE Y FACTURACIÓN							N° Cadena de Custodia:	2310337A		N° Plan de Muestreo:		
Cliente:	ROSMERY PAOLA GOZME RUIZ						Preservante					
Dirección del Cliente:	M2 C9 LT 6 12 DE NOVIEMBRE PAMPONA ALTA, 5377											
RUC:	75984443		Teléfono(s):	939427674								
Atención a:	Rosmary Paola Gozme Ruiz		Correo:	rosmarygozme@gmail.com								
DATOS PARA EJECUCIÓN DEL MUESTREO												
Usuario:	Rosmary Paola Gozme Ruiz		N° de Orden de Trabajo:	2308023			Tipo de frasco / envase (2)					
Muestreo realizado por:	CLIENTE		Analista de Campo:				P					
Lugar de Muestreo:	VES						ENSAYO (S) SOLICITADO (S)					
Procedimiento del Muestreo:			Ensayo:	Agua Residual Industrial			<div style="text-align: center;"> <p>VILLA EL SALVADOR RECIBIDO</p> <p>Laboratorio de Ensayo R-LAB-S.A.C</p> <p>Fecha: 31/10/2023 Hora: 09:40</p> <p>T° de Muestra: T.C.V = 5, 2°C</p> <p>Firma: <i>[Firma]</i></p> <p>LA RECEPCIÓN DE ESTE DOCUMENTO NO ES SEÑAL DE CONFORMIDAD</p> </div>					
Contacto de Campo:	Rosmary Paola Gozme Ruiz		Teléfono(s):	939427674	Correo:	rosmarygozme@gmail.com						
Contacto R-LAB:	Ladín Geronimo, Susana		Teléfono(s):	993 666 617	Correo:	coordinacion@rabsac@gmail.com						
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CÓDIGO DEL LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO (D/M/A)	HORA DE MUESTREO (24:00)	TIPO DE MATRIZ Y/O PRODUCTO (1)	N° DE ENVASES/FRASCOS	ESTADO DE CONSERV. (3)						
AR1-B-03	2310337A-01	30/10/2023	11:30	ARI	01	R	Fermentación Avícola	X				
OBSERVACIÓN												
Coordenadas : N: 3649092,29 E: 289721,96												
Devolución de Items de Ensayo:							CONFORMIDAD DEL SERVICIO POR EL CLIENTE (EN CAMPO)					
SI ( ) NO (X) (3)TEMPERATURA: AMBIENTE(T), PRESERVADO(P), REFRIGERADO(R)												
(1) MATRIZ: AGUA NATURAL: Superficial Lago (ANSLo), Superficial Laguna (ANSLa), Río (ANSR); Subterránea: Manantial (ANSbM) / Pozo (ANSbP), Termal (ANSbT); AGUA SALINA: Mar (ASAM), Salobre (ASAO); AGUA RESIDUAL: Doméstico (ARD), Industrial (ARI), Municipal (ARM); AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: Bebida Potable (ACHPo), Mesa (ACHM), Envasada (ACHE), Piscina (ACHP), Laguna Artificial (ACHLa); AGUA DE PROCESO: Circulación o enfriamiento (APE), Alimentación para calderas (APAC), Calderas (APC), Lixiviación (APL), Purificada (APP), Inyección y reinyección (APIR); AIRE (H); TUBO ADSORBENTE (TA); SOLUCIÓN CAPTADORA (SC); FILTRO (F); METEOROLOGÍA (MET); EMISIONES EN FUENTES ESTACIONARIAS (EM); SUELO: Suelto (S), Lodo (SL), Sedimentos (SSED), Biosólidos (BS); SEDIMENTOS: Epicontinental (SSEDE), Estuarinos (SSEDES), Marinos (SSEDM); RUIDO (RU); SUPERFICIES: Inertes regulares (SIR), Inertes irregulares (SII), Vivas (SV); OTROS (O):							NOMBRE		Rosmary Paola Gozme Ruiz			
(2) ENVASE: PLÁSTICO(P); VIDRIO(V); VIDRIO AMBAR(VA); BOLSA ZIPLOC(BZ); SOBRE MANILA(SM); PLACA PETRI (PP), TUBOS ADSORBENTES (TA); PLÁSTICO AMBAR (PA); FILTRO CON CARBÓN ACTIVADO (FCA); CASSETTE (C); PLÁSTICO ESTERILIZADO (PE); VIDRIO ESTERILIZADO (VE); BOLSA ZIPLOC ESTÉRIL (BZE), OTROS(O)							CARGO		Tesisista			
							FIRMA		<i>[Firma]</i>			
SOLO PARA SER LLENADO POR COORDINADOR DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS												
Entregado por:	Firma:		Recibido por:	Firma:		CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS						
Rosmary Gozme Ruiz	<i>[Firma]</i>		Dujoy Cortez Arauco	<i>[Firma]</i>		En buen estado:	SI	X	NO			
OBSERVACIONES:						Recipiente apropiado:	SI	X	NO			
Termómetro utilizado para medir la temperatura de las muestras que ingresan al laboratorio: 41106115						Dentro del tiempo de conservación:	SI	X	NO			
						Correctamente preservadas:	SI		NO			
						CONFORME	X		NO CONFORME			

### Anexo 3. Informes finales de laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103  
**LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.**



## INFORME DE ENSAYO N° 2309125A

Cliente	: ROSMERY PAOLA GOZME RUIZ
Dirección del cliente	: MZ C9 LT 6 12 DE NOVIEMBRE PAMPLONA ALTA, SJM
(1) Usuario	: ROSMERY PAOLA GOZME RUIZ
Lugar de muestreo	: FAENAMIENTO AVÍCOLA EN VILLA MARÍA DEL TRIUFO
N° de orden de trabajo	: 2308023
Tipo de matriz y/o producto	: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Muestreo realizado por	: CLIENTE
Procedimiento de muestreo	: NO APLICA
Instructivo de muestreo	: NO APLICA
Referencia al plan de muestreo	: NO APLICA
Número de muestras	: 06
Fecha de recepción	: 09-09-2023
Fecha de inicio y término de ensayo	: 09-09-2023 al 18-09-2023

\*Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio\*.

(1): Dato proporcionado por el cliente.

Fecha de emisión : 21-09-2023

Leonor Lucía Morcocola Yuto  
 JEFE DE LABORATORIO DE FQ  
 R-LAB S.A.C

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.  
 Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.  
 Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
 Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"  
 Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 4082870 / Móviles: 972 733 385 / 986 409 437  
 Correo: servicios@riabsac.com / serviciosriab@gmail.com / Visitenos en www.riabsac.com

F-I-E-01; Revisión: 05; Fecha: 17-01-2022

Página 1 de 3



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2309125A

Código de laboratorio	2309125A-01	2309125A-02	2309125A-03	2309125A-04
(1) Identificación de la muestra	ARI-00	ARI-1-20 I	ARI-1-20 II	ARI-2-20 I
(1) Descripción del punto de muestreo	Faenamiento avícola	Faenamiento avícola	Faenamiento avícola	Faenamiento avícola
(1) Fecha y hora de muestreo	09-09-2023 07:15	09-09-2023 10:22	09-09-2023 11:03	09-09-2023 11:44
(1) Ubicación geográfica (WGS-84)	N: 8658121.45 E: 289233.69	N: 8649092.29 E: 289721.86	N: 8649092.29 E: 289721.86	N: 8649092.29 E: 289721.86
Tipo de matriz y/o producto	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL			
Tipo de ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0,1	0,4	>4 000      3 152      >4 000      >4 000
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		N/A      246      N/A      N/A

**Note:**

Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas.

La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno.

La (s) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.

L.C.M: Limite de cuantificación del método; L.D.M: Limite de detección del método.

N/A: No Aplica, por ser mayor al rango de trabajo

Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.

(1) Datos proporcionados por el cliente.

La incertidumbre expandida ha sido reportada con un factor de cobertura k=2 para un nivel de confianza del 95%.

R-LAB S.A.C. deslinda cualquier responsabilidad por información proporcionada por el cliente que forme parte del presente informe, la cual se encuentra claramente identificada.

A solicitud del cliente se reporta el resultado mayor al rango de trabajo de los códigos de laboratorio.

2309125A-01 = 4 651 mg/L

2309125A-03 = 4 153 mg/L

2309125A-04 = 4 449 mg/L

Leonor Lucia Muroccolla Yuto  
JEFE DE LABORATORIO DE FQ  
R-LAB S.A.C

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.  
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.  
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"  
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 4082870 / Móviles: 972 733 385 / 966 409 437  
Correo: servicios@rlabsac.com / serviciosrlab@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2309125A

Código de laboratorio	2309125A-05		2309125A-05	
(1) Identificación de la muestra	ARI-2-20 II		ARI-3-20 I	
(1) Descripción del punto de muestreo	Faenamiento avícola		Faenamiento avícola	
(1) Fecha y hora de muestreo	09-09-2023 12:43		09-09-2023 13:15	
(1) Ubicación geográfica (WGS-84)	N: 8649092.29 E: 289721.88		N: 8649092.29 E: 289721.88	
Tipo de matriz y/o producto	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL			
Tipo de ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0,1	0,4	3.673
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		287
				>4.000
				N/A

Nota:

Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas.

La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno.

La (s) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.

L.C.M. Límite de cuantificación del método; L.D.M. Límite de detección del método.

N/A: No Aplica, por ser mayor al rango de trabajo.

Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.

(1) Datos proporcionados por el cliente.

La incertidumbre expandida ha sido reportada con un factor de cobertura k=2 para un nivel de confianza del 95%.

R-LAB S.A.C. deslinda cualquier responsabilidad por información proporcionada por el cliente que forme parte del presente informe, la cual se encuentra claramente identificada.

A solicitud del cliente se reporta el resultado mayor al rango de trabajo del código de laboratorio 2309125A-05 = 4.051 mg/L.

Norma de referencia			
Tipo de ensayo	Código	Título	Año de versión o edición
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part. 6210 B 24th Ed.	Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test	2023

Fin del documento

**Leonor Lucia Morcilla Yuto**  
 JEFE DE LABORATORIO DE FQ  
 R-LAB S.A.C.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.  
 Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.  
 Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
 Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"  
 Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 4082870 / Móviles: 972 733 385 / 966 409 437  
 Correo: servicios@rlabsac.com / serviciosrlab@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

## INFORME DE ENSAYO N° 2309215A

Cliente	: ROSMERY PAOLA GOZME RUIZ
Dirección del cliente	: MZ C9 LT 6 12 DE NOVIEMBRE PAMPLONA ALTA, SJM
(1) Usuario	: ROSMERY PAOLA GOZME RUIZ
Lugar de muestreo	: FAENAMIENTO AVÍCOLA EN VILLA MARÍA DEL TRIUFO
N° de orden de trabajo	: 2308023
Tipo de matriz y/o producto	: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Muestreo realizado por	: CLIENTE
Procedimiento de muestreo	: NO APLICA
Instructivo de muestreo	: NO APLICA
Referencia al plan de muestreo	: NO APLICA
Número de muestras	: 10
Fecha de recepción	: 15-09-2023
Fecha de inicio y término de ensayo	: 15-09-2023 al 23-09-2023

\*Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio\*.

(1): Dato proporcionado por el cliente.

Fecha de emisión : 25-09-2023

  
Leonor Lucia Morcosola Yulo  
JEFE DE LABORATORIO DE FQ  
R-LAB S.A.C

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.  
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.  
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"  
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 4082870 / Móviles: 972 733 385 / 966 409 437  
Correo: servicios@rlabsac.com / serviciosrlab@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com

F-IE-02; Revisión: 05; Fecha: 17-01-2022

Página 1 de 9



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2309215A

Código de laboratorio		2309215A-01	2309215A-02	2309215A-03	2309215A-04		
(1) Identificación de la muestra		ARI-01	ARI-3-20 II	ARI-3-45 I	ARI-1-30 I		
(1) Descripción del punto de muestreo		Faenamiento avícola	Faenamiento avícola	Faenamiento avícola	Faenamiento avícola		
(1) Fecha y hora de muestreo		15-09-2023 07:00	15-09-2023 10:40	15-09-2023 11:47	15-09-2023 12:40		
(1) Ubicación geográfica (WGS-84)		N: 8658121.45 E: 289233.69	N: 8649092.29 E: 289721.86	N: 8649092.29 E: 289721.86	N: 8649092.29 E: 289721.86		
Tipo de matriz y/o producto		AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL					
Tipo de ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados			
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0,1	0,4	>4 000	2 855	1 955	3 975
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	224	153	310

Código de laboratorio		2309215A-05	2309215A-06	2309215A-07	2309215A-08		
(1) Identificación de la muestra		ARI-1-30 II	ARI-2-30 I	ARI-2-30 II	ARI-3-30 I		
(1) Descripción del punto de muestreo		Faenamiento avícola	Faenamiento avícola	Faenamiento avícola	Faenamiento avícola		
(1) Fecha y hora de muestreo		15-09-2023 13:25	15-09-2023 14:12	15-09-2023 15:04	15-09-2023 15:49		
(1) Ubicación geográfica (WGS-84)		N: 8649092.29 E: 289721.86	N: 8649092.29 E: 289721.86	N: 8649092.29 E: 289721.86	N: 8649092.29 E: 289721.86		
Tipo de matriz y/o producto		AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL					
Tipo de ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados			
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0,1	0,4	3 800	2 304	2 923	2 607
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		290	180	228	203

Nota:

Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas.

La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno.

La (s) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.

L.C.M. Límite de cuantificación del método, L.D.M. Límite de detección del método.

N/A: No Aplica, por ser mayor al rango de trabajo.

Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.

(1) Datos proporcionados por el cliente.

La incertidumbre expandida ha sido reportada con un factor de cobertura  $k=2$  para un nivel de confianza del 95%.

R-LAB S.A.C. deslinda cualquier responsabilidad por información proporcionada por el cliente que forme parte del presente informe, la cual se encuentra claramente identificada.

A solicitud del cliente se reporta el resultado mayor al rango de trabajo del código de laboratorio 2309215A-01 = 4 634,4 mg/L.

**Leonor Lucía Morcilla Yute**  
 JEFE DE LABORATORIO DE FQ  
 R-LAB S.A.C.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.  
 Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.  
 Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
 Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"  
 Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 4082870 / Móviles: 972 733 385 / 966 409 437  
 Correo: servicios@rlabsac.com / serviciosrlab@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2309215A

Código de laboratorio	2309215A-09			2309215A-10		
(1) Identificación de la muestra	ARI 3 30 II			ARI 1 15 I		
(1) Descripción del punto de muestreo	Faenamiento avícola			Faenamiento avícola		
(1) Fecha y hora de muestreo	15-09-2023 16:34			15-09-2023 17:20		
(1) Ubicación geográfica (WGS-84)	N: 8649052.29 E: 289721.88			N: 8649052.29 E: 289721.88		
Tipo de matriz y/o producto	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL					
Tipo de ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0,1	0,4	2 566		3 749
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		200		293

Nota

Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas.

La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno.

La (s) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.

L.C.M: Límite de cuantificación del método; L.D.M: Límite de detección del método.

Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.

(1) Datos proporcionados por el cliente.

La incertidumbre expandida ha sido reportada con un factor de cobertura k=2 para un nivel de confianza del 95%.

R-LAB S.A.C. deslinda cualquier responsabilidad por información proporcionada por el cliente que forme parte del presente informe, la cual se encuentra claramente identificada.

Norma de referencia			
Tipo de ensayo	Código	Título	Año de versión o edición
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part. 5210 B 24th Ed.	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	2023

Fin del documento

Leonor Lucia Morebolla Yuto  
JEFE DE LABORATORIO DE FQ  
R-LAB S.A.C

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.  
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.  
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"  
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 4082870 / Móviles: 972 733 385 / 966 409 437  
Correo: servicios@rlabsac.com / serviciosrlab@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

## INFORME DE ENSAYO N° 2309226A

Cliente	: ROSMERY PAOLA GOZME RUIZ
Dirección del cliente	: MZ. C9 LT. 6 12 DE NOVIEMBRE, SAN JUAN DE MIRAFLORES
(1) Usuario	: ROSMERY PAOLA GOZME RUIZ
Lugar de muestreo	: VILLA MARÍA DEL TRIUNFO
N° de orden de trabajo	: 2308023
Tipo de matriz y/o producto	: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Muestreo realizado por	: CLIENTE
Procedimiento de muestreo	: NO APLICA
Instructivo de muestreo	: NO APLICA
Referencia al plan de muestreo	: NO APLICA
Número de muestras	: 05
Fecha de recepción	: 16-09-2023
Fecha de inicio y término de ensayo	: 16-09-2023 al 25-09-2023

"Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio".

(1): Dato proporcionado por el cliente.

Fecha de emisión : 27-09-2023

  
Leonor Lucía Morocolla Yuto  
JEFE DE LABORATORIO DE PQ  
R-LAB S.A.C.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.  
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.  
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"  
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 4082870 / Móviles: 972 733 385 / 966 409 437  
Correo: servicios@rlabsac.com / serviciosrlab@gmail.com / Visítenos en www.rlabsac.com





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103



LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

Registro N° LE-103

INFORME DE ENSAYO N° 2309226A

Código de laboratorio	2309226A-01	2309226A-02	2309226A-03	2309226A-04
(1) Identificación de la muestra	ARI-03	ARI 1-45 II	ARI 2-45 I	ARI 2-45 II
(1) Descripción del punto de muestreo	Faenamiento avícola	Faenamiento avícola	Faenamiento avícola	Faenamiento avícola
(1) Fecha y hora de muestreo	16-09-2023 08:50	16-09-2023 11:04	16-09-2023 12:00	16-09-2023 13:20
(1) Ubicación geográfica (WGS-84)	N: 8658121.45 E: 289233.69	N: 8649092.29 E: 289721.86	N: 8649092.29 E: 289721.86	N: 8649092.29 E: 289721.86
Tipo de matriz y/o producto	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL			
Tipo de ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0,1	0,4	> 4 000
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		2 068
				2 176
				2 639
				206

Código de laboratorio	2309226A-05			
(1) Identificación de la muestra	ARI 3-45 II			
(1) Descripción del punto de muestreo	Faenamiento avícola			
(1) Fecha y hora de muestreo	16-09-2023 12:52			
(1) Ubicación geográfica (WGS-84)	N: 8649092.29 E: 289721.86			
Tipo de matriz y/o producto	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL			
Tipo de ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0,1	0,4	2 304
	mg/L	Incertidumbre de la Medición ±		180

Nota:

Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas.  
 La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno.  
 La (s) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.  
 L.C.M: Límite de cuantificación del método; L.D.M. Límite de detección del método.  
 N/A: No Aplica, por ser mayor al rango de trabajo.  
 Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.  
 (1) Datos proporcionados por el cliente.  
 La incertidumbre expandida ha sido reportada con un factor de cobertura k=2 para un nivel de confianza del 95%.  
 R-LAB S.A.C. deslinda cualquier responsabilidad por información proporcionada por el cliente que forme parte del presente informe, la cual se encuentra claramente identificada.  
 A solicitud del cliente se reporta el resultado mayor al rango de trabajo del código de laboratorio 2309226A-01 = 4232

Norma de referencia			
Tipo de ensayo	Código	Título	Año de versión o edición
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part. 5210 B 24th Ed.	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test	2023

Fin del documento

Leonor Lucia Morcocola Yuto  
 JEFE DE LABORATORIO DE BQ  
 R-LAB S.A.C.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.  
 Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.  
 Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
 Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"  
 Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 4082870 / Móviles: 972 733 385 / 966 409 437  
 Correo: servicios@rlabsac.com / serviciosrlab@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.



Registro N° LE-103

## INFORME DE ENSAYO N° 2310328A

Cliente	: ROSMERY PAOLA GOZME RUIZ
Dirección del cliente	: MZ. C9 LT. 6 12 DE NOVIEMBRE PAMPLONA ALTA, S.J.M.
(1) Usuario	: ROSMERY PAOLA GOZME RUIZ
Lugar de muestreo	: VILLA MARIA DEL TRIUNFO
N° de orden de trabajo	: 2308023
Tipo de matriz y/o producto	: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Muestreo realizado por	: CLIENTE
Procedimiento de muestreo	: NO APLICA
Instructivo de muestreo	: NO APLICA
Referencia al plan de muestreo	: NO APLICA
Número de muestras	: 01
Fecha de recepción	: 30-10-2023
Fecha de inicio y término de ensayo	: 30-10-2023 AL 06-11-2023

\*Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio\*.

(1): Dato proporcionado por el cliente.

Fecha de emisión : 06-11-2023

  
Leonor Lucia Morcocola Yute  
JEFE DE LABORATORIO DE FQ  
R-LAB S.A.C

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.  
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.  
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"  
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 4082870 / Móviles: 972 733 385 / 966 409 437  
Correo: servicios@rlabsac.com / serviciosrlab@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-103



Registro N° LE-103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

### INFORME DE ENSAYO N° 2310328A

Código de laboratorio	2310328A-01			
(1) Identificación de la muestra	ARI-B-01			
(1) Descripción del punto de muestreo	Faenamiento Avicola			
(1) Fecha y hora de muestreo	29-10-2023 11:00			
(1) Ubicación geográfica (WGS-84)	N: 8549092,29 E: 289721,66			
Tipo de matriz y/o producto	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL			
Tipo de ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0,1	0,4	2,763

**Nota:**

Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas al laboratorio.

La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno.

La (s) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.

L.C.M. Límite de cuantificación del método, L.D.M. Límite de detección del método.

Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.

(1) Datos proporcionados por el cliente.

R-LAB S.A.C. deslinda cualquier responsabilidad por información proporcionada por el cliente que forme parte del presente informe, la cual se encuentra claramente identificada.

Norma de referencia			
Tipo de ensayo	Código	Título	Año de versión o edición
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 5210 B 24th Ed.	Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5-Day BOD Test	2023

Fin del documento

**Lucía Morocolla Yuto**  
 JEFE DE LABORATORIO DE PQ  
 R-LAB S.A.C.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.  
 Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizada.  
 Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
 Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"  
 Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 4082870 / Móviles: 972 733 385 / 966 409 437  
 Correo: servicios@rlabsac.com / serviciosrlab@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.



Registro N° LE-103

## INFORME DE ENSAYO N° 2310337A

Cliente	: ROSMERY PAOLA GOZME RUIZ		
Dirección del cliente	: MZ. C9 LT. 6 12 DE NOVIEMBRE PAMPLONA ALTA, S.J.M.		
(1) Usuario	: ROSMERY PAOLA GOZME RUIZ		
Lugar de muestreo	: V.E.S.		
N° de orden de trabajo	: 2308023		
Tipo de matriz y/o producto	: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL		
Muestreo realizado por	: CLIENTE		
Procedimiento de muestreo	: NO APLICA		
Instructivo de muestreo	: NO APLICA		
Referencia al plan de muestreo	: NO APLICA		
Número de muestras	: 01		
Fecha de recepción	:	31-10-2023	
Fecha de inicio y término de ensayo	:	31-10-2023	AL 09-11-2023

\*Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio\*.

(1): Dato proporcionado por el cliente.

Fecha de emisión : 11-11-2023

  
Leonor Lucía Morobolla Yuto  
JEFE DE LABORATORIO DE FQ  
R-LAB S.A.C

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.  
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.  
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"  
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telif.: +51 4062870 / Móviles: 972 733 385 / 966 409 437  
Correo: servicios@rlabsac.com / serviciosrlab@gmail.com / Visitenos en www.rlabsac.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-103



Registro N° LE -103

LABORATORIO DE ENSAYO R-LAB S.A.C.

### INFORME DE ENSAYO N° 2310337A

Código de laboratorio	2310337A-01			
Identificación de la muestra	ARI-B-03			
(1) Descripción del punto de muestreo	Fonamiento Avícola			
(1) Fecha y hora de muestreo	30-10-2023 11:30			
(1) Ubicación geográfica (WGS-84)	N: 8649092,29 E: 289721,86			
Tipo de matriz y/o producto	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL			
Tipo de ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0,1	0,4	39

**Nota:**

Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas al laboratorio.

La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno.

La (s) muestra(s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.

L.C.M. Límite de cuantificación del método; L.D.M. Límite de detección del método.

Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.

(1) Datos proporcionados por el cliente.

R-LAB S.A.C. destina cualquier responsabilidad por información proporcionada por el cliente que forme parte del presente informe, la cual se encuentra claramente identificada.

Norma de referencia			
Tipo de ensayo	Código	Título	Año de versión o edición
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part. 5210 B. 24th Ed.	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test	2023

Fin del documento

Leonor Lucía Morcote Yuto  
JEFE DE LABORATORIO DE FQ  
R-LAB S.A.C.

El presente informe de ensayo no podrá ser reproducido parcialmente, excepto en su totalidad y con la aprobación escrita de R-LAB S.A.C.  
Los resultados solo corresponden a las muestras sometidas a los ensayos, no pudiendo extenderse a ninguna otra unidad que no haya sido analizado.  
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
 Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido en un nuevo documento y con la declaración "Modificación al Informe de Ensayo"  
Asoc. de Vivienda Cruz de Motupe, MZ. B, Lote 04 - Villa el Salvador, Lima - Perú / Telf.: +51 4082870 / Móviles: 972 733 385 / 966 409 437  
Correo: servicios@rlabsac.com / serviciosrlab@gmail.com / Visítenos en www.rlabsac.com

#### **Anexo 4. Glosario de términos**

**Adaptación:** Es un mecanismo biológico en el cual los seres vivos se ajustan a los cambios generados en su entorno, a través de modificaciones fisiológicas, morfológicas, conductuales y moleculares, que hacen que los organismos se vuelven más aptos para su existencia (Arias, 2022).

**Aluminio:** Es un elemento químico de número atómico 13. Pertenece al grupo de los metales, respecto a sus características tienden a ser de material blando, tienen punto de fusión bajo y se encuentran en estado sólido (Rodríguez, 2022).

**Ánodo:** Es el electrodo de trabajo, en el cual ocurre la oxidación es decir se genera iones que se hidratan para luego neutralizar la carga (Martínez, 2007).

**Cátodo:** Es el electrodo inerte, donde se produce la reducción debido a la conversión de los protones de agua en hidrógeno (Martínez, 2007).

**Coagulación:** En este proceso, se adicionan sales de hierro o aluminio las cuales generan la neutralización de la carga eléctrica de los coloides, de esta manera se anula las fuerzas de repulsión electrostática por la que predomina las fuerzas de atracción de Van der Waals (Guadalupe, 2012).

**Conductividad:** Es la medida que indica la capacidad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica, su valor dependerá de las concentraciones de los iones disueltos y otras propiedades del medio acuoso (Severiche et al., 2013).

**DBOs:** Es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la carga orgánica bajo la condición de tiempo de 5 días y a una temperatura de 20°C. (D. S. N° 001-2015-VIVIENDA, 2015)

**Electrocoagulación:** Se comprende que es un proceso que usa la corriente eléctrica para remover la carga contaminante que se encuentra disuelta, suspendida o emulsificada en el agua residual (Arango, 2005).

**Electrodo:** Es un componente que actúa como un medio conductor en un circuito eléctrico. Cuando se genera corriente eléctrica a través de una fuente de energía, el ánodo trabaja como electrodo positivo mientras que el cátodo participa como electrodo negativo (Díaz del Castillo, 2008, como se citó en Gallardo, 2019).

**Faenamiento:** Es el proceso ordenado sanitariamente para el sacrificio de un animal bovino, con el objeto de obtener su carne en condiciones óptimas para el consumo humano.

Floculación: Es una etapa continua a la coagulación. Cuando se desestabilizan las partículas, empiezan a colisionar entre ellas lo cual permite la aglomeración de las mismas y la formación de flóculos (Guadalupe, 2012).

Intensidad de corriente eléctrica: Es la cantidad de carga eléctrica que pasa por una sección recta del conductor por unidad de tiempo, la cual tiene como unidad el Amperio (A) (Aguado, 1998).

Lombrifiltro: Es un sistema creado por el profesor Jorge Tohá, este tratamiento se basa en el metabolismo de las lombrices roja californiana *Eisenia foetida*, las cuales degradan la materia orgánica de las aguas residuales liberando nutrientes al medio. (Rodríguez, 2011).

Parámetro: Es cualquier elemento, sustancia o propiedad física, química o biológica de un efluente que define su calidad (D. S. N° 010-2010-MINAM, 2010).

pH: Este parámetro calcula las concentraciones de iones hidrógeno presentes en la muestra. La escala de medición es desde el 0 hasta el 14, indicando que valores menores a 7 son sustancias ácidas, por encima del 7 son sustancias básicas y en la escala 7 es neutra (DIGESA, s.f.).

Tiempo de retención hidráulica: Es el periodo de tiempo que el agua se encuentra en un proceso de tratamiento (Anda, 2021).

Reactor: Es un recipiente donde están sumergidos dos electrodos (ánodo, actúa como el electrodo de trabajo y el cátodo, electrodo inerte), ambos están conectados a una fuente de poder que proporciona corriente eléctrica para el funcionamiento. Cuando el potencial es aplicado el material del ánodo es oxidado, mientras el material del cátodo es reducido (Ramírez, 2013, como se citó en Apaza, 2018).

Valores máximos admisibles (VMA): Es la concentración de parámetros que están presentes en las descargas de las aguas residuales no domésticas, las cuales se vierten a los sistemas de alcantarillado y pueden influir de manera negativa a los procesos de tratamiento si en caso sobrepasa los valores determinados (D. S. N° 020-2019-VIVIENDA, 2019).

### Anexo 5. Precio por energía consumida (kWh)

$$E = \frac{U * I * t}{V * 1000}$$

Donde:

E: Energía consumida (kWh/m<sup>3</sup>)

U: Potencial, en V.

I: Intensidad de corriente, en A.

t: Tiempo de reacción, en h.

V: Volumen tratado, en m<sup>3</sup>.

Tratamiento	Voltaje (V)	Intensidad de corriente (A)	Tiempo de reacción (h)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Energía consumida (KWh/m <sup>3</sup> )
1	1.59	1	0.33	0.003	0.17
2	1.64	1	0.33	0.003	0.18
3	1.95	2	0.33	0.003	0.43
4	1.87	2	0.33	0.003	0.41
5	2.17	3	0.33	0.003	0.72
6	2.55	3	0.33	0.003	0.84
7	1.36	1	0.5	0.003	0.23
8	1.45	1	0.5	0.003	0.24
9	1.8	2	0.5	0.003	0.60
10	1.89	2	0.5	0.003	0.63
11	2.23	3	0.5	0.003	1.12
12	2.2	3	0.5	0.003	1.10
13	1.37	1	0.75	0.003	0.34
14	1.92	1	0.75	0.003	0.48
15	2.23	2	0.75	0.003	1.12
16	2.1	2	0.75	0.003	1.05
17	2.22	3	0.75	0.003	1.67
18	2.36	3	0.75	0.003	1.77
<b>TOTAL</b>					13.09

Para los cálculos, se tomó como referencia en precio por kWh que maneja Luz del Sur, el costo por 1 kWh es S/ 0.63. Por lo tanto, 1.77 kWh por m<sup>3</sup> de agua residual tratada en la electrocoagulación, equivale en términos monetarios a S/. 1.12.