



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

**Tratamiento de las aguas del lavado de jabas de transporte de pollos
mediante electrocoagulación en la Empresa Prestadora de Servicios
Pecuarios PSP S.A.C. -Chancay**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor

Brian Jasson Sánchez Espinoza

Asesor

Dr. Víctor Raúl Coca Ramírez

Huacho – Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

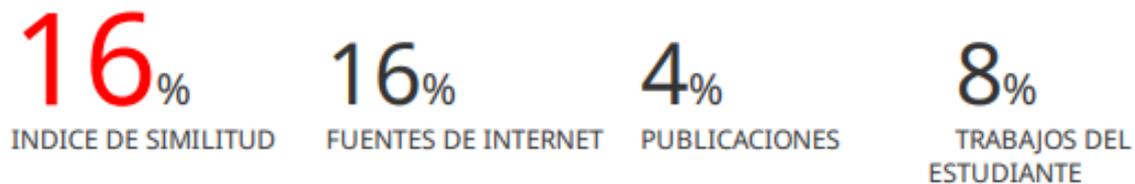
Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

INFORMACIÓN DE METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Brian Jasson Sánchez Espinoza	76938910	28/12/2023
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Víctor Raúl Coca Ramírez	15601160	0000-0002-2287-7060
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA- DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Segundo Rolando Alvites Vigo	26620605	0000-0002-6243-079X
Ángel Gerardo Vásquez Requena	46579737	0000-0001-7034-5133
Tania Ivette Méndez Izquierdo	46925087	0000-0002-2473-4610

Tratamiento de las aguas del lavado de jabas de transporte de pollos mediante electrocoagulación en la Empresa Prestadora de Servicios Pecuarios PSP S.A.C. -Chancay

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Autónoma de Ciudad Juárez Trabajo del estudiante	1%
7	repository.unimilitar.edu.co Fuente de Internet	<1%
8	moam.info Fuente de Internet	<1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRARIA, INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**TRATAMIENTO DE LAS AGUAS DEL LAVADO DE JABAS DE
TRANSPORTE DE POLLOS MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN
EN LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS PECUARIOS PSP
S.A.C. -CHANCAY**

**Dr. SEGUNDO ROLANDO ALVITES VIGO
Presidente**

**Mg. Sc. ÁNGEL GERARDO VÁSQUEZ REQUENA
Secretario**

**Mg. TANIA IVETTE MENDEZ IZQUIERDO
Vocal**

**Dr. VICTOR RAUL COCA RAMIREZ
Asesor**

HUACHO – PERÚ

2024

DEDICATORIA

A mis padres por sus enseñanzas, los buenos hábitos y valores que me han ayudado a ser un gran profesional. Así como también su apoyo incondicional que me brindan.

A mis Hermanas que en el día a día con su respaldo y confianza que me impulsan a seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

El principal agradecimiento es a Dios quien me ha guiado en cada paso que me permite seguir adelante, y por darme una familia maravillosa quienes siempre me han dado el ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome el valor de las cosas.

A mi Asesor por haberme brindado la oportunidad y el apoyo de lograr mi objetivo durante todo el desarrollo de la presente Tesis.

INDICE

DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
INDICE	viii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	1
1.2. Formulación de problema	2
1.2.1. Problema General	2
1.2.2. Problemas Específicos	2
1.3. Objetivos de la Investigación	2
1.3.1. Objetivo General	2
1.3.2. Objetivos Específicos	2
1.4. Justificación de la investigación	2
1.5. Delimitación del estudio	3
1.5.1. Delimitación espacial	3
1.5.2. Delimitación temporal	3
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Antecedente de la Investigación	4
2.1.1. Antecedentes Internacionales	4
2.1.2. Antecedentes Nacionales	5
2.2. Bases Teóricas	7
2.2.1. Aguas Residuales	7
2.2.1.1. Caracterización de Aguas Residuales	7
2.2.1.2. Características físicas	8
2.2.1.3. Características químicas	9
2.2.1.4. Características Biológicas	11
2.2.2. Jaula de Pollo	11
2.2.2.1. Lavadoras de Jabas de Pollo	12
2.2.2.2. Proceso de Limpieza	12
2.2.2.3. Higiene y Salud	12
2.2.3. Electrocoagulación	13
2.2.3.1. Celdas de Electrocoagulación	13
2.2.3.2. Variables de operación	15

2.3.	Definición de Términos Básicos	15
2.4.	Hipótesis de la investigación	17
2.4.1.	Hipótesis general	17
2.4.2.	Hipótesis específicas	17
CAPITULO III. METODOLOGÍA.....		19
3.1.	Diseño Metodológico	19
3.1.1.	Lugar de Ejecución	19
3.1.2.	Materiales e Instrumentos	20
3.1.2.1.	Materiales.....	20
3.1.2.2.	Equipos.....	20
3.1.3.	Diseño Experimental	20
3.1.3.1.	Equipos.....	21
3.1.2.3.	Armado del Reactor	22
3.2.	Población y Muestra	25
3.3.	Técnicas de Recolección de Datos	26
3.3.1.	Técnicas a Emplear	26
3.4.	Técnicas para el Procesamiento de la Información	27
CAPITULO IV. RESULTADOS		28
4.1.	Valoración y Tratamiento de la Muestra Uno.	28
4.2.	Valoración y Tratamiento de la Muestra Dos.	29
4.3.	Valoración y Tratamiento de la Muestra Tres.....	31
4.4.	Comparación de los Parámetros Hechos Antes y Después del Tratamiento.....	32
4.5.	Comparación de los Resultados con los ECA-Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales (D.S. 004 – 2017 - MINAM).....	35
CAPITULO V. DISCUSIÓN.....		37
CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		38
6.1.	Conclusiones	38
6.2.	Recomendaciones	38
ANEXOS		42

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros de caracterización de las aguas según su categoría.....	8
Tabla 2	Clasificación de los microorganismos en relación a su tipología nutricional.....	11
Tabla 3	Modificaciones por la que pasa la corriente eléctrica.....	14
Tabla 4	Matriz de Operacionalización de variables.....	18
Tabla 5	Descripción donde se desarrollará la Investigación.....	19
Tabla 6	Materiales para el desarrollo experimental.....	20
Tabla 7	Equipos para el desarrollo experimental.....	20
Tabla 8	Dimensionamiento de la cuba electrolítica.....	21
Tabla 9	Dimensionamiento de los electrodos.....	21
Tabla 10	Equipos y Métodos para la determinación de los parámetros.....	27
Tabla 11	Toma de datos de la muestra uno en campo.....	28
Tabla 12	Muestreo del punto uno en laboratorio.....	28
Tabla 13	Toma de los resultados de la muestra uno (post tratamiento).....	29
Tabla 14	Análisis de datos de la muestra dos en campo.....	29
Tabla 15	Análisis de datos de la muestra dos en laboratorio.....	30
Tabla 16	Análisis de los resultados de la muestra dos (post tratamiento).....	30
Tabla 17	Análisis de datos de la muestra tres en campo.....	31
Tabla 18	Análisis de datos de la muestra tres en laboratorio.....	31
Tabla 19	Análisis de los resultados de la muestra tres (post tratamiento).....	32

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Delimitación del área de estudio.	19
Figura 2. Pegado de las planchas para el armazón del reactor.	21
Figura 3. Pegado de las planchas para el armazón del reactor.	22
Figura 4. Colocación de las planchas acrílicas para el soporte y fijación de los electrodos...22	
Figura 5. Verificación de la altura de las llaves para el desfogue.	23
Figura 6. Presentación de los electrodos de aluminio.....	23
Figura 7. Presentación de los electrodos, en la celda electrolítica.....	24
Figura 8. Conexión de los electrodos con la fuente de poder.	24
Figura 9. Presentación de la fuente de poder.	25
Figura 10. Imagen de la ubicación del primer punto de muestreo.....	26
Figura 11. Imagen de la ubicación del segundo punto de muestreo.	26
Figura 12. Imagen de la ubicación del tercer punto de muestreo.	27
Figura 13. Grafica de variación de pH.....	32
Figura 14. Grafica de OD, comparación de resultados en base al análisis realizado.	33
Figura 15. Grafica de Turbidez, comparación de resultados en base al análisis realizado.....	33
Figura 16. Grafica de Conductividad, comparación de resultados en base al análisis realizado.....	34
Figura 17. Grafica de DBO ₅ , comparación de resultados en base al análisis realizado.	34
Figura 18. Comparación del pH de las muestras tratadas con la normativa ECA.	35
Figura 19. Comparación de la conductividad eléctrica de las muestras tratadas con la normativa ECA.	35
Figura 20. Comparación de la DBO ₅ de las muestras tratadas con la normativa ECA.	36
Figura 21. Estándares de Calidad Ambiental.....	42
Figura 22. Ficha de Registro de Campo.	43
Figura 23. Cadena de Custodia.	43
Figura 24. Toma de muestra en los puntos de muestreo.....	43
Figura 25. Medición de los parámetros in situ.....	43
Figura 26. Evolución del proceso de electrocoagulación.	43
Figura 27. Medición de los parámetros en el laboratorio.	43

RESUMEN

El **Objetivo** principal de la presente investigación es: Aplicar el proceso de electrocoagulación para el tratamiento de las aguas residuales provenientes del lavado de jabas de pollo, de la Empresa Prestadora de Servicios Pecuarios PSP S.A.C. – Chancay, (252597.25 m E - 8720381.39 m S). **Metodología:** Se recogieron muestras en tres puntos, y se realizaron análisis en campo y en el laboratorio. Los análisis de laboratorio se llevaron a cabo para las muestras antes y después del tratamiento. El tratamiento se efectuó a 30 V y a un tiempo de 40 minutos. Los parámetros evaluados fueron temperatura, pH, OD, turbidez, conductividad eléctrica y DBO. **Resultados:** De los análisis realizados se obtuvieron los siguientes resultados promedios: un incremento del OD de 0,3 a 1,2 mg/l, un porcentaje de la remoción de la turbidez de 95,68% y un porcentaje de la remoción de la DBO de 95,21%, sin embargo, a pesar de lograr buenos resultados de remoción de turbidez y DBO, así como incrementar el OD, estos valores no están dentro de los ECA del DS -004-2017-MINAM. **Conclusiones:** A pesar de que el tratamiento por Electrocoagulación de las aguas residuales estudiadas ha permitido obtener buenos resultados de remoción, tanto de turbidez como de DBO, e incrementar la cantidad de OD, nuestros resultados no permiten considerar el agua tratada por electrocoagulación dentro de la Categoría 3 (agua para riego de vegetales y para bebida de animales)

Palabras Clave: Electrocoagulación, electrodos, celda, jabas de pollo, aguas residuales

ABSTRACT

The main objective of this research is: Apply the electrocoagulation process for the treatment of wastewater from the washing of chicken crates, from the Empresa Prestadora de Servicios Pecuarios PSP S.A.C. – Chancay, (252597.25 m E - 8720381.39 m S). Methodology: Samples were collected at three points, and analyzes were carried out in the field and in the laboratory. Laboratory analyzes were carried out for samples before and after treatment. The treatment was carried out at 30 V and at a time of 40 minutes. The parameters evaluated were temperature, pH, DO, turbidity, electrical conductivity and BOD. Results: From the analyzes carried out, the following average results were obtained: an increase in DO from 0.3 to 1.2 mg/l, a percentage of turbidity removal of 95.68% and a percentage of turbidity removal BOD of 95.21%, however, despite achieving good results in removing turbidity and BOD, as well as increasing the DO, these values are not within the ECA of DS -004-2017-MINAM. Conclusions: Despite the fact that the electrocoagulation treatment of the studied wastewater has allowed obtaining good removal results, both turbidity and BOD, and increasing the amount of DO, our results do not allow us to consider the water treated by electrocoagulation within the Category 3 (water for irrigation of plants and for drinking animals)

Keywords: Electrocoagulation, electrodes, cell, chicken cages, wastewater.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

Las aguas residuales se clasifican en dos tipos: aguas residuales municipales (ARM) y aguas residuales industriales (ARI). En la primera categoría las aguas por lo general están contaminadas con material orgánico (restos de comida, hojas de verduras, etc.) e inorgánico (arenas, detergentes, aceites, etc.); en la segunda categoría, la composición de las aguas residuales está en función al tipo o categoría en que se desarrolle la industria. Las aguas residuales dedicadas al ámbito de limpieza y aseo, están compuestas principalmente por detergentes, suavizantes, cloro y otros compuestos químicos. (Ramalho, 1996)

En el continente americano, los ríos son fuentes naturales de agua, la calidad de sus aguas, depende del tiempo y su cauce natural. El aumento de la densidad poblacional esta un 500%, en las riberas del rio San Pedro en el estado de Aguascalientes, lo cual ha afectado significativamente al ecosistema debido a que a lo largo de los años se han descargado grandes cantidades de contenidos, y afectado de forma alarmante la calidad de sus aguas. (Guzmán et al., 2011, p.90)

Pero en la actualidad, en América latina, la contaminación por factores naturales ha quedado sin importancia, debido a las actividades humanas. Los nutrientes esenciales como el fósforo y nitrógeno son componentes de los detergentes, fertilizantes y de los vertimientos de aguas residuales industriales y domiciliarias. En Venezuela, el vertimiento de estos tipos de aguas al Lago de Maracaibo produce enriquecimiento por minerales y nutrientes, causando una eutrofización. (Rivas et al., 2009, p.309)

Las empresas industriales dedicadas al aseo consumen grandes cantidades de agua, como es el caso de las lavanderías que se encuentran operando en la ciudad de Puno, las cuales utilizan usualmente blanqueadores comerciales (Patito, Marcella, Ariel, etc.), las grandes cantidades de aguas residuales son causa del lavado de las prendas de vestir. Estas aguas producidas en las lavanderías son vertidas en alcantarillado municipal sin ser tratadas o adecuadas previamente. (Chambi, 2018)

Es por esta razón que la presente investigación pretende dar un pequeño aporte en el tratamiento de las aguas residuales, específicamente de las aguas residuales que se obtienen del lavado de jabas que sirven para transportar pollos de la Empresa Prestadora de Servicios Pecuarios PSP S.A.C. (EPSP SAC), proponiendo como una alternativa viable, a nivel de laboratorio, el proceso de electrocoagulación.

1.2. Formulación de problema

1.2.1. Problema General

¿Será el proceso de electrocoagulación una alternativa para el tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de jabas de pollo y cumplir con las normativas ambientales vigentes?

1.2.2. Problemas Específicos

¿Cuáles son las características que tiene las aguas provenientes de una empresa dedicada al lavado de las jabas de pollo?

¿Qué variables se debe tener en cuenta en el proceso de electrocoagulación de las aguas residuales provenientes del lavado de jabas de pollo?

¿Cuál es el rendimiento del proceso de electrocoagulación en las aguas provenientes de las jabas de pollo?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Aplicar el proceso de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales provenientes del lavado de jabas de pollo.

1.3.2. Objetivos Específicos

Determinar las características que poseen las aguas provenientes de una empresa dedicada al lavado de las jabas de pollo.

Determinar las variables a tener en cuenta en el proceso de electrocoagulación de las aguas residuales provenientes del lavado de jabas de pollo.

Evaluar el rendimiento del proceso de electrocoagulación en las aguas provenientes de las jabas de pollo.

1.4. Justificación de la investigación

En el Perú el consumo per cápita de carne de pollo en el 2018, alcanzó los 50.3 kg/hab/año. Los pollos son trasladados en jabas hasta el matadero, donde serán sacrificados y procesados para el consumo humano. Estas jabas de pollo deben ser lavadas y desinfectadas, para evitar riesgos de contagio de enfermedades al ser utilizadas nuevamente. Con lo anterior mencionado, las grandes cantidades de consumo de carne de

pollo, trae consigo el uso de gran cantidad de jabas de pollo (usadas para el traslado), las cuales al momento de ser lavadas generan un gran volumen de aguas residuales.

Las aguas que se usan para el lavado de las jabas de pollo en Empresa Prestadora de Servicios Pecuarios PSP S.A.C., son vertidas a las sequias que se encuentran a los alrededores, sin ser tratadas previamente. Estas aguas contienen detergentes y desinfectantes (productos que fueron usadas en el proceso de lavado). Los desinfectantes en la actualidad, están compuestos por muchos productos con poder biocida. Las sustancias que componen los desinfectantes, en muchos casos se basan en convenios comerciales y se restringe en determinados países.

Las aguas residuales del proceso de lavado de las jabas de pollo, no reciben ningún tratamiento, que por lo general son vertidas en sequias o al aire libre. Las aguas de las sequias son usadas para los cultivos, los sembríos son contaminados por la presencia de sustancias de que provienen del lavado de jabas de pollo. Por otro lado, estas sequias son usados como bebederos para los animales (silvestres y domésticos).

Las aguas residuales, son tratadas para reusarlas en cultivos de césped o alimentos que no crezcan a ras del piso o en el interior. El tratamiento o recuperación de las aguas residuales, se basada en el uso de productos químicos. Por ello el proceso de electrocoagulación se presenta como alternativa para la remoción de contaminantes.

La electrocoagulación básicamente reduce los altos valores de DQO, DBO, SST, turbiedad y metales pesados. Pero estudios recientes, demuestran que el proceso también ayuda a desinfectar el agua, con la eliminación de microorganismos patógenos.

El estudio de la electrocoagulación como procedimiento para el tratamiento de aguas residuales, nos permite aplicar los conocimientos de la electrolisis, basadas en los principios y leyes, por la cual se rige la electricidad y las reacciones redox.

1.5. Delimitación del estudio

1.5.1. Delimitación espacial.

La investigación en cuestión ha sido llevada a cabo en la EPSP SAC – CHANCAY, que se encuentra ubicada políticamente en el distrito de Aucallama, provincia de Huaral y departamento de Lima.

1.5.2. Delimitación temporal.

Temporalmente el estudio ha sido realizado entre los meses de enero a mayo del año 2023.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedente de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Dobrosz et al. (2020). Desarrollo su investigación en la industria cafetalera en el departamento de Antioquia – Colombia. El objetivo, de su investigación plasmado en su artículo, es analizar el proceso en serie Electrocoagulación-Oxidación Anódico (EC-OA) como un tratamiento alternativo. En la experimentación se evaluó el efecto del material del que está compuesto los electrodos, el diamante dopado con boro (DDB) y el grafito son componentes para dos ánodos, y para los seis cátodos el material que se uso fue hierro, acero inoxidable, aluminio, DDB, titanio y grafito. El medio electrolítico de soporte fue dos soluciones, una de cloruro de sodio (NaCl) y sulfato de sodio (Na₂SO₄). Todos estos factores se evaluaron sobre el rendimiento de desintegración, a través de la oxidación anódica. Los parámetros que se evaluaron fueron la reducción de color, DQO, formación de SST y pH. Para cada uno de los casos se evaluó integralmente los costos de operación. El modelo de tratamiento está compuesto por dos celdas electrolíticas, un de electrocoagulación y la otra de oxidación anódica, construidas de borosilicato, enchaquetadas, con un volumen de 250 ml. Cada una de estas celdas cuenta con un sensor PT-100 ($\pm 0.05^{\circ}\text{C}$), la cual es controlada por termostato F-12 que se encuentra conectado a la chaqueta. La forma de los electrodos es rectangular y plana (dimensionamiento 5 cm de ancho * 4 cm de alto) cada una dispuesta verticalmente. La información recopilada, permitió al investigador optar por dos sistemas que favorecen el proceso de electrocoagulación, donde el electrodo anódico escogido está fabricado de diamante dopado con boro y el electrodo catódico es de acero inoxidable, y la solución electrolítica es de sulfato de sodio. La eficiencia se basa en la remoción de un 75% de DQO, pero los costos de operación son elevados con un valor de 12 USD/m³. El proceso compuesto de EC-OA se aplicó para el tratamiento alternativo de las aguas servidas en el procesamiento del café.

Mendes (2019) Desarrollo su investigación en la ciudad de Alicante – España. Su investigación busca mejorar el tratamiento de las aguas residuales a través del proceso de electrocoagulación conectada a un MBR para proteger a la membrana del ensuciamiento y que los efluentes sean de acatables y de buena calidad. La tecnología Membrane Bioreactor o Membrane Biological Reactor (MRB), genera efluentes con una buena calidad y remueve de manera eficiente algunas MCs. Esta tecnología presenta dos procesos importantes: la primera está determinado por la unidad biológica, la cual está a cargo de la descomposición de la materia biodegradable que se encuentran en las aguas; y la segunda está determinado por la unidad de filtración, la cual se

encarga de la separación de sólidos y líquidos de la mezcla obtenida. Por otro lado, la electrocoagulación, ayuda a remover elementos recalcitrantes. El proceso de electrocoagulación se caracteriza porque los coagulantes son generados de forma in situ, esto a causa de la circulación de una corriente eléctrica lo que genera la oxidación electrolítica del electrodo anódico correspondiente. El ensuciamiento de la membrana y la propiedad del lodo resultante se analizó la densidad de corriente, todo esto en función a la calidad del efluente. La planta piloto de electrocoagulación – MBR se ubicó en dos EPS diferentes, la primera se encuentra en la EDAR de Santomera, donde el sistema se alimenta con aguas residuales municipales que reúne una composición industrial; la segunda ubicada en EDAR de Monte Orgegía, la cual alimenta al sistema con aguas residuales urbanas que no contienen vertidos de aguas industriales. Los resultados de muestran que la variación del pH esta dado entre 6.7 y 8.0, la temperatura esta dado entre 12°C y 30°C y la conductividad esta entre 1 500 y 4 000 uS/cm. El rendimiento que se alcanzó, en función a la separación de la materia orgánica, es de un 93%. Por otro lado, en la oxidación de la materia orgánica la corriente eléctrica aplicada no le afecta en nada.

Yepes (2019), en su tabajo de investigación llevado a cabo en la ciudad de Bogota, Colombia, busca tasar la eficiencia y evaluar el reactor UASB hibrido analizando su comportamiento y la remoción de la materia orgánica que se hallan en las aguas grises, básicamente las procedentes de las lavanderías. La metodología aplicada para el cumplimiento de los objetivos fue construir un reactor de flujo ascendente con manto de dos lodos, las dimensiones del reactor fueron de: 9.12cm de diámetro interno, 1.19cm de altura total, 1.3lt de volumen útil; el reactor cuenta con 5 válvulas ubicadas a cada 17 cm de espacio. La población de estudio estuvo compuesta por las aguas generada en la lavandería, para la muestra los lodos fueron caracterizados y con ello se sacó que el volumen útil a trabajar es de 1/3 del total de capacidad del reactor. Los resultados del análisis muestran que en la fase 1 y 2 se obtuvieron buenos resultados ya que en esta se obtuvo la más baja DQO la cual se registró: en el efluente con 111 mg/lit y en el afluente con un 235 mg/lit. El autor señala que con las variaciones que puedan ocurrir en las fases el sistema muestra un desorden, con un 0% y 1% de remoción, por lo que se debe dar un tiempo espera para que se establezca un poco.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Mamani (2021), su trabajo de investigación se llevó a cabo en la ciudad de Arequipa–Perú. Su estudio se realiza con la finalidad de modelar un tratamiento físico-químico por lotes para el procesamiento de electrocoagulación para tratar las aguas residuales que vienen de una

industria dedicado al lavado de lana. El diseño experimental, fue elegido para el cumplimiento de los objetivos, la cual se basa en la toma de muestras del punto exacto de la matriz del efluente, el muestreo se realizó siguiendo las pautas de las NTP 214.060.2016 donde se menciona el proceso para la toma de muestras de las aguas residuales del sector industrial que se vierten en la red de alcantarillas. Las muestras fueron recogidas en bidones (capacidad 50 litros), estas muestras fueron tomadas durante 24 horas, cada dos horas se tomaron 3 litros de muestra, cuando el agua de lavado se encontraba en la superficie con dirección hacia el desagüe. Las muestras fueron almacenadas a una temperatura de 4°C. La caracterización que se realizó en el laboratorio de química estuvo basada en siete parámetros que son: DQO medido mediante el método APHA 5520-B, DBO medido mediante el método APHA 5210-B, aceites y grasas medido mediante el método EPA 1664, SST medido mediante el método APHA 2540-D, SS medido mediante el método 2540-F, pH medido mediante el método APHA 4500-H⁺-B, temperatura medido mediante el método APHA 2550B y conductividad medido mediante el método APHA 2510-B. Para el tratamiento se usó un reactor tipo Bach que se construyó de vidrio con una capacidad de: volumen de 28.5 lt, la cual alberga 20 UND de electrodos de hierro. Los resultados de la caracterización antes del proceso de tratamiento arrojaron que DQO = 1407 ± 0.5 ; DBO₅ = 619 ± 4.0 ; A y G = 51.9 ± 0.2 ; SST = 608 ± 5.8 ; SS = 3.0 ± 0.3 ; pH = 7.65 ± 0.1 ; Tem. = 22.6 ± 0.2 ; Conductividad = 4.51 ± 0.4 . Se demuestra que a un voltaje igual a 5 y una separación de 2 cm por electrodo (hierro de bajo costo), el proceso de electrocoagulación tiene una eficiencia del 91.43 % en la eliminación de materia oxidable que se encuentra presente en las aguas residuales del lavado de lana.

Cuba (2020) en su trabajo de investigación realizado en un condominio de Ate Vitarte, Evaluó la electrocoagulación como una opción para el tratamiento de las aguas provenientes de máquinas de lavar ropa para su reutilización en el regadío de vegetales. La metodología se basa en la determinación de las condiciones más adecuadas para el tratamiento, para lo cual se realizaron mediciones a diferentes condiciones de pH, intensidad de corriente, distancia entre electrodos y tiempo. La población está compuesta por todo el volumen del agua residual generado en el condominio. Se recolectaron un promedio de 15 muestras de aguas residuales, conformando un total de 200 lt para los análisis respectivos. El análisis inicial de las muestras arrojaron los siguientes datos: el parámetro de conductividad arrojó un valor de 12.51 us/cm, el parámetro de la DBO arrojó un valor de 286 mg/lt y el análisis del parámetro de la turbiedad arroja un valor de 85.5 NTU. El análisis de las muestras después del tratamiento arrojó los

siguientes datos: el parámetro de la DQO arrojó un valor de 78 mg/lit y el análisis del parámetro de la turbiedad arrojó un valor de 53.9 NTU.

Alvino (2019) emprendió su trabajo de investigación en la ciudad de Tingo María-Perú. Su trabajo de investigación busca determinar la eficiencia del proceso de electrocoagulación aplicado a las aguas residuales que vienen del matadero municipal de Tingo María. La celda de electrocoagulación se ensambló en el laboratorio de la universidad, el diseño de la celda electrolítica tiene una capacidad máxima de 3.9 litros, está construido de vidrio transparente. La celda está dimensionada como sigue: largo= 0.20 m, ancho = 0.14 m y alto = 0.20 m. El agua de muestreo se afora hasta la altura de 0.14 m, pero se deja un espacio libre de 0.6 m aproximadamente. Los electrodos usados están hechos de material de aluminio y hierro, con un dimensionamiento de largo= 0.10 m, ancho= 0.10 m y espesor= 0.002 m. La formación estuvo dada por diez placas, repartidas en cinco placas de aluminio (ánodo de sacrificio) y cinco de hierro. El reactor operó en condiciones específicas con un tiempo de 15 min, 5 A y 18 V. Los parámetros de DBO₅, ST y la valoración de nitratos y fosfatos se llevaron a cabo en los laboratorios de la UNAS. Los resultados arrojan que la remoción de la DBO₅ se logra a un 96.28%, la remoción de ST es de un 97.8%, los nitratos son removidos a un 70.2% y los fosfatos a un 63.2%.

Baca (2019) realizó su estudio en la ciudad universitaria de la UNAC-Callao, para lo cual evaluó el tratamiento de las A.R. domésticas mediante electrocoagulación y reutilizarlas para el riego de jardines y áreas verdes. Para el logro de sus objetivos planteados, diseñó y construyó un sistema de flujo continuo, con la finalidad de caracterizar los efluentes sometidos a la electrocoagulación, obteniendo una remoción del 89,22% de la DBO, el 85,57% de la DQO, un 88,23% de AyG y 86,83% de la carga microbiológica; para la C.E. y la turbidez obtuvo reducciones del 12,33% y 89,04% respectivamente.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Aguas Residuales

2.2.1.1. Caracterización de Aguas Residuales

La caracterización de las aguas de manera general se basa en la valoración de propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Para las aguas residuales, la caracterización de los contaminantes debe cuantificarse en función a las propiedades ya mencionadas. (Mendes, 2019)

Tabla 1

Parámetros de caracterización de las aguas según su categoría.

Aguas residuales municipales	Aguas residuales industriales
DBO	Los parámetros medibles son similares a los parámetros que se analizan en las aguas residuales municipales, pero se le adiciona, otros.
DQO	
SST	
Grasas y aceites	
Nutrientes pH	Materia disuelta
Coliformes fecales	Materia coloidal
	Materia suspendida
	Materia sedimentable

Fuente: Mendes, 2019.

2.2.1.2. Características físicas

Temperatura. Orozco (como se citó en Alvino, 2019) dice que las aguas residuales presentan mayor temperatura a diferencia de las aguas no contaminadas. Las altas temperaturas elevadas de manera anormal, contribuyen a la formación y crecimiento de hongos y plantas acuáticas.

Densidad. Este parámetro es muy importante, en las aguas residuales, ya que de esta se originan las corrientes de densidad en lodos de precipitación y en otros procesos del tratamiento. (Mendes, 2019, p.40)

Collazos (2008, como se citó en Alvino, 2019) nos dice que la densidad de las aguas servidas que no estén combinadas en mayor porcentaje con aguas residuales industriales, es numéricamente lo mismo que la densidad del agua a condiciones normales. La densidad depende principalmente de la temperatura y se ve afectado por la concentración ST en el agua residual.

Color. Las aguas residuales por lo general son de color grisáceo, con el traslado de estas aguas por las redes del alcantarillado se crea una condición casi próxima al proceso anaerobio, debido a esto el color del agua cambia a un gris oscuro, para terminar de color negro. (Palomino, 2021, p.03)

“Por lo general el color de las aguas son causa principal de la presencia de SS, sustancias en solución y material coloidal. El agua residual inicialmente es gris; después de un cierto tiempo los compuestos orgánicos son degradados por la presencia de bacterias, donde el OD disminuye y el color de las aguas se torna negra (agua residual séptica)” (Palomino, 2021).

Olor. El olor de las aguas residuales es causa por la presencia de gases que son generados por la putrefacción de la materia orgánica, pero el gas más importante para este parámetro es el sulfuro de hidrógeno, y en pequeñas cantidades el amoníaco. Los microorganismos en sistemas anaeróbicos reducen los sulfatos a sulfitos. (Palomino, 2021, p.03)

“El agua residual generada recientemente tiene un aroma más aceptable que el agua residual séptico. Este parámetro es considerado como uno de los factores muy importantes para la aceptación de la construcción de una EDAR cerca a los poblados” (Orozco citado en Alvino, 2019).

Turbiedad. Este parámetro mide la calidad de las aguas naturales o residuales basadas en el material coloidal y contaminante suspendidos. El material coloidal dispersa e impide que los rayos de luz pasen por medio de la muestra de agua. (Alvino, 2019, p.07)

“La turbidez es un parámetro óptico del agua, que ocasiona que los rayos de luz se dispersen y absorban, en lugar de ser transmitidos. La dispersión de la luz al momento de pasar por una muestra, es provocado principalmente por la presencia de SS. La turbidez brinda información de la contaminación general, pero no del tipo de contaminación que posee” (Palomino, 2021).

Sólidos Totales. Es aquella materia que queda, después de que la muestra es sometida a una evaporación a una temperatura de 105°C, en otras palabras, los ST es todo material presente en la muestra, pero sin contar el agua. (Ramalho, 1996)

“Los sólidos totales, es un parámetro importante, para la determinación de la calidad del agua, se dividen en dos categorías: sólidos disueltos y sólidos suspendidos, la cantidad de las mismas varía según el tipo de muestra que se analiza” (Sierra, 2011).

2.2.1.3. Características químicas

Potencial de Hidrógeno (pH). En los efluentes domésticos el pH alcanza un valor aproximado de entre 7 a 8. Esto ayuda a medir la intensidad de las condiciones en la que se encuentra la muestra, en términos de sustancia ácida o básica de agua. Orozco (como se citó en Alvino, 2019)

DBO. A través de este parámetro se puede determinar la cantidad de material orgánico biodegradable que se encuentran presentes en una muestra de agua. Los microorganismos (bacterias principalmente) necesitan una determinada cantidad de oxígeno, para poder degradar, estabilizar y oxidar la materia.

“La DBO se utiliza para la valoración de la cantidad de oxígeno necesaria para poder oxidar al material orgánica biodegradable que se encuentran presentes en las muestras tomadas del agua, como consecuencia del trabajo de oxidación bioquímica en ausencia de oxígeno” (Ramalho, 1996).

Oxígeno Disuelto: Este parámetro es un indicador de salubridad, la presencia del OD es relevante para el desarrollo y la supervivencia de los peces y otras vidas acuáticas. Las condiciones ambientales es un factor que determina la cantidad de oxígeno y a esto se le suma su baja solubilidad en el agua. (Dobrosz et al., 2020)

“Es un parámetro muy significativo, en otras palabras, es aquel gas que se va consumido por la acción biológica y química. El de OD presente en el agua residual impide el origen de olores putrefactos. El contenido de OD depende de diversos factores, como la actividad biológica, movimientos del curso receptor, temperatura, altitud, actividad química, entre otros” (Palomino, 2021).

DQO. Representa la medida requerida para llevar a cabo la oxidación de las sustancias reductoras del agua. A diferencia de la DBO, la DQO utiliza una sustancia química para la oxidación del material orgánica. (Dobrosz et al., 2020)

“En la actualidad el $K_2Cr_2O_7$ es el mejor agente oxidante en el proceso de la DQO, este compuesto puede oxidar la mayor parte de sustancia orgánicas. La principal ventaja en cuanto a este proceso es el tiempo de operación, la cual es más corta a diferencia de la DBO, mientras que el análisis de la DBO tarde 5 días, el análisis de la DQO solo dura 3 horas” (Sierra, 2011).

Nitratos. El nitrógeno es unos elementos muy importantes para la proliferación y crecimiento de plantas acuáticas (algas). En las aguas el nitrógeno se encuentra formando parte de los nitratos, nitritos y amoníaco. Si una fuente hídrica recibe descargas de agua municipal e industrial, la cual entra en contacto con el OD, ocurrirá un proceso de transformación, en donde el nitrógeno presente en forma de amónico pasa a nitrato y de allí a nitrito. El proceso de nitrificación se ve afectada por la temperatura, cantidad de OD y el potencial de hidrogeno del agua. (Palomino, 2021, p.18)

“La química del nitrógeno es complicada a razón de los diversos estados de oxidación que puede tomar este elemento, y también se le suma el hecho de que la variación del estado de oxidación lo puedan hacer los organismos (bacterias) vivos” (Romero, 2005).

Fosfatos. Cortada (como se menciona en Alvino, 2019) El fosfato es un parámetro muy importante, debido a que es un nutriente que ayuda al crecimiento y desarrollo de algas. El crecimiento de las algas trae consigo el proceso de eutrofización, por ello se ha buscado la concientización de las personas para controlar la cantidad de compuestos orgánicos que son descargados en las aguas residuales domésticas.

2.2.1.4. Características Biológicas

La caracterización biológica del agua residual, se basa principalmente, en el estudio del tipo y cantidad de microorganismos. Las bacterias, virus, protozoos y algas, son microorganismos que se encuentran con mayor frecuencia en aguas naturales, y en grandes cantidades en aguas residuales. (Palomino, 2021)

Tabla 2

Clasificación de los microorganismos en relación a su tipología nutricional.

Organismo	Fuentes
Fotoautótrofos	Luz, materia inorgánica.
Fotoheterótrofos	Luz, materia orgánica.
Quimioautótrofos	Compuestos inorgánicos y materia inorgánica.
Quimioheterótrofos	Compuestos orgánicos y materia orgánica.

Fuente: Galvín, 2014.

La flora bacteria que se encuentra presente en el agua, se caracterizan en dos grupos típicos: bacterias autóctonas y bacterias extrañas.

Bacterias Autóctonas: Estas bacterias son nativas en las aguas, o sea su hábitat natural está en las aguas donde se las ubica, son clasificadas de esta manera ya que solo se pueden desarrollar de manera óptima en ese lugar. (Palomino, 2021, p.07)

Bacterias Extrañas: Este tipo de bacterias son procedentes de otro tipo de biotopos, en su gran mayoría estas bacterias vienen del medio ambiente que rodea al agua. (Palomino, 2021, p.07)

2.2.2. Jaula de Pollo

Es un compartimiento de forma rectangular, las cuales se usan para el traslado de diferentes tipos y tamaños de pollo. Estas jaulas o jaulas de pollo, deben ser limpiadas y desinfectadas, para ser usadas nuevamente; este proceso se realiza con la finalidad de evitar la transmisión de enfermedades y bacterias.

2.2.2.1. Lavadoras de Jabas de Pollo

Hoy en día para el lavado de las jabas de pollo, se realiza a través de equipos llamadas “lavadoras industriales”. Bautista & Mayo (2020) afirman que: “El proceso de desengrase y lavado se realiza por aspersion en caliente, para ello se usa una solución acuosa que contiene detergentes neutros, ácidos o alcalinos. Las lavadoras industriales, pueden ser incorporados en tratamientos superficiales” (p.8).

Existen diferentes tipos de lavadoras industriales, que se usan para lavar las jabas de pollo, las cual son:

Lavadoras Industriales Tipo Túnel. Estos equipos tienen la forma de túneles, donde el lavado y el desengrase de piezas se realizan de manera continua, cuentan con una cinta transportadora, tabor rotativo y calefacción. Son perfectas para lavar medianas o grandes cantidades de producción. (Cuba, 2020)

Lavadoras Industriales Tipo Estándar. Estos equipos están construidas con acero inoxidable AISI – 304. Cuenta con una cesta rotativa con una superficie estándar, estos equipos son útiles para procesar pequeñas o medianas cantidades de jabas de pollo. (Cuba, 2020)

Lavadora Tipo Túnel de Transporte por Cadena. Es un modelo holandés. Se encuentra conformado por una cámara que une una serie de boquillas de agua la cual sale a una presión determinada, las jabas de pollos son trasladadas por el recorrido mediante una cadena la cual es jada por un motor. (Cuba, 2020)

2.2.2.2. Proceso de Limpieza

La limpieza de las jabas de pollo, por lo general se hace con el uso de lavadoras industriales.

Primera Fase. Las jabas de pollo, que se usaron para el traslado de estas aves, por lo general contienen contaminantes sólidos (heces, plumas, tierra, arena). El operario encargado del proceso, introduce estas jabas de pollo dentro de la lavadora, donde se lleva a cabo un pre-enjuague. Es en este proceso que se elimina la mayor cantidad de contaminantes.

Segunda Fase. En este proceso el operario activa la bomba de agua a presión, donde se eliminan contaminantes que están pegadas en las superficies de la jaba.

Tercera Fase. Es la fase final. Posteriormente del lavado principal se lava con agua limpia, las cuales quitan el producto de limpieza usada.

2.2.2.3. Higiene y Salud

La higiene es un tema muy importante en la industria del lavado de jabas de pollos, por ello ante la gran demanda de consumo de carne de pollo, las jabas que trasladan al pollo vivo hacia el matadero deben ser lavadas después de su uso.

Las lavadoras de jabas de pollo es una tecnología, que facilita el proceso, estos equipos ayudan a que se acorten tiempos de operación y que se realice de forma segura.

En la industria avícola por lo general se encuentran dos tipos de bacterias nocivos, las cuales son: los microorganismos patógenos y alterantes.

Bacterias patógenas. Estos tipos de microorganismos y/o bacterias, tienen la capacidad de crecer en los alimentos, que al ser ingeridas producen malestares al que ingiere alimentos contaminados por estas. Los patógenos más resaltantes son *Salmonella* o *Listeria*. (Sierra, 2011)

Bacterias alterantes. Estos tipos de microorganismos, afectan directamente al producto (cambios en sus propiedades organolépticas y su vida útil se acorta). El patógeno más resaltante es la *Pseudomonas*. (Sierra, 2011)

La limpieza en la industria avícola se ve afectado por el tipo de producto final que se desea conseguir, el grado de manipulación o el nivel de automatización del procesado.

El proceso de automatización, en base a las actividades de limpieza, se puede aplicar ciertos procesos; pero en muchos casos es necesario las operaciones manuales para la desinfección de ciertas áreas que no se pueden alcanzar con los equipos utilizados. (Chambi, 2018)

2.2.3. Electrocoagulación

Es un proceso que se basa en el tema de la electroquímica, donde se aplica una determina cantidad de corriente eléctrica la cual fluye a través de unos electrodos. Estos electrodos están sumergidos en soluciones o aguas, que por lo general son aguas contaminadas, para realizar un proceso de tratamiento de coagulación y floculación de contaminantes que se encuentran en la muestra en estudio. (Dobrosz et al., 2020)

El proceso de electrocoagulación consta en emplear una determinada corriente continua a electrodos de sacrificio (que en si mayoría están hechos de aluminio o hierro). Son muchas las reacciones electroquímicas que suceden en simultáneo en las celdas de electrocoagulación. (Zini et al., 2020)

2.2.3.1. Celdas de Electrocoagulación

Las celdas de electrocoagulación son reactores tipo Bach, en forma de cubas que pueden ser fabricadas de virio, plástico o algún material que no conduzca la corriente eléctrica. El reactor

está compuesto por una cubeta, dos electrodos, una fuente de poder, estos son los componentes principales de una celda de electrocoagulación. (Mendes, 2019)

Electrodos. En un sistema de electrocoagulación, por lo general los electrodos son hechos de aluminio o hierro, las cuales se presentan en formas planas. Estos electrodos son de dos tipos: el ánodo y el cátodo. (Mendes, 2019, p.41)

En la electrocoagulación se llevan a cabo diferentes reacciones y en forma simultánea. En el ánodo el agua se oxida la cual produce iones de oxígeno gaseoso e hidronio. Por otro lado, en el cátodo el agua se reduce donde dan origen a iones gas hidrógeno e hidroxilo. (Palomino, 2021, p.11)

Fuente de poder. La finalidad de este dispositivo es suministra un valor tensión apropiado para el correcto funcionamiento de cualquier sistema o dispositivo. (Mendes, 2019, p.12)

Se define como un dispositivo electrónico que modifica la electricidad, el mecanismo es que la corriente alterna (CA) pasa a corriente continua (CC). Para hacer este proceso el dispositivo usa varias etapas que son: transformación, rectificación, filtración y regulación. (Palomino, 2021, p.12)

Tabla 3

Modificaciones por la que pasa la corriente eléctrica.

Etapas	Objetivo
Transformación	Lo que busca es transformar la corriente eléctrica alterna en corriente eléctrica de un nivel de voltaje más bajo.
Rectificación	Su función es de rectificar la señal que provienen de los diodos del bobinado secundario del transformador.
Filtración	Los capacitores, buscan lograr un nivel de tensión de corriente los más continuo posible.
Regulación	Deben de mantener de forma constante las particularidades del sistema, y también cuentan con la capacidad de conservar el estado de la salida autónoma de la entrada.

Fuente: Palomino, 2021.

La Cuba. Es el recipiente donde se llevan a cabo todo el proceso de electrocoagulación. Estos recipientes por lo general están compuestos o fabricados de materiales que no conduzcan la

corriente eléctrica. Estos recipientes deben soportar grandes cambios de temperatura y pH. (Cuba, 2020)

2.2.3.2. Variables de operación

Voltaje. A esta variable también se le conoce como diferencia de potencial, la cual se expresa de la siguiente manera:

$$V = I * R$$

Donde:

I: intensidad de corriente (A)

R: resistencia eléctrica (Ω)

En esta última ecuación (Ley de Ohm), el circuito eléctrico se debe tomar en cuenta primordialmente la conductividad eléctrica de la solución y la separación de los electrodos (Piña et al., 2011, p. 267).

Densidad de Corriente Eléctrica. Es una variable de diseño, donde se relaciona la cantidad de corriente aplicada por una unidad de área, su unidad esta dado en A/m^2 . Esta variable se evalúa en función a la pasivación de los electrodos. Deshpande (2010, como se menciona en Piña et al., 2011) dice que la pasivación del material se presenta con una mayor probabilidad a una densidad de corriente elevada, pero con el uso de densidades de corriente muy bajas, se requiere un mayor volumen del reactor y tiempos de residencia prolongadas (Piña et al., 2011, p. 267).

Tiempo de Residencia. Es un factor muy importante para el proceso de tratamiento de aguas residuales, la duración del proceso está dado por el tiempo de reacciones influenciadas por la cantidad de iones disueltos en el agua. (Cuba, 2020, p.27)

Si el tiempo de proceso es prolongado, mayor es la cantidad de iones disueltos en el sistema de electrocoagulación.

2.3. Definición de Términos Básicos

Aguas Negras. Son aguas residuales, donde su calidad ha sido afectada de forma negativa por las diferentes actividades humana. Por lo general estas aguas provienen de viviendas (casas, edificios, etc.) y áreas industriales, que arrastran detritos y contaminantes (Melchor, 2019).

Aguas Residuales. Son aguas naturales que han pasado por un proceso, en las cuales han perdido sus propiedades salubres. (Ramalho, 1996)

Ánodo no Activo. La principal característica de este ánodo, es que presenta un amplio número de sitios disponibles donde se puede llevar a cabo la adsorción de radicales hidroxilos. Por otro lado, presenta una baja afinidad química por las moléculas de oxígeno (Dobrosz et al., 2020).

Celda de Electrocoagulación. Es un reactor de que se rige por las leyes de la electroquímica, en su forma más sencilla se encuentra compuestos por un cátodo y un ánodo, y estas están conectados en serie a una fuente de poder externa (Alvino, 2019).

Desestabilización de Contaminantes. La materia coloidal se desestabiliza a causa de la compresión de su doble capa difusa, este proceso se da por la interacción del material particulado con los complejos metálicos formados en el proceso de electrocoagulación (Palomino, 2021).

Fisisorción. Es un proceso de interacción débil, lo cual se logra con la utilización de un ánodo no activo (Dobrosz et al., 2020).

Higiene. Es un proceso muy importante, que se debe de realizar con frecuencia, la cual ayuda a contrarrestar los contagios de posibles enfermedades, que pueden ser providentes de muchos vectores. (Melchor, 2019)

Infecciones. Es un problema muy habitual en las personas y plantas. Muchos microorganismos (agentes patógenos) son transmitidos mediante el agua contaminada, que causan daños a los organismos marinos y terrestres con los que tienen contacto (Melchor, 2019).

Limpieza. La industria avícola, está centrando el problema de la desinfección y limpieza de las granjas de gallinas, basada principalmente en la eliminación de la bacteria *Salmonella* spp (Lainezet al., 2008).

Malos olores. Está relacionado con las propiedades organolépticas. Las bacterias hacen, que las sustancias contenidas en las aguas residuales, entrena a un proceso de descomposición, generando gases (ácido sulfhídrico, amoniaco) (Melchor, 2019).

Patógenos. Es un agente que causa enfermedades, dentro de estas están los microorganismos como los principales responsables de muchas enfermedades infecciosas. (Melchor, 2019).

Toxicidad. Es un problema que puede ser fatal. Afecta de forma directa a la fauna y flora de un ecosistema que reciben o vierten el agua contaminada y a quien lo consuma o beba (Melchor, 2019).

Tratamiento Preliminar. El objetivo de este tratamiento es retener los sólidos con altas densidades y de gran tamaño. Por lo general este proceso estos compuestos por canales de rejillas (gruesa o fina), desarenadores y tamices (Meztasa, 2019).

2.4. Hipótesis de la investigación

2.4.1. Hipótesis general

El proceso de electrocoagulación se lleva a cabo a través de la aplicación de una corriente eléctrica, la cual pasa a través de los electrodos, las que se encuentran sumergidas en las aguas turbias generadas por el lavado de las jabas de pollo.

2.4.2. Hipótesis específicas

La turbiedad alta y la presencia de SST, son las principales características, que poseen las aguas del lavado de jabas de pollo.

El voltaje, la intensidad de corriente y el tiempo de procesamiento, son variables que afectan de forma directa al proceso de electrocoagulación.

El tratamiento de las aguas provenientes de las jabas de pollo mediante el proceso de electrocoagulación resulta eficiente en la eliminación de la turbidez de las mismas.

2.5. Operacionalización de las variables

Tabla 4

Matriz de Operacionalización de variables “Tratamiento de las aguas del lavado de jabas de transporte de pollos mediante electrocoagulación en la empresa Prestadora de Servicios Pecuarios PSP S.A.C. -Chancay”

Variables	Definición conceptual	Definición de variables	Dimensiones	Indicadores
AGUAS RESIDUALES PROVINIENTES DEL LAVADO DE JABAS DE POLLO.	Son los productos que vienen de las actividades domésticas, industriales, ganaderas u otras que, como consecuencia de su uso, contienen sustancias orgánicas y otros productos químicos que alteran su calidad original.	Trabajos de investigación, se realiza en base a los parámetros fisicoquímicos del agua.	Parámetros químicos	pH DBO5
			Parámetros físicos	Turbidez Conductividad
CELDA DE ELECTROCUAGLACIÓN	Placas de metal de aluminio rectangulares colocadas en paralelo y conectadas a una fuente de amperaje que suministra corriente.	El trabajo de investigación de basa en la forma de funcionamiento de las celdas.	Condiciones de operación.	Voltaje Tiempo de permanencia

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1. Diseño Metodológico

3.1.1. Lugar de Ejecución

Tabla 5

Descripción donde se desarrollará la Investigación

Empresa Prestadora de Servicios Pecuarios PSP S.A.C.

Sector: Aucallama

Distrito: Chancay

Provincia: Huaral

Departamento: Lima

Ubicación UTM: 18L - 255879.54 m E - 8715812.10 m S

Altitud: 17 msnm

Fuente: Elaboración Propia, 2023.



Figura 1. Delimitación del área de estudio.

Fuente: Google – Earth

3.1.2. Materiales e Instrumentos

3.1.2.1. Materiales

Los materiales que se usaron se detallan en los siguientes cuadros:

Tabla 6

Materiales para el desarrollo experimental.

Nombres	Descripción
Planchas acrílicas transparente.	Para las paredes de la cuba electrolítica
Sika glass block.	Pegamento.
Placas de aluminio.	Electrodos.
Cocodrilos.	Para la conexión a las baterías
Probeta.	Para la medición de las muestras de agua.
Recipientes	Para el almacenamiento y transporte de las muestras.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

3.1.2.2. Equipos

Tabla 7

Equipos para el desarrollo experimental.

Nombres	Descripción
Fuente de potencia.	Para el suministro de energía para la cuba electrolítica
pH – Metro	Para la caracterización del agua.
Termómetro	El tipo de termómetro a usar es el Galistán.
Medidor de DBO.	Para determinar la demanda bioquímica de O ₂
Turbidímetro	Para la caracterización del agua.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

3.1.3. Diseño Experimental

De acuerdo con el objetivo de estudio el tipo de investigación es aplicada, según la metodología se puede considerar exploratoria. Con respecto al enfoque podemos considerarla cuantitativa. En relación a su temporalidad la investigación es transversal. Finalmente, respecto a la manipulación de las variables es No Experimental, ya que no se manipulará ninguna variable, sólo nos limitamos a medirlas.

3.1.3.1. Equipos

El diseño escogido en esta investigación fue en base de un reactor tipo Batch.

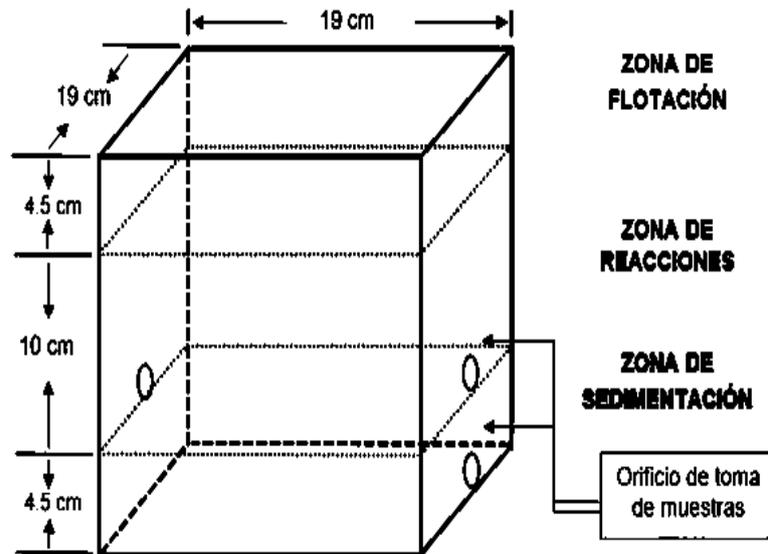


Figura 2. Pegado de las planchas para el armazón del reactor.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8

Dimensionamiento de la cuba electrolítica.

Tipo	Medidas	Unidad
Altura	19	cm
Ancho	19	cm
Volumen	5	L
Separación de electrodos	1	cm

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Tabla 9

Dimensionamiento de los electrodos.

Tipo	Medidas	Unidad
Largo	10	cm
Alto	8	cm
Espesor	1	mm
cantidad	24	Unidades

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

3.1.2.3. Armado del Reactor

Se unen las planchas acrílicas, con silicona y pegamento. Cada esquina se pone cinta adhesiva para ayudar al pegado perfecto de las planchas, después se procederá a retirarlas.

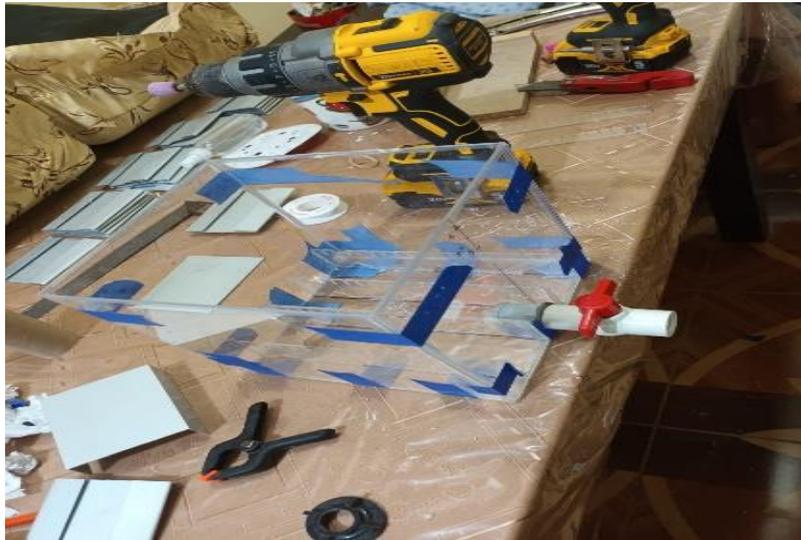


Figura 3. Pegado de las planchas para el armazón del reactor.

Fuente: Elaboración propia.

Se procede a la colocación de una plancha acrílica, la cual servirá para sujetar y fijar los electrodos, estos tienen una separación de 1cm de las paredes, 4 cm de ranuras para la distancia de separación de los electrodos, la separación de los electrodos con el fondo de la cuba es de 4.5 cm.



Figura 4. Colocación de las planchas acrílicas para el soporte y fijación de los electrodos.

Fuente: Elaboración propia.

Fijamos y colocamos las llaves, para el desfogue del agua de muestra y el agua procesada, la separación de estas llaves esta aproximadamente de 8 cm.



Figura 5. Verificación de la altura de las llaves para el desfogue.

Fuente: Elaboración propia.

La fabricación de los electrodos será de forma rectangular, estas estarán hechas de aluminio. El dimensionamiento es de 10 cm de alto y 8 cm de ancho, con un espesor de 1.5 mm.



Figura 6. Presentación de los electrodos de aluminio.

Fuente: Elaboración propia.

Para la preparación del cableado se usó 4m de cable multicolor y 24 cocodrilos (12 positivos y 12 negativos). A cada cocodrilo se le acoplo 4cm de cable, para luego unirlo a un extremo del cable general, con una distancia de 1cm entre ellas. Sellemos las conexiones con cinta aislante.



Figura 7. Presentación de los electrodos, en la celda electrolítica.

Fuente: Elaboración propia.

Al otro extremo del cable adaptamos 2 una positiva y una negativa, esto para establecer una conexión eléctrica entre el cable con los cocodrilos y la fuente de poder.



Figura 8. Conexión de los electrodos con la fuente de poder.

Fuente: Elaboración propia.

Se utilizará una fuente de alimentación que proporciona una corriente continuamente ajustable de 0 a 30 V y se decidió utilizar este dispositivo porque garantiza un suministro continuamente ajustable de la variable a analizar. Para el proceso de electrocoagulación se someterán las muestras a 30 Voltios por un periodo de 40 minutos.



Figura 9. Presentación de la fuente de poder.

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

La población de estudio abarca todo el volumen de agua generado en un día de operación de la EPSP SAC - CHANCAY, las cuales son productos del lavado de las jabas de pollo.

3.2.2. Muestra

Se tomará 15 litros de agua como muestra para el trabajo (se consideraron tres puntos de muestreo, 5 litros en cada punto a muestrear), las cuales se recolectaron en hora punta de trabajo de la EPSP SAC, área de lavados de jabas.

3.3. Técnicas de Recolección de Datos

3.3.1. Técnicas a Emplear

3.3.1.1. Toma de Muestras

La primera muestra fue tomada del pozo de agua que abastece a la empresa (Punto 1, PT1).



Figura 10. Imagen de la ubicación del primer punto de muestreo.

Fuente: Elaboración propia.

La segunda muestra fue tomada de las conexiones de alcantarillado, que conectan el área de lavado de jabas con el agua proveniente de las máquinas lavadoras, (Punto 2, PT2).



Figura 11. Imagen de la ubicación del segundo punto de muestreo.

Fuente: Elaboración propia

La tercera muestra corresponde a las aguas residuales en la salida de los canales que van directo al desagüe, (Punto 3, PT3).



Figura 12. Imagen de la ubicación del tercer punto de muestreo.

Fuente: Elaboración propia

3.4. Técnicas para el Procesamiento de la Información

Tabla 10

Equipos y Métodos para la determinación de los parámetros

Parámetro	Método
Turbidez	Turbidímetro Portátil Digital 2100Q Nefelométrico-método EPA 180.1 (NTU)
Conductividad Eléctrica	Medidor Adwa Ad8000 Electrodo A76309 (mS/cm)
pH	Medidor Adwa Ad8000 Electrodo A1131B (unid.Ph)
Oxígeno Disuelto (OD)	Medidor de OD – Mod. MW600 Sonda polarográfica MA840 (mg/L)
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	Sensores DBO Velp Scientifica Método Respirométrico (mg/L)

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

CAPITULO IV. RESULTADOS

Una vez recogidas las muestras se realizaron análisis de ellas in situ y ex situ, los análisis in situ se llevaron en el mismo campo y corresponden a los parámetros que se muestran en las tablas 10, 13 y 16, mientras que los análisis ex situ corresponden a las tablas 11, 12, 14, 15, 17 y 18. Las diferentes pruebas experimentales ex situ se realizaron en el Laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica.

4.1. Valoración y Tratamiento de la Muestra Uno.

Tabla 11

Toma de datos de la muestra uno en campo

Parámetros	Unidad	Valor
Temperatura	°C	24.3
pH	Unid. pH	6.7
OD	mg/L	0.6
Turbidez	NTU	89.4

Fuente. Elaboración Propia, 2023.

La tabla 10 reporta los datos del análisis de la muestra uno, donde el valor del pH está dentro del rango establecido para agua Categoría 3 (D1: agua para riego de vegetales ó D2: agua para bebida de animales), mientras que el de el OD está por debajo de los límites (ver Anexo 1), por lo que se considera fuera de esta categoría.

Tabla 12

Muestreo del punto uno en laboratorio

Parámetros	Unidad	Valor
Temperatura	°C	25
pH	Unid. pH	7.694
OD	mg/L	0.5
Turbidez	NTU	89.4
Conductividad	uS	700
DBO	mg/L	349.9

Fuente. Elaboración Propia, 2023.

En la tabla 11 podemos observar que el valor del pH está de acuerdo con agua Categoría 3, mientras que la DBO presenta un valor que está por encima de esta categoría, y el OD está por debajo (ver Anexo 1).

Tabla 13*Toma de los resultados de la muestra uno (post tratamiento)*

Parámetros	Unidad	Valor
Temperatura	°C	25
pH	Unid. pH	7.069
OD	mg/L	1.2
Turbidez	NTU	19.8
Conductividad	uS	403
DBO	mg/L	18.82

Fuente. Elaboración Propia, 2023.

La tabla anterior reporta los datos obtenidos del análisis de la muestra uno después del tratamiento con electrocoagulación, el valor del OD aumenta, mientras que la DBO disminuye significativamente, sin embargo, en ambos casos no consigue cumplir con los ECA, categoría 3 (ver Anexo 1).

4.2. Valoración y Tratamiento de la Muestra Dos.

Tabla 14*Análisis de datos de la muestra dos en campo*

Parámetros	Unidad	Valor
Temperatura	°C	27.9
pH	Unid. pH	6.8
OD	mg/L	0.1
Turbidez	NTU	415

Fuente. Elaboración Propia, 2023.

El cuadro anterior reporta los datos del análisis de la muestra dos, estos datos corresponden a la muestra a la salida de la lavadora, el valor del pH de 6.8 indica ligeramente ácida, un OD de 0,1 mg/L es un indicio de la baja calidad de las aguas. Esto se corrobora por el valor de la turbidez de 415 NTU, que afecta el OD.

Tabla 15*Análisis de datos de la muestra dos en laboratorio*

Parámetros	Unidad	Valor
Temperatura	°C	25
pH	Unid. pH	7.764
OD	mg/L	0.3
Turbidez	NTU	415
Conductividad	uS	1479
DBO	mg/L	524.4

Fuente. Elaboración Propia, 2023.

La tabla 14 reporta los datos del análisis a la muestra dos en el laboratorio, donde los valores del OD, la turbidez, conductividad y la DBO son valores característicos de aguas residuales muy contaminadas, de muy baja calidad.

Tabla 16*Análisis de los resultados de la muestra dos (post tratamiento)*

Parámetros	Unidad	Valor
Temperatura	°C	25
pH	Unid. pH	8.797
OD	mg/L	1.2
Turbidez	NTU	18.6
Conductividad	uS	1312
DBO	mg/L	24.8

Fuente. Elaboración Propia, 2023.

La tabla 15 reporta los datos obtenidos del análisis de la muestra dos después de haber sido sometida al proceso de electrocoagulación, comparando estos resultados con la tabla 14 podemos decir q el pH cambia, de ser ligeramente ácido a básico, el OD a pesar de haber aumentado no cumple con los requisitos para ser agua de buena calidad, mientras q los valores de .turbidez y DBO a pesar de haber disminuido significativamente no cumple con las condiciones para ser considerada dentro de la categoría 3.

4.3. Valoración y Tratamiento de la Muestra Tres.

Tabla 17

Análisis de datos de la muestra tres en campo

Parámetros	Unidad	Valor
Temperatura	°C	27.8
pH	Unid. pH	6.8
OD	mg/L	0.1
Turbidez	NTU	377

Fuente. Elaboración Propia, 2023.

La tabla anterior reporta los datos obtenidos del análisis de la muestra tres en campo, donde los valores del OD y turbidez son características de aguas contaminadas de muy baja calidad.

Tabla 18

Análisis de datos de la muestra tres en laboratorio

Parámetros	Unidad	Valor
Temperatura	°C	25
pH	Unid. pH	7.483
OD	mg/L	0.3
Turbidez	NTU	377
Conductividad	uS	1087
DBO	mg/L	454.4

Fuente. Elaboración Propia, 2023.

La tabla 17 reporta los datos obtenidos del análisis de la muestra tres en el laboratorio, donde los valores de OD, la turbidez, conductividad y la DBO corroboran lo manifestado en la tabla anterior, que esta muestra corresponde a aguas de muy baja calidad, por lo que sus valores están fuera de lo establecido para ser consideradas en la categoría 3 (ver anexo 01).

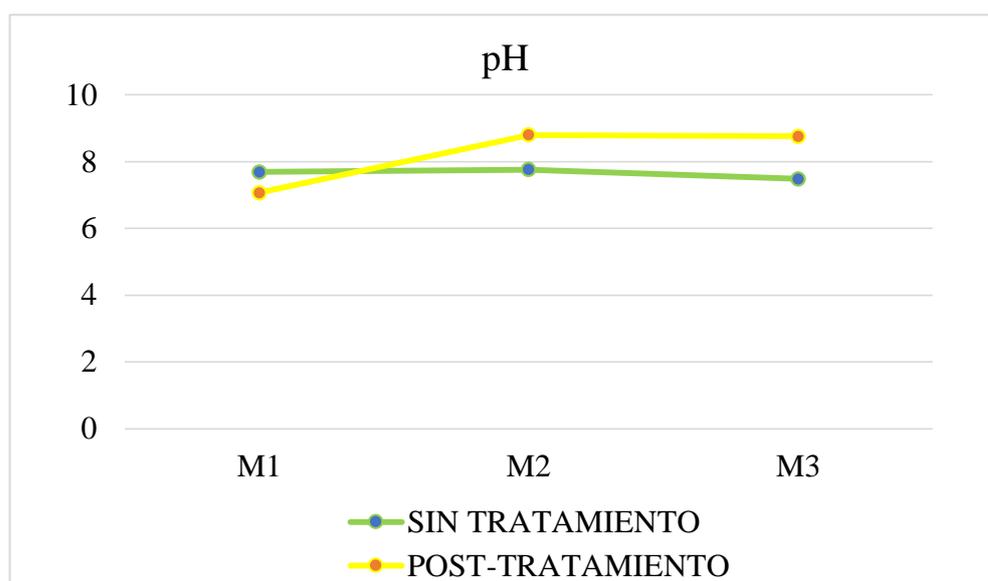
Tabla 19*Análisis de los resultados de la muestra tres (post tratamiento)*

Parámetros	Unidad	Valor
Temperatura	°C	25
pH	Unid. pH	8.76
OD	mg/L	1.2
Turbidez	NTU	15.6
Conductividad	uS	741
DBO	mg/L	22.0

Fuente. Elaboración Propia, 2023.

La tabla 18 reporta los resultados de la muestra tres después del tratamiento de electrocoagulación, en este caso la turbidez disminuye con respecto a la tabla anterior al igual que la conductividad, mientras que el OD se incrementa y el DBO se reduce significativamente, pero, sin embargo, estos resultados no están de acuerdo con los valores permitidos para poder considerar a la muestra como categoría 3 (ver anexo 01)

4.4. Comparación de los Parámetros Hechos Antes y Después del Tratamiento.

**Figura 13.** Grafica de variación de pH.

De la figura 13 se puede observar que el pH de la M1 disminuye ligeramente después del tratamiento, mientras que para las muestras M2 y M3 se vuelven más alcalinas después del tratamiento.

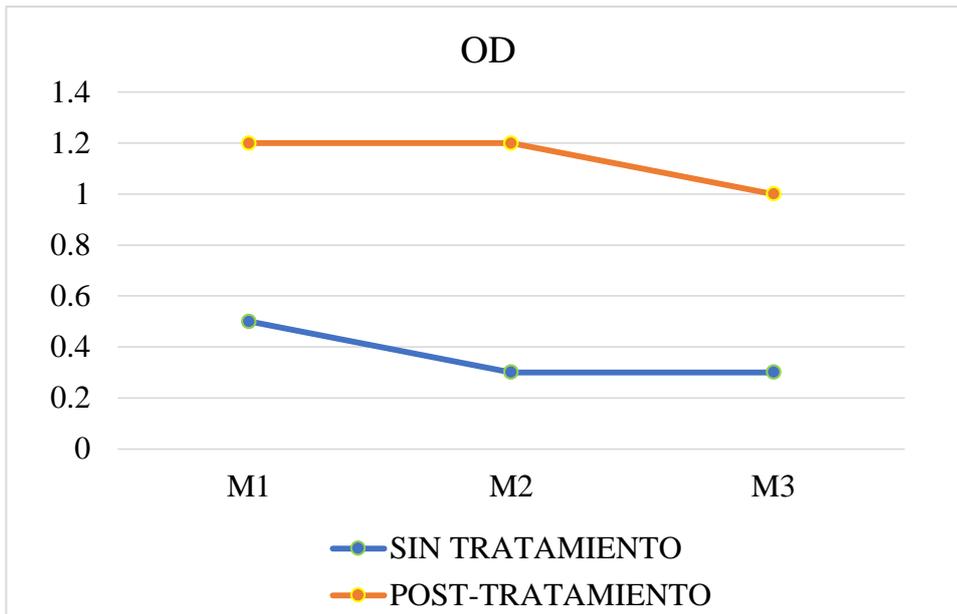


Figura 14. Grafica de OD, comparación de resultados en base al análisis realizado.

De acuerdo con la figura 14, la calidad de las aguas mejora al incrementarse los niveles de OD después de que las muestras han sido sometidas al tratamiento, lo que permite reducir el impacto negativo en la vida acuática de parte de las aguas contaminadas.

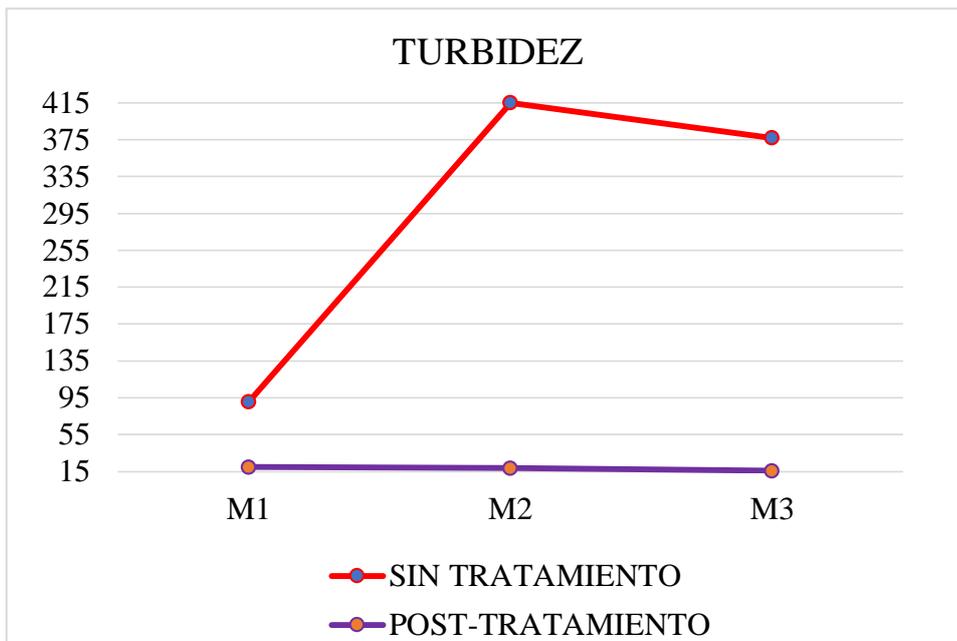


Figura 15. Grafica de Turbidez, comparación de resultados en base al análisis realizado.

De la figura 15 podemos deducir que las muestras post tratamiento presentan menor turbidez que las muestras sin tratar, lo que indica que la electrocoagulación reduce significativamente la presencia de partículas en suspensión.

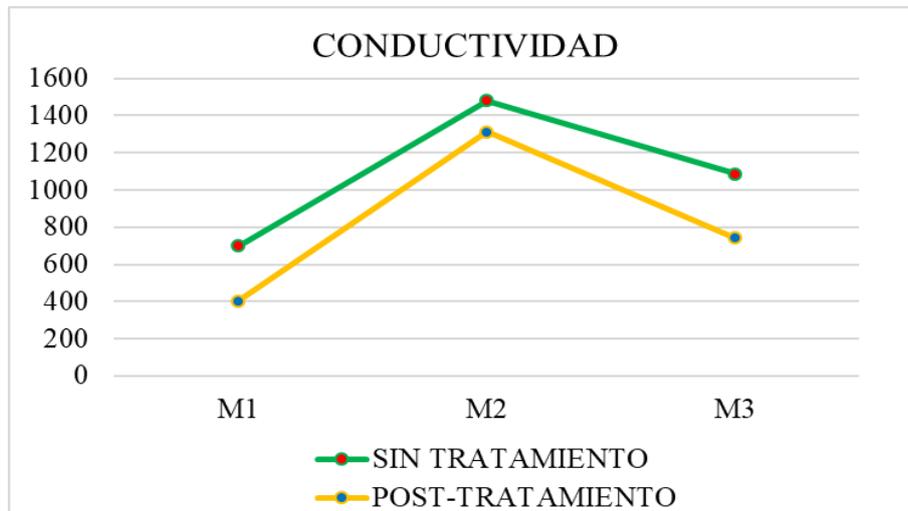


Figura 16. Grafica de Conductividad, comparación de resultados en base al análisis realizado.

De la figura 16 observamos que los valores de la conductividad de las muestras disminuyen después de haber sido sometidas al tratamiento, lo que es un indicio de que la electrocoagulación reduce la cantidad de sales disueltas.

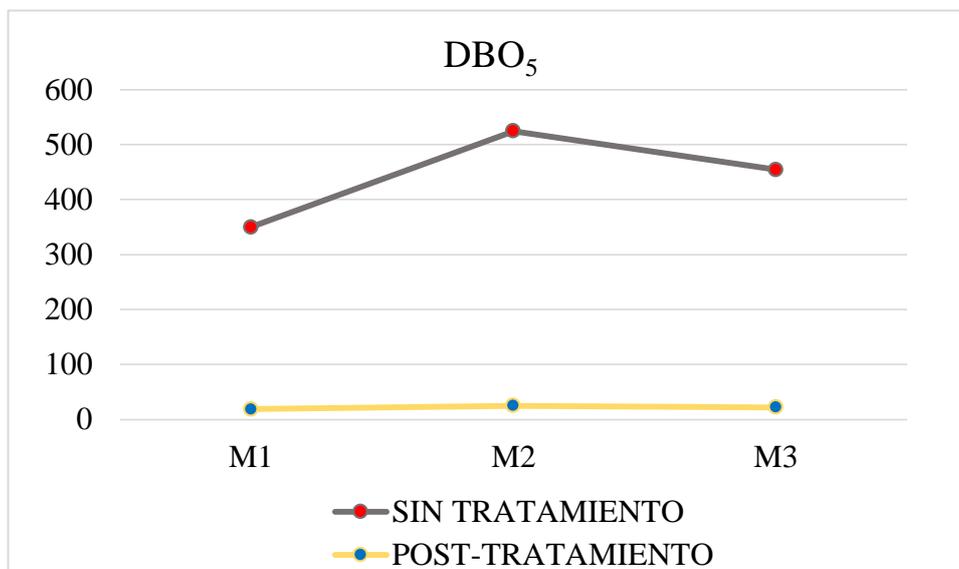


Figura 17. Grafica de DBO₅, comparación de resultados en base al análisis realizado.

La figura 17 nos muestra lo importante que puede resultar el tratamiento de las aguas por electrocoagulación, ya que permite reducir considerablemente los altos niveles de materia orgánica biodegradable en el agua residual.

4.5. Comparación de los Resultados con los ECA-Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales (D.S. 004 – 2017 - MINAM)

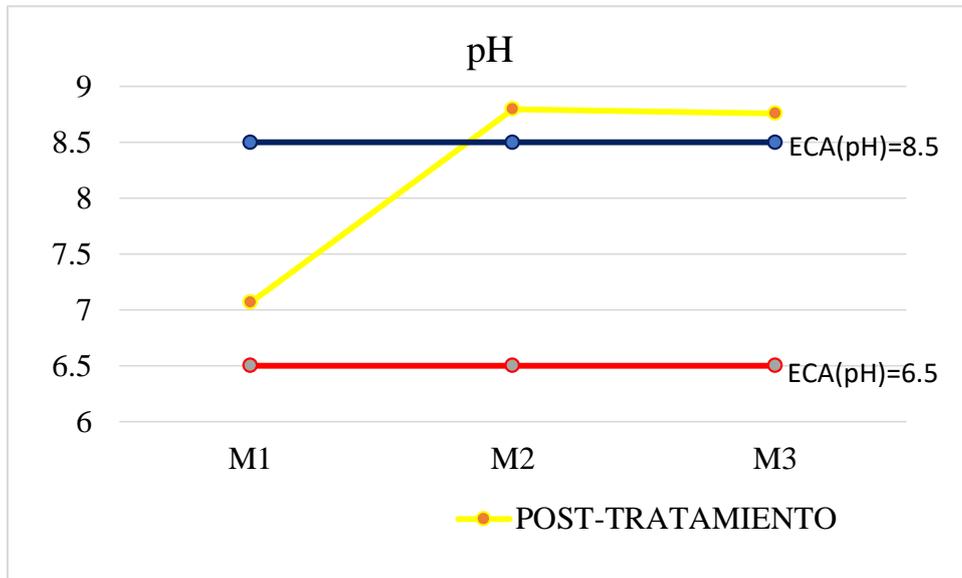


Figura 18. Comparación del pH de las muestras tratadas con la normativa ECA.

De la figura 18 se puede observar que la M1 se encuentra dentro del rango permitido para ser considerada como agua categoría 3, mientras que M2 y M3 están fuera del rango.

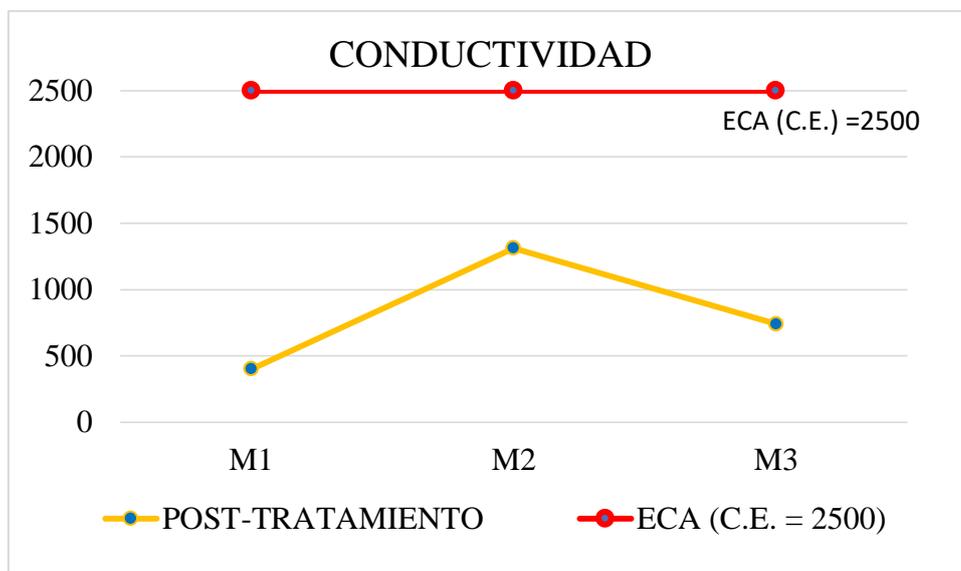


Figura 19. Comparación de la conductividad eléctrica de las muestras tratadas con la normativa ECA.

De la figura 19 se observa que la conductividad de las muestras tratadas está por debajo de los ECA, por lo que podría ser considerada apta para el riego de vegetales y bebida de animales.

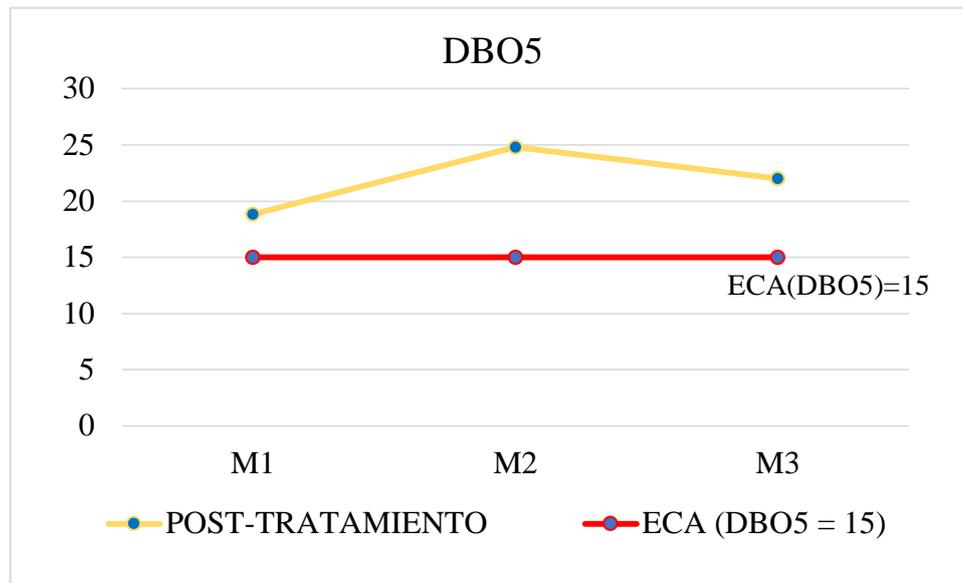


Figura 20. Comparación de la DBO₅ de las muestras tratadas con la normativa ECA.

De la figura 20 podemos deducir que las muestras M1, M2 y M3 están por encima del ECA permitido, por lo que no estarán aptas para ser consideradas como agua categoría 3.

CAPITULO V. DISCUSIÓN

Los datos analizados de los resultados, muestran que el proceso de electrocoagulación funciona y es adaptable para el tratamiento de aguas turbias; como es en el caso del estudio (tratamiento de las aguas generadas del lavado de jabas de pollo). Para lo cual se analizaron y compararon los parámetros pH, turbidez, conductividad eléctrica y DBO₅.

El pH de las muestras pretratadas y tratadas dieron un promedio de 7.62 y 8.78 respectivamente, estos valores concuerdan con los obtenidos por Mamani (2021) de $7,65\pm 0,1$ y $8,5\pm 0,2$ para sus muestras sin tratar y tratadas respectivamente.

El valor inicial de la turbidez de las muestras en los puntos 1, 2 y 3 fueron de 89.4, 415 y 377 NTU, respectivamente; después del tratamiento disminuyó a 19.8, 18.6 y 15.6 NTU respectivamente. Estos resultados están de acuerdo con los valores obtenidos por Baca (2019), en su investigación realizada a las muestras de efluentes domésticos, las cuales fueron tomadas antes y después del proceso de electrocoagulación., obteniendo valores que se encuentran en el rango de 25.20 y 12.23 NTU. Respecto a la remoción de la turbidez, nuestros resultados arrojan un promedio del 95.68% de remoción, en tanto que Cuba (2020) obtuvo un 84,21%, para un tiempo de 15 minutos y pH 10.

En cuanto a la conductividad eléctrica del afluente los valores fluctuaron entre 1479 y 1087 mS/cm, mientras que en el efluente se obtuvieron valores de 1312 y 741 mS/cm con un porcentaje de remoción promedio de 19,99%, en tanto que Baca (2019) reportó valores de 2662.67 y 3044.40 uS, antes del tratamiento y 2255.33 y 2788.36 uS, después del tratamiento logrando un porcentaje de remoción promedio del 11,62%.

Para la DBO₅ nuestro proceso de electrocoagulación reportó para los afluentes valores que están entre 524,4 y 454,4 mg/L, en tanto que para las muestras tratadas los valores variaron entre 24,8 y 22 mg/L, alcanzando porcentajes de remoción que están en el rango del 95,167% y 95.27%. Del mismo modo Baca (2019) obtuvo para la DBO, antes del tratamiento, valores que fluctúan entre 230.8 y 282.9 mg/l, y para después del tratamiento 21.29 y 46.20 mg/l. Estos resultados dan porcentajes de remoción en el intervalo de 76,98% y 90,0%, mientras que Alvino (2019), alcanzó porcentajes de remoción del 96,28%.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

El proceso de electrocoagulación, consta principalmente, en hacer circular una determina cantidad de corriente eléctrica a través de los electrodos, haciendo que las partículas que se encuentran disueltas precipiten en el fondo de la celda.

Los parámetros con el tratamiento de electrocoagulación tales como el OD, turbidez, conductividad eléctrica y DBO, han mejorado después de haber sido sometidas al proceso de electrocoagulación, lo cual queda demostrado que es viable realizar este tipo de tratamiento a las aguas residuales de la empresa en estudio, con la finalidad de reducir la carga contaminante.

El proceso de electrocoagulación básicamente se rige por la cantidad de voltaje que circula a través de los electrodos y el tiempo de permanencia de la muestra a tratar. En nuestro caso las pruebas se realizaron a un voltaje de 30 V por periodos de 40 minutos.

Se logró reducir la turbiedad de las muestras desde 415 y 377 NTU, hasta valores de 18.6 y 15.6 NTU respectivamente. Por ende, estos valores nos arrojan valores de remoción de la turbidez de 95,51% y 95,86%

Los resultados para el DBO fueron 524.4 y 454.4 mg/l, y se redujeron hasta valores de 24.8 y 22.0 mg/l, estos valores nos arrojan valores de remoción de la DBO de 95,27% y 95.16%.

6.2. Recomendaciones

Es recomendable que todas las muestras deben ser tratadas con Ácido Clorhídrico, para así poder obtener un pH óptimo para el análisis de la muestra y obtener datos y resultados exactos.

Se recomienda tener en cuenta que, según el voltaje y amperaje que se le suministre al reactor, se obtienen resultados diferente, por ello estas dos variables mencionadas son muy importantes para la determinación de la eficiencia del proceso.

Por último, como recomendación podemos decir que, debido a que la temperatura juega un papel importante tanto en la recolección de muestras como en su tratamiento, por las condiciones ambientales la temperatura del lugar en donde se almacenaba las muestras recién recolectadas no eran las más adecuadas, permitiendo así el libre albedrío a las bacterias anaerobias a poder hacer acto de presencia en algunas de las muestras. Es por eso que recomendamos transportar tan pronto como sean posible las muestras recolectadas al laboratorio donde estas procederán a ser tratadas.

CAPITULO VII. REFERENCIAS

- Alvino, A. Y. (2019). *Eficiencia de la electrocuagulación a nivel de laboratorio para tratamiento del agua residual del matadero municipal de Tingo María*. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de recursos Naturales Renovables . Tingo María : UNAS. Obtenido de <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1473>
- Baca, N. M. (2019). *Evaluación de un Sistema de Tratamiento Continuo por Electrocoagulación para los Efluentes Domésticos y su Reúso en el Riego de Jardines y Áreas Verdes*. Universidad Nacional del Callao , Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales . Callao : UNC. Obtenido de <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5539/INFORME%20FINAL-BACA%20NEGLIA-FIARN%20-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chambi, H. Z. (19 de 07 de 2018). *Tratamiento de aguas residuales de lavanderías por el proceso de cuagulación-floculación y adsorción*. Universidad Nacional del Altiplano, Escuela profesional de ingeniería química. Puno: UNAP. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8347>
- Cuba, T. M. (2020). *Tratamiento de agua residual procedente de lavadoras por el método de electrocoagulación para la reutilización en riego de vegetales - Ate Vitarte*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. Lima. UNMSM. Obtenido de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11734/Cuba_tm.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Donald, J. M., Otava, F., Simioni, D., & Lizuka, M. K. (1998). *Desarrollo Sustentable de los AA. HH: Logros y Desafíos de la Política Habitacionales y Urbanas de América Latina y el Caribe*. Santiago, Chile : Naciones Unidas .
- Galván, R. M., & Velásquez, R. M. (Agosto de 2011). Cal, un antiguo material como una renovada opción para la construcción. *Ingeniería Investigación y Tecnología.*, XII(1), 93 - 102. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v12n1/v12n1a10.pdf>
- Google maps. (2023). *Google*. Recuperado el 17 de Abril de 2023, de <https://maps.google.com/>
- Guerrero, H. C. (Agosto de 2001). Rocas calizas: Formación, ciclo del carbonato, propiedades, aplicaciones, distribución y perspectivas en la Mixteca Oaxaqueña. *TEMAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA*, 5(14), 3 - 14. Obtenido de https://www.utm.mx/edi_anteriores/pdf/ensayo1t14R.pdf

- Melchor, O. (01 de 2019). Tratamiento de aguas residuales. (O. d. Unión, Ed.) *INCYTU*, 028, 1 - 6. Obtenido de https://www.foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU_19-028.pdf
- Mendes, P. L. (2019). *Tratamiento de aguas residuales mediante electrocuagulación acoplada a un MBR para minimizar el ensuciamiento de la membrana y obtener efluentes de alta calidad*. Universidad de Alicante, Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales . Alicante: IUACA.
- Meztasa, A. M. (2019). *Propuesta de tratamiento de aguas residuales en el centro de beneficio María de Fátima del distrito de la victoria*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo , Escuela de Ingeniería Industrial . Chiclayo: USAT. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12423/2428>
- Mamani, E. (2021). *Modelamiento en el Tratamiento Físicoquímico de Aguas de Lavado de Lana por Electrocoagulación para el Cumplimiento de Valores Máximos Admisibles (VMA)*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Escuela de Posgrado . Arequipa : UNSA. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12773/13809>
- Piña-Soberanis, M., Martín-Domínguez, A., González-Ramírez, C.A., Prieto-García, F., Guevara-Lara, A., & García-Espinoza, J.E.. (2011). Revisión de variables de diseño y condiciones de operación en la electrocoagulación. *Revista mexicana de ingeniería química*, 10(2), 257-271. Recuperado en 25 de septiembre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382011000200010&lng=es&tlng=es
- Ramallo, R. S. (1996). *Tratamiento de aguas residuales*. (Reverte, Ed., D. J. Beltrán, & F. D. Soria, Trads.) Barcelona , España .
- Rios, O. W., & Velasquez, V. M. (2016). *Obtención de carbonato de calcio a partir de valvas residuales de caracol (THAIS CHOCOLATA)*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Escuela profesional de Ingeniería Química . Arequipa : UNSAA. Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ff5f43f0-150d-4699-93e4-74fa235c67c8/content>
- Romero, R. J. (2005). *Calidad del agua* (Tercera ed.). Bogotá, Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería .
- Sierra, R. C. (2011). *Calidad del agua - Evaluación y diagnóstico* (Primera ed.). (E. L. López, Ed.) Medellín , Colombia : Ediciones de la U.

Yepes, C. M. (2019). *Tratamiento de aguas de lavandería por medio de un reactor anaeróbico de flujo ascendente con manto de lodos (UASB) híbrido*. Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería Civil. Bogotá: UMNG. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/20647/YepesPolaniaCarlaYepes2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo 1: Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (D.S. 004 – 2017 - MINAM)

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(μ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ ⁻ -N) + Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Figura 21. Estándares de Calidad Ambiental.

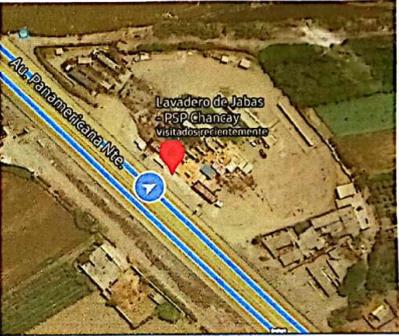
Anexo 2: Ficha de Registro de campo.



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica
Laboratorio de Química Analítica



FICHA DE REGISTRO DE CAMPO

DATOS GENERALES				
Datos del monitor:	BRIAN JASSON SANCHEZ ESPINOLA	Fecha:	2023-03-31	
		Hora:	09:00 Hrs.	
Código de estación de monitoreo:	EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS PECUARIOS PSP S.A.C. - CHANCAY	Coordenadas UTM:	255 879.54 m E	
			87 15812.10 m N	
Sector:	AUCALLAMA	Altitud(m):	17msnm	
				
Descripción de la estación de monitoreo:		LA ESTACION DE MONITOREO SE ENCUENTRA LOCALIZADA EN LOS INTERIORES DEL LAVADERO DE JABAS DE LA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS PECUARIOS PSP S.A.C. - CHANCAY		
Uso de agua:		LAVADO DE JABAS DE TRANSPORTES DE POLLOS		
MUESTRAS COLECTADAS				
	N°	Tipo de botella	Volumen	
Parámetros Generales:	6	Plástico	2 Lt	3 Lt
Parámetros Orgánicos:		Plástico	2 Lt	3 Lt
Parámetros Inorgánicos:		Plástico	2 Lt	3 Lt

Av. Mercedes Indacochea N° 609 Puerta 01 Telf. 2326097 - 2322918
www.unjfsc.edu.pe

Escaneado con CamScanner

Figura 22. Ficha de Registro de Campo.

Anexo 3: Cadena de custodia



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica
Laboratorio de Química Analítica



CADENA DE CUSTODIA

Código número de custodia:	Solicitante: <u>BEAUSANSON SANCHEZ ESPINOZA</u>	DNI: <u>76438910</u>	Firma: <u>[Firma]</u>
Institución:	Dirección: <u>PANACEANA ROPE K1736</u>	Distrito: <u>CIBACA</u>	Provincia: <u>HUACAL</u> Dpto: <u>LIMA</u>
Campo: <u>[Campo]</u>	Teléfono: <u>9141405237</u>	Responsable de muestreo: <u>BEAUSANSON SANCHEZ ESPINOZA</u> Urgencia: <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Alta	

Código DILAB (1)	Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Tipo de muestra (2)	N° de envases por punto de muestreo			Parámetros Físicos (4)			Parámetros Químicos (4)			Observaciones
					P (3)	V (3)	E (3)	Turbidez NTU	Conductividad Eléctrica mS/cm	pH	DBO (mg/L)	OD (mg/L)		
	M101A	31-03-23	09:15 a.m	A.S	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	M101B	31-03-23	09:15 a.m	A.S	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	M102A	31-03-23	09:45 a.m	A.R	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	M102B	31-03-23	09:45 a.m	A.R	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	M103A	31-03-23	10:20 a.m	A.R	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	M103B	31-03-23	10:20 a.m	A.R	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Comentarios: _____

Condición y temperatura de entrega de muestras _____
 (1) Campo exclusivo para el laboratorio
 (2) AM: Agua de Mar; AP: Agua Potable; AR: Agua Residual; AS = Agua Superficial; BC: Blanco de Campo; BV: Blanco de Equipo; BE: Blanco de Equipo; LD: Lodos; SE: Sedimentos; SU: Sueños; VE: Vertimientos
 (3) P: Plástico; V: Vidrio; E: Esteril
 (4) Ver lista de parámetros del Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM "Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua", y otros que se requiera la presente investigación.

Av. Mercedes Indacocha N° 609 Puerta 01 Telf. 2326097 - 2322918 www.unjsc.edu.pe

Figura 23. Cadena de Custodia.

Anexo 4: Resultados de los análisis.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica
Laboratorio de Química Analítica



Huacho, 14 de abril de 2023

INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO N° 003-2023-LQA-FIQyM

SOLICITANTE : Sánchez Espinoza, Brian Jasson
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYO
Tipo de Ensayo : Análisis fisicoquímicos
Tipo de Muestra : Agua residual de lavado de jabas
Procedencia : Empresa Prestadora de Servicios Pecuarios
PSP S.A.C. – CHANCA Y
MUESTREO REALIZADO POR : Sánchez Espinoza, Brian Jasson
CANTIDAD DE MUESTRAS : 6
FECHA DE MUESTREO : 2023/03/31
FECHA DE ENSAYO : 2023/03/31 al 2023/04/07
FECHA DE EMISIÓN : 2023/04/14

RESULTADOS

Resultados de campo

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	PT01	PT02	PT03
Potencial de Hidrógeno	Unidades de pH	Medidor de pH Adwa AD11	6.7	6.8	6.8
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	Medidor de OD – Mod. MW600 Sonda polarográfica MA840	0.6	0.1	0.1
Turbidez	NTU	Turbidímetro Portátil Digital 2100Q Nefelométrico-método EPA 180.1	89.4	415	377
Temperatura	°C	Termómetro digital	24.3	27.9	27.8

Resultados de Laboratorio (Pretratamiento)

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	PT01	PT02	PT03
Potencial de Hidrógeno	Unidades de pH	Medidor Adwa Ad8000 Electrodo A1131B	7.694	7.764	7.483
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	Medidor de OD – Mod. MW600 Sonda polarográfica MA840	0.5	0.3	0.3
Turbidez	NTU	Turbidímetro Portátil Digital 2100Q Nefelométrico-método EPA 180.1	89.4	415	377
Temperatura	°C	Termómetro digital	25	25	25
Conductividad Eléctrica	mS/cm	Medidor Adwa Ad8000 Electrodo A76309	700	1479	1087
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO ₅	mg/L	Sensores DBO Velp Científica Método Respirométrico	349.9	524.4	454.4



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica
Laboratorio de Química Analítica



Resultados de Laboratorio (Postratamiento)

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	PT01	PT02	PT03
Potencial de Hidrógeno	Unidades de pH	Medidor Adwa Ad8000 Electrodo A1131B	7.069	8.797	8.76
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	Medidor de OD – Mod. MW600 Sonda polarográfica MA840	1.2	1.2	1.2
Turbidez	NTU	Turbidímetro Portátil Digital 2100Q Nefelométrico-método EPA 180.1	19.8	18.6	15.6
Temperatura	°C	Termómetro digital	25	25	25
Conductividad Eléctrica	mS/cm	Medidor Adwa Ad8000 Electrodo A76309	403	1312	741
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO ₅	mg/L	Sensores DBO Velp Científica Método Respirométrico	18.62	24.6	22

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio

Huacho, 14 de abril de 2023



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica

Dr. Ing. Víctor Raúl Coca Ramírez
Jefe del Laboratorio de Química Analítica FIQ/M

Anexo 5: Registros Fotográficos de las evidencias



Figura 24. Toma de muestra en los puntos de muestreo.



Figura 25. Medición de los parámetros in situ.

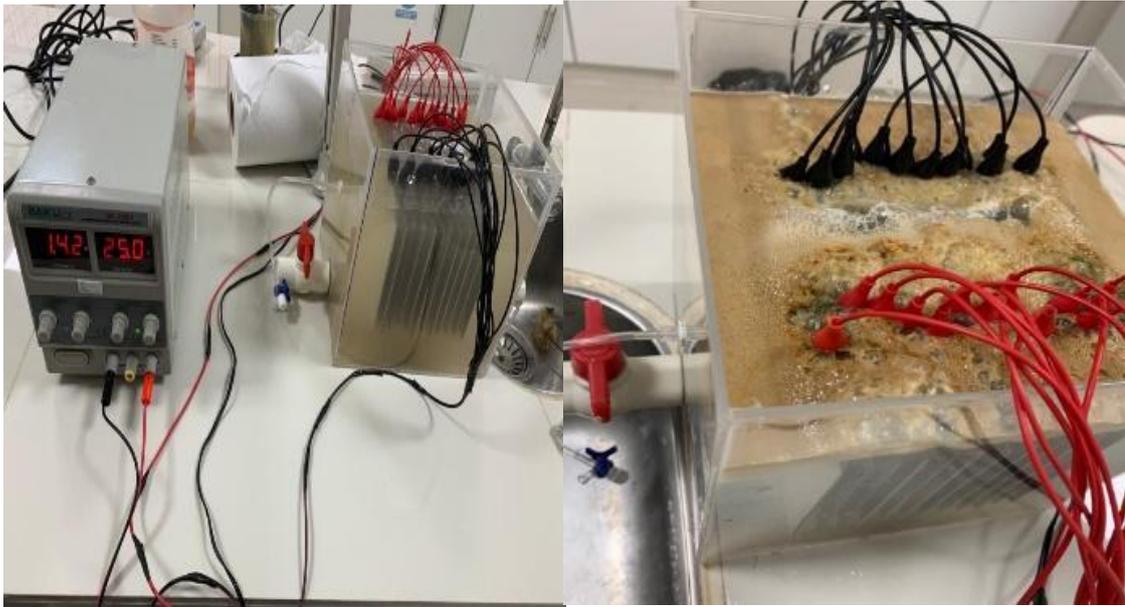


Figura 26. Evolución del proceso de electrocoagulación.



Figura 27. Medición de los parámetros en el laboratorio.