



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE ORELLANA
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**EFICACIA DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN A
ESCALA DE LABORATORIO PARA EL TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DEL CANTÓN
LA JOYA DE LOS SACHAS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA: KARLA VIVIANA TORRES IBARRA

DIRECTORA: ING. JENNIFER ALEXANDRA OREJUELA ROMERO, MSc

El Coca – Ecuador

2024

© 2024, Karla Viviana Torres Ibarra

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Karla Viviana Torres Ibarra, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El Coca, 24 de junio de 2024

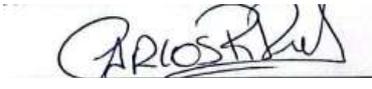
A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Karla', with a stylized flourish extending to the right.

Karla Viviana Torres Ibarra

220012198-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **EFICACIA DEL MÉTODO DE ELECTROCOAGULACIÓN A ESCALA DE LABORATORIO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DEL CANTÓN LA JOYA DE LOS SACHAS**, realizado por la señorita: **KARLA VIVIANA TORRES IBARRA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Carlos Mestanza Ramón. PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-06-24
Ing. Jennifer Alexandra Orejuela Romero. MSc DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-06-24
Ing. Carlos Rolando Rosero Erazo. MSc ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-06-24

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, Viviana Ibarra y Rolando Torres, por su apoyo constante y sacrificios para hacer este logro posible, a mi hermano Elvis Torres, por su cálida compañía, a mi enamorado Byron Espin, por su amor y brindarme ánimos y apoyo en cada momento. Expreso mi gratitud a la Ingeniera Jennifer Orejuela e Ingeniero Carlos Rosero por su predisposición y apoyo para el desarrollo de esta investigación. A mis compañeros de estudio y amigos, por los momentos de colaboración, discusión y compañías que hicieron más significativos los desafíos de esta etapa. A todas las personas y entidades que de alguna manera contribuyeron a este proyecto, incluyendo el personal administrativo y técnico del Camal Municipal del cantón La Joya de los Sachas, por su colaboración y apoyo logístico. Por último, agradezco a cada uno de los profesores de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, cuyos conocimientos y enseñanzas fueron compartidos conmigo durante mi formación académica.

Karla

INDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
1.3. Justificación	4
1.4. Hipótesis	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Referencias teóricas	6
2.1.1. <i>Industria cárnica</i>	6
2.1.2. <i>Camal</i>	6
2.1.3. <i>Residuos que generan los Camales</i>	6
2.1.4. <i>Descripción de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)</i>	7
2.1.5. <i>Tratamiento preliminar</i>	7
2.1.6. <i>Tratamiento primario</i>	7
2.1.7. <i>Tratamiento secundario</i>	7
2.1.8. <i>Tratamiento terciario</i>	8
2.1.9. <i>Aguas residuales</i>	8
2.1.9.1. <i>Aguas residuales industriales</i>	8
2.1.9.2. <i>Aguas residuales domésticas</i>	8
2.1.9.3. <i>Aguas residuales urbanas</i>	9
2.1.10. <i>Parámetros de calidad de aguas residuales</i>	9

2.1.10.1.	<i>Parámetros físicos</i>	10
2.1.10.2.	<i>Parámetros químicos</i>	10
2.1.10.3.	<i>Parámetros biológicos</i>	10
2.1.11.	<i>Electrocoagulación</i>	11
2.1.12.	<i>Operación del Método de Electrocoagulación</i>	11
2.1.13.	<i>Fases de la Electrocoagulación</i>	11
2.1.14.	<i>Ventajas de la Electrocoagulación</i>	12
2.1.15.	<i>Desventajas de la Electrocoagulación</i>	12
2.2.	Marco legal	12
2.2.1.	<i>Ley Orgánica de Recursos Hídricos Uso y Aprovechamiento de Agua</i>	12
2.2.2.	<i>Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1)</i>	13

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	14
3.1.	Localización de estudio	14
3.2.	Enfoque de la investigación	15
3.3.	Alcance de investigación	15
3.4.	Diseño de investigación	15
3.5.	Tipo de investigación	16
3.5.1.	<i>Investigación bibliográfica y descriptiva</i>	16
3.6.	Desarrollo experimental	16
3.6.1.	<i>FASE I. Análisis físico-químico y biológico de las aguas residuales del Camal Municipal del cantón La Joya de los Sachas</i>	16
3.6.1.1.	<i>Recolección de la muestra del agua residual del Camal Municipal</i>	17
3.6.1.2.	<i>Rotulado y cadena de custodia</i>	17
3.6.1.3.	<i>Análisis físico-químico y biológico del agua residual del Camal Municipal</i>	17
3.6.1.4.	<i>Determinación de Turbidez</i>	18
3.6.1.5.	<i>Determinación del Potencial de Hidrogeno (PH)</i>	18
3.6.1.6.	<i>Determinación de Conductividad Eléctrica</i>	18
3.6.1.7.	<i>Determinación de Sólidos Totales Suspendidos (STS)</i>	19
3.6.1.8.	<i>Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i>	19
3.6.1.9.	<i>Determinación de Coliformes Fecales</i>	19
3.6.1.10.	<i>Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)</i>	20

3.6.2.	<i>FASE II. Eficacia del Método de Electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal del cantón La Joya de los Sachas.</i>	20
3.6.2.1.	<i>Equipo a escala de laboratorio utilizado para el Método de Electrocoagulación</i>	20
3.6.2.2.	<i>Experimentación</i>	21
3.6.2.3.	<i>Fórmula para determinar la eficacia del Método de Electrocoagulación</i>	22
3.6.2.4.	<i>Análisis estadístico de Wilcoxon</i>	22
3.6.3.	<i>FASE III. Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1)</i>	23

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	24
4.1.	FASE I. Análisis físico-químico y biológico del agua residual del Camal Municipal del cantón La Joya de los Sachas.	24
4.2.	FASE II. Eficacia del Método de Electrocoagulación a escala de laboratorio para el tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal del cantón La Joya de los Sachas.	25
4.2.1.	<i>Eficacia del Método de Electrocoagulación</i>	27
4.2.2.	<i>Análisis y procesamiento de datos</i>	29
4.2.2.1.	<i>Histogramas y Curvas de la Normal</i>	30
4.2.2.2.	<i>Pruebas de Wilcoxon</i>	31
4.3.	FASE III. Comparación de resultados de los parámetros físico-químico y biológico con la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1)	32
4.4.	Discusión	33

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
5.1.	Conclusiones	36
5.2.	Recomendaciones	37

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1:	Diseño factorial del tratamiento	16
Tabla 3-2:	Materiales y equipo para la toma de muestra	17
Tabla 3-3:	Características del equipo de Electrocoagulación a escala de laboratorio.....	21
Tabla 3-4:	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	23
Tabla 4-1:	Resultados de la muestra inicial del agua residual.	24
Tabla 4-2:	Resultados del análisis físico-químico y biológico post-tratamiento	26
Tabla 4-3:	Promedios de resultados post-tratamiento	27
Tabla 4-4:	Eficacia de remoción del Método de Electrocoagulación.	28
Tabla 4-5:	Pruebas de Wilcoxon.....	31
Tabla 4-6:	Resultados pre y post- tratamiento	32

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1: Mapa de ubicación del Camal Municipal	14
Ilustración 4-1: Eficacia de remoción.....	28
Ilustración 4-2: Test de Normalidad.....	29

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** EQUIPO DE ELECTROCOAGULACIÓN A ESCALA DE LABORATORIO.
- ANEXO B:** FUENTE DE PODER.
- ANEXO C:** TOMA DE MUESTRAS EN LA CAJA DE CAPTACIÓN DEL CAMAL MUNICIPAL DEL CANTÓN LA JOYA DE LOS SACHAS.
- ANEXO D:** EQUIPO DE ELECTROCOAGULACIÓN EN FUNCIONAMIENTO.
- ANEXO E:** TURBIDIMÉTRO UTILIZADO.
- ANEXO F:** TRATAMIENTO DE ELECTROCOAGULACIÓN PASADOS LOS 15 MINUTOS.
- ANEXO G:** TRATAMIENTO DE ELECTROCOAGULACIÓN PASADOS LOS 20 MINUTOS VOLTAJE 30.
- ANEXO H:** MUESTRAS ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO.
- ANEXO I:** INFORME DE ANÁLISIS DE LA MUESTRAS INICIAL.
- ANEXO J:** INFORME DE ANÁLISIS POST-TRATAMIENTO EN CONDICIONES DE VOLTAJE 20-1 HORA, PRUEBA 1.
- ANEXO K:** INFORME DE ANÁLISIS POST-TRATAMIENTO EN CONDICIONES DE VOLTAJE 20-1 HORA, PRUEBA 2.
- ANEXO L:** INFORME DE ANÁLISIS POST-TRATAMIENTO EN CONDICIONES DE VOLTAJE 30-1 HORA, PRUEBA 1.
- ANEXO M:** INFORME DE ANÁLISIS POST-TRATAMIENTO EN CONDICIONES DE VOLTAJE 30-1 HORA, PRUEBA 2.
- ANEXO N:** INFORME DE ANÁLISIS POST-TRATAMIENTO EN CONDICIONES DE VOLTAJE 20-2 HORA, PRUEBA 1.
- ANEXO Ñ:** INFORME DE ANÁLISIS POST-TRATAMIENTO EN CONDICIONES DE VOLTAJE 20-2 HORAS, PRUEBA 2.
- ANEXO O:** INFORME DE ANÁLISIS POST-TRATAMIENTO EN CONDICIONES DE VOLTAJE 30-2 HORAS, PRUEBA 1.
- ANEXO P:** INFORME DE ANÁLISIS POST-TRATAMIENTO EN CONDICIONES DE VOLTAJE 30-2 HORAS, PRUEBA 2.

RESUMEN

El Camal Municipal del cantón La Joya de los Sachas recibe bovinos y porcinos de diferentes explotaciones ganaderas del cantón para su faenamiento, produciendo aguas residuales con una elevada carga contaminante debido a los procesos que se manejan dentro de las instalaciones. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la eficacia del Método de Electrocoagulación a escala de laboratorio para el tratamiento de aguas residuales del Camal de La Joya de los Sachas. La metodología implementada tuvo un enfoque cuantitativo y se utilizó un diseño experimental factorial 4x2, con un total de 8 pruebas experimentales. La investigación se dividió en 3 fases correspondientes a cada objetivo específico planteado. En la fase I, se realizó un análisis físico-químico y biológico del agua residual del Camal Municipal. En la fase II se evaluó la eficacia del Método de Electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal de La Joya de los Sachas. En la fase III, se compararon los resultados obtenidos en la fase I y fase II con los límites máximos permisibles establecidos por la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua (TULSTA, LIBRO VI ANEXO1). Mediante esta metodología se evaluó la eficacia del Método de Electrocoagulación, obteniendo porcentajes de remoción destacables en Conductividad Eléctrica (54,82), Demanda Química de Oxígeno (68,13), Demanda Bioquímica de Oxígeno (68,45), Sólidos Totales Suspendidos (63,64) y Turbidez (73,80). Además, se realizaron análisis estadísticos de Wilcoxon para determinar las diferencias significativas observadas entre las condiciones iniciales y los valores post-tratamiento en función de todos los parámetros estudiados. En este contexto, se concluye que el Método de Electrocoagulación tiene cierta capacidad de reducir la carga contaminante del agua residual. Sin embargo, no se llega a cumplir con el límite máximo permisible establecido por la norma vigente.

Palabras clave: <EFICACIA>, <ELECTROCOAGULACIÓN>, <EFLUENTE>, <WILCOXON>, <PARÁMETROS>, <TRATAMIENTO>, <MÉTODO>, <SIGNIFICATIVAS>, <VOLTAJE>, <HORA>.

Cristian Tenelanda S.

Ing. Cristian Sebastian Tenelanda S.

C.I: 0604686709



1055-DBRA-UPT-2024

ABSTRACT

The municipal slaughterhouse of La Joya de los Sachas receives cattle and swine from different livestock farms for slaughtering, producing wastewater with a high pollutant load due to the processes that are handled within the facilities. Therefore, the objective of this research was to evaluate the efficacy of the Electrocoagulation Method at laboratory scale for the treatment of wastewater from the La Joya de los Sachas slaughterhouse. The methodology implemented had a quantitative approach and a 4x2 factorial experimental design was used, with a total of 8 experimental trials. The research was divided into 3 phases corresponding to each specific objective. In phase I, a physicochemical and biological analysis of the wastewater from the Municipal Wastewater Treatment Plant was carried out. In phase II, the efficacy of the electrocoagulation method for the treatment of wastewater from the La Joya de los Sachas Municipal Wastewater Treatment Plant was evaluated. In Phase III, the results obtained in Phase I and Phase II were compared with the maximum permissible limits established by the Environmental Quality and Effluent Discharge to Water Resources Standard (TULSTA, BOOK VI ANNEX 1). This methodology was used to evaluate the effectiveness of the Electrocoagulation Method, obtaining outstanding removal percentages in Electrical Conductivity (54.82), Chemical Oxygen Demand (68.13), Biochemical Oxygen Demand (68.45), Total Suspended Solids (63.64) and Turbidity (73.80). In addition, Wilcoxon statistical analyses were performed to determine the significant differences observed between the initial conditions and the post-treatment values for all the parameters studied. In this context, it is concluded that the electrocoagulation method has a certain capacity to reduce the pollutant load of the wastewater. However, it does not reach the maximum permissible limit established by the current standard.

Keywords: <EFFICACY>, <ELECTROCOAGULATION>, <EFFLUENT>, <WILCOXON>, <PARAMETERS>, <TREATMENT>, <METHOD>, <SIGNIFICANT>, <VOLTAGE>, <TIME>



Erich Gonzalo Guamán Condoy M.Sc.

C.I: 0704554484

INTRODUCCIÓN

El Ecuador cuenta con más de 200 mataderos que se distribuyen en 45% en la Sierra, 38% en la Costa y el 17% entre la Amazonía y Galápagos (Figueroa, 2010, pág. 4). Donde los bovinos se destacan como la especie animal faenada más contaminante, dado los productos líquidos residuales que se generan como: el contenido ruminal, sangre, orina y agua del aseo del área (Jaramillo y Álvares., 2017: pág. 336). Esta sobreproducción de desechos incide directamente en la generación de considerables volúmenes de aguas residuales que pueden ser perjudiciales para el medio ambiente (Quinatoa, 2022a: pág. 1).

En la amazonia ecuatoriana la producción bovina se introdujo en la década de los sesenta como consecuencia de la migración y colonización de aquella época (Espin, 2023a: pág. 1). La ganadería se considera como una de las actividades agropecuarias que causa mayor impacto negativo sobre el entorno amazónico reduciendo la biodiversidad y provocando la contaminación del agua (Ríos y Benítez, 2015: pág. 2). Así mismo, los mataderos o centros de faenamiento según la Unión Europea se encuentran entre las industrias cárnicas más contaminantes (Diéguez, 2020a: pág. 3).

En la Provincia de Orellana la producción bovina es una de las actividades económicas más destacadas con aproximadamente 46.911 cabezas de ganado vacuno distribuidas en sus distintos cantones (Espin, 2023b: págs. 1-2). La provincia cuenta con alrededor de 11 centros de faenamiento en operación tanto públicos como privados, destinados al procesamiento de animales bovinos, porcinos y aves (Álvarez, 2020, pág. 5). En relación con la gestión de aguas residuales en estos centros, se han implementado diversas alternativas como el uso de plantas de tratamiento de aguas residuales y la reutilización del agua tratada en áreas específicas (Fabregas, 2023, pág. 3).

En este contexto, el presente estudio se enfoca en evaluar la eficacia del Método de Electrocoagulación a escala de laboratorio para el tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal del cantón La Joya de los Sachas, proporcionando datos que sean de importancia para futuros proyectos a escala industrial y pretende contribuir a la gestión ambiental y sostenible de los desechos de la industria ganadera del cantón.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La población mundial ha experimentado un acelerado crecimiento que conlleva al incremento de la demanda alimentaria siendo la producción cárnica un ejemplo de ello (Haro y Toscano, 2023: pág. 1). Las industrias alimentarias han tenido que incrementar su producción para poder abastecer a la población y para lograrlo ha surgido los centros de faenamiento o mataderos de animales de consumo (Diéguez, 2020b: pp: 3-4). De tal manera que el proceso de faenamiento influye directamente a la generación de grandes volúmenes de aguas residuales, consideradas como aguas peligrosas que son descargadas a los cuerpos hídricos naturales (Quishpe. et al., 2020: pág.4).

Las aguas residuales que se generan en los centros de faenamiento se forman de los diferentes procesos como: sacrificio, eviscerado, recorte, lavado y desinfección (García y Zevallos, 2021: pág.11). De estos procesos se generan la principal fuente de contaminación por heces, sangre, pelusa, residuos de carne, grasas, contenido intestinal de los animales faenados y detergentes que se utilizan para el lavado y desinfección del área (Castro y Alcázar, 2020a: pág.1). Cuando se libera una elevada carga orgánica proveniente de los mataderos a las vías fluviales, puede causar un impacto negativo en la vida acuática. Provocando focos de contaminación y convirtiendo las vías fluviales en peligrosas para la salud pública debido a la proliferación de bacterias (Quinatoa, 2022b: págs.1-3).

Este tipo de aguas residuales resultantes del faenamiento, deben ser tratadas previo a su disposición final. Sin embargo, en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Camal Municipal del cantón La Joya de los Sachas, se presentan deficiencias debido a que la infraestructura actual del Camal Municipal no abastece la demanda del servicio (PDYOT, 2023, pág. 183). Además, en la actualidad la PTAR no está en funcionamiento por falta de reactivos y desengrasantes necesarios para el tratamiento. En este contexto, es de gran importancia el estudio de nuevos métodos de tratamientos de aguas residuales a escala de laboratorio que sean de utilidad para futuros proyectos a escala industrial, no solo para aguas residuales producto del faenamiento, sino también aguas residuales domésticas, agrícolas, comerciales, etc.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Evaluar la eficacia del Método de Electrocoagulación a escala de laboratorio para el tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal del cantón La Joya de los Sachas.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar un análisis físico-químico y biológico de las aguas residuales del Camal Municipal del cantón La Joya de los Sachas.
- Establecer la eficacia del Método de Electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal del cantón La Joya de los Sachas.
- Comparar los resultados de los parámetros físico-químico y biológico con la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1)

1.3. Justificación

En el Ecuador existen investigaciones que determinan la eficacia del Método de Electrocoagulación, utilizando los materiales de hierro y aluminio como electrodos. Materiales que han dado los mejores resultados para el tratamiento de aguas residuales provenientes de diferentes industrias, incluyendo los Camales Municipales de diversos lugares (Salazar, 2023a: pág. 46-47) .

En la investigación realizada por Paitan de la cruz y Sifuentes (2018, pág. 54) en Huancayo-Perú, utilizando el Método de Electrocoagulación para aguas residuales de un matadero de equinos, obtuvo mejores resultados utilizando seis placas de aluminio como electrodos con 33,88 A/m² y un tiempo de 30 minutos con porcentajes de reducción hasta del 96,849% en DBO, 94,538% en DQO y 98,646% en turbiedad.

Por otro lado, Cueva y Pereda (2020a: pág. 82) en Lambayeque-Perú, determinó mediante el Método de Electrocoagulación para las aguas residuales del Camal José Leonardo Ortiz, obtuvo mejores resultados con una intensidad de corriente de 12 amperios y un tiempo de 12 minutos con porcentajes de reducción del 94.27% en DQO, 87.78 % en DBO5, 88.45% en STD y 90.22% en Turbidez.

A su vez, Alvino (2019a: pág. 54) en Tingo María-Perú, utilizando el Método de Electrocoagulación para aguas residuales del matadero Municipal de Tingo María, obtuvo mejores resultados utilizando electrodos de aluminio con 5 amperios y un tiempo de 25 minutos con porcentajes de reducción del 96,28% en DBO5, 97,8% en Sólidos Totales, 70,2% en nitratos y 63,2% en fosfatos.

A partir de los antecedentes mencionados surge la necesidad de realizar una investigación que permita analizar y evaluar la eficacia del Método de Electrocoagulación como tratamiento de aguas residuales provenientes del Camal Municipal del cantón La Joya de los Sachas, ya que no existen estudios relacionados con el tema en el cantón. La investigación no solo contribuirá en brindar conocimiento, sino también proporcionará datos esenciales para llegar a la optimización del tratamiento.

1.4. HIPÓTESIS

H₀: El Método de Electrocoagulación no tiene un efecto significativo en la disminución de la carga contaminante del agua residual proveniente del Camal Municipal del cantón La Joya de los Sachas.

H_i: El Método de Electrocoagulación tiene un efecto significativo en la disminución de la carga contaminante del agua residual proveniente del Camal Municipal del cantón La Joya de los Sachas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. REFERENCIAS TEÓRICAS

2.1.1. *Industria cárnica*

Es un tipo de industria alimentaria de productos cárnicos que tiene un papel fundamental dentro del sector económico (Reyna, 2021, párr.4-5). Son productos para consumo humano que provienen de animales de abasto como: aves, bovinos, porcinos y ovinos (EPI, 2021, párr. 1-2). Con el paso del tiempo se fueron obteniendo derivados cárnicos los cuales pueden ser productos cárnicos frescos, embutidos y curados tratados por calor (García, 2022, págs. 5-7).

2.1.2. *Camal*

En una instalación equipada con las herramientas necesarias para el faenado de animales de abasto (Achtar & Lozano, 2022a: pág. 15). Garantizan que el ganado se encuentre sano y cumpla con las normativas sanitarias para que sean aptos para el consumo humano (Gallardo, 2011, págs. 7-8). Se pueden encontrar cuatro tipos de mataderos, siendo estos: Los Camales Municipales, privados, cooperativas de productores o de órgano paraestatal encargado de la facilitación regional/nacional de los servicios (Burgos, 2023, pág. 19).

2.1.3. *Residuos que generan los camales*

Los efluentes derivados del proceso de faenamamiento de animales de abasto consisten principalmente en contenidos de sangre, partículas de huesos, cuero, contenido ruminal, líquidos intestinales, orina y aguas de lavado (Lara, 2011a: pág. 23). Estos desechos al descomponerse emiten residuos gaseosos que generan olores intensos en el entorno, atrayendo plagas lo que resulta ser insalubre para la vida de las poblaciones cercanas (Achtar y Lozano, 2022b: pág. 16). Estos efluentes presentan significativos problemas de contaminación ambiental. Sin embargo, pueden ser aprovechados de manera positiva ya que se pueden utilizar como fertilizantes orgánicos o como materia prima para productos como harinas de sangre, carne o de hueso para alimentos de mascotas (Castro y Alcázar, 2020b: págs. 1-3).

2.1.4. Descripción de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

Son instalaciones que se encargan de recibir y depurar las aguas residuales generadas por la actividad industrial, doméstica o de una población (Rodríguez, 2020a: párr.1-2). Estas instalaciones eliminan las sustancias contaminantes y el agua tratada se devuelve al ciclo del natural ya sea por desagüe a una red hídrica o para su reutilización, dentro de una Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) el proceso se divide en tres fases: primario, secundario y terciario (Carhuapoma, 2022a: págs. 18-23).

2.1.5. Tratamiento preliminar

Este primer Método de tratamiento para las aguas residuales consiste en la separación o eliminación de las partículas de gran tamaño como: sólidos gruesos, arenas, gravilla, aceites y grasas (Lara, 2011b: págs. 19-20). Entre las técnicas más usadas para este tipo de tratamiento se incluyen el cribado, dilaceración y desarenado (Arce y Cruz, 2019a: pág. 22). También, suele realizarse un proceso de pre-aireación, para disminuir los compuestos orgánicos volátiles (Rodríguez, 2020b: párr.6) .

2.1.6. Tratamiento primario

El tratamiento primario se aplica con el objetivo de eliminar los sólidos suspendidos que no pudieron ser eliminados durante el pretratamiento (Rodríguez, 2020c: párr.7). Este proceso se lleva a cabo mediante la sedimentación gravitatoria y el uso de sustancias químicas adicionales (Arce y Cruz, 2019b: págs. 22-23) . Entre los sistemas más reconocidos para el tratamiento primario se encuentran la sedimentación, decantación, filtración y flotación, coagulación y floculación (Alvino, 2019b: págs. 11-12).

2.1.7. Tratamiento secundario

En el tratamiento secundario se pretende remover los contaminantes mediante procesos biológicos (Acuatecnica, 2019, párr.1-4) . Este proceso se enfoca en eliminar las sustancias orgánicas biodegradables disueltas y en estado coloidal (Arce y Cruz, 2019c: pág. 23). Entre los Métodos empleados en estos tratamientos se incluyen procesos aerobios, realizados en presencia de oxígeno mediante técnicas como el burbujeo y anaerobio realizados en ausencia de oxígeno mediante el uso de lodos activos, lagunas aireadas, filtros verdes, entre otros (Barrera, 2021, pág. 32).

2.1.8. Tratamiento terciario

En el tratamiento terciario se realizan procesos para la eliminación de agentes patógenos como bacterias de origen fecal (Rodríguez, 2020b: párr.14). En este tipo de tratamiento los métodos más comunes utilizados es la ozonización, tratamiento con luz UV o tratamiento con clorina, ósmosis inversa, carbón activado, entre otros (Sela, 2023a: párr.35) . Básicamente es un tratamiento avanzado con el objetivo de complementar los procesos anteriores aumentando los estándares de calidad requeridos para ser devuelto al ciclo del agua (Lara, 2011c: pág.9).

2.1.9. Aguas residuales

Las aguas residuales son el resultado de las actividades domésticas e industriales, establecimientos públicos, entre otros (Ayuque y Esteban, 2021a: págs. 41-42). Estas aguas emiten gases debido a la descomposición de la materia orgánica y contienen microorganismos patógenos, compuestos tóxicos, metales pesados y sustancias radioactivas (Ticona, 2021a: pág. 29). Esta composición ocasiona problemas ambientales significativos. Por lo tanto, es necesario tratar las aguas residuales con diversos procesos de tratamiento para evitar la contaminación de los cuerpos de agua (Lara, 2011d: pág. 27).

2.1.9.1. Aguas residuales industriales

Son un tipo de agua residual que provienen del sector industrial o comercial que debido a la gran variedad de procesos de cada industria se genera un porcentaje de residuos sólidos y líquidos diferentes (Arciniega y Salazar, 2021a: pág. 7). Este tipo de agua residual trae consigo varios químicos y contaminantes que son frecuentemente utilizados en fábricas y centros de producción industrial (Izurieta, 2020a: págs. 9-10).

2.1.9.2. Aguas residuales domésticas

Es aquella agua residual proveniente de las viviendas o residencias, lugares de trabajo y edificios (Izurieta, 2020b: pág. 10). Proviene de los baños, cocinas y lavanderías. Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado. (Osorio, 2021, pág. 230). Los indicadores usualmente investigados son los coliformes fecales, estreptococos fecales y clostridium sulfitorreductores (INNOTECH, 2021a: párr.5).

2.1.9.3. Aguas residuales urbanas

Estas aguas están relacionadas a las provenientes de origen doméstico y de limpieza urbana asociadas a un sistema de alcantarillado combinado (Flowen, 2022, párr.8). Su origen está relacionado con las precipitaciones ya sea en forma de lluvia o nieve sobre áreas urbanas y son canalizadas a través del sistema de alcantarillado (INNOTECH, 2021b: pág. 9). Se caracteriza por tener una baja carga contaminante y al terminar en el alcantarillado urbano se mezclan con aguas residuales domésticas convirtiéndose en aguas peligrosas (Izurieta, 2020c: pág. 11).

2.1.10. Parámetros de calidad de aguas residuales

2.1.10.1. Parámetros físicos

- **pH**

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una solución y se expresa en una escala numérica que va de 0 a 14, donde 7 es neutro (Arciniega y Salazar, 2021b: pág. 13). La escala logarítmica significa que cada unidad de cambio en el pH representa un cambio de 10 veces en la acidez o alcalinidad de la solución (Arce y Cruz, 2019d: pág. 20). El pH es una propiedad importante en muchos contextos incluido el tratamiento de aguas residuales ya que puede afectar la solubilidad de los compuestos químicos (Alvino, 2019c: pág. 1).

- **Turbidez**

La Turbidez del agua se produce debido a la presencia de sistemas coloidales suspendidos afectando negativamente la transparencia del agua (Achter y Lozano, 2022c: pág. 11). Elevados niveles de Turbidez pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, aumentando la proliferación de bacterias. (Martínez, 2020, pág. 16). La Turbidez tiene un papel crucial en el control de la calidad ambiental ya que puede indicar la presencia de contaminación (Viresa, 2021, párr.7).

- **Conductividad Eléctrica**

Es un parámetro importante utilizado para estimar el nivel de sales disueltas tanto en el agua como en el suelo y está directamente relacionada con las sales disueltas totales (Sela, 2023b: párr.2-3). Se define como el valor numérico que representa la capacidad de un cuerpo acuoso para conducir electricidad (STS, 2020, párr.2). La Conductividad Eléctrica se emplea para evaluar la calidad del agua ya que las concentraciones de sales presentes afectan directamente la capacidad de disolución de oxígeno (Arciniega y Salazar, 2021c: pág. 10).

2.1.10.2. *Parámetros químicos*

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Es un parámetro analítico que mide la cantidad de oxígeno requerido para oxidar químicamente la materia orgánica presente en una muestra de agua (Labomersa, 2021, párr. 2-3). Representa la carga total de contaminantes orgánicos susceptible a la oxidación mediante productos químicos (Ticona, 2021b: pág. 39). Cuantifica la cantidad de materia orgánica total susceptible de oxidación química (biodegradable y no biodegradable) que hay en una muestra líquida y se utiliza para establecer un nivel de contaminación. (Morales, 2012, pág. 16).

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

Es un parámetro del agua residual que mide la cantidad de oxígeno disuelto que requieren los microorganismos para descomponer la materia orgánica en el agua (Cromtek, 2023, párr.1). Los factores que afectan la prueba de DBO se encuentran en la relación de la materia orgánica soluble a la materia orgánica suspendida (Ecoquimsa, 2023, párr. 5). Se considera como un buen indicador de la biodegradabilidad en una muestra (Calero, 2023, pág. 4).

- **Sólidos Totales Suspendidos**

Los Sólidos Totales Suspendidos (STS) es un parámetro utilizado en la evaluación de la calidad del agua constituidos por materia orgánica en suspensión (Cueva y Pereda, 2020b: pág. 19). Altos niveles de STS pueden indicar una mala calidad del agua ya que se caracterizan por tener limo fino, virus, bacterias, etc. (Salazar, 2023b: pág. 29).

2.1.10.3. *Parámetros biológicos*

Los parámetros biológicos fundamentales para evaluar la calidad del agua comprenden de los Coliformes fecales y coliformes totales cuya presencia se determina mediante métodos NMP (número más probable) o mediante el ensayo de membranas (Achtar y Lozano, 2022d: pág. 14). La determinación y concentración de estas bacterias en el agua para uso tecnológico proporciona una herramienta de control indispensable para conocer su calidad (Fernández, 2017, pág. 70). Estos microorganismos que normalmente llegan al agua a través las heces y restos orgánicos que producen las personas y animales (Cocha y Botero, 2022: párr.23).

2.1.11. Electrocoagulación

Es un proceso electroquímico utilizado comúnmente para tratar aguas residuales donde se desestabilizan las partículas contaminantes en suspensión, emulsionadas o disueltas en un medio acuoso (Alvino, 2019d: pág. 12). Este Método implica la aplicación de corriente eléctrica al agua a través de placas metálicas siendo el hierro y aluminio los más utilizados debido a su buena conductividad eléctrica (Ayuque y Esteban, 2021b: págs. 26-27) . En la mayoría de los procesos de electroquímica se realizan mediante un sistema de celda o llamado también reactor (Cueva y Pereda, 2020c: pág. 28).

2.1.12. Operación del método de Electrocoagulación

El reactor de Electrocoagulación consta de electrodos ánodo y cátodo conectados a una fuente de poder o alimentación (Ayuque y Esteban, 2021c, pág. 29) n. Durante la electrólisis del agua la presencia de sales disueltas facilita la conducción de electricidad, algo común en todas las aguas residuales (Cueva y Pereda, 2020d: pág. 38). En el proceso de Electrocoagulación los electrodos liberan hidrógeno y oxígeno generando tres efectos: la separación rápida de coloides, arrastre de sólidos desestabilizados y la creación de corrientes ascendentes y descendentes de la solución, provocando un aumento en la eficiencia de desestabilización de partículas (Alvino, 2019e: pág. 15).

2.1.13. Fases de la Electrocoagulación

- Fase de coagulación: Se trata de la formación de partículas suspendidas de mayor tamaño a partir de las micropartículas desestabilizadas (Alvino, 2019f: pág. 14).
- Fase de floculación: Consiste en el fenómeno de adsorción de pequeños flóculos presentes dentro de la solución dando lugar a la formación de partículas de mayor tamaño. (Cueva y Pereda, 2020e: pág. 37).
- Fase de flotación/sedimentación: Los gases liberados en el cátodo y en el ánodo (oxígeno e hidrógeno respectivamente) promueven la aglomeración y migración a la superficie de los flóculos de baja densidad (Alvino, 2019g: pág. 14).

2.1.14. Ventajas de la Electrocoagulación

La Electrocoagulación destaca por sus ventajas en comparación con métodos convencionales ya que requieren de equipos relativamente simples y fáciles de utilizar, forma flocs similares a los flocs producidos por coagulación química. Evita problemas de uso excesivo de coagulantes químicos, teniendo alta efectividad de un amplio rango de contaminantes (Hernández y Mejía 2019, pág.25). Además, el paso de la corriente eléctrica favorece al movimiento de las partículas más pequeñas incrementando la coagulación (Inga y Trujillo, 2022a: pág. 58).

2.1.15. Desventajas de la Electrocoagulación

A pesar de tener múltiples ventajas, el Método de Electrocoagulación presenta limitaciones significativas como: La generación de lodos residuales con elevadas concentraciones de hierro y aluminio dependiendo el tipo de electrodo de sacrificio empleado (Pantoja y Armero, 2019: pág. 86). El uso de electricidad puede ser costosa en regiones donde la tarifa de energía eléctrica es elevada y es necesario reponer los electrodos de sacrificio (Inga y Trujillo, 2022b: pág. 58).

2.2. Marco legal

En Ecuador, aunque no hay una normativa específica para la descarga de aguas residuales provenientes de Mataderos o Camales, existen regulaciones generales para las descargas de aguas residuales y la protección del medio ambiente, las cuales están regidas por diversas leyes y normativas ambientales.

2.2.1. Ley orgánica de recursos hídricos uso y aprovechamiento del agua:

Esta ley establece los principios y normas para la gestión integral de los recursos hídricos en Ecuador. Regula el uso del agua, la conservación de cuencas y podría tener disposiciones específicas relacionadas con la descarga de aguas residuales.

- **Art. 38.-** Se prohíbe que la Autoridad Única del Agua emita permisos para la utilización o aprovechamiento de aguas residuales que puedan interferir, restringir o afectar la ejecución de proyectos de saneamiento y el caso de incumplir los estándares normativos establecidos para cada tipo de agua (ARCA, 2014a: pág. 14).

- **Art. 80.-** Vertidos: Prohibiciones y control. Se prohíbe verter de manera directa o indirecta las aguas o productos residuales, sin tratamiento y lixiviados que puedan causar contaminación en las aguas del dominio hídrico público (ARCA, 2014b: pág. 23).

2.2.2. Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua (TULSMA, LIBRO VI anexo 1).

Esta norma opera bajo la ley de Gestión Ambiental, establece los límites sistemas de alcantarillado y condiciones para la descarga de efluentes industriales y municipales en cuerpos receptores incluyendo aguas superficiales y subterráneas. De tal manera que establece los siguientes criterios:

- Criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización.
- Criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y estuarios.
- Criterios de calidad para aguas de uso agrícola o riego.
- Criterios de calidad para aguas de uso pecuario.
- Criterios de calidad para aguas con fines recreativos.
- Criterios de calidad para aguas de uso estético.
- Criterios de calidad para aguas utilizadas para transporte.
- Criterios de calidad para aguas de uso industrial.
- Criterios de calidad para aguas de uso doméstico restringido.

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización del estudio

El presente estudio fue realizado en el Camal Municipal del cantón La Joya de los Sachas, perteneciente a la provincia de Orellana, situado en la región amazónica del Ecuador, con una población de aproximadamente 35.935 habitantes (AME, 2017, pág. 54).

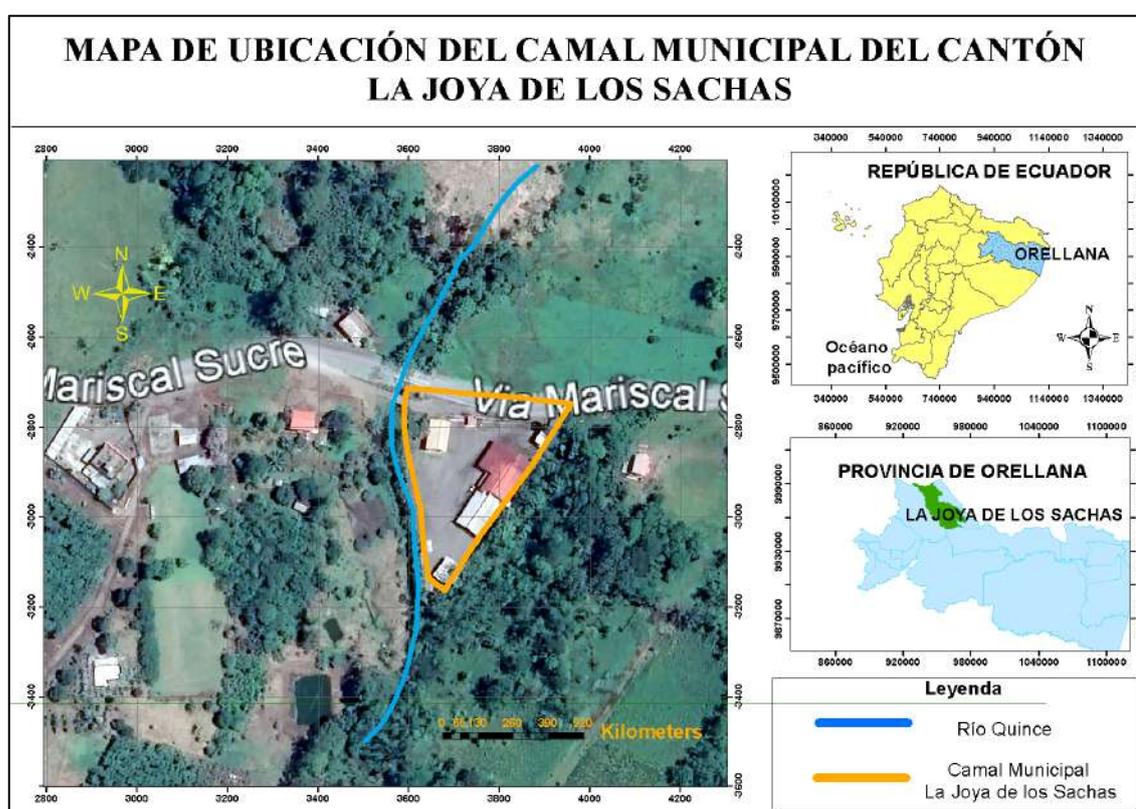


Ilustración 3-1: Mapa de ubicación del Camal Municipal

Elaborado por: Torres, Karla. 2024.

3.2. Enfoque de investigación

El presente trabajo de Integración Curricular tiene un enfoque cuantitativo ya que el estudio de las aguas residuales se determina en función de la toma de muestras y el análisis de sus propiedades (Lara, 2011e: pág. 31). Y experimental utilizando un prototipo a escala de laboratorio para experimentar con variaciones en los parámetros de interacción durante el proceso de Electrocoagulación (voltaje y tiempo). Este enfoque experimental busca la optimización en el tratamiento de las aguas residuales provenientes del Camal Municipal del cantón La Joya de los Sachas.

3.3. Alcance de investigación

La presente investigación se centra específicamente en evaluar la eficacia del Método de Electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales provenientes del Camal Municipal de La Joya de los Sachas. El estudio incluirá un análisis físico-químico y biológico para la caracterización de las aguas residuales de dicho Camal. Se llevará a cabo la experimentación con un prototipo a escala de laboratorio para el Método de Electrocoagulación. La investigación buscará establecer la Eficacia de este Método en comparación con los estándares establecidos por la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1). De esta manera se espera obtener conclusiones relevantes proporcionando datos que sean de importancia para futuros proyectos a escala industrial y contribuir a la gestión ambiental y sostenible

3.4. Diseño de investigación

Para definir el diseño factorial se enumeran los factores que se analizarán y el número de condiciones experimentales. En el presente Trabajo de Integración Curricular se utiliza el diseño factorial 4x2. Es decir, cuenta con cuatro factores y dos niveles de repeticiones en cada factor. Por lo tanto, este experimento factorial tendría un total de ocho pruebas a realizar con el Método de Electrocoagulación (Navarro y Soler, 2020: pág. 1).

Tabla 3-1: Diseño factorial del tratamiento

Unidad experimental	Voltaje (V)	Tiempo (Horas)
2	20 V	1 H
2	30 V	1 H
2	20 V	2 H
2	30 V	2 H

Realizado por: Torres, Karla, 2024.

3.5. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo Experimental donde se analizó el efecto producido por la manipulación de las variables independientes (voltaje y tiempo), sobre la variable dependiente (aguas residuales del Camal Municipal de La Joya de los Sachas). Estas variables se manipulan con el propósito de evaluar la eficacia en la remoción de contaminantes presentes en el agua residual del Camal Municipal de La Joya de los Sachas.

3.5.1. Investigación bibliográfica y descriptiva

La investigación se sustenta en una revisión bibliográfica que incorpora información y estudios previos sobre la electrocoagulación, características de aguas residuales y normativas ambientales. Además, es descriptiva al proporcionar una descripción detallada de la situación actual de las aguas residuales del Camal Municipal. Así como los procedimientos y resultados obtenidos del Método de Electrocoagulación aplicado en el estudio.

3.6. Desarrollo experimental

3.6.1. Fase I. Análisis físico-químico y biológico de las aguas residuales del camal municipal del cantón la joya de los sachas.

En la Fase I del desarrollo experimental, se recolectaron las muestras del agua residual a estudiar, aplicando la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2176:98, “Agua: Calidad del agua, muestreo y técnicas de muestreo”. Los análisis físico-químico y biológico se realizaron en el Laboratorio del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Orellana (GADPO), donde se analizaron los siguientes parámetros: pH, DQO, DBO, Sólidos Totales Suspendidos, Coliformes Fecales y Turbidez, aplicando el Estándar Methods 23rd Ed.

3.6.1.1. Recolección de la muestra del agua residual del camal municipal

Se obtuvieron las muestras de agua residual en la caja de captación del Camal Municipal de La Joya de los Sachas, utilizando botellas ámbar de 500 ml. Para la conservación y transporte de las muestras se utilizó un cooler y hielo como refrigerante. En total, se recolectaron 41 litros de agua residual, una cantidad considerable para realizar las diferentes pruebas experimentales.

Tabla 3-2: Materiales y equipo para la toma de muestra

Equipo	Materiales
Mascarilla	Botellas ámbar de 500ml
Guantes	Etiquetas
Overol	Cooler
Zapatos de seguridad	Recipiente plástico

Fuente: INEN, 2013

Realizado por: Torres, Karla. 2024.

3.6.1.2. Rotulado y cadena de custodia

Tras la recolección de las muestras, se etiquetaron los envases ámbar con la hora, fecha y ubicación correspondiente, siguiendo las pautas establecidas en la norma INEN 2176:98, “Agua: Calidad del agua, muestreo y técnicas de muestreo” (INEN, 2013, pág. 13). Este proceso garantizó el registro preciso de la información, cumpliendo los estándares normativos y asegurando la integridad de las muestras durante su análisis en el laboratorio GADPO.

3.6.1.3. Análisis físico-químico y biológico del agua residual de la cama municipal

A continuación, se presenta la caracterización inicial y post-tratamiento de las muestras de agua residual del Camal Municipal de La Joya de los Sachas, donde se analizaron los siguientes parámetros: pH, DQO, DBO, Sólidos Totales Suspendedos, Coliformes Fecales y Turbidez. Así mismo, se aplicó el Estándard Methods 23rd Ed.

3.6.1.4. Determinación de Turbidez

Para determinar la Turbidez, se empleó el método SM 2130 B, 23rd Ed, utilizando un espectrómetro UV-VIS, marca THERMO SCIENTIFIC. Para iniciar, se midió la absorbancia de la muestra de agua a una longitud de onda en el rango de 400-700 nanómetro. Luego, se calibró el equipo utilizando una celda cuarzo con 15 ml de agua destilada como blanco de referencia. Después, se realizó la medición con 15 ml de la muestra de agua residual. Para terminar, se calculó la Turbidez en unidades NTU restando la absorbancia del blanco de referencia con la absorbancia de la muestra del agua residual.

3.6.1.5. Determinación del potencial de hidrogeno (pH)

Para determinar el pH se empleó el método SM 4500-H+ B, 23rd Ed, Utilizando un multiparamétrico, marca HANNA INSTRUMENTS. Para iniciar, se calibró el medidor utilizando soluciones de pH o Buffer (pH 4.01, 7.00, 10.01). Luego, se prepara la muestra con 100 ml del agua que se desea analizar. También, se realiza un acondicionamiento al electrodo con agua destilada y se seca cuidadosamente con un papel absorbente. Después, se introduce el electrodo de pH en la muestra de agua residual y se espera unos segundos hasta que la lectura se estabilice en el medidor. Para concluir, se enjuaga el electrodo con agua destilada y se seca nuevamente.

3.6.1.6. Determinación de Conductividad Eléctrica

Para medir la Conductividad Eléctrica, se aplicó el método SM 2510 B, 23rd Ed, utilizando un multiparamétrico, marca HANNA INSTRUMENTS. Se inició calibrando el equipo con un Material de Referencia Estándar (HI7031L -1,413 $\mu\text{s}/\text{cm}$). Luego, se preparó 100 ml de la muestra del agua que se desea analizar en un vaso plástico. Después, se sumerge el electrodo del conductímetro en la muestra y se espera que la lectura del conductímetro se estabilice y se registra el resultado. Por último, se enjuaga el electrodo con agua destilada y se seca con un paño absorbente.

3.6.1.7. Determinación de Sólidos Totales Suspendidos (STS)

Para determinar los Sólidos Suspendidos Totales se empleó el método SM 2540 D, 23rd Ed. Se etiquetó y pesó la membrana de filtrado de 0.45 micrómetros de porosidad en una balanza analítica. Luego, se preparó el equipo de filtración al vacío, compuesto por un embudo de filtración, un cuerpo de placa porosa, un matraz y una pinza de aluminio para evitar posibles fugas. Después, se colocó 10 ml de la muestra de agua en el embudo para ser filtrada mediante una bomba de vacío modelo DOA-P704-AA. Una vez completada la filtración, se extrajo cuidadosamente la membrana con una pinza y se colocó en un horno de secado a 105°C durante una hora. Luego del secado, se enfrió en un desecador y se llevó a una balanza analítica para registrar su peso final. La diferencia del peso antes y después del secado proporciona la cantidad precisa de Sólidos Suspendidos Totales presentes en la muestra.

3.6.1.8. Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Para determinar la DQO se aplicó el método SM 5220 D, 23rd Ed. Se diluyeron 2 ml de la muestra con 24 ml de agua destilada y con la ayuda de una pipeta se midió 2ml de esta solución para introducir en un vial compuesto por reactivos de ácido sulfúrico (H_2SO_4) y dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$). Estos reactivos se combinan para oxidar los compuestos orgánicos presentes en la muestra de agua provocando un cambio de color en la solución. Luego, se agita el vial con la muestra y se colocó en un digestor a 150°C durante 2 horas. Al completar este proceso, se dejó enfriar a temperatura ambiente y posteriormente se lee el vial en el espectrómetro registrando los datos obtenidos. Esta medida se compara con la absorbancia de soluciones estándar para determinar la concentración de Demanda Química de Oxígeno.

3.6.1.9. Determinación de Coliformes Fecales

Para la determinación de Coliformes Fecales se empleó el método SM 9222 D, 23rd Ed. Como primer paso se limpió y desinfectó el área de trabajo. Después, se colocó 10 ml de la muestra de agua a analizar en el dispositivo de filtración. Luego, con una bomba de filtración modelo DOA-P704-AA se succionó la muestra a través de una membrana de filtración de 0.45 μm . Después, se abrió el dispositivo de filtración y se colocó el medio de cultivo o detector de coliformes de 24 horas (ColiBlue24) en la membrana filtrante sin dejar burbujas que puedan alterar los resultados. Luego, se lleva la membrana a la incubadora a 35°C durante 24 horas. Para concluir, se observó las membranas y se contó las colonias características de coliformes.

3.6.1.10. Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Para determinar la DBO se utilizó el método ESTEQUIOMÉTRICO, donde se utiliza la relación empírica DQO/DBO, usando la siguiente fórmula:

$$DBO_{\text{estimada}} = a \times DQO + b \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde:

a y b son los coeficientes de la relación empírica.

Este método proporciona una estimación rápida de la DBO utilizando la DQO.

3.6.2. FASE II. Eficacia del método de Electrocoagulación a escala de laboratorio para el tratamiento de aguas residuales del camal municipal del cantón La Joya de los Sachas.

En la Fase II del diseño experimental, se detalló las características del equipo de Electrocoagulación a escala de laboratorio, los pasos para ejecutar el tratamiento y la fórmula de la eficacia de remoción en porcentajes. También, se explicó el análisis estadístico de Wilcoxon utilizado para determinar las diferencias significativas por cada tratamiento.

3.6.2.1. Equipo a escala de laboratorio utilizado para el método de Electrocoagulación

El equipo de Electrocoagulación, desarrollado por Cumbicos y Hurtado (2023), fue diseñado para tratar 5.78 litros de efluente. Este equipo está compuesto por cinco placas, siendo tres de aluminio y dos de hierro. Además, se incorpora un reactor de vidrio acrílico que permite visualizar todos los procesos involucrados en la Electrocoagulación. Las dimensiones del reactor son las siguientes: 21 cm de ancho x 28 cm de largo y 11cm de alto. Está diseñado para deshacer el material removido durante el tratamiento por medio de reboso.

La fuente de poder utilizada para el funcionamiento del equipo de Electrocoagulación tiene la capacidad de suministrar de 0 a 30 V y se incorpora un cableado con conexiones positivas y negativas para la transferencia de electricidad al equipo.

Tabla 3-3: Características del equipo de Electrocoagulación a escala de laboratorio

Características	Unidad/Material	Valor/cantidad
Dimensiones del reactor	Centímetros (cm)	21 x 28x11
Volumen del reactor	Litros (L)	5
Número de electrodos	-	5
Material del ánodo	Hierro	2
Material del cátodo	Aluminio	3
Dimensión de electrodos	cm	15 x 10
Espesor de electrodos	mm	2
Voltaje	Voltios V	0-30

Fuente: Urtado y Cumbicus, 2013
Realizado por: Torres, Karla. 2024.

3.6.2.3. Experimentación

Paso 1.

Se esterilizó la cámara de electrocoagulación con ácido clorhídrico y agua destilada para eliminar cualquier sustancia que pudiera alterar los resultados del tratamiento. Luego, se llenó la celda de electrocoagulación con 5 litros de agua residual a tratar utilizando un tamiz de 600 μm aproximadamente, para retener los sólidos de mayor tamaño.

Paso 2.

Una vez llena la cámara de Electrocoagulación con el agua residual, se procedió a colocar el cableado en los electrodos, positivo (ánodo) y negativo (cátodo). Luego, se encendió la fuente de poder y con la ayuda de un multímetro se verificó que la cantidad de voltaje establecido sea el adecuado.

Paso 3.

Transcurrido el tiempo estimado para cada tratamiento, la espuma formada por la liberación de gases y coágulos se depositarán en la parte superior mediante el proceso de flotación y se removerán por reboso.

Paso 4.

Se tomó las muestras del agua tratada utilizando vasos de precipitado, dejando reposar durante 3 a 5 minutos para la sedimentación de coágulos y flocs formados durante el tratamiento. Este Método se utilizó debido a la falta de un efluente en el equipo.

Paso 5.

Por último, tras la toma de muestras del agua tratada en botellas ámbar de 500 ml, se etiquetó los envases con la información correspondiente como: la fecha, hora, y tipo de muestra.

3.6.2.4. Fórmula para determinar la eficacia del método de Electrocoagulación

La eficacia se define como la capacidad para alcanzar los objetivos en el tiempo y la forma indicados, dando prioridad a la obtención de resultados. Para evaluar la eficacia del Método de Electrocoagulación, se compararon los valores de los resultados obtenidos antes y después del tratamiento. Se utilizará la siguiente fórmula para calcular el porcentaje de eficacia de remoción para cada parámetro analizado, obteniendo una medida cuantitativa de la efectividad del Método.

$$E(\%) = \frac{R_i - R_f}{R_i} * 100 \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde:

- *E* es la eficacia expresada en porcentaje
- *R_i* es el resultado inicial del parámetro antes del tratamiento
- *R_f* es el resultado final del parámetro después del tratamiento

3.6.2.5. Análisis estadístico de Wilcoxon

La prueba de Wilcoxon proporciona información sobre las diferencias significativas entre dos conjuntos de datos relacionados. Evalúa si las medianas de los dos grupos son iguales y la existencia de diferencias en los rangos de los datos. Al obtener un valor p, se puede determinar las diferencias significativas entre los dos grupos analizados. Un valor p menor de 0,05 indica mayor evidencia en contra de la hipótesis nula, sugiriendo que hay diferencias significativas entre las muestras. En el presente estudio, la prueba de Wilcoxon determinará la existencia de cambios significativos en la Eficacia del Método de Electrocoagulación bajo diferentes condiciones de voltaje y tiempo.

3.6.3. FASE III. Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes al recurso agua (TULSMA, LIBRO VI anexo 1)

La normativa de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua, generalmente, establece estándares y regulaciones para controlar la calidad del agua y limitar la contaminación de los efluentes que se descargan en los cuerpos de agua (Tapia, 2019, pág.14). La normativa busca proteger la calidad del agua y preservar los recursos hídricos, estableciendo estándares para la descarga de efluentes y limitando la presencia de contaminantes en el agua (FAOLEX, 2018, párr. 1). Establece prohibiciones y medidas correctivas para el cumplimiento de los estándares de calidad del agua para descarga de efluentes a los cuerpos receptores.

Tabla 3-4: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Coliforme Fecales	NMP	NMP/100ml	2000
Potencial de Hidrógeno	pH	-	6-9
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO5	mg/l	100
Demanda Química de oxígeno	DQO	mg/l	200
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	130
Turbidez	Turbidez	NTU	-

Fuente: MAE, 2015.

Elaborado por: Torres, Karla, 2024.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se detallan los resultados de las tres fases que conforman la presente investigación. La fase I, se centra en la caracterización de la muestra inicial proporcionando una línea base para comprender la composición del agua residual. La fase II, evalúa la eficacia del tratamiento de electrocoagulación permitiendo analizar su comportamiento en las distintas pruebas. La fase III, compara los resultados obtenidos de la fase I y fase II con los límites máximos permisibles establecidos por la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua (TULSTA, LIBRO VI ANEXO1) tabla 9.

4.1. FASE I. Análisis físico-químico y biológico del agua residual del camal municipal del cantón La Joya de los Sachas.

La Fase I se enfocó en el análisis físico-químico y biológico del agua residual con los siguientes parámetros: potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica, Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Sólidos Totales Suspendidos, Coliformes Fecales y Turbidez. Los parámetros seleccionados para el análisis se eligieron en base a su relevancia en la evaluación integral de la calidad del agua, cada uno de estos parámetros se sustenta en su importancia para evaluar la contaminación, la presencia de agentes patógenos, la carga orgánica y aspectos fundamentales para determinar las condiciones iniciales del agua residual del Camal.

Tabla 4-1: Resultados de la muestra inicial del agua residual.

Parámetro	Expresado como	Unidad	Condiciones iniciales
Potencial de Hidrógeno	pH	-	6,64
Conductividad Eléctrica	-	ms/cm	3586
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	7047,66
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	mg/L	3171,45
Sólidos suspendidos Totales	STS	mg/L	440,00
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	410
Turbidez	Turbidez	NTU	

Realizado por: Torres, Karla. 2024.

La Tabla 4-1 muestra los datos obtenidos del análisis físico- químico y biológico de la muestra inicial del agua residual. El pH indica una ligera acidez de 6,64. La Conductividad Eléctrica de 3586 ms/cm, indicando la presencia de iones disueltos en el agua. La Demanda Química de oxígeno (DQO) con un valor de 7047,66 mg/L y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) con 3171,45 mg/L indicando una carga orgánica importante en el agua residual. Los STS alcanzan los 440,00 mg/L lo que indicó una elevada concentración de partículas suspendidas. La presencia de Coliformes Fecales, con un valor de 300 NMP/100ml, indicó una preocupante concentración bacteriana. Por último, la Turbidez con un valor de 579,25 NTU señaló una elevada concentración de partículas, contribuyendo a la falta de claridad del agua.

4.2. FASE II. Eficacia del método de Electrocoagulación a escala de laboratorio para el tratamiento de aguas residuales del camal municipal del cantón La Joya de los Sachas.

A continuación, en la Fase II se evaluó la Eficacia del Método de Electrocoagulación a escala de laboratorio, para este proceso se llevó a cabo diferentes intervalos de tiempo de (1 hora y 2 horas) y con variaciones de voltaje de (20 voltios y 30 voltios). Por lo tanto, se aplicó el diseño experimental factorial 4x2, es decir, 4 factores con 2 niveles de repeticiones con un total de 8 pruebas experimentales. Además, para cada prueba se realizó un análisis físico-químico y biológico con el fin de evaluar sus características post-tratamiento. Así mismo, se promediaron los niveles de repeticiones para tener una representación general de los resultados. Luego, se aplicó la fórmula de eficacia con los valores de la muestra inicial y los promedios post-tratamiento. Por último, se realizaron análisis estadísticos para proporcionar información sobre significancia estadística donde se evaluó la distribución de los datos para definir el tipo de prueba estadística a utilizar.

Tabla 4-2: Resultados del análisis físico-químico y biológico post-tratamiento

Parámetro	Unidad	Tiempo 1 hora				Tiempo 2 horas			
		Voltaje 20		Voltaje 30		Voltaje 20		Voltaje 30	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
pH	-	8,10	7,73	7,42	6,68	8,63	7,52	7,99	7,17
C.E	ms/cm	1870	1937	2130	1915	2508	1265	1381	1859
DQO	mg/L	3860,51	3953,53	3834,35	4017,74	3454,29	3674,87	2919,80	1572,54
DBO	mg/L	1737,23	1779,09	1725,46	1848,48	1554,43	1653,69	1313,91	687,39
STS	mg/L	310,00	580,00	180,00	260,00	230,00	140,00	190,00	130,00
C.F	NMP/100ml	600	220	820	100	180	640	500	290
Turbidez	NTU	165,67	270,36	257,85	177,89	170,39	368,78	195,53	207,98

Elaborado por: Torres, Karla. 2024.

En la Tabla 4-2 se muestran los resultados obtenidos del análisis físico-químico y biológico del agua residual tratada con electrocoagulación. Se observaron variaciones en las pruebas 1 y pruebas 2 de cada combinación de tiempo y voltaje. El pH experimenta una respuesta sensible a las diferentes condiciones del Método acercándose a la neutralidad en la prueba 2, voltaje 30-2 horas. La Conductividad Eléctrica (C.E) refleja variaciones constantes en la concentración de iones disueltos con un valor más bajo de 1265 ms/cm en la prueba 2, voltaje 30-2 horas. La DQO exhibe una respuesta cambiante en todas las pruebas con un valor mínimo de 1572,54mg/L en la prueba 2, voltaje 30- 2 horas. La DBO refleja una variación gradual en las diferentes pruebas obteniendo el valor más bajo de 1313,91mg/L en la prueba 1, voltaje 30-2 horas. Los Sólidos Totales Suspendidos (STS) presentan una disminución de 130,00 mg/L en la prueba 2, voltaje 30-2 horas. Los coliformes fecales también presentaron una destacada disminución de 100 NMP/100ml en la prueba 2, voltaje 30- 1 hora. Por último, la Turbidez muestra variaciones en cada una de las pruebas con un valor mínimo de 165,57 NTU en la prueba 1, voltaje 20-1 horas.

Tabla 4-3: Promedios de resultados post-tratamiento

Parámetro	Promedios			
	Tiempo 1 hora		Tiempo 2 horas	
	Voltaje 20	Voltaje 30	Voltaje 20	Voltaje 30
pH	7,92	7,05	8,08	7,58
C.E	1903,50	2022,50	1886,50	1620,00
DQO	3907,02	3926,05	3564,58	2246,17
DBO	1758,16	1786,97	1604,06	1000,65
STS	445,00	220,00	185,00	160,00
Coliformes fecales	410,00	460,00	410,00	395,00
Turbidez	218,02	217,87	269,59	201,76

Realizado por: Torres, Karla. 2024.

La Tabla 4-3 presenta los promedios de los resultados obtenidos después del tratamiento de electrocoagulación, proporcionando una visión general de la tendencia central de cada parámetro analizado en condiciones de tiempo de (1hora y 2 horas) y con variaciones de voltaje de (20 y 30). Los valores del pH se muestran con un valor cercano a la neutralidad en la combinación de voltaje 30-1horas. La Conductividad Eléctrica se presenta con un valor más bajo registrado en condiciones de voltaje 30-2horas. En cuanto la DQO y la DBO, se observa una disminución general en sus valores promedio a medida que aumenta el tiempo de tratamiento y el voltaje aplicado, los valores más bajos se registran en la combinación voltaje 30-2 horas, lo que significa que se tuvo una reducción de la materia orgánica bajo estas condiciones. Los Sólidos Totales Suspendidos (STS) muestran una disminución con Voltaje 30-2horas, aunque las diferencias entre las combinaciones son menos pronunciadas. Por otro lado, la Turbidez y Coliformes Fecales muestran variaciones inconsistentes entre las diferentes condiciones, lo que indica que otros factores pueden estar influyendo en este parámetro además del tratamiento de electrocoagulación.

4.2.1. Eficacia del método de Electrocoagulación

La fórmula de eficacia utilizada para evaluar la remoción de contaminantes presentes en el agua residual tratada con el método de electrocoagulación refleja el cambio porcentual entre el valor inicial y el valor después del tratamiento proporcionando una medida cuantitativa de la efectividad. La fórmula general de eficacia (E) se expresa como:

$$E(\%) = \frac{R_i - R_f}{R_i} * 100 \text{ (Ecuación 3)}$$

Donde:

- E es la eficacia expresada en porcentaje
- R_i es el resultado inicial del parámetro antes del tratamiento
- R_f es el resultado final del parámetro después del tratamiento

Tabla 4-4: Eficacia de remoción del Método de Electrocoagulación.

Parámetro	Eficacia de remoción			
	Tiempo 1 hora		Tiempo 2 horas	
	Voltaje 20	Voltaje 30	Voltaje 20	Voltaje 30
pH	-	-	-	-
C.E	46,92%	43,60%	47,39%	54,82%
DQO	44,56%	44,29%	49,42%	68,13%
DBO	44,56%	43,65%	49,42%	68,45%
STS	-1,14%	50,00%	57,95%	63,64%
Coliformes fecales	0,00%	-1,22%	0,00%	3,66%
Turbidez	62,36%	62,39%	53,46%	65,17%

Realizado por: Torres, Karla. 2024.

En la Tabla 4-4 se presentan los porcentajes de remoción para los diferentes parámetros analizados en condiciones de tiempo y voltaje establecidos. Para el pH no se calculó el porcentaje de eficacia ya que no es un contaminante que esté siendo eliminado. El análisis se centra en sustancias específicas que se espera sean reducidas por el tratamiento.

Los siguientes parámetros se destacan por tener mayor reducción en condiciones de tiempo de 30 voltios y 2 horas: Conductividad Eléctrica (C.E) con 54,82%, DQO con 68,13%, DBO con 68,45%, Turbidez con 65,17%. Con respecto a los Sólidos Totales Suspendidos (STS) se obtuvo un valor negativo ya que hubo un aumento con respecto a las condiciones iniciales por lo tanto se registra un valor de -1,14%. Sin embargo, en condiciones de 30 voltios-2 horas se registra un valor representativo de 63,64%. Por otra parte, los Coliformes Fecales también presenta un aumento obteniendo un valor negativo de -1,22% y en condiciones de 30 voltios- 1 hora y en condiciones de voltaje 20-con tiempos de 1 y 2 horas se obtuvo un 0,00% de eficacia, es decir, que se mantuvo su valor inicial. Sin embargo, en condiciones de 30 voltios- 2 horas se registró una eficacia de 3,66% indicando una baja efectividad del tratamiento.

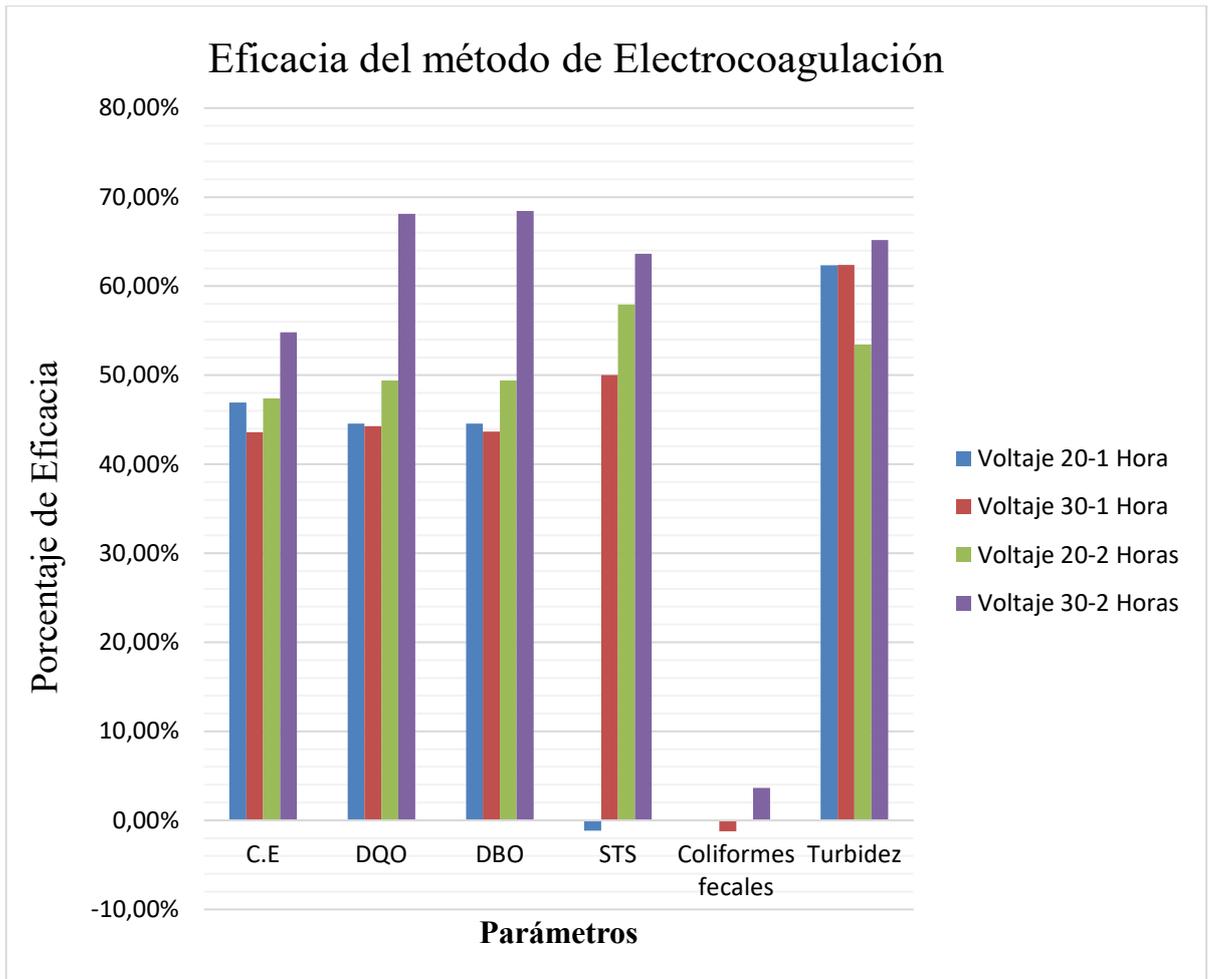


Ilustración 4-1: Eficacia de remoción

Elaborado por: Torres, Karla, 2024.

4.2.2. Análisis y procesamiento de datos

Se realizó el análisis estadístico utilizando el software SPSS con los valores promediados registrados en la tabla 4-3. Se realizaron histogramas de frecuencia y curvas de Normalidad para evaluar la distribución de los datos. Si los datos cumplen con el supuesto de Normalidad, se puede considerar alternativas de pruebas paramétricas para determinar las diferencias significativas y si no cumplen el supuesto de Normalidad de utilizan pruebas no paramétricas como la prueba de Wilcoxon.

4.2.2.1. Histogramas y curvas de la normal

Para evaluar la Normalidad se utilizaron histogramas de frecuencia, es una herramienta que permite examinar la distribución de los datos y evaluar la Normalidad. Para evaluar la Curva Normal de la eficacia del Método de Electrocoagulación, se tomó los promedios resultantes de la Conductividad Eléctrica, DQO, DBO, STS, Coliformes Fecales y Turbidez en las condiciones de Voltaje 20- 1hora, Voltaje 30- 1hora, Voltaje 20-2horas, Voltaje 30- 2horas.

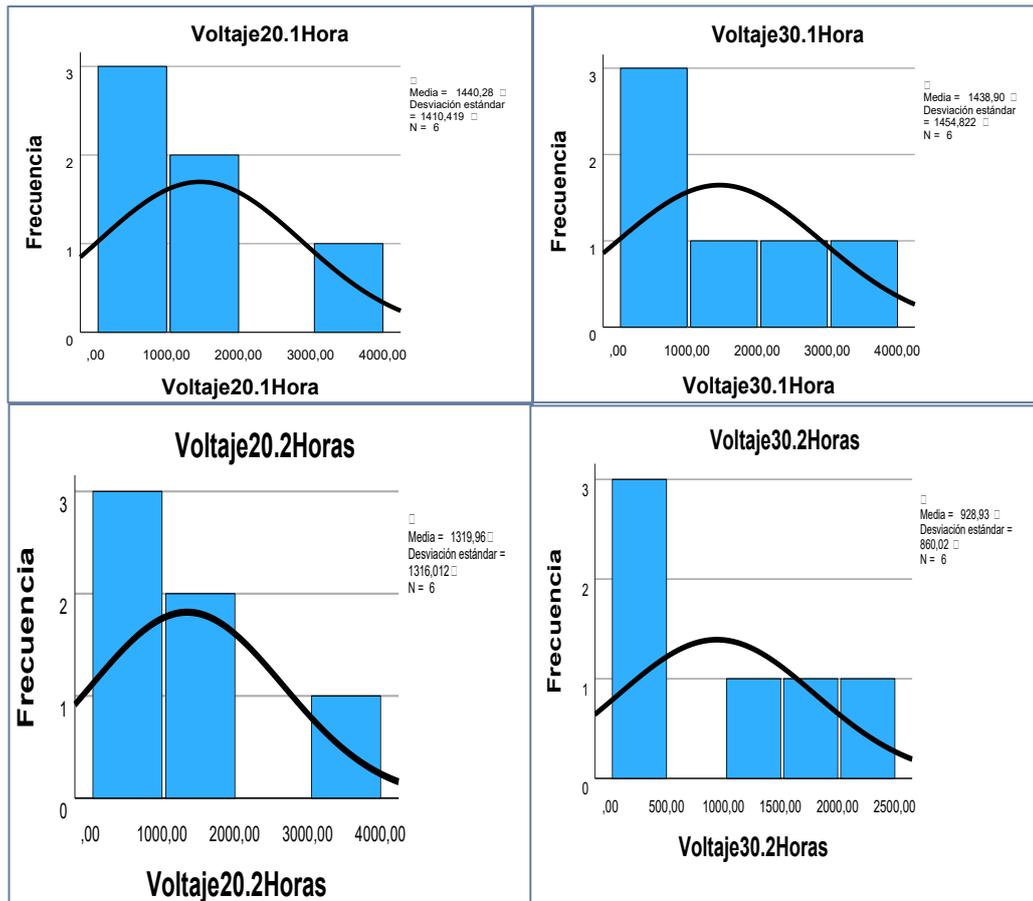


Ilustración 4-2: Test de Normalidad
Elaborado por: Torres, Karla, 2024.

Se puede observar que en los histogramas de los cuatro tratamientos de Voltaje 20- 1hora, Voltaje 30- 1hora, Voltaje 20-2horas, Voltaje 30- 2horas, los datos no siguen una distribución normal o no sigue una forma de campana típica de una distribución normal. Ante esta falta de Normalidad, se recurre a métodos estadísticos no paramétricos para determinar las diferencias significativas. Estas pruebas se utilizan cuando se tienen muestras pequeñas, no se cumplen ciertas suposiciones y se tiene una distribución de datos asimétrica, como ocurre en este caso.

4.2.2.2. Prueba de Wilcoxon

Ante la falta de Normalidad en los datos de los tratamientos de Voltaje 20- 1hora, Voltaje 30- 1hora, Voltaje 20-2horas, Voltaje 30- 2horas, se realizó la prueba de Wilcoxon. Esta prueba no paramétrica es ideal para comparar las variaciones entre las condiciones iniciales y los valores posteriores al tratamiento y las posibles diferencias significativas. Los valores “Z” son obtenidas para cada combinación de condiciones iniciales y voltajes-tiempo. Un valor Z negativo indica que la mediana de la primera muestra es menor que la mediana de la segunda muestra.

Los valores de “Significancia Asintótica (bilateral)” son los valores “p” asociados con los valores “Z”. Si el valor “p” es menor que el umbral de significancia (0,05), entonces tenemos evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y concluir que hay diferencias significativas entre las muestras comparadas. Si el valor p es mayor que (0,05), entonces no tenemos suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula y se concluye que no hay diferencias significativas entre las muestras comparadas.

Tabla 4-5: Pruebas de Wilcoxon

	Voltaje 20-1h_ Condiciones Iniciales	Voltaje 30-1h_ Condiciones Iniciales	Voltaje20-2h_ Condiciones Iniciales	Voltaje 30-2h_ Condiciones Iniciales
Valor P	0,080	0,046	0,043	0,028

Fuente: SPSS

Elaborado por: Torres, Karla. 2023

En base a los resultados obtenidos de la prueba de Wilcoxon, se encontraron diferencias significativas entre las condiciones iniciales y los tratamientos de voltaje 30-1hora ($p=0,046$), voltaje 20-2horas ($p=0,043$) y el voltaje 30-2horas ($p=0,028$). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la Hipótesis alterna. Por otro lado, para el tratamiento de voltaje20-1hora ($p=0,080$) no cumple con el umbral de significancia.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la Hipótesis alterna. Estos datos demuestran que el tratamiento de electrocoagulación tiene un efecto positivo en la reducción de contaminantes en comparación con las condiciones iniciales, especialmente con la aplicación de voltajes más altos en tiempos prolongados.

4.3. FASE III. Comparación de resultados de los parámetros físico-químico y biológico con la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua (TULSMA, LIBRO VI anexo 1)

En la Fase III de la investigación, se llevó a cabo una comparación detallada con los resultados obtenidos de los parámetros físico-químico y biológico, tanto antes como después del tratamiento de Electrocoagulación, con los límites máximos permisibles establecidos por la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua (TULSTA, LIBRO VI ANEXO1) tabla 9.

Tabla 4-6: Resultados pre y post- tratamiento

Parámetro	Unidad	Límites Máximos Permisibles	Condiciones Iniciales	Caracterización post – tratamiento (promedios)			
				Tiempo 1 hora		Tiempo 2 horas	
				Voltaje 20	Voltaje 30	Voltaje 20	Voltaje 30
pH	-	6-9	6,64	7,92	7,05	8,08	7,58
C.E	uS/cm	2000	3586	1903,50	2022,50	1886,50	1620,00
DQO	mg/L	200	7047,66	3907,02	3926,05	3564,58	2246,17
DBO	mg/L	100	3171,45	1758,16	1786,97	1604,06	1000,65
STS	mg/L	130	440,00	445,00	220,00	185,00	160,00
Coliformes F.	NMP/100ml	2000	410,00	410,00	460,00	410,00	395,00
Turbidez	NTU	100	579,25	218,02	217,87	269,59	151,76

Realizado por: Torres, Karla. 2024

La Tabla 4-6, muestra los resultados de la caracterización del agua residual antes y después del tratamiento y los valores del límite máximo permisibles según la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1) Tabla 9. En términos de pH, los valores post-tratamiento se mantienen dentro del rango permisible de 6-9. La Conductividad Eléctrica presenta una disminución en las pruebas con 30 voltios y 2 horas con respecto a las condiciones iniciales. Si embargo, no logra estar dentro del límite permisible. La DQO y DBO experimentaron reducciones notables después del tratamiento acercándose a los valores permisibles. Esto indica una baja eficacia en la reducción en la eliminación de contaminantes orgánicos en el agua residual.

De igual manera, los Sólidos Totales Suspendidos (STS) no cumplen con los estándares permisibles, señalando una baja remoción. Asimismo, los Coliformes Fecales y Turbidez experimentaron reducciones, pero sin alcanzar valores por debajo del límite máximo permisible.

4.4. DISCUSIÓN

En base a la Fase I. Los resultados obtenidos proporcionaron una base crucial para comprender las condiciones iniciales de carga contaminante del agua residual del camal. Esta caracterización del agua residual permitió establecer un punto de comparación claro entre los datos iniciales y los resultados posteriores al tratamiento. Se evaluaron 7 parámetros que fueron cruciales para comprender el estado del agua residual, de los cuales se obtuvieron valores muy elevados de carga contaminante de: Conductividad Eléctrica 3586 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Demanda Química de Oxígeno 7047,66 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno 3171,45 mg/L, Sólidos Totales Suspendidos 440,00 mg/L, Coliformes Fecales 410,00 NMP/100ml y Turbidez 579,25 NTU. Según Castro; et al. (2014, pág.114) El tipo de calidad del agua se define en función de sus valores elevados de estos parámetros pueden provocar una serie de impactos negativos en los ecosistemas acuáticos, incluyendo la reducción de la biodiversidad. Por lo tanto, es crucial poder reducir significativamente la carga contaminante de las aguas residuales para proteger la salud de los ecosistemas y garantizar el suministro para las comunidades humanas.

En base a la Fase II. En los resultados obtenidos del tratamiento de electrocoagulación, se observó una tendencia general hacia la eficacia de los parámetros como: la Conductividad Eléctrica, obteniendo una mejor remoción con un voltaje 30-2 horas reduciendo hasta el 54,82% de su valor inicial. En la investigación realizada por (Carhuapoma, 2022b: pág.39).

Utilizando el Método de Electrocoagulación en el agua residual del Camal Frigorífico industrial Valle Verde Huacho-Perú, obtuvo un mayor porcentaje de remoción de la Conductividad Eléctrica de 66,79% con 3 amperios y tiempo de 30 minutos con respecto a las condiciones iniciales de 2828,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

El porcentaje de eficacia de la DQO con un voltaje 30-2 horas se obtuvo el 68,13% de su valor inicial. En la investigación realizada por Velasquez (2017, pág. 103). “Reducción de la carga orgánica en el tratamiento avanzado de aguas residuales del Camal Municipal de Chupaca mediante el Método de Electrocoagulación”, obtuvo un mayor porcentaje de remoción de la DQO con 94,1% con un voltaje 20 y tiempo de 75 minutos.

En DBO se obtuvo una mejor eficacia de remoción con un voltaje 30 – 2 horas reduciendo hasta el 68,45% de su valor inicial. En la investigación realizada por Salazar (2023c: pág. 34-35) utilizando el Método de Electrocoagulación para el tratamiento de aguas de formación del campo petrolero de Lago Agrio Norte, obtuvo un mayor porcentaje de remoción de DQO con 50% con una intensidad de corriente de 15^a y tiempo de 6 minutos.

En cuanto a los Sólidos Totales Suspendidos (STS) se logró un porcentaje de eficacia hasta un 63,64% en voltaje 30 – 2 horas. Sin embargo, tuvo un descenso en condiciones de 20V y 1 hora, se estima que la causa de esta inestabilidad se debe a la falta de un efluente en el equipo de electrocoagulación que facilite la recolecta del agua tratada. En la investigación de Cueva y Pereda (2020f: pág. 71) “Efecto del amperaje y tiempo del proceso de la electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales del Camal de José Leonardo Ortiz” obtuvo un mayor porcentaje de remoción de STS con 88,45% con una densidad de corriente de 15 A/m² y tiempo de 30 minutos.

El porcentaje de eficacia de Coliformes Fecales del agua residual tratada se logró hasta un 3,66%. Sin embargo, en condiciones de voltaje 30-1 hora se obtuvo un valor superior a las condiciones iniciales, registrando un porcentaje negativo de -1,22%. Se estima que esta variación se debe a la capacidad de los coliformes fecales de reproducirse en condiciones adecuadas. Según Aceves (2018, pág. 13) Los Coliformes Fecales se caracterizan por ser termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas elevadas y la capacidad de reproducción favorecida en condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad. Etc. Por otra parte, se reporta una eficacia del 0,00% en el tratamiento de electrocoagulación en condiciones de voltaje 20 y tiempo 1 y 2 horas, lo que indica que el número de Coliformes Fecales se mantuvieron luego del tratamiento con respecto a las condiciones iniciales del agua residual.

Por último, el porcentaje de eficacia en la evaluación de Turbidez se logró un 65,17% en voltaje 30 – 2 horas. En la investigación de Cueva y Pereda (2020, pág. 70-71) “Efecto del amperaje y tiempo del proceso de la electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales del Camal de José Leonardo Ortiz” obtuvo un mayor porcentaje de remoción de Turbidez con 99,90% en condiciones de 70,8 voltios y tiempo de 60 minutos utilizando electrodos de acero 304 y aluminio.

Por otro parte, la prueba de Wilcoxon respalda la efectividad de los tratamientos al demostrar diferencias significativas en la reducción de contaminantes. Estos datos destacan la importancia de una evaluación continua y ajustes en el proceso de electrocoagulación para maximizar su eficacia y minimizar posibles efectos adversos.

En base a la Fase III. Se compararon los resultados de las condiciones iniciales del agua residual, los resultados promediados después de aplicar el tratamiento de electrocoagulación en las diferentes condiciones de voltaje – tiempo con la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1). Los datos recopilados nos permiten una perspectiva detallada sobre como las variables de voltaje y tiempo afectan la eficacia

del tratamiento como se muestra en la Tabla 4-11, donde se observan disminuciones en ciertos parámetros como la Conductividad Eléctrica, DQO, DBO y Sólidos Totales Suspendidos con respecto a las condiciones iniciales. Sin embargo, no alcanzan a estar por debajo del límite máximo permisible. Por lo que es importante mencionar, Según Cavero (2013, párr.12-14) para autorizar el vertimiento del agua residual, esta debe someterse a tratamiento que consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos con el fin de cumplir con los límites máximos permisibles, permitiendo el saneamiento de las aguas para que puedan ser vertidas finalmente en cuerpos de agua naturales.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El análisis físico químico y biológico del agua residual del Camal Municipal describe la calidad y las condiciones en las que se encuentra las aguas residuales del camal y los únicos parámetros que cumplen con el Límite Máximo Permisible son el pH (6,64) y Coliformes Fecales (410 NTU). Por otro lado, se encontró una elevada DQO de (7047,66 mg/L) y DBO de (3171,45 mg/L) señalan la presencia de materia orgánica en el agua, una elevada Conductividad Eléctrica de (3586 uS/cm), una presencia considerable de Sólidos Totales Suspendidos de (440,00 mg/L) y Turbidez considerablemente alta de (579,25 NTU).
- Se revela que el Método de Electrocoagulación ha demostrado cierta capacidad para modificar los parámetros estudiados, teniendo mayor porcentaje de eficacia con un voltaje de 30 y tiempo de 2 horas en Conductividad Eléctrica (54,82%), DQO (68,13%), DBO (68,45%), Sólidos Totales Suspendidos (63,64%), y Turbidez (65,17%) con respecto a las condiciones iniciales. La prueba de Wilcoxon utilizada confirma la efectividad del Método de Electrocoagulación y la capacidad significativa para reducir la carga contaminante, mostrando mejores resultados en el tratamiento con Voltaje 30 durante 2 horas con un p valor de 0,028.
- Se compararon los resultados de los parámetros físico-químico y biológico de la muestra inicial y post- tratamiento con la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua (TULSMA, LIBRO VI ANEXO 1). Donde se muestras que los parámetros evaluados no cumplen con el límite máximo permisible. Sin embargo, se demuestras cierta capacidad del Método de Electrocoagulación de reducir la carga contaminante del agua residual proveniente del Camal Municipal del cantón La Joya de los Sachas.

5.2. Recomendaciones

- Para futuros proyectos a ejecutar con el equipo Electrocoagulación disponible en el laboratorio de la ESPOCH-Sede Orellana, Se recomienda mejorar el equipo en cuanto al sistema de recolección del agua tratada para mayor facilidad de la toma de muestras.
- Utilizar otros materiales conductores de electricidad como: acero, cobre, titanio, y platino; que permitan conocer la eficiencia del equipo de Electrocoagulación.
- Realizar experimentaciones más extensas que permita llegar a la optimización del Método de Electrocoagulación y poder analizar en pruebas estadísticas.
- Experimentar con otros tipos de aguas residuales como: domésticas, agrícolas, urbanas etc. Para evaluar la efectividad del equipo de Electrocoagulación.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ÁLVARES, José.** *Lista de Centros de Faenamiento Habilitados Mediante la Certificación de Matadero Bajo Inspección Oficial MABIO.* [blog]. Quito, 30 de septiembre del 2020. [Consulta: 19 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/11/LISTA-MABIO.pdf>
2. **ACHTAR, Ali., y LOZANO, Philipág.** Influencia del tiempo y densidad eléctrica en la electrocoagulación de las aguas residuales del camal El Porvenir-Trujillo para remover aceites y grasas [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería Química, Escuela Profesional de Ingeniería Química, Trujillo, Perú. 2022a. pág.15. [Consulta: 13-12-2023]. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/6b09c1df-d354-4c83-86de-d55e59c2ea6d/content>
3. **ALVINO, Yayder.** Eficiencia de la electrocoagulación a nivel de laboratorio para tratamiento de agua residual del matadero municipal de Tingo María [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. 2019a. pág.54. [Consulta: 2023-11-19]. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3944>
4. **ACHTAR, Ali., y LOZANO., Philipág.** Influencia del tiempo y densidad eléctrica en la electrocoagulación de las aguas residuales del camal El Porvenir-Trujillo para remover aceites y grasas [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad z de Trujillo, Facultad de Ingeniería Química, Escuela Profesional de Ingeniería Química, Trujillo, Perú. 2022b. pág.16. [Consulta: 13-12-2023]. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4745318>
5. **ARCE, Franklin., y CRUZ, Iván.** Tratamiento del efluente industrial de una planta de beneficio de reses, mediante el método de electrocoagulación de flujo a escala piloto (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional del Callo, Facultad de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales de, Callao-Perú, 2019a. pág.22. [Consulta: 19-11-2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12805/968>
6. **ARCE, Franklin., y CRUZ, Iván.** Tratamiento del efluente industrial de una planta de beneficio de reses, mediante el método de electrocoagulación de flujo a escala piloto (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional del Callo, Facultad de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales de, Callao-Perú, 2019b. págs. 22-23. [Consulta: 19-11-2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12805/968>

7. **ALVINO, Yayder.** Eficiencia de la electrocoagulación a nivel de laboratorio para tratamiento del agua residual del matadero (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Tingo María-Perú, 2019b. págs. 11-12. [Consulta: 19-11-2023]. Disponible en: https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1473/AAYY_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
8. **ACUATECNICA.** *Tratamiento secundario de aguas residuales* [blog]. [Consulta: 15 diciembre 2023]. Disponible en: <https://acuatecnica.com/tratamiento-secundario-de-aguas-residuales/>
9. **ARCE, Franklin., y CRUZ, Iván.** Tratamiento del efluente industrial de una planta de beneficio de reses, mediante el método de electrocoagulación de flujo a escala piloto (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional del Callo, Facultad de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales de, Callao-Perú, 2019c. pág.23. [Consulta: 15-12-2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12805/968>
10. **AYUQUE, José., y ESTEBAN, Johnny.** Eficiencia de una cámara de electrocoagulación a escala de laboratorio para el tratamiento de aguas residuales del camal municipales distritales de Huancavelica (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Huancavelica, Huancavelica-Perú, 2021a. pág.41-42. [Consulta: 15-12-2023]. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3944>
11. **ARCINIEGA, Andrés., y SALAZAR, Johanna.** Diseño de la planta de tratamiento de agua residual mediante lodos activados para la comunidad de Pesillo, Parroquia Olmedo - 2021 [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Carrera de Ingeniería Ambiental, Quito, Ecuador. 2021. pág.7. [Consulta: 19-11-2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19898/1/UPS%20-%20TTS292.pdf>
12. **ARCINIEGA, Andrés., y SALAZAR, Johanna.** Diseño de la planta de tratamiento de agua residual mediante lodos activados para la comunidad de Pesillo, Parroquia Olmedo - 2021 [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Carrera de Ingeniería Ambiental, Quito, Ecuador. 2021b. pág.13. [Consulta: 19-11-2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19898/1/UPS%20-%20TTS292.pdf>
13. **ARCE, Franklin., y CRUZ, Iván.** Tratamiento del efluente industrial de una planta de beneficio de reses, mediante el método de electrocoagulación de flujo a escala piloto (Trabajo de

titulación). (Pregrado). Universidad Nacional del Callo, Facultad de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales de, Callao-Perú, 2019d. pág.20. [Consulta: 15-12-2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12805/968>

14. **ALVINO, Yayder.** Eficiencia de la electrocoagulación a nivel de laboratorio para tratamiento del agua residual del matadero (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Tingo María-Perú, 2019c. pág.1. [Consulta: 19-11-2023]. Disponible en: https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1473/AAYY_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
15. **ACHTAR, Ali., y LOZANO., Philipág.** Influencia del tiempo y densidad eléctrica en la electrocoagulación de las aguas residuales del camal El Porvenir-Trujillo para remover aceites y grasas [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería Química, Escuela Profesional de Ingeniería Química, Trujillo, Perú. 2022c. pág.11. [Consulta: 13-12-2023]. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4745318>
16. **ARCINIEGA, Andrés., y SALAZAR, Johanna.** Diseño de la planta de tratamiento de agua residual mediante lodos activados para la comunidad de Pesillo, Parroquia Olmedo - 2021 [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Carrera de Ingeniería Ambiental, Quito, Ecuador. 2021c. pág.10. [Consulta: 19-11-2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19898/1/UPS%20-%20TTS292.pdf>
17. **ACHTAR, Ali., y LOZANO., Philipág.** Influencia del tiempo y densidad eléctrica en la electrocoagulación de las aguas residuales del camal El Porvenir-Trujillo para remover aceites y grasas [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería Química, Escuela Profesional de Ingeniería Química, Trujillo, Perú. 202d. pág.14. [Consulta: 20-12-2023]. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4745318>
18. **ALVINO, Yayder.** Eficiencia de la electrocoagulación a nivel de laboratorio para tratamiento del agua residual del matadero (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Tingo María-Perú, 2019d. pág.12. [Consulta: 21-12-2023]. Disponible en: https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1473/AAYY_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
19. **AYUQUE, José.; y ESTEBAN, Jhonny.** Eficiencia de una cámara de electrocoagulación a escala de laboratorio para tratamiento de aguas residuales del camal municipal distrito de

Huancavelica [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú. 2021b. págs. 26-27. [Consulta: 2023-12-21]. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3944>

20. **AYUQUE, José.; y ESTEBAN, Jhonny.** Eficiencia de una cámara de electrocoagulación a escala de laboratorio para tratamiento de aguas residuales del camal municipal distrito de Huancavelica [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú. 2021c. pág. 29 [Consulta: 2023-12-21]. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3944>

21. **ALVINO, Yayder.** Eficiencia de la electrocoagulación a nivel de laboratorio para tratamiento del agua residual del matadero (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Tingo María-Perú, 2019e. pág.15. [Consulta: 21-12-2023]. Disponible en: https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1473/AAYY_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

22. **ALVINO, Yayder.** Eficiencia de la electrocoagulación a nivel de laboratorio para tratamiento del agua residual del matadero (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Tingo María-Perú, 2019f. pág. 14. [Consulta: 21-12-2023]. Disponible en: https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1473/AAYY_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

23. **ALVINO, Yayder.** Eficiencia de la electrocoagulación a nivel de laboratorio para tratamiento del agua residual del matadero (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Tingo María-Perú, 2019g. pág. 14. [Consulta: 21-12-2023]. Disponible en: https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1473/AAYY_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

24. **ARCA.** *Ley Orgánica de Recursos Hídricos Uso y Aprovechamiento de Agua:* [En Línea]. Quito-Ecuador: 2014a. [Consulta: 01-01-2023]. Disponible en: <https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>

25. **ARCA.** *Ley Orgánica de Recursos Hídricos Uso y Aprovechamiento de Agua:* [En Línea]. Quito-Ecuador: 2014b. [Consulta: 01-01-2023]. Disponible en: <https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>

26. **AME.** *Cantón La Joya de los Sachas* [En Línea]. *La Joya de los Sachas* -Ecuador: 2017. [Consulta: 01-01-2023]. Disponible en: <https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>
27. **ACEVEZ, Dafne.** Evaluación de la contaminación por coliformes totales y fecales en balnearios de sur de Quintana Roo en relación con el periodo vacacional de primavera del 2016 [en línea (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad de Quintana Roo, Chetumal Quintana Roo-México. 2018. P 13 [Consulta: 21 diciembre 2023]. Disponible en: <http://rasisbi.uqroo.mx/bitstream/handle/20.500.12249/1843/TD419.2018-1843.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
28. **BURGOS, Sergio.** Manual de buenas prácticas de higiene (BPH) para el faenamiento en el Camal Municipal del cantón La Joya de los Sachas, Provincia de Orellana [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Agroindustrial, Riobamba, Ecuador. 2023. pág.19. [Consulta: 13-12-2023]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10543>
29. **BARRERA, María.** Diseño preliminar de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el municipio de Nuevo Colón Boyacá [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, Bogotá, Colombia. 2021. pág.32. [Consulta: 14-12-2023]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/955/
30. **CROMTEK.** *Demanda Bioquímica de Oxígeno: qué es y cómo medir*[blog]. 2023 [Consulta: 20 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.cromtek.cl/2023/03/02/demanda-bioquimica-de-oxigeno-que-es-y-como-medir/>
31. **CALERO, Antuanet.** Caracterización de la relación DQO/DBO_{5,20} en los efluentes líquidos residuales de industrias localizadas en Montevideo como método de “screening” rápido para determinar la eficiencia en el tratamiento de los mismos [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad de la República de Uruguay, Facultad de Química, Carrera de Licenciatura en Química, Gramma, Uruguay. 2023. pág.4. [Consulta: 20-12-2023]. Disponible en: https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/39096/1/TG_Calero.pdf
32. **CUEVA, Edwin; y PEREDA, Marlith.** Efecto del amperaje y tiempo del proceso de la electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales del camal de José Leonardo Ortiz [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. 2020b. pág.19. [Consulta: 20-12-2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8688>

33. **CASTRO, Carolina; y ALCÁZAR, Claudia.** “Obtención y Utilización de los Subproductos de Origen Animal”. *Ganadería* [En Línea], 2020b, págs. 1-3 [Consulta: 19 noviembre 2023]. Disponible en: <https://bmeditores.mx/ganaderia/residuos-de-los-procesos-de-matanzas-y-faenamiento/>

34. **CARHUAPOMA, Alessio.** Tratamiento de las aguas residuales del camal privado frigorífico industrial Valle Verde inversiones trece S.A.C. mediante procesos electroquímicos [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Huacho, Perú. 2022a. págs. 18-23 [Consulta: 14-12-2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1611>

35. **CASTRO, Carolina; y ALCÁZAR, Claudia.** “Obtención y Utilización de los Subproductos de Origen Animal”. *Ganadería* [En Línea], 2020a, pág.1 [Consulta: 19 noviembre 2023]. Disponible en: <https://bmeditores.mx/ganaderia/residuos-de-los-procesos-de-matanzas-y-faenamiento/>

36. **CUEVA, Edwin; y PEREDA, Marlith.** Efecto del amperaje y tiempo del proceso de la electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales del camal de José Leonardo Ortiz [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. 2020a. pág.82. [Consulta: 19-11-2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8688>

37. **COCHA, Angélica.; y BOTERO, Raúl.** *Determinación de coliformes totales y fecales en sistemas rurales de descontaminación productiva de aguas servidas* [blog]. 2022 [Consulta: 22 de diciembre de 2023]. Disponible en: https://www.engormix.com/ganaderia/efluentes-feedlot/determinacion-coliformes-totales-fecales_a51252/

38. **CUEVA, Edwin; y PEREDA, Marlith.** Efecto del amperaje y tiempo del proceso de la electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales del camal de José Leonardo Ortiz [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. 2020c. pág.28. [Consulta: 21-12-2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8688>

39. **CUEVA, Edwin; y PEREDA, Marlith.** Efecto del amperaje y tiempo del proceso de la electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales del camal de José Leonardo Ortiz [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. 2020d. pág.38. [Consulta: 21-12-2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8688>

40. **CUEVA, Edwin; y PEREDA, Marlith.** Efecto del amperaje y tiempo del proceso de la electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales del camal de José Leonardo Ortiz

[En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. 2020e. pág.37. [Consulta: 21-12-2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8688>

41. **CARHUAPOMA, Alessio.** Tratamiento de las aguas residuales del camal privado frigorífico industrial Valle Verde inversiones trece S.A.C. mediante procesos electroquímicos [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Huacho, Perú. 2022b. pág.39 [Consulta: 14-12-2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1611>

42. **CUEVA, Edwin.; y PEREDA, Marlith.** Efecto del amperaje y tiempo del proceso de la electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales del camal de José Leonardo Ortiz [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. 2020f. pág.71. [Consulta: 19-11-2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8688>

43. **CUEVA, Edwin.; y PEREDA, Marlith.** Efecto del amperaje y tiempo del proceso de la electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales del camal de José Leonardo Ortiz [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. 2020g. pág.70-71ay. [Consulta: 19-11-2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8688>

44. **CAVERO, Melissa.** *Resumen del reglamento de vertimientos de efluentes* [blog]. 2013 [Consulta: 20 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://gidahatari.com/ih-es/resumen-reglamento-vertimientos-efluentes>

45. **DIÉGUEZ, Karel.** “Impacto ambiental de la operación del Centro de Faenamiento de la ciudad de Puyo, Pastaza, Ecuador”. *Prospectiva* [en línea]. 2020a, (Puyo-Ecuador) 18(1), pág.3. [Consulta: 19 noviembre 2023]. ISSN: 1692-8261. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7300380>

46. **DIÉGUEZ, Karel.** “Impacto ambiental de la operación del Centro de Faenamiento de la ciudad de Puyo, Pastaza, Ecuador”. *Prospectiva* [en línea]. 2020b, (Puyo-Ecuador) 18(1), págs. 3-4. [Consulta: 19 noviembre 2023]. ISSN: 1692-8261. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7300380>

47. **ESPIN, Byron.** Identificación de Parásitos Gastrointestinales en Bovinos en el Camal Municipal del Cantón La Joya de Los Sachas. (Trabajo de titulación). (Pregrado). [En línea]

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Carrera de Zootecnia, El Coca-Ecuador. 2023b. págs. 1-2. [Consulta: 2023-11-18]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/19666>

48. **ESPIN, Byron.** Identificación de Parásitos Gastrointestinales en Bovinos en el Camal Municipal del Cantón La Joya de Los Sachas. (Trabajo de titulación). (Pregrado). [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Carrera de Zootecnia, El Coca-Ecuador. 2023a. pág.1. [Consulta: 2023-11-18]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/19666>

49. **ESPIN, Byron.** Identificación de Parásitos Gastrointestinales en Bovinos en el Camal Municipal del Cantón La Joya de Los Sachas. (Trabajo de titulación). (Pregrado). [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Carrera de Zootecnia, El Coca-Ecuador. 2023a. pág.1-2. [Consulta: 2023-11-18]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/19666>

50. **EPI.** *¿Qué son los productos cárnicos y cómo se clasifican?* [En línea] 2021. [Consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: <https://postgradoindustrial.com/que-son-los-productos-carnicos-y-como-se-clasifican/>

51. **ECOQUIMSA.** *Comprendiendo la Demanda Bioquímica de Oxígeno* [blog]. 2023 [Consulta: 20 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.ecoquimsa.com.gt/temas-tcnicos/demanda-bioquimica-de-oxigeno-dbo>

52. **FIGUEROA, José Abel.** Proceso de faenamiento y manejo del ganado bovino y la incidencia en la contaminación de las canales en matadero municipal del cantón Paján. (Trabajo de titulación). (Pregrado). [En línea] Universidad Académica de Ciencia Forestales, Ambiente y Agropecuarias, Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, Manabí-Ecuador. 2010. pág.4. [Consulta: 2023-11-17]. Disponible en: <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/309/1/UNESUM-ECU-MEAM-2010-2.pdf>

53. **FABREGAS, Jordi.** *Tratamiento de aguas residuales de matadero y procesamiento de carne* [blog]. [Consulta: 19 noviembre 2023]. Disponible en: <https://sigmadafclarifiers.com/aguas-residuales-de-matadero/>

54. **FLOWEN.** *¿Qué son las aguas residuales?* [blog]. 2022 [Consulta: 19 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.innotec-laboratorios.es/la-importancia-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales/>
55. **FERNÁNDEZ, María.** "Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrifugas". *Prospectiva* [en línea]. 2017, (La Habana-Cuba) 51(2), pág. 70. [Consulta: 21 diciembre 2023]. ISSN: 0138-6204. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223154251011.pdf>
56. **GARCIA, Arlyn; y ZEVALLOS, Kimberley.** *Optimización del Proceso de Coagulación-Floculación Usando Cloruro Férrico y Fosfato para la Reducción de Contaminantes del Agua Residual del Camal Conchucos.* [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales, Lima, Perú. 2021. pág.11 [Consulta: 2023-11-19]. Disponible en: <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6201>
57. **GARCÍA, Guillermina.** *Esto dice la NOM-213-SSA1-2018 de los productos cárnicos procesados* [blog]. [Consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: <https://thefoodtech.com/normatividad-y-certificaciones/esto-dice-la-nom-213-ssa1-2018-de-los-productos-carnicos-procesados/>
58. **GALLARDO, Javier.** El bienestar animal previo al proceso de faenamiento de bovinos en ocho mataderos de Azuay y Cañar [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y zootecnia, Cuenca, Ecuador. 2011. págs. 7-8. [Consulta: 13-12-2023]. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4745318>
59. **HARO, Javier; y TOSCANO, Justino.** Reducción de la materia orgánica de las aguas residuales del camal municipal de supe, mediante plantas fitorremediadoras a escala piloto [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Huacho, Perú. 2023. pág.1 [Consulta: 2023-11-19]. Disponible en: <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/7519/pdfJAVIER%20Y%20TOSCANO%20%20REDUCCI%C3%93N%20DE%20LA%20MATERIA%20ORG%C3%81NICA%20DE%20LAS%20AGUAS%20RESIDUALES%20DEL%20CAMAL%20MUNICIPAL%20DE%20SUPE%20MEDIANTE%20PLANTAS%20FITORREMIADORAS%20A%20ESCALA%20PILOTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
60. **HERNÁNDEZ, Johan.; y MEJÍA, Estephany.** Evaluación del sistema de electrocoagulación para disminuir la carga contaminante a escala de laboratorio [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad de América, Facultad de Ingenierías, Bogotá, 2019. pág.25. [Consulta: 01-01-2023]. Disponible en:

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7384/1/6122858-2019-1-IQ.pdf>

61. **IZURIETA, Víctor.** Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Poatug, cantón Patate, Provincia de Tungurahua [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Ambiental, Ambato, Ecuador. 2020a. págs. 9-10. [Consulta: 15-12-2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30630>

62. **IZURIETA, Víctor.** Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Poatug, cantón Patate, Provincia de Tungurahua [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Ambiental, Ambato, Ecuador. 2020b. pág.10. [Consulta: 15-12-2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30630>

63. **INNOTEK.** *La importancia de características de las aguas residuales* [blog]. 2021b [Consulta: 19 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.innotec-laboratorios.es/la-importancia-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales/>

64. **IZURIETA, Víctor.** Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Poatug, cantón Patate, Provincia de Tungurahua [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Ambiental, Ambato, Ecuador. 2020c. pág.11. [Consulta: 15-12-2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30630>

65. **INNOTEK.** *La importancia de características de las aguas residuales* [blog]. 2021a [Consulta: 19 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.innotec-laboratorios.es/la-importancia-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales/>

66. **INGA, Lourdes.; y TRUJILLO, Alizan.** Electrocoagulación mediante paneles fotovoltaicos a nivel de laboratorio para la remoción de contaminación del efluente del Camal Municipal de Huancavelica (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Huancavelica, 2022a. pág.58.

67. **INGA, Lourdes.; y TRUJILLO, Alizan.** Electrocoagulación mediante paneles fotovoltaicos a nivel de laboratorio para la remoción de contaminación del efluente del Camal Municipal de Huancavelica (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Huancavelica, 2022b. pág.58.

68. **INEN.** *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2410:2013*, 2013 [Consulta: 02 de enero de 2023]. Disponible en: <https://web.gestiondocumental.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/Norma-T%C3%A9cnica-Ecuatoriana-NTE-INEN-2410-2013.pdf>
69. **JARAMILLO, Luis; y ÁLVARES Carlos.** “Estudio de Impacto Ambiental de un camal Municipal Urbano en La Provincia de el Oro. Ecuador”. *Conference Proceedings, UTMACH*, nº1(2017), (Ecuador) pág.336.
70. **LARA, Ligia.** Las aguas residuales del camal Municipal del cantón Baños y su incidencia en la contaminación del río Pastaza en la provincia de Tungurahua [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil, Ambato, Ecuador. 2011a. pág.23. [Consulta: 14-12-2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1611>
71. **LARA, Ligia.** Las aguas residuales del camal Municipal del cantón Baños y su incidencia en la contaminación del río Pastaza en la provincia de Tungurahua [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil, Ambato, Ecuador. 2011b. págs. 19-20. [Consulta: 14-12-2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1611>
72. **LARA, Ligia.** Las aguas residuales del camal Municipal del cantón Baños y su incidencia en la contaminación del río Pastaza en la provincia de Tungurahua [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil, Ambato, Ecuador. 2011c. pág.9 [Consulta: 15-12-2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1611>
73. **LARA, Ligia.** Las aguas residuales del camal Municipal del cantón Baños y su incidencia en la contaminación del río Pastaza en la provincia de Tungurahua [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil, Ambato, Ecuador. 2011d. pág.27. [Consulta: 14-12-2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1611>
74. **LABOMERSA.** *¿Por qué es importante DQO y DBO en análisis de aguas?* [blog]. 2021 [Consulta: 20 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://labomersa.com/2021/09/14/por-que-es-importante-dqo-demanda-quimica-de-oxigeno-y-dbo-demanda-biologica-de-oxigeno-en-analisis-de-aguas/>
75. **LARA, Ligia.** Las aguas residuales del camal Municipal del cantón Baños y su incidencia en la contaminación del río Pastaza en la provincia de Tungurahua [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y

Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil, Ambato, Ecuador. 2011e. pág.31. [Consulta: 14-12-2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1611>

76. **MORALES, J; et al.** “Evaluación de la demanda química de oxígeno en aguas de la provincia de Gramma”. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 8(1), 2012, (Cuba) pág.16.
77. **MARTÍNES, Mónica; et al.** “Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal”. *UIS Ingenierías*, 18(1), 2020, (Ecuador) pág.16.
78. **NAVARRO, Frías.; y SOLER, Pascual.** *Diseño factorial: dos variables independientes, A x B* [blog]. 2020 [Consulta: 02 de enero de 2023]. Disponible en: https://www.uv.es/friasnav/Dise%C3%B1oFactorial_1.pdf
79. **OSORIO, M; et al.** “La calidad de las aguas residuales domésticas. 2021”, (Ecuador) 6(3), pág.230 [Consulta:19 diciembre 2023]. ISSN 2550-682X.
80. **PDYOT.** *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. La Joya de los Sachas-Ecuador: 2020, pág.183. [Consulta: 19 noviembre 2023]
81. **PAITAN DE LA CRUZ, Marcos.; y SIFUENTES, Gustavo.** Remoción de contaminantes de aguas residuales de un matadero de equinos por e método de electrocoagulación a nivel de laboratorio [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad del centro del Perú, Huancayo, Perú. 2018. pág.54. [Consulta: 2023-11-19]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23600>
82. **PANTOJA, Renato.; ARMERO, Julián.** “La electrocoagulación, una alternativa para el tratamiento de aguas residuales en el departamento de Nariño”. *Boletín Informativo* 6(2) 2019, Colombia, pág. 58.
83. **QUINATOA DE LA CRUZ, Nathaly Polette.** Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Mediante Un Sistema de Lodos Activados Para el Camal Municipal del Cantón Mejía. (Trabajo de titulación). (Pregrado). [En línea] Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Ambiental, Quito-Ecuador. 2022a. pág.1. [Consulta: 2023-11-17]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23463>
84. **QUISHPE, J; et al.** “La Producción más limpia, cómo estrategia de valoración (ecoeficiente) del centro de faenamiento, Puyo, Pastaza, Ecuador”. *UCSA* [En Línea], 2020, (Ecuador) 7(3), pág.4 [Consulta:19 noviembre 2023]. ISSN 2409-8752. Disponible en: <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2020.007.03.059>

85. **QUINATO DE LA CRUZ, Nathaly Polette.** Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Mediante Un Sistema de Lodos Activados Para el Camal Municipal del Cantón Mejía. (Trabajo de titulación). (Pregrado). [En línea] Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Ambiental, Quito-Ecuador. 2022b. pág.1-3. [Consulta: 2023-11-17]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23463>
86. **RÍOS, Núñez S; Y BENITEZ, Jiménez D.** “Análisis del funcionamiento económico productivo de los sistemas de producción cárnica bovina en la Amazonía Ecuatoriana”. *Archivos de Zootecnia* [en línea]. 2015, (Córdoba-España) 64(248), pág.2. [Consulta 19 noviembre 2023]. ISSN: 0004-0592. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49543393015>
87. **REYNA, Sofia.** *Industria cárnica y sus principales productos* [blog]. [Consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.metalboss.com.mx/industria-carnica-y-sus-principales-productos>
88. **RODRÍGUEZ, Lander.** *El proceso de tratamiento de aguas residuales y eliminación de contaminantes emergentes* [blog]. 2020a [Consulta: 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamiento-aguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes>
89. **RODRÍGUEZ, Lander.** *El proceso de tratamiento de aguas residuales y eliminación de contaminantes emergentes* [blog]. 2020b [Consulta: 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamiento-aguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes>
90. **RODRÍGUEZ, Lander.** *El proceso de tratamiento de aguas residuales y eliminación de contaminantes emergentes* [blog]. 2020c [Consulta: 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamiento-aguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes>
91. **RODRÍGUEZ, Lander.** *El proceso de tratamiento de aguas residuales y eliminación de contaminantes emergentes* [blog]. 2020b [Consulta: 15 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamiento-aguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes>
92. **SALAZAR, Alex.** Diseño de una planta de tratamiento de aguas de formación por electrocoagulación [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería y Geología en Petróleos, Quito, Ecuador. 2023a. pág.46-47. [Consulta: 2023-11-19]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23600>

93. **SELA, Guy.** *La conductividad eléctrica del agua y suelo* [blog]. 2023a [Consulta: 20 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://cropaia.com/es/blog/conductividad-electrica-del-agua-y-suelo/>
94. **SELA, Guy.** *La conductividad eléctrica del agua y suelo* [blog]. 2023b [Consulta: 20 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://cropaia.com/es/blog/conductividad-electrica-del-agua-y-suelo/>
95. **STS.** *Medición de conductividad en aguas natrales y otros líquidos* [blog]. 2020 [Consulta: 20 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.stssensors.com/es/blog/2020/07/01/conductivity-measurement-in-natural-waters-other-liquids/>
96. **SALAZAR, Alex.** Diseño de una planta de tratamiento de aguas de formación por electrocoagulación [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería y Geología en Petróleos, Quito, Ecuador. 2023b. pág.29. [Consulta: 2023-12-20]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23600>
97. **SALAZAR, Alex.** Diseño de una planta de tratamiento de aguas de formación por electrocoagulación [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería y Geología en Petróleos, Quito, Ecuador. 2023c. págs. 34-35. [Consulta: 2023-12-20]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23600>
98. **TICONA, Juan.** Tratamiento electroquímico de aguas residuales procedentes del Camal Municipal de Anta, Cusco - 2021 [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, Huancayo, Perú. 2021a. pág.29. [Consulta: 19-11-2023]. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10791/1/IV_FIN_107_TE_Ticona_Flores_2021.pdf
99. **TICONA, Juan.** Tratamiento electroquímico de aguas residuales procedentes del Camal Municipal de Anta, Cusco - 2021 [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, Huancayo, Perú. 2021b. pág.39. [Consulta: 20-12-2023]. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10791/1/IV_FIN_107_TE_Ticona_Flores_2021.pdf
100. **VELASQUEZ, Angela.** Reducción de carga orgánica en el tratamiento avanzado de aguas residuales del camal Municipal de Chupaca mediante el método de electrocoagulación-Junin [En Línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Alas Peruanas, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Escuela Académico profesional de Ingeniería Ambiental,

Huancayo, Perú. 2017. pág.103. [Consulta: 14-12-2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1611>

101. **VIRESA.** *La forma más eficaz de medir la turbidez en el agua* [blog]. 2021 [Consulta: 19 de diciembre de 2023]. Disponible en: https://viresa.com.mx/blog_turbidez_en_el_agua

Cristian Tenetonda.S

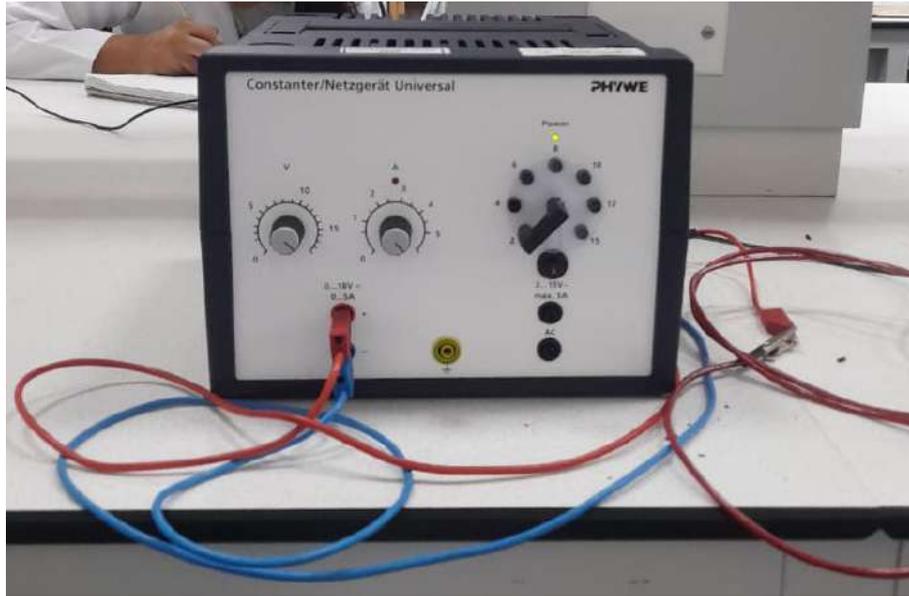


ANEXOS

ANEXO A: EQUIPO DE ELECTROCOAGULACIÓN A ESCALA DE LABORATORIO.



ANEXO B: FUENTE DE PODER UTILIZADA DE VOLTAJE 30-5 AMPERIOS.



ANEXO C: TOMA DE MUESTRAS EN LA CAJA DE CAPTACIÓN DEL CAMAL MUNICIPAL LA JOYA DE LOS SACHAS.



ANEXO D: EQUIPO DE ELECTROCOAGULACIÓN EN FUNCIONAMIENTO.



ANEXO E: VERIFICACIÓN DEL VOLTAJE DESEADO CON UN TURBIDÍMETRO.



ANEXO F: TRATAMIENTO DE ELECTROCOAGULACIÓN PASADO LOS 15 MINUTOS – VOLTAJE 30.



ANEXO G: TRATAMIENTO DE ELECTROCOAGULACIÓN PASADO LOS 20 MINUTOS – VOLTAJE 30.



ANEXO H: MUESTRAS ANTES Y DESPUES DEL TRATAMIENTO.



ANEXO I: INFORME DE ANÁLISIS DE LA MUESTRA INICIAL

Francisco de Orellana, 06 de Febrero del 2023.

DATOS DEL SOLICITANTE					
Empresa: Jefatura de Prevención y Control de la Contaminación					
Solicitado por: Ing. Geovanny Salinas			Dirección: El Coca, Dayuma y César Andy		
Teléfono: 063731760			Correo: gsalinas1307@gmail.com		
DATOS DE LA MUESTRA					
Toma de muestra realizada por: Tec. Karla Torres					
Fecha de toma de muestra: 09-01-2024			Hora de toma de muestra: 07:30 Matriz: Agua		
Clasificación: Residual					
Identificación de muestra: M1 Agua Residual Industrial, Camal Municipal La Joya de los Sachas.					
DATOS DE INGRESO DE MUESTRA AL LABORATORIO					
Código laboratorio: a24-001			Responsable de ingreso: Nathaly Duman		
Fecha de ingreso: 09-01-2024			Hora de ingreso: 10:00		
Solicitud de análisis Nro.: 24-001-A			Consedoc Nro.: N/A		
DATOS DE ANÁLISIS					
Fecha final de análisis: 06-02-2023					
Analistas: Fulton Garay, Fernando Ramos, Cristian Shiguango, Nathaly Duman, Jennifer Villota					
RESULTADOS					
Ítem	Parámetro*	Método de referencia / Procedimiento Interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre
1	Potencial de Hidrógeno	SM 4500-H+ B, 23rd Ed./PT-01	~	6,64	3
2	Conductividad Eléctrica	SM 2510 B, 23 rd Ed./PT-02	µS/cm	3586	~
3	Demanda Química de Oxígeno	SM 5220 D, 23rd Ed./PT-04	mg/L	7047,66	11
4	Turbidez	SM 2130 B, 23rd Ed.	NTU	579,25	~
5	Coliformes Fecales	SM 9222 D, 23rd Ed.	UFC/100 ml	410	~
6	Sólidos Totales Suspendidos	SM 2540 D, 23rd Ed.	mg/L	440,00	~
7	DBO	Calculo Estequiometrico	mg/L	3171,45	~

Notas importantes:

El Laboratorio del GADPO no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente respecto a los datos de la muestra.

El laboratorio del GADPO no es responsable de la toma de muestra.

La muestra fue receptada en el laboratorio.

Los parámetros analizados fueron solicitados por el cliente.

El ensayo marcado con (*) no se encuentra considerado dentro del alcance de acreditación del Laboratorio del GADPO.

Los resultados emitidos en el presente informe corresponden exclusivamente a la muestra sometida a ensayo.

El cliente puede solicitar al laboratorio el registro de condiciones ambientales correspondiente al rango de fechas en que se desarrolló el análisis de la muestra.



Ing. Fulton Garay Quiroz

RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO GADPO (E)

ANEXO J: INFORME DE ANÁLISIS POST-TRATAMIENTO EN CONDICIONES DE VOLTAJE 20-1HORA, PRUEBA 1



LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL DEL
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE ORELLANA

Dir.: Av. 9 de Octubre entre Dayuma y César Andy
Fco. de Orellana-Ecuador
Tel: (+593) 063 731 760 Ext.: 2114

INFORME DE RESULTADOS IA-003

Francisco de Orellana, 06 de Febrero del 2023.

DATOS DEL SOLICITANTE					
Empresa: Jefatura de Prevención y Control de la Contaminación					
Solicitado por: Ing. Geovanny Salinas			Dirección: El Coca, Dayuma y César Andy		
Teléfono: 063731760			Correo:gsalinas1307@gmail.com		
DATOS DE LA MUESTRA					
Toma de muestra realizada por: Tec. Karla Torres					
Fecha de toma de muestra: 15-01-2024			Hora de toma de muestra: 10:00		
Matriz: Agua			Clasificación: Residual		
Identificación de muestra: M1 Agua Residual, Tratada con Electrocoagulación 20 V en 1 Hora.					
DATOS DE INGRESO DE MUESTRA AL LABORATORIO					
Código laboratorio: a24-005			Responsable de ingreso: Nathaly Duman		
Fecha de ingreso: 15-01-2024			Hora de ingreso: 14:00		
Solicitud de análisis Nro.: 24-005-A			Consedoc Nro.: N/A		
DATOS DE ANÁLISIS					
Fecha final de análisis: 06-02-2023					
Analistas: Fulton Garay, Fernando Ramos, Cristian Shiguango, Nathaly Duman, Jennifer Villota					
RESULTADOS					
Ítem	Parámetro*	Método de referencia / Procedimiento Interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre
1	Potencial de Hidrógeno	SM 4500-H+ B, 23rd Ed./PT-01	-	8,10	3
2	Conductividad Eléctrica	SM 2510 B, 23 rd Ed./PT-02	µS/cm	1870	-
3	Demanda Química de Oxígeno	SM 5220 D, 23rd Ed./PT-04	mg/L	3860,51	11
4	Turbidez	SM 2130 B, 23rd Ed.	NTU	165,67	-
5	Coliformes Fecales	SM 9222 D, 23rd Ed.	UFC/100 ~ ml	600	
6	Sólidos Totales Suspendidos	SM 2540 D, 23rd Ed.	mg/L	310,00	~
7	DBO	Calculo Estequiometrico	mg/L	1737,23	-

Notas importantes:

El Laboratorio del GADPO no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente respecto a los datos de la muestra.

El laboratorio del GADPO no es responsable de la toma de muestra.

La muestra fue receptada en el laboratorio.

Los parámetros analizados fueron solicitados por el cliente.

El ensayo marcado con (*) no se encuentra considerado dentro del alcance de acreditación del Laboratorio del GADPO.

Los resultados emitidos en el presente informe corresponden exclusivamente a la muestra sometida a ensayo.

El cliente puede solicitar al laboratorio el registro de condiciones ambientales correspondiente al rango de fechas en que se desarrolló el análisis de la muestra.

Ing. Fulton Garay Quiroz

RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO GADPO (E)

F-M-C-09

Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe sin la autorización escrita del laboratorio

ANEXO K: INFORME DE ANÁLISIS POST-TRATAMIENTO EN CONDICIONES DE VOLTAJE 20-1HORA, PRUEBA 2.



LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL DEL
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE ORELLANA

Dir.: Av. 9 de Octubre entre Dayuma y César Andy
Fco. de Orellana-Ecuador
Tel: (+593) 063 731 760 Ext.: 2114

INFORME DE RESULTADOS IA-005

Francisco de Orellana, 06 de Febrero del 2023.

DATOS DEL SOLICITANTE					
Empresa: Jefatura de Prevención y Control de la Contaminación					
Solicitado por: Ing. Geovanny Salinas			Dirección: El Coca, Dayuma y César Andy		
Teléfono: 063731760			Correo:gsalinas1307@gmail.com		
DATOS DE LA MUESTRA					
Toma de muestra realizada por: Tec. Karla Torres					
Fecha de toma de muestra: 16-01-2024			Hora de toma de muestra: 11:50		
Matriz: Agua			Clasificación: Residual		
Identificación de muestra: M1 Agua Residual, Tratada con Electrocoagulación 20 V en 1 Hora.					
DATOS DE INGRESO DE MUESTRA AL LABORATORIO					
Código laboratorio: a24-012			Responsable de ingreso: Jennifer Villota		
Fecha de ingreso: 16-01-2024			Hora de ingreso: 13:50		
Solicitud de análisis Nro.: 24-012-A			Consedoc Nro.: N/A		
DATOS DE ANÁLISIS					
Fecha final de análisis: 06-02-2023					
Analistas: Fulton Garay, Fernando Ramos, Cristian Shiguango, Nathaly Duman, Jennifer Villota					
RESULTADOS					
Ítem	Parámetro*	Método de referencia / Procedimiento Interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre
1	Potencial de Hidrógeno	SM 4500-H+ B, 23rd Ed./PT-01	-	7,73	3
2	Conductividad Eléctrica	SM 2510 B, 23 rd Ed./PT-02	µS/cm	1937	-
3	Demanda Química de Oxígeno	SM 5220 D, 23rd Ed./PT-04	mg/L	3953,53	11
4	Turbidez	SM 2130 B, 23rd Ed.	NTU	270,36	-
5	Coliformes Fecales	SM 9222 D, 23rd Ed.	UFC/100 ml	220	~
6	Sólidos Totales Suspendidos	SM 2540 D, 23rd Ed.	mg/L	580,00	~
7	DBO	Calculo Estequiometrico	mg/L	1779,09	-

Notas importantes:

El Laboratorio del GADPO no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente respecto a los datos de la muestra.
El laboratorio del GADPO no es responsable de la toma de muestra.
La muestra fue receptada en el laboratorio.
Los parámetros analizados fueron solicitados por el cliente.
El ensayo marcado con (*) no se encuentra considerado dentro del alcance de acreditación del Laboratorio del GADPO.
Los resultados emitidos en el presente informe corresponden exclusivamente a la muestra sometida a ensayo.
El cliente puede solicitar al laboratorio el registro de condiciones ambientales correspondiente al rango de fechas en que se desarrolló el análisis de la muestra.

Ing. Fulton Garay Quiroz

RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO GADPO (E)

ANEXO L: INFORME DE ANÁLISIS POST-TRATAMIENTO EN CONDICIONES DE VOLTAJE 30-1HORA, PRUEBA 1.



LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL DEL
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE ORELLANA

Dir.: Av. 9 de Octubre entre Dayuma y César Andy
Fco. de Orellana-Ecuador
Tel: (+593) 063 731 760 Ext.: 2114

INFORME DE RESULTADOS IA-007

Francisco de Orellana, 06 de Febrero del 2023.

DATOS DEL SOLICITANTE					
Empresa: Jefatura de Prevención y Control de la Contaminación					
Solicitado por: Ing. Geovanny Salinas			Dirección: El Coca, Dayuma y César Andy		
Teléfono: 063731760			Correo:gsalinas1307@gmail.com		
DATOS DE LA MUESTRA					
Toma de muestra realizada por: Tec. Karla Torres					
Fecha de toma de muestra: 17-01-2024			Hora de toma de muestra: 09:40		
Matriz: Agua			Clasificación: Residual		
Identificación de muestra: M1 Agua Residual, Tratada con Electrocoagulación 30 V en 1 Hora.					
DATOS DE INGRESO DE MUESTRA AL LABORATORIO					
Código laboratorio: a24-008			Responsable de ingreso: Nathaly Duman		
Fecha de ingreso: 17-01-2024			Hora de ingreso: 14:00		
Solicitud de análisis Nro.: 24-008-A			Consedoc Nro.: N/A		
DATOS DE ANÁLISIS					
Fecha final de análisis: 06-02-2023					
Analistas: Fulton Garay, Fernando Ramos, Cristian Shiguango, Nathaly Duman, Jennifer Villota					
RESULTADOS					
Ítem	Parámetro*	Método de referencia / Procedimiento Interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre
1	Potencial de Hidrógeno	SM 4500-H+ B, 23rd Ed./PT-01	-	7,42	3
2	Conductividad Eléctrica	SM 2510 B, 23 rd Ed./PT-02	µS/cm	2130	-
3	Demanda Química de Oxígeno	SM 5220 D, 23rd Ed./PT-04	mg/L	3834,35	11
4	Turbidez	SM 2130 B, 23rd Ed.	NTU	257,85	-
5	Coliformes Fecales	SM 9222 D, 23rd Ed.	UFC/100 ml	820	~
6	Sólidos Totales Suspendidos	SM 2540 D, 23rd Ed.	mg/L	180,00	~
7	DBO	Calculo Estequiometrico	mg/L	1725,46	-

Notas importantes:

El Laboratorio del GADPO no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente respecto a los datos de la muestra.

El laboratorio del GADPO no es responsable de la toma de muestra.

La muestra fue receptada en el laboratorio.

Los parámetros analizados fueron solicitados por el cliente.

El ensayo marcado con (*) no se encuentra considerado dentro del alcance de acreditación del Laboratorio del GADPO.

Los resultados emitidos en el presente informe corresponden exclusivamente a la muestra sometida a ensayo.

El cliente puede solicitar al laboratorio el registro de condiciones ambientales correspondiente al rango de fechas en que se desarrolló el análisis de la muestra.

Ing. Fulton Garay Quiroz

RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO GADPO (E)

ANEXO M: INFORME DE ANÁLISIS POST-TRATAMIENTO EN CONDICIONES DE VOLTAJE 30-1HORA, PRUEBA 2



LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL DEL
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE ORELLANA

Dir.: Av. 9 de Octubre entre Dayuma y César Andy
Fco. de Orellana-Ecuador
Tel: (+593) 063 731 760 Ext.: 2114

INFORME DE RESULTADOS IA-008

Francisco de Orellana, 06 de Febrero del 2023.

DATOS DEL SOLICITANTE					
Empresa: Jefatura de Prevención y Control de la Contaminación					
Solicitado por: Ing. Geovanny Salinas			Dirección: El Coca, Dayuma y César Andy		
Teléfono: 063731760			Correo:gsalinas1307@gmail.com		
DATOS DE LA MUESTRA					
Toma de muestra realizada por: Tec. Karla Torres					
Fecha de toma de muestra: 18-01-2024			Hora de toma de muestra: 10:40		
Matriz: Agua			Clasificación: Residual		
Identificación de muestra: M1 Agua Residual, Tratada con Electrocoagulación 30 V en 1 Hora.					
DATOS DE INGRESO DE MUESTRA AL LABORATORIO					
Código laboratorio: a24-009			Responsable de ingreso: Nathaly Duman		
Fecha de ingreso: 18-01-2024			Hora de ingreso: 13:55		
Solicitud de análisis Nro.: 24-009-A			Consedoc Nro.: N/A		
DATOS DE ANÁLISIS					
Fecha final de análisis: 06-02-2023					
Analistas: Fulton Garay, Fernando Ramos, Cristian Shiguango, Nathaly Duman, Jennifer Villota					
RESULTADOS					
Ítem	Parámetro*	Método de referencia / Procedimiento Interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre
1	Potencial de Hidrógeno	SM 4500-H+ B, 23rd Ed./PT-01	-	6,68	3
2	Conductividad Eléctrica	SM 2510 B, 23 rd Ed./PT-02	µS/cm	1915	-
3	Demanda Química de Oxígeno	SM 5220 D, 23rd Ed./PT-04	mg/L	4017,74	11
4	Turbidez	SM 2130 B, 23rd Ed.	NTU	177,89	-
5	Coliformes Fecales	SM 9222 D, 23rd Ed.	UFC/100 ml	100	~
6	Sólidos Totales Suspendidos	SM 2540 D, 23rd Ed.	mg/L	260,00	~
7	DBO	Calculo Estequiometrico	mg/L	1848,48	-

Notas importantes:

El Laboratorio del GADPO no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente respecto a los datos de la muestra.

El laboratorio del GADPO no es responsable de la toma de muestra.

La muestra fue receptada en el laboratorio.

Los parámetros analizados fueron solicitados por el cliente.

El ensayo marcado con (*) no se encuentra considerado dentro del alcance de acreditación del Laboratorio del GADPO.

Los resultados emitidos en el presente informe corresponden exclusivamente a la muestra sometida a ensayo.

El cliente puede solicitar al laboratorio el registro de condiciones ambientales correspondiente al rango de fechas en que se desarrolló el análisis de la muestra.

Ing. Fulton Garay Quiroz

RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO GADPO (E)

F-M-C-09

Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe sin la autorización escrita del laboratorio

ANEXO N: INFORME DE ANÁLISIS POST-TRATAMIENTO EN CONDICIONES DE VOLTAJE 20-2HORA, PRUEBA 1.



LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL DEL
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE ORELLANA

Dir.: Av. 9 de Octubre entre Dayuma y César Andy
Fco. de Orellana-Ecuador
Tel: (+593) 063 731 760 Ext.: 2114

INFORME DE RESULTADOS IA-009

Francisco de Orellana, 06 de Febrero del 2023.

DATOS DEL SOLICITANTE					
Empresa: Jefatura de Prevención y Control de la Contaminación					
Solicitado por: Ing. Geovanny Salinas			Dirección: El Coca, Dayuma y César Andy		
Teléfono: 063731760			Correo:gsalinas1307@gmail.com		
DATOS DE LA MUESTRA					
Toma de muestra realizada por: Tec. Karla Torres					
Fecha de toma de muestra: 19-01-2024			Hora de toma de muestra: 10:30		
Matriz: Agua			Clasificación: Residual		
Identificación de muestra: M1 Agua Residual, Tratada con Electrocoagulación 20 V en 2 Hora.					
DATOS DE INGRESO DE MUESTRA AL LABORATORIO					
Código laboratorio: a24-011			Responsable de ingreso: Jennifer Villota		
Fecha de ingreso: 19-01-2024			Hora de ingreso: 14:10		
Solicitud de análisis Nro.: 24-011-A			Consedoc Nro.: N/A		
DATOS DE ANÁLISIS					
Fecha final de análisis: 06-02-2023					
Analistas: Fulton Garay, Fernando Ramos, Cristian Shiguango, Nathaly Duman, Jennifer Villota					
RESULTADOS					
Ítem	Parámetro*	Método de referencia / Procedimiento Interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre
1	Potencial de Hidrógeno	SM 4500-H+ B, 23rd Ed./PT-01	-	8,63	3
2	Conductividad Eléctrica	SM 2510 B, 23 rd Ed./PT-02	µS/cm	2508	-
3	Demanda Química de Oxígeno	SM 5220 D, 23rd Ed./PT-04	mg/L	3454,29	11
4	Turbidez	SM 2130 B, 23rd Ed.	NTU	170,39	-
5	Coliformes Fecales	SM 9222 D, 23rd Ed.	UFC/100 ml	180	~
6	Sólidos Totales Suspendidos	SM 2540 D, 23rd Ed.	mg/L	230,00	~
7	DBO	Calculo Estequiometrico	mg/L	1554,43	-

Notas importantes:

El Laboratorio del GADPO no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente respecto a los datos de la muestra.

El laboratorio del GADPO no es responsable de la toma de muestra.

La muestra fue receptada en el laboratorio.

Los parámetros analizados fueron solicitados por el cliente.

El ensayo marcado con (*) no se encuentra considerado dentro del alcance de acreditación del Laboratorio del GADPO.

Los resultados emitidos en el presente informe corresponden exclusivamente a la muestra sometida a ensayo.

El cliente puede solicitar al laboratorio el registro de condiciones ambientales correspondiente al rango de fechas en que se desarrolló el análisis de la muestra.

Ing. Fulton Garay Quiroz

RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO GADPO (E)

F-M-C-09

Prohibida la reproducción total o parcial del presente informe sin la autorización escrita del laboratorio

ANEXO Ñ: INFORME DE ANÁLISIS POST-TRATAMIENTO EN CONDICIONES DE VOLTAJE 20-2HORA, PRUEBA 2.



LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL DEL
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE ORELLANA

Dir.: Av. 9 de Octubre entre Dayuma y César Andy
Fco. de Orellana-Ecuador
Tel: (+593) 063 731 760 Ext.: 2114

INFORME DE RESULTADOS IA-0010

Francisco de Orellana, 06 de Febrero del 2023.

DATOS DEL SOLICITANTE					
Empresa: Jefatura de Prevención y Control de la Contaminación					
Solicitado por: Ing. Geovanny Salinas			Dirección: El Coca, Dayuma y César Andy		
Teléfono: 063731760			Correo:gsalinas1307@gmail.com		
DATOS DE LA MUESTRA					
Toma de muestra realizada por: Tec. Karla Torres					
Fecha de toma de muestra: 20-01-2024			Hora de toma de muestra: 11:30		
Matriz: Agua			Clasificación: Residual		
Identificación de muestra: M1 Agua Residual, Tratada con Electrocoagulación 20 V en 2 Hora.					
DATOS DE INGRESO DE MUESTRA AL LABORATORIO					
Código laboratorio: a24-007			Responsable de ingreso: Jennifer Villota		
Fecha de ingreso: 20-01-2024			Hora de ingreso: 14:00		
Solicitud de análisis Nro.: 24-007-A			Consedoc Nro.: N/A		
DATOS DE ANÁLISIS					
Fecha final de análisis: 06-02-2023					
Analistas: Fulton Garay, Fernando Ramos, Cristian Shiguango, Nathaly Duman, Jennifer Villota					
RESULTADOS					
Ítem	Parámetro*	Método de referencia / Procedimiento Interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre
1	Potencial de Hidrógeno	SM 4500-H+ B, 23rd Ed./PT-01	~	7,52	3
2	Conductividad Eléctrica	SM 2510 B, 23 rd Ed./PT-02	µS/cm	1265	~
3	Demanda Química de Oxígeno	SM 5220 D, 23rd Ed./PT-04	mg/L	3674,87	11
4	Turbidez	SM 2130 B, 23rd Ed.	NTU	368,78	~
5	Coliformes Fecales	SM 9222 D, 23rd Ed.	UFC/100 ml	640	~
6	Sólidos Totales Suspendidos	SM 2540 D, 23rd Ed.	mg/L	140,00	~
7	DBO	Calculo Estequiometrico	mg/L	1653,69	~

Notas importantes:

El Laboratorio del GADPO no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente respecto a los datos de la muestra.

El laboratorio del GADPO no es responsable de la toma de muestra.

La muestra fue receptada en el laboratorio.

Los parámetros analizados fueron solicitados por el cliente.

El ensayo marcado con (*) no se encuentra considerado dentro del alcance de acreditación del Laboratorio del GADPO.

Los resultados emitidos en el presente informe corresponden exclusivamente a la muestra sometida a ensayo.

El cliente puede solicitar al laboratorio el registro de condiciones ambientales correspondiente al rango de fechas en que se desarrolló el análisis de la muestra.

Ing. Fulton Garay Quiroz

RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO GADPO (E)

ANEXO O: INFORME DE ANÁLISIS POST-TRATAMIENTO EN CONDICIONES DE VOLTAJE 30-2HORA, PRUEBA 1.



LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL DEL
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE ORELLANA

Dir.: Av. 9 de Octubre entre Dayuma y César Andy
Fco. de Orellana-Ecuador
Tel: (+593) 063 731 760 Ext.: 2114

INFORME DE RESULTADOS IA-0011

Francisco de Orellana, 06 de Febrero del 2023.

DATOS DEL SOLICITANTE					
Empresa: Jefatura de Prevención y Control de la Contaminación					
Solicitado por: Ing. Geovanny Salinas			Dirección: El Coca, Dayuma y César Andy		
Teléfono: 063731760			Correo:gsalinas1307@gmail.com		
DATOS DE LA MUESTRA					
Toma de muestra realizada por: Tec. Karla Torres					
Fecha de toma de muestra: 22-01-2024			Hora de toma de muestra: 11:30		
Matriz: Agua			Clasificación: Residual		
Identificación de muestra: M1 Agua Residual, Tratada con Electrocoagulación 30 V en 2 Horas.					
DATOS DE INGRESO DE MUESTRA AL LABORATORIO					
Código laboratorio: a24-004			Responsable de ingreso: Nathaly Duman		
Fecha de ingreso: 22-01-2024			Hora de ingreso: 13:00		
Solicitud de análisis Nro.: 24-004-A			Consedoc Nro.: N/A		
DATOS DE ANÁLISIS					
Fecha final de análisis: 06-02-2023					
Analistas: Fulton Garay, Fernando Ramos, Cristian Shiguango, Nathaly Duman, Jennifer Villota					
RESULTADOS					
Ítem	Parámetro*	Método de referencia / Procedimiento Interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre
1	Potencial de Hidrógeno	SM 4500-H+ B, 23rd Ed./PT-01	~	7,99	3
2	Conductividad Eléctrica	SM 2510 B, 23 rd Ed./PT-02	µS/cm	1381	~
3	Demanda Química de Oxígeno	SM 5220 D, 23rd Ed./PT-04	mg/L	2919,80	11
4	Turbidez	SM 2130 B, 23rd Ed.	NTU	95,53	~
5	Coliformes Fecales	SM 9222 D, 23rd Ed.	UFC/100 ml	500	~
6	Sólidos Totales Suspendidos	SM 2540 D, 23rd Ed.	mg/L	190,00	~
7	DBO	Calculo Estequiometrico	mg/L	1313,91	~

Notas importantes:

El Laboratorio del GADPO no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente respecto a los datos de la muestra.

El laboratorio del GADPO no es responsable de la toma de muestra.

La muestra fue receptada en el laboratorio.

Los parámetros analizados fueron solicitados por el cliente.

El ensayo marcado con (*) no se encuentra considerado dentro del alcance de acreditación del Laboratorio del GADPO.

Los resultados emitidos en el presente informe corresponden exclusivamente a la muestra sometida a ensayo.

El cliente puede solicitar al laboratorio el registro de condiciones ambientales correspondiente al rango de fechas en que se desarrolló el análisis de la muestra.

Ing. Fulton Garay Quiroz

RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO GADPO (E)

ANEXO P: INFORME DE ANÁLISIS POST-TRATAMIENTO EN CONDICIONES DE VOLTAJE 30-2HORA, PRUEBA 2.



LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL DEL
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE ORELLANA

Dir.: Av. 9 de Octubre entre Dayuma y César Andy
Fco. de Orellana-Ecuador
Tel: (+593) 063 731 760 Ext.: 2114

INFORME DE RESULTADOS IA-0012

Francisco de Orellana, 06 de Febrero del 2023.

DATOS DEL SOLICITANTE					
Empresa: Jefatura de Prevención y Control de la Contaminación					
Solicitado por: Ing. Geovanny Salinas			Dirección: El Coca, Dayuma y César Andy		
Teléfono: 063731760			Correo:gsalinas1307@gmail.com		
DATOS DE LA MUESTRA					
Toma de muestra realizada por: Tec. Karla Torres					
Fecha de toma de muestra: 23-01-2024			Hora de toma de muestra: 12:00		
Matriz: Agua			Clasificación: Residual		
Identificación de muestra: M1 Agua Residual Industrial, Tratada con Electrocoagulación en 30V - 2 Horas.					
DATOS DE INGRESO DE MUESTRA AL LABORATORIO					
Código laboratorio: a24-003			Responsable de ingreso: Nathaly Duman		
Fecha de ingreso: 23-01-2024			Hora de ingreso: 14:30		
Solicitud de análisis Nro.: 24-003-A			Consedoc Nro.: N/A		
DATOS DE ANÁLISIS					
Fecha final de análisis: 06-02-2023					
Analistas: Fulton Garay, Fernando Ramos, Cristian Shiguango, Nathaly Duman, Jennifer Villota					
RESULTADOS					
Ítem	Parámetro*	Método de referencia / Procedimiento Interno	Unidad	Resultado	Incertidumbre
1	Potencial de Hidrógeno	SM 4500-H+ B, 23rd Ed./PT-01	-	7,17	3
2	Conductividad Eléctrica	SM 2510 B, 23 rd Ed./PT-02	µS/cm	1859	-
3	Demanda Química de Oxígeno	SM 5220 D, 23rd Ed./PT-04	mg/L	1572,54	11
4	Turbidez	SM 2130 B, 23rd Ed.	NTU	207,98	~
5	Coliformes Fecales	SM 9222 D, 23rd Ed.	UFC/100 ml	290	~
6	Sólidos Totales Suspendidos	SM 2540 D, 23rd Ed.	mg/L	130,00	~
7	DBO	Calculo Estequiometrico	mg/L	687,39	-

Notas importantes:

El Laboratorio del GADPO no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente respecto a los datos de la muestra.

El laboratorio del GADPO no es responsable de la toma de muestra.

La muestra fue receptada en el laboratorio.

Los parámetros analizados fueron solicitados por el cliente.

El ensayo marcado con (*) no se encuentra considerado dentro del alcance de acreditación del Laboratorio del GADPO.

Los resultados emitidos en el presente informe corresponden exclusivamente a la muestra sometida a ensayo.

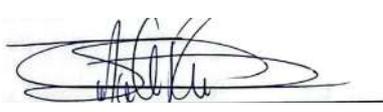
El cliente puede solicitar al laboratorio el registro de condiciones ambientales correspondiente al rango de fechas en que se desarrolló el análisis de la muestra.

Ing. Fulton Garay Quiroz
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO GADPO (E)



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 22/ 10 / 2024

INFORMACIÓN DE LA AUTORA
Karla Viviana Torres Ibarra
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniera Ambiental
 Ing. Jennifer Alexandra Orejuela Romero. MSc Director del Trabajo de Integración Curricular
 Ing. Carlos Rolando Rosero Erazo. MSc Asesor del Trabajo de Integración Curricular