



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

Tesis

Eficiencia de la electrocoagulación a nivel de laboratorio para remoción de aceites y grasas de aguas residuales domésticas. Moyobamba, 2021

Para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario

Autor:

John Gutiérrez Cubas

<https://orcid.org/0009-0006-3473-6093>

Asesor:

Blgo. M.Sc. Alfredo Iban Díaz Visitación

<https://orcid.org/0000-0002-9130-7598>

Codigo N° 6054621

Moyobamba, Perú

2023



FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

Tesis

**Eficiencia de la electrocoagulación a nivel
laboratorio para remoción de aceites y grasas de
aguas residuales domésticas. Moyobamba, 2021**

Para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario

Presentado por

John Gutiérrez Cubas

Sustenda y aprobada el 08 de setiembre del 2023, por los jurados:

Presidente de Jurado
Ing. M.Sc. Mirha Felícita Valverde Vera

Secretario de Jurado
Ing. M.Sc. Julio César De La Rosa Ríos

Vocal de Jurado
Lic. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo

Asesor
Blgo. M.Sc. Alfredo Iban Díaz Visitación

Moyobamba, Perú

2023



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME FINAL DE TESIS CONDUCENTES
A TÍTULO PROFESIONAL N.º 014-2023-UNSM/EPIS/UI**

Jurado reconocido con Resolución N.º 048-2021-UNSM/CFT/FE, Moyobamba 19 de marzo del 2021.

**FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA SANITARIA**

A las 7: 00 pm del día viernes 08 de setiembre del 2023, se dio inicio al acto público de sustentación del informe final de tesis: **"Eficiencia de la electrocoagulación a nivel de laboratorio para remoción de aceites y grasas de aguas residuales domésticas. Moyobamba, 2021"**, para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario, presentado por **John Gutiérrez Cubas**, con la asesoría del **Blgo. M.Sc. Alfredo Ibán Díaz Visitación**. Instalada la Mesa Directiva conformada por la **Ing. M.Sc. Mirtha Felicita Valverde Vera** (Presidente del jurado), **Ing. M.Sc. Julio César De La Rosa Ríos** (Secretario), **Lic. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo** (Vocal) y acompañado por el **Blgo. M.Sc. Alfredo Ibán Díaz Visitación** (Asesor), el presidente del jurado dirige brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la **Resolución N° 348-2021-UNSM/CFT/FE Moyobamba, 21 de octubre del 2021**.

Seguidamente el autor expuso el informe final de tesis y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y evaluando, con la venia del jurado, por el asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG-CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue... **QUINCE..... (15)**, tal como se deja constar en la siguiente descripción.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE ECOLOGÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria



De acuerdo con el Artículo 40° del RG-CTI, la nota obtenida es ... APROBATORIA y correspondiente a la calificación de... BUENO..... Leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo máximo de treinta (30) días calendarios.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de sustentaciones N° 001 del Programa de Estudios de Ingeniería Sanitaria de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ecología de la UNSM.

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del informe final tesis, en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las 20:30 horas, el mismo día 08 de setiembre del 2023.

Ing. M.Sc. Mirtha Felicita Valverde Vera
Presidente de Jurado

Ing. M.Sc. Julio César De La Rosa Ríos
Secretario de Jurado

Lic. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo
Vocal del Jurado

Blgo. M.Sc. Alfredo Ibán Díaz Visitación
Asesor

John Gutiérrez Cubas
Autor

Declaratoria de autenticidad

John Gutiérrez Cubas, con DNI N° 76083700, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Eficiencia de la electrocoagulación a nivel de laboratorio para remoción de aceites y grasas de aguas residuales domésticas. Moyobamba, 2021.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Moyobamba, 08 de setiembre del 2023



.....
John Gutiérrez Cubas

DNI N° 76083700

Ficha de identificación

Título del proyecto Eficiencia de la electrocoagulación a nivel de laboratorio para remoción de aceites y grasas de aguas residuales domésticas. Moyobamba, 2021	Área de investigación: Línea de investigación: Gestión integral y sostenible de los recursos naturales Sublínea de investigación: Grupo de investigación: Tipo de investigación: Básica <input type="checkbox"/> , Aplicada <input checked="" type="checkbox"/> , Desarrollo experimental <input type="checkbox"/>
Autor: John Gutiérrez Cubas	Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria
Asesor: Blgo. M. Sc. Alfredo Iban Díaz Visitación	Dependencia local de soporte: Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria Unidad o Laboratorio Ingeniería Sanitaria

Dedicatoria

Dedicado a Dios por ser soporte en mi camino, a mis padres por el apoyo inmensurable e incondicional brindado, y a mi escuela profesional por todos los conocimientos adquiridos duramente los cinco años de estadía.

Agradecimientos

- ✓ A Dios por haberme brindado los medios necesarios para la finalización de mi carrera profesional.

- ✓ A mis padres, por el inmensurable apoyo brindado en estos cinco años de estudio gracias a ellos he logrado llegar a estas instancias de estudio.

- ✓ A mi escuela profesional, por todas las enseñanzas y conocimientos impartidos en mi tiempo de estadía.

Índice general

Ficha de identificación	6
Dedicatoria	7
Agradecimientos	8
Índice general	9
Índice de tablas	11
Índice de figuras	12
RESUMEN.....	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN	15
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes de la investigación.....	17
2.2. Fundamentos teóricos	18
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación	25
3.1.1 Contexto de la investigación	25
3.1.2 Periodo de ejecución	25
3.1.3 Autorizaciones y permisos	25
3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad	25
3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales	26
3.2. Sistema de variables.....	26
3.2.1 Variables principales.....	26
3.3. Procedimientos de la investigación	26
3.3.1 Concentración inicial de aceites y grasas del agua residual doméstica	26
3.3.2 Densidad de corriente y tiempo óptimo para remover aceites y grasas	27
3.3.3 Efecto de electrocoagulación en la remoción en contraste con los LMP	31

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1 Aceites y grasas iniciales de la muestra tomada.....	32
4.2 Densidad de corriente y tiempo óptimo para remoción	32
4.3 Contratación de los aceites y grasas obtenidos con los LMP	38
4.4 Conprobación de la hipótesis.....	39
4.5 Discusión de resultados.....	40
CONCLUSIONES	42
RECOMENDACIONES.....	43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
ANEXOS	49

Índice de tablas

Tabla 1. Ubicación política del proyecto.....	25
Tabla 2. Coordenadas del punto de muestreo	25
Tabla 3. Criterios para el dimensionamiento del reactor Batch.....	27
Tabla 4. Datos de toma de muestra post tratamiento.....	30
Tabla 5. Datos de análisis post tratamiento	30
Tabla 6. Concentración inicial de la muestra.....	32
Tabla 7. Dimensiones del reactor Batch	32
Tabla 8. Remoción de aceites y grasas	34
Tabla 9. Remoción de turbidez.....	35
Tabla 10. Variación del parámetro pH	36
Tabla 11. Variación del parámetro temperatura	37
Tabla 12. Comparación con los límites máximos permisibles.....	38
Tabla 13. Nivel de remoción de aceites y grasas	40

Índice de figuras

Figura 1. Límites máximos permisibles para efluentes de PTAR.....	19
Figura 2. Ejemplo de dimensionado de un reactor Batch	22
Figura 3. Reacciones en la celda de electrocoagulación.....	23
Figura 4. Reactor Batch (vista isométrica)	33
Figura 5. Reactor Batch (vista perfil ancho).....	33
Figura 6. Reactor Batch (vista en planta).....	34
Figura 7. Remoción de aceites y grasas respecto al tiempo.....	35
Figura 8. Remoción de turbidez respecto al tiempo	36
Figura 9. Variación del parámetro pH	37
Figura 10. Variación del parámetro temperatura	38
Figura 11. Prueba de hipótesis para muestras emparejadas: aceites y grasas.....	39

RESUMEN

Eficiencia de la electrocoagulación a nivel de laboratorio para remoción de aceites y grasas de aguas residuales domésticas. Moyobamba, 2021

Durante los últimos años el tratamiento de las aguas residuales se ha convertido en algo imprescindible tanto para el cuidado del medio ambiente como para las actividades que desarrolla el ser humano en su entorno, por ello surge la necesidad de encontrar nuevas tecnologías más eficientes, económicas y a su vez amigables con el medio ambiente para su tratamiento, por tal razón en la presente investigación se usó la electrocoagulación para reducir los aceites y grasas presentes en el agua residual doméstica, teniendo en cuenta así el objetivo general de determinar la eficiencia de la electrocoagulación en la remoción de aceites y grasas de aguas residuales domésticas a nivel laboratorio y los objetivos específicos de determinar la concentración inicial de aceites y grasas del agua residual doméstica; de determinar la densidad de corriente y tiempo óptimo de la electrocoagulación para remoción de aceites y grasas; de evaluar el efecto de la electrocoagulación en la remoción de concentración de aceites y grasas y comparar con los LMP. La investigación tuvo lugar en la ciudad de Moyobamba barrio de Belén sector Shango, durante un lapso de 12 meses donde se construyó un reactor tipo Batch transparente de material acrílico de dimensiones de 20 cm de largo, 15 cm de ancho y 14 cm de alto con un borde libre de 4 cm para la formación de natas, dando así un volumen útil de 4,2 L, en el interior del reactor se dispuso 6 electrodos de aluminio de medidas 10 cm de largo y 10 cm de ancho los cuales a su vez estaban conectados a una fuente de corriente externa. Posteriormente se realizó un análisis de los parámetros de aceites y grasas y turbidez para así conocer su concentración inicial, en la parte experimental el agua residual doméstica fue sometida a tratamiento por electrocoagulación con densidades de corriente de 33 A/m² y 50 A/m² durante 25 y 30 minutos con en cada uno de ellos. Finalmente se realizaron 4 análisis de aceites y grasas y turbidez posteriores al tratamiento para conocer su concentración final y así determinar los porcentajes de remoción, llegando así a los siguientes resultados : 92,55 % de remoción para los aceites y grasas y 84,52 % de remoción para turbidez, concluyendo de esta manera que la eficiencia de la electrocoagulación en la remoción de aceites y grasas de aguas residuales domésticas a nivel laboratorio es alta llegando a cumplir y estar debajo de los LMP exigidos, además de concluir que la densidad de corriente y tiempo de tratamiento óptimo para remover aceites y grasas del agua residual estudiada es 50 A/m² y 30 minutos respectivamente.

Palabras claves: Eficiencia, Electrocoagulación, densidad de corriente, aceites y grasas, remoción

ABSTRACT

Efficiency of electrocoagulation at laboratory level for oil and grease removal from domestic wastewater. Moyobamba, 2021

During the last few years, wastewater treatment became essential both for the care of the environment and for the activities carried out by human beings in their environment, thus the need of finding new, more efficient, economical and environmentally friendly technologies for its treatment, For this reason, electrocoagulation was used in this research to reduce the oils and greases present in domestic wastewater, having as general objective to determine the efficiency of electrocoagulation in the removal of oils and greases from domestic wastewater at laboratory level and the specific objectives to determine the initial concentration of oils and greases in domestic wastewater; to determine the current density and optimum time of electrocoagulation for oil and grease removal; to evaluate the effect of electrocoagulation in the removal of oil and grease concentration and to compare with the MPL. The research took place in the city of Moyobamba, in the district of Belen, Shango sector, during a period of 12 months. A transparent Batch reactor of acrylic material was built with dimensions of 20 cm long, 15 cm wide and 14 cm high with a free edge of 4 cm for the formation of creams, thus giving a useful volume of 4.2 L. Inside the reactor 6 aluminum electrodes were placed, measuring 10 cm long and 10 cm wide, which in turn were connected to an external current source. Subsequently, an analysis of the parameters of oils and grease and turbidity was carried out to determine their initial concentration. In the experimental part, the domestic wastewater was subjected to treatment by electrocoagulation with current densities of 33 A/m² and 50 A/m² for 25 and 30 minutes with each of them. Finally, four post-treatment analyses of oils and grease and turbidity were carried out to determine their final concentration and thus determine the removal percentages, with the following results: 92.55 % removal for oils and grease and 84.52 % removal for turbidity. It was concluded that the efficiency of electrocoagulation in the removal of oils and grease from domestic wastewater at laboratory level is high, reaching and being below the required MPLs, in addition to concluding that the optimal current density and treatment time to remove oils and grease from the wastewater studied is 50 A/m² and 30 minutes respectively.

Keywords: Efficiency, electrocoagulation, current density, oils and greases, removal



CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

En el mundo, el tratamiento de aguas residuales es preocupante ya que el 80 % del total de estas se vierten en cuerpos receptores de agua sin ser tratadas o tratadas de manera inadecuada, debido a esto no solo el medio ambiente se ve afectado negativamente sino también los pueblos rurales y los habitantes de bajos ingresos que dependen económicamente de actividades tales como la pesca, además mencionar que por un mal proceso de tratamiento se ve contribuido la degradación tanto del agua superficial como subterránea, haciendo que el recurso hídrico peligre cada vez más en el mundo (UNESCO, 2017).

Los aceites y las grasas que se encuentran en las aguas residuales figuran entre uno de los componentes más perjudiciales para el medio ambiente ya que son extremadamente estables y no se mezclan con el agua, gracias a ello estos permanecen sobre la superficie del agua formando espumas y natas, los cuales a su vez reducen el oxígeno presente en el agua perjudicando así a todos los seres vivos que viven en ella (Bravo, Osorno y Salgado, 2016).

El 70% de las aguas residuales que se produce en el país no cuentan con ningún tipo de tratamiento. Además de las 143 plantas de tratamiento que se tiene a nivel nacional las cuales están conformado principalmente por lagunas de estabilización, 16 de ellas no funcionan y al menos 50 tienen deficiencias en la etapa de mantenimiento, por esta razón, es difícil cumplir con los límites máximos permisibles establecidos por la norma. Mencionar además estas aguas residuales son conformados por componentes orgánicos e inorgánicos, que si no se tratan pueden provocar efectos adversos en la salud. (SUNAAS, 2008).

La ciudad de Moyobamba carece de una planta de tratamiento para aguas residuales, por lo que todas las aguas residuales generadas en la ciudad son vertidas en el río Mayo causando daños al ambiente y a cualquier forma de vida que habita esta corriente de agua, así mismo en el sector Shango ubicado en el barrio de Belén algunas viviendas no cuentan con alcantarillado, es por eso que las aguas residuales producidas por las viviendas del sector son vertidas al desagüe anexo a estos mismos causando malos olores, contaminación al medio ambiente y proliferación de organismos patógenos. Por tal razón se busca usar la electrocoagulación como nueva tecnología para remover los aceites y grasas presentes en el agua residual doméstica, formulándose así la siguiente pregunta: ¿Cuál es la eficiencia de remoción de aceites y grasas por electrocoagulación en aguas

residuales domésticas a nivel de laboratorio?, asumiendo así la hipótesis de investigación “La eficiencia de remoción de aceites y grasas por electrocoagulación en aguas residuales domésticas a nivel de laboratorio es alta”

El objetivo general de la investigación fue: Determinar la eficiencia de la electrocoagulación a nivel de laboratorio para la remoción de aceites y grasas de aguas residuales domésticas y los objetivos específicos : Determinar la concentración inicial de aceites y grasas del agua residual domestica; determinar la densidad de corriente y tiempo óptimo de la electrocoagulación para la remoción de aceites y grasas; finalmente evaluar el efecto de la electrocoagulación en la remoción de concentración de aceites y grasas y comparar con los LMP.

La investigación buscó encontrar la eficiencia de una nueva tecnología amigable con el ambiente para remover las aceites y grasas del agua residual doméstica para así disminuir la contaminación que estos generan al medio ambiente, además los resultados logrados puedan servir como antecedente para realizar investigaciones a mayor escala.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Antecedentes internacionales

Según Hernández y Mejía (2019), en su investigación realizado en Colombia ciudad de Bogotá evaluaron a nivel de laboratorio la disminución de los contaminantes del agua residual estudiada a travez del sistema de electrocoagulación, en donde usaron electrodos de aluminio, una densidad de corriente de $0,023 \text{ A/cm}^2$, una intensidad de corriente de 2A y un periodo de residencia de 4 horas, logrando asi determinar los porcentajes de reducción de los siguientes parámetros del agua residual : sólidos suspendidos totales 93,15 %, DQO 95,79 %, sólidos sedimentables totales 99,36 %, y aceites y grasas 91,78 %.

Según Fonseca y Panimbosa (2021) en su investigación realizado en Ecuador ciudad de Latacunga diseñaron y construyeron un electrocoagulador para poder tratar y a su vez evaluar la disminución de los contaminantes de aguas residuales proveniente de industria láctea, los autores emplearon como electrodos laminas de aluminio, un voltaje de 20 V y un tiempo de duración del tratamiento de 24 minutos removiendo así los siguientes parámetros :sólidos totales 86,49%, DBO 85,62 %, DQO 90,91 %, y aceites y grasas 91,01%.

Antecedentes nacionales

Según Morales (2018), en su estudio realizado en Perú ciudad de Lima empleo la electrocoagulación para reducir las concentraciones de los aceites y grasas de un agua residual resultante de la industria láctea concluyendo así lo siguiente: para el tipo de agua residual estudiada, se obtiene una reducción de aceites y grasas en un alto porcentaje usando únicamente ánodos de aluminio a diferencia de cuando se usa ánodos de aluminio y hierro ya que entre estos no existe sinergia alguna. Es así que el autor usando placas de aluminio, densidad de corriente óptima de $76,92 \text{ A/m}^2$ y un periodo de tratamiento óptimo de 25 minutos, logro obtener un 70,30 % de remoción en los aceites y grasas.

Según Paitan y Sifuentes (2018), en su estudio realizado en Perú ciudad de Huancayo empleo a nivel laboratorio la electrocoagulación para reducir los contaminantes de un agua residual resultante de un matadero de equinos concluyendo al termino lo siguiente: usando únicamente electrodos de aluminio, una densidad de corriente de $33,88 \text{ A/m}^2$ con un tratamiento durante 30 minutos, más del 90% de los parámetros del agua residual

estudiada son removidos, alcanzando en el parámetro de los aceites y grasas una remoción del 96,76 %.

Antecedentes locales.

Según Perales (2017), en su investigación realizado en Perú ciudad de Moyobamba localidad de Santa Ana Catalina uso para tratar el agua residual proveniente de las viviendas la fitorremediación mediante la utilización de plantas de jacinto de agua, logrando así concluir que: durante el estudio realizado, el aspecto más importante de la fitorremediación en el tratamiento aguas residuales fue la facultad de poder remover los siguientes parámetros: sólidos Totales con 79,17 %, DBO₅ con 94,71%, DQO con 92,83%, aceites y grasas con 94,72%, y una temperatura promedio de 28,6 °C.

Según Cruz (2021), en su investigación realizado en Perú ciudad de Moyobamba uso las trampas de grasas para poder disminuir la contaminación producida por las aguas residuales que provienen de restaurantes en el centro de la ciudad, llegando el autor a concluir que: en el cuarto muestreo realizado se produjo los mejores resultados al emplear la trampa de grasas, llegando a tener porcentajes de eficacia del 92,4% para la DQO, del 70,16% para la DBO, del 89,8% para los aceites y grasas y del 30,8% para sólidos suspendidos totales.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. Aguas residuales

Las aguas residuales domésticas contienen material suspendido y disuelto que son provenientes de áreas de vivienda y de servicios, son producidas especialmente por la biotransformación del cuerpo humano y las tareas domésticas. Dentro de los principales constituyentes del agua residual que se pueden encontrar son: sólidos, materia orgánica, grasas, sales, jabones y organismos patógenos. Por tal motivo surge la necesidad de realizar un tratamiento especial (Alianza por el agua, 2008).

2.2.2. Parámetros del agua residual

Aceites y grasas: En un agua residual los aceites y las grasas son determinados por extracción anticipada con un disolvente adecuado y después de la evaporación de este (Alianza por el agua, 2008).

Sólidos en suspensión: es el término utilizado para describir a la parte de los sólidos totales que son retenidos mediante una membrana filtrante de tamaño (0,45 mm). Tanto los sólidos no sedimentables y sedimentables conforman los sólidos en suspensión (Alianza

por el agua, 2008).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅): es el equivalente a la cantidad de oxígeno que se requiere para la oxidación biológica de los componentes orgánicos de las aguas residuales. Durante el período de cinco días el material biodegradable es consumido cerca del 70% (Alianza por el agua, 2008).

Demanda Química de Oxígeno (DQO): es el equivalente a la cantidad de oxígeno (mg/l) requerido para que los agentes químicos oxidantes logren oxidar los componentes orgánicos en el agua y lo transformen en CO₂ Y H₂O (Alianza por el agua, 2008).

Nitrógeno: en las aguas residuales se encuentran en forma de nitrógeno orgánico, amoníaco y en menores cantidades de nitratos y nitritos. Generalmente para realizar su cuantificación se suele utilizar métodos de espectrofotometría (Alianza por el agua, 2008).

Fósforo: se presentan mayormente en las aguas residuales como polifosfatos y fosfatos orgánicos. De igual manera que las diferentes formas nitrogenadas estos se determinan por métodos de espectrofotometría (Alianza por el agua, 2008).

Organismos patógenos: están presentes en las aguas residuales en cantidades muy pequeñas, lo que dificulta su aislamiento, por lo que los coliformes son usados en su mayoría como organismos indicadores (Alianza por el agua, 2008).

2.2.3. Límites máximos permisibles

Son los que regulan el vertimiento de las aguas residuales municipales y domésticas tratadas por las plantas de tratamiento en cuerpos de agua, teniéndose así que cumplirse con los LMP exigidos.

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Figura 1.
Límites máximos permisibles para efluentes de PTAR

* Nota. Fuente: Decreto Supremo N° 003-2010- MINAM

2.2.4. Electrocoagulación

Para remover o eliminar los contaminantes presentes en el agua ya sea que estén en suspensión, disueltos o emulsionados, la electrocoagulación es también el proceso el cual utiliza principalmente la electricidad durante el proceso de tratamiento. En el lapso del tratamiento se logra inducir corriente eléctrica al agua residual por medio de láminas metálicas paralelas de diferentes materiales como lo son el aluminio y hierro, puesto que estos son usados con mayor frecuencia (Arango, 2005).

La corriente eléctrica proporcionada a través de los electrodos produce la liberación de iones tanto positivos como negativos, en el ánodo se generan iones metálicos los cuales desestabilizan la forma en la que los contaminantes se encuentran sea que estén suspendidos o emulsionados, también se forman hidróxidos complejos resultado de la reacción entre los iones metálicos y iones hidroxidos generados en el cátodo, mediante estos hidróxidos complejos todos los compuestos desestabilizados son atraídos y adsorbidos, dando así lugar a la formación de agregados o floculos. Cuando esto sucede los agregados formados son precipitados o arrastrados a la superficie del agua gracias a las burbujas de hidrogeno gaseoso generados en el cátodo (Arango, 2005).

2.2.5. Remoción de contaminantes

Numerosos contaminantes, como partículas en suspensión, metales pesados, colores, materia orgánica, aceites, grasas, iones y radionucleidos, se puede remover mediante la electrocoagulación. Las características fisicoquímicas de los contaminantes inciden e interactúan en la remoción del contaminante, por ejemplo, los iones pueden ser electroprecipitados mientras que las partículas en suspensión son adsorbidas por el coagulante. (Holt, 2002a: s.n.p.), citado por (Roa et al, 2014).

2.2.6. Procesos en la electrocoagulación

Pueden observarse los siguientes procesos generales en la electrocoagulación:

- ✓ En la superficie del electrodo se producen reacciones electrolíticas.
- ✓ Durante la fase acuosa se produce la formación de coagulantes
- ✓ El coagulante absorbe los contaminantes solubles o coloidales, que luego se eliminan por flotación o sedimentación (Can, 2003), citado por (Roa et al.2014).

2.2.7. Factores que afectan la electrocoagulación

A) Densidad de corriente

Es el suministro de corriente por metro cuadrado del electrodo, este a su vez en la electrocoagulación determina cuántos iones de aluminio Al^{+3} o de hierro Fe^{+2} se liberan en

cada electrodo. Si se usa corrientes demasiado elevadas la energía eléctrica puede convertirse en energía térmica que puede ser capaz de calentar el agua. La pérdida de eficiencia por este factor se debe al uso de densidades de corriente muy altas, por eso se recomienda utilizar densidades de corriente entre 20 y 25 A/m² (Arango, 2005).

B) Presencia de NaCl

La conductividad de las aguas residuales aumenta por la presencia de sal. En estudios anteriores se ha mostrado que los iones cloruro disminuyen los efectos negativos de los iones HCO₃⁻ y SO₄, dado que la presencia de iones carbonato o sulfato pueden hacer que el Ca⁺² y el Mg⁺² precipiten y formen una capa insoluble encima de los electrodos, aumentando así su intensidad entre los electrodos y disminuyendo la eficacia de la corriente. Por tal motivo para el proceso de electrocoagulación se aconseja mantener la concentración de Cl⁻ al 20% (Arango, 2005).

C) pH

El pH influye en el proceso de electrocoagulación y eficiencia de la corriente, también está relacionada con la disolución del hidróxido del metal. En estudios anteriores se ha visto que con valores de pH próximos a 7 se obtiene una mayor reducción de los contaminantes, sin embargo, a pH neutro se consume mucha energía debido a los cambios en la conductividad. El material del electrodo produce una variación en el pH y pH inicial del agua a tratar, por eso después de la electrocoagulación el pH del agua residual ácida puede aumentar mientras que el pH del agua alcalina puede disminuir (Arango, 2005).

D) Temperatura

No se ha investigado mucho cómo afecta la temperatura a la electrocoagulación, sin embargo, se ha encontrado que la temperatura inicialmente aumenta la eficacia de la corriente hasta que alcanza su punto máximo de 60°C tras lo cual desciende. La temperatura genera un aumento de la eficiencia de la electrocoagulación principalmente porque favorece una mayor actividad para deteriorar la capa de óxido de aluminio de la superficie del electrodo (Arango, 2005).

E) Tipo de material de los electrodos.

El aluminio y el hierro son los dos materiales que se emplean con más frecuencia en la electrocoagulación, estos suelen tener la forma de laminas o placas. Por su gran eficacia en tratar aguas residuales, los electrodos de aluminio son comúnmente los más usados y esto por la alta eficiencia de la autogeneración de agentes coagulantes (Chen, 2004), citado por (Roa et al. 2014).

Tiempo de residencia

La cantidad de sólidos formados y el tiempo de permanencia en el reactor están relacionados entre sí, porque este favorece la disolución de los electrodos, a la precipitación de los sólidos y la formación de floculos, además gracias al tiempo se logran producir más gases, los cuales arrastran a las partículas de óxido a la superficie en forma de espuma favoreciendo así el crecimiento de flóculos y la precipitación posterior de estos mismos (Aguilar, 2015), citado por (Velásquez, 2017).

2.2.8. Reactor para la electrocoagulación

El reactor utilizado en la electrocoagulación es un reactor Batch de material acrílico en su forma más simple, esto es así porque permite estudiar el proceso y los parámetros del agua residual. En el interior del reactor se encuentran los ánodos y un cátodo que están puestos de manera vertical conectados a una fuente de electricidad y es durante la electrocoagulación que el ánodo sufre corrosión por la electricidad debido a la oxidación, por otro lado, el cátodo permanece pasivo. Se utilizan celdas con electrodos monopolares acoplados en serie o en paralelo por su gran superficie para así producir una alta tasa de disolución del metal (Arango, 2005).

Para el diseño del reactor se debe considerar los siguientes:

Zona superior para la formación de lodos o espumas

Zona media o de reacción lugar donde los electrodos están dispuestos

Zona baja lugar donde los sólidos formados son precipitados (Revelo, 2021)

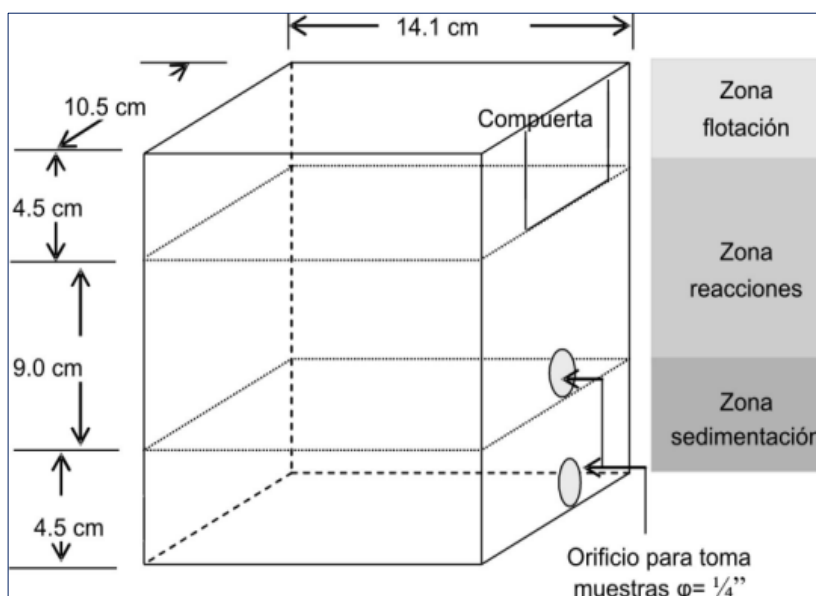


Figura 2.
Ejemplo de dimensionado de un reactor Batch

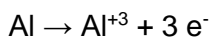
* Nota. Fuente: Diseño de una celda de electrocoagulación, Arango y Gárces, 2007

2.2.9. Reacciones en la electrocoagulación

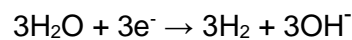
Durante el proceso de electrólisis se producen reacciones anódicas en el lado positivo, y reacciones catódicas en el lado negativo. Los electrodos de hierro o aluminio utilizados como electrodos de sacrificio son los que aportan iones al sistema, los cuales neutralizan las cargas de las partículas logrando así su desestabilización, dando lugar así el inicio del proceso de coagulación. (Arango, 2005)

En la electrólisis en un ánodo de aluminio ocurren las siguientes reacciones:

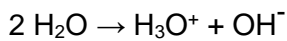
En el ánodo:



En el cátodo:



Al mismo tiempo las moléculas de agua son descompuestas por la electricidad



Los iones Al^{3+} reaccionan con los iones OH^{-} para así formar el $\text{Al}(\text{OH})_3$, que actúa como coagulante precipitando los contaminantes (Mona, Ahmed, Enas y Ahmed, 2015).

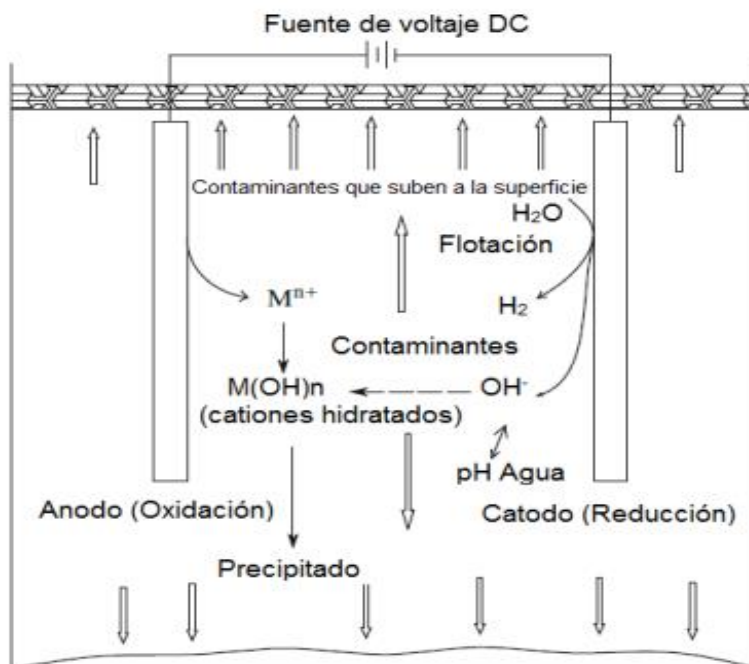
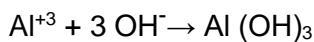


Figura 3.

Reacciones en la celda de electrocoagulación

* Nota. Fuente: Study of the electrocoagulation of electroplating industry wastewaters charged by nickel (II) and chromium (VI) by B. Lekhlif, L. Oudrhiri, F. Zidane, P. Drogui, J.F. Blais. 2013.

2.2.10. Definición de términos

Aceites y grasas: sustancias que no se pueden mezclar con el agua y tienden a permanecer en la superficie formando espumas y natas. Pueden ser de origen doméstico e industrial (Alianza por el Agua, 2008).

Ánodos: en una celda electrolítica es la parte negativa del electrodo donde se da la formación de iones metálicos que reaccionan con los contaminantes (Arango, 2005).

Cátodos: en una celda electrolítica es la parte positiva del electrodo donde se produce la generación de hidrogeno gaseoso y iones hidroxidos que ayudan a las partículas coaguladas a flotar (Arango, 2005).

DBO5: cantidad de oxigeno que se necesita para biologicamente oxidar los componentes de las aguas residuales. Durante cinco días aproximadamente el 70% de las sustancias biodegradables es consumido (Alianza por el Agua, 2008).

DQO: cantidad de oxigeno necesario para oxidar los componentes orgánicos presentes en el agua haciendo uso de agentes químicos oxidantes (Alianza por el Agua, 2008).

Electrocoagulación: proceso el cual desestabiliza las partículas dispersas tanto del agua natural como residual, para este proceso comunmente se usan electrodos de aluminio o hierro (Chen, 2004), citado por (Roa et al. 2014).

Densidad de corriente: la densidad de corriente (A/m^2) es la intensidad de corriente (A) por metro cuadrado (m^2) del electrodo, es la que determina la cantidad de iones metálicos de aluminio (Gallegos y Prado, 2022).

Electrodos: laminas de metal, formado por un cátodo y un ánodo que se utiliza como electrodo de sacrificio para aportar iones al sistema. Los mas usados son de aluminio y hierro (Arango, 2005).

Electrolisis: tecnología electroquímica en la que por intervención de la energía eléctrica se genera un cambio químico en un líquido (Roa et al. 2014).

LMP: es una medida de la cantidad de un determinado elemento, sustancia o conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas que, si se supera, puede dañar el medio ambiente, el bienestar humano y la salud (Ley general del ambiente N° 28611, 2005).

Reactor tipo Bach: reactor sin una entrada y salida para un flujo, forma parte de una celda electroquímica junto con los electrodos (Arango, 2005).

Remoción: disminución molecular de los contaminantes presentes en el medio acuoso (Roa et al. 2014).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

3.1.1 Contexto de la investigación

La investigación llevada a cabo se ubica políticamente en:

Tabla 1.

Ubicación política del proyecto

Ubicación	Lugar
Barrio	Belén
Distrito	Moyobamba
Provincia	Moyobamba
Departamento	San Martín

**Nota.* El cuadro muestra el lugar donde se llevó a cabo la investigación

Tabla 2.

Coordenadas del punto de muestreo

Punto cardinal	Coordenadas
Este	281215,24 m E
Norte	9332219,89 m S

**Nota.* El cuadro muestra las coordenadas UTM del punto de muestreo

3.1.2 Periodo de ejecución

La investigación fue ejecutada en un total de 12 meses desde el 21/10/21 al 20/10/22, con ampliación de plazo.

3.1.3 Autorizaciones y permisos

Por la ubicación del estudio no fueron necesarios

3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad

Por el tipo de investigación que se desarrollo se necesitaron únicamente equipos de protección personal básicos como mascarilla, guantes y bata de laboratorio.

3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales

La investigación fue desarrollada de manera ética, honesta, respetando al medio ambiente y a las personas. Los resultados producto de la investigación son presentados de manera verídica para que así sirva como antecedente de futuras investigaciones en beneficio de la población.

3.2. Sistema de variables

3.2.1 Variables principales

Variable dependiente (y):

Remoción de aceites y grasas

Variable independiente (x):

Electrocoagulación.

3.3. Procedimientos de la investigación

3.3.1 Concentración inicial de aceites y grasas del agua residual doméstica

1.- Con la indumentaria necesaria: guantes, mascarilla y bata de laboratorio se procedió a tomar la muestra inicial del agua residual doméstica, en envase de vidrio color ámbar para aceites y grasas y envase de plástico para turbidez ambos envases con capacidad de 1L perfectamente rotulados. Las muestras tomadas fueron puestas en un frigorífico para su conservación y posterior envío al laboratorio particular acreditado TYPESA Perú con número de registro N.º LE-099 ubicado en la ciudad de Callao, para el análisis correspondiente.

Técnica: En la toma de muestra se realizó según los siguientes criterios del Protocolo de monitoreo de los recursos hídricos del ANA los cuales se detallan a continuación:

Ubicación del punto de la toma de muestra: el cual debe ser en lugar de la descarga en este caso el punto de descarga de una vivienda.

Frecuencia del muestreo: cada semana.

Indumentaria: Guantes, mascarilla, bata de laboratorio

Tipo de muestra: muestra simple o puntual ya que solamente se tomó la muestra directamente en envase de vidrio y plástico

Método de muestreo: manual ya que para la recolección de la muestra se requirió un mínimo de equipo.

Envío de la muestra para el análisis de laboratorio: por medio de un frigorífico para la preservación de la muestra y así realizar el análisis correspondiente, adjuntado a esta la cadena de custodia.

Se uso una ficha técnica para plasmar los resultados de los análisis de laboratorio.

3.3.2 Densidad de corriente y tiempo óptimo para remover aceites y grasas

1.- Se dimensionó y construyó el reactor Batch, siendo este de material acrílico con una capacidad de 4.2 L, al cual se le realizó un agujero de ½" a 4 cm desde la base de la cara frontal del reactor para colocar la llave de agua por el cual las muestras fueron tomadas después del tratamiento. Posteriormente se compró una plancha de material aluminio de dimensiones 1,20 m x 1,00 m el cual se cortó en 6 placas pequeñas de medidas 10 cm x 10 cm para luego ser puestas en el reactor, finalmente se compró una fuente de alimentación de corriente de 30 V y 10 A incluido los cables para el polo positivo (ánodo) y polo negativo (cátodo) los cuales se conectaron a los electrodos dispuestos en el reactor, de esta manera el sistema de electrocoagulación estuvo listo para ser utilizado.

Técnica: Para el dimensionamiento del reactor se tomó en cuenta lo siguiente:

Tabla 3

Criterios para el dimensionamiento del reactor Batch

Aspecto	Medida
Zona de reacción para electrodos de 10 cm x 10 cm	10 cm
Zona de sedimentación (altura sosten del electrodo)	4 cm
Zona de flotación (borde libre)	4 cm
Espacio entre el electrodo y largo interior del reactor	2,5 cm
Espacio entre el electrodo y ancho interior del reactor	2,5 cm
Espacio ocupado por los 6 electrodos (esp. de 2,35 cm)	15 cm
Espesor de electrodo	0,15 cm

**Nota.* En la tabla se muestran los criterios para el dimensionamiento del reactor

2.- El tratamiento por electrocoagulación se desarrollo según el siguiente diseño experimental:

Diseño experimental: Esquema con un grupo control y grupo experimental (Hernández, 2014).

Grupo	Pretest	Tratamiento	Post test
GC	O ₁	-	O ₂
GE ₁	O ₁	X ₁	O ₃
GE ₂	O ₁	X ₂	O ₄
GE ₃	O ₁	X ₃	O ₅
GE ₄	O ₁	X ₄	O ₆

GC = Grupo control aguas residuales domésticas

GE₁ = Grupo experimental aguas residuales domésticas

GE₂ = Grupo experimental aguas residuales domésticas

GE₃ = Grupo experimental aguas residuales domésticas

GE₄ = Grupo experimental aguas residuales domésticas

O₁ = Concentración de aceites y grasas pre tratamiento

O₂ = Concentración de aceites y grasas post test sin tratamiento

O₃ = Concentración de aceites y grasas a los 25 minutos con densidad de corriente de 33,33 A/m²

O₄ = Concentración de aceites y grasas a los 30 minutos con densidad de corriente de 33,33 A/m²

O₅ = Concentración de aceites y grasas a los 25 minutos con densidad de corriente de 50,00 A/m²

O₆ = Concentración de aceites y grasas a los 30 minutos con densidad de corriente de 50,00 A/m²

X₁ = Electrocoagulación con electrodos de Al durante 25 minutos con densidad de corriente de 33,33 A/m²

X₂ = Electrocoagulación con electrodos de Al durante 30 minutos con densidad de corriente de 33,33 A/m²

X₃ = Electrocoagulación con electrodos de Al durante 25 minutos con densidad de corriente de 50,00 A/m²

X₄ = Electrocoagulación con electrodos de Al durante 30 minutos con densidad de corriente de 50,00 A/m²

De acuerdo al diseño experimental se realizaron en total 4 experimentos, donde el procedimiento efectuado es como se detalla a continuación:

Con la indumentaria necesaria bata de laboratorio, guantes y mascarilla se procedio a la toma de muestra del agua residual doméstica en un balde de plástico de capacidad de 8 L, para luego llevarla al lugar de experimentación.

Con el reactor listo para su funcionamiento, se procedió a llenarlo con agua residual domestica hasta tener un volumen de 4 L.

Luego se conectaron los cables a los ánodos y cátodos.

Se encendió la fuente de alimentación para realizar el primer tratamiento durante 25 minutos con una densidad de corriente de $33,33 \text{ A/m}^2$.

Se procedió a apagar la fuente de alimentación.

Se dejo reposar 30 minutos para que los contaminantes coagulados puedan sedimentarse.

Se realizo la toma de muestra en envases de vidrio y plástico para luego ser puesta en el frigorífico

Se sacaron los electrodos del reactor.

Se lavo el reactor con agua potable.

Se instalaron los electrodos en el reactor para ser usado nuevamente.

Se procedió a llenar nuevamente el reactor hasta alcanzar un volumen de 4 L.

Se conectaron los cables a los ánodos y cátodos.

Se encendió la fuente de alimentación para realizar el segundo tratamiento, durante 30 minutos con una densidad de corriente de $33,33 \text{ A/m}^2$.

Se procedió a apagar la fuente de alimentación.

Se dejo reposar 30 minutos para que los contaminantes coagulados puedan sedimentarse.

Se realizo la toma de muestra en envases de vidrio y plástico para luego ser puesta en el frigorífico

Se sacaron los electrodos del reactor.

Se lavo el reactor con agua potable para su uso posterior.

Se instalaron los electrodos en el reactor para ser usado nuevamente

El mismo procedimiento fue realizado para el tercer y cuarto tratamiento donde se uso una densidad de corriente de 50,00 A/m² durante 25 y 30 minutos. En total se usaron 16 L de agua residual doméstica.

Técnica: En los 4 experimentos se usó un cronómetro y un amperímetro para poder controlar el tiempo de tratamiento y densidad de corriente respectivamente, de ese modo el diseño experimental fue desarrollado según lo planteado.

3.- Después de la toma de muestra post tratamiento se realizó el análisis por medio del laboratorio TYPASA Perú. Gracias a estos análisis se logró hallar la remoción en cada tratamiento de ese modo se pudo determinar la densidad de corriente y tiempo óptimo para la remoción.

Estas muestras fueron tomadas y analizadas en las siguientes fechas:

Tabla 4

Datos de toma de muestras post tratamiento

Orden de muestras	Fecha de toma de muestra
Primera muestra	30/07/2022
Segunda muestra	30/07/2022
Tercera muestra	05/08/2022
Cuarta muestra	05/08/2022

**Nota.* En la tabla se muestran las fechas en las que las muestras fueron Tomadas

Los análisis fueron realizados por el laboratorio acreditado por el INACAL “TYPASA Perú” de la ciudad del Callao en las siguientes fechas:

Tabla 5

Datos de análisis post tratamiento

Orden de análisis	Fecha de análisis
Primer análisis	31/07/2022
Segundo análisis	31/07/2022
Tercer análisis	06/08/2022
Cuarto análisis	06/08/2022

**Nota.* En la tabla se muestran las fechas en las que las muestras fueron analizadas

Luego de haber obtenido los resultados de los análisis post tratamiento, se procedió a hallar la eficiencia de remoción alcanzada en cada uno de los tratamientos, las condiciones como el tiempo de tratamiento y densidad de corriente del experimento en el cual se obtuvieron mayores porcentajes de remoción fueron tomados como los óptimos para la remoción.

Técnica: Se hizo uso de una ficha técnica para plasmar los resultados de los análisis y para determinar la eficiencia de remoción de aceites y grasas, se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$\% Er = (Ci - Cf) / Ci \times 100$$

Donde:

% Er= Porcentaje de eficiencia de remoción de aceites y grasas

Ci= Concentración o valor inicial de aceites y grasas

Cf= Concentración o valor final de aceites y grasas. (Palta y Morales, 2014).

La densidad de corriente y tiempo de tratamiento en el que se obtuvo mayor porcentaje de remoción fueron tomados como los óptimos, los datos fueron representados en gráficos de línea para un mejor entendimiento

3.3.3 Efecto de electrocoagulación en la remoción en contraste con los LMP

1.- Con los datos de la eficiencia de remoción alcanzado en cada caso se procedió a tomar los valores donde se obtuvo mayor eficiencia de remoción de los aceites y grasas y turbidez, para posteriormente contrastarlos con los límites máximos permisibles

Técnica: Para la comparación se uso como base el Decreto supremo N° 003-2010-MINAM, es así que se logro determinar si valores alcanzados cumplieran con los límites máximos permisibles exigidos

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Aceites y grasas iniciales de la muestra tomada

Tabla 6

Concentración inicial de la muestra

Parámetros	Unidad	Pre tratamiento
Aceites y grasas	mg Aceite y grasas/L	94,00
Turbidez	UNT	27,00
pH	ud. pH	6,65
Temperatura	°C	23,00

*Nota. En la tabla se muestra la concentración inicial del parámetro estudiado

4.2 Densidad de corriente y tiempo óptimo para remoción

Tabla 7

Dimensiones del reactor Batch

Dimensión	Medida
Largo	20 cm
Ancho	15 cm
Altura	14 cm
Borde libre	4 cm

*Nota. En la tabla se muestra el largo, ancho, altura y borde libre del reactor

Por las medidas mostradas en la tabla 8, la capacidad resultante del reactor fue de 4,2 L, volumen el cual fue suficiente para extraer la muestra del agua residual doméstica tratada para los análisis respectivos. Para el reactor se tomó en cuenta contar un borde libre de 4 cm necesario para la formación de natas o espumas que se generan durante el proceso de electrocoagulación.

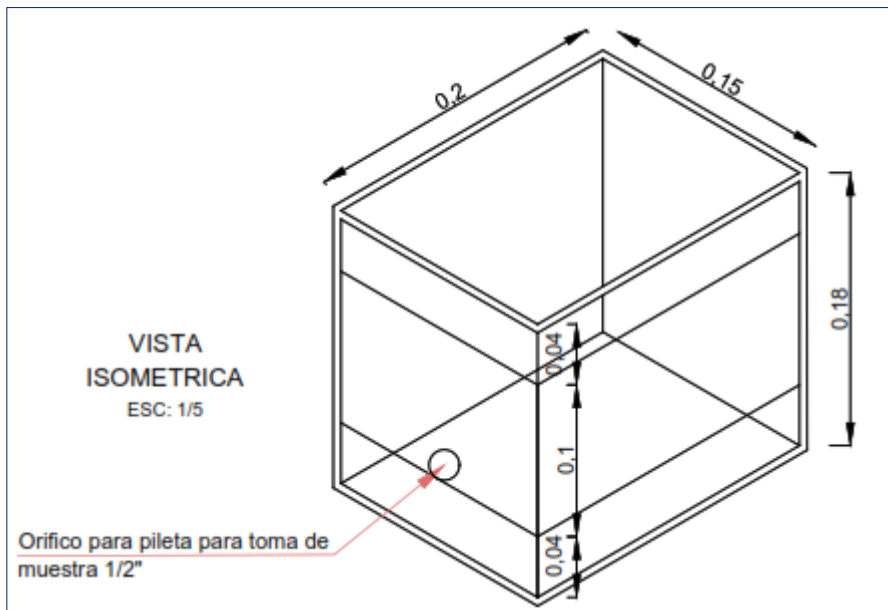


Figura 4.
Reactor Batch (vista isométrica)

*Nota. Medidas del reactor en cm (vista isométrica)

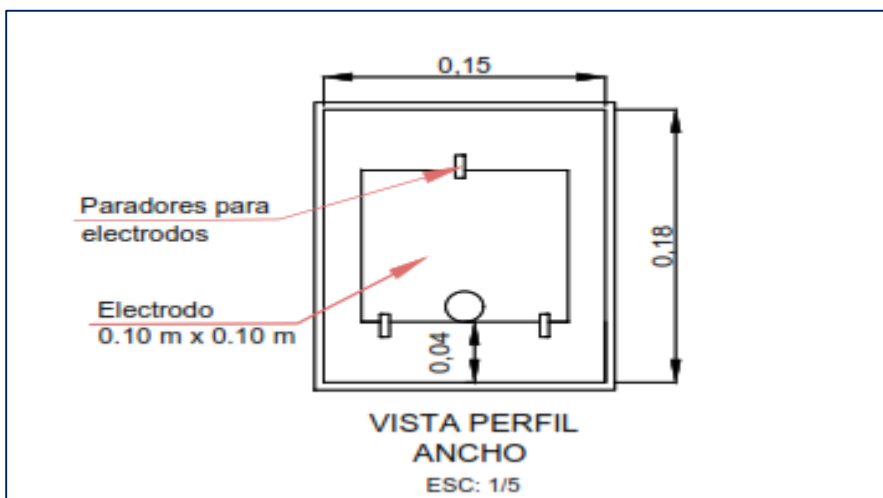


Figura 5.
Reactor Batch (vista perfil ancho)

*Nota. Medidas del reactor en cm (vista perfil ancho).

El reactor Batch fue construido de material acrílico de espesor de 5 mm, esto con el fin de poder observar el proceso que ocurre durante el tratamiento, este reactor a su vez cuenta con un pequeño agujero de $\frac{1}{2}$ " a 4 cm desde la base tal como se observa en las figuras 4 y 5, con el fin de instalar una piletta de agua para poder extraer las muestras de los experimentos.

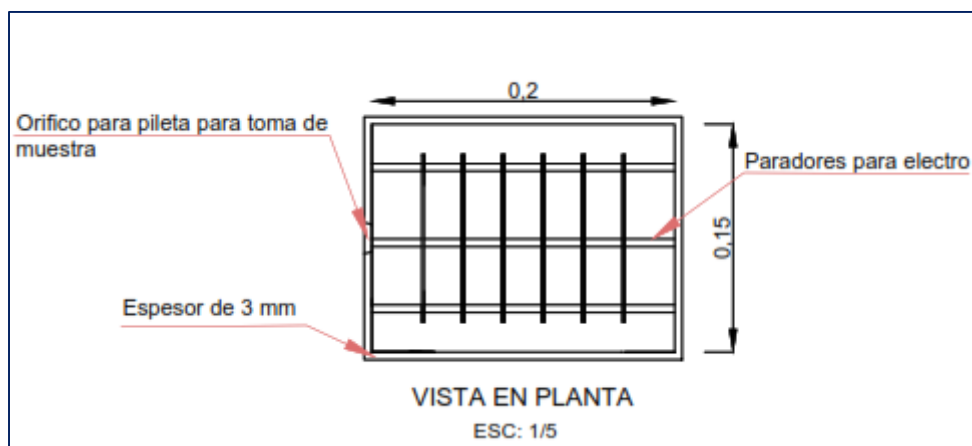


Figura 6.
Reactor Batch (vista en planta)

*Nota. Medidas del reactor en cm (vista en planta)

El reactor en su interior cuenta con 6 electrodos de medidas 10 cm de largo, 10 cm de ancho con un espesor de 1,5 mm además en este se incluye 3 paradores de 20 cm de largo que sirven como sostén de los electrodos.

2.- Los resultados de los análisis y la remoción alcanzada en los 4 tratamientos para así determinar la densidad de corriente y tiempo óptimo, es como se detalla a continuación:

A) Aceites y grasas

Tabla 8

Remoción de aceites y grasas

Densidad de corriente (A/m^2)	Tiempo (min)	Pre tratamiento (mg/L)	Post tratamiento (mg/L)	(%) Remoción
33,33	25	94,00	12,00	87,23
	30	94,00	9,00	90,42
50,00	25	94,00	10,00	89,36
	30	94,00	7,00	92,55

*Nota. En la tabla se muestra los porcentajes alcanzados en el parámetro aceites y grasas a diferentes tiempos y densidades de corriente.

En la tabla 8 el pre tratamiento indica la concentración inicial de aceites y grasas y el post tratamiento la concentración después del tratamiento, es así que se evaluó la remoción de aceites y grasas de los 4 experimentos realizados, donde a densidad de corriente de 50.00 A/m^2 y tiempo de tratamiento de 30 minutos se logró obtener los mejores resultados,

llegándose a reducir la concentración de aceites y grasas de 94,00 mg/L a 7,00 mg/L logrando así alcanzar una remoción del 92,55 %.

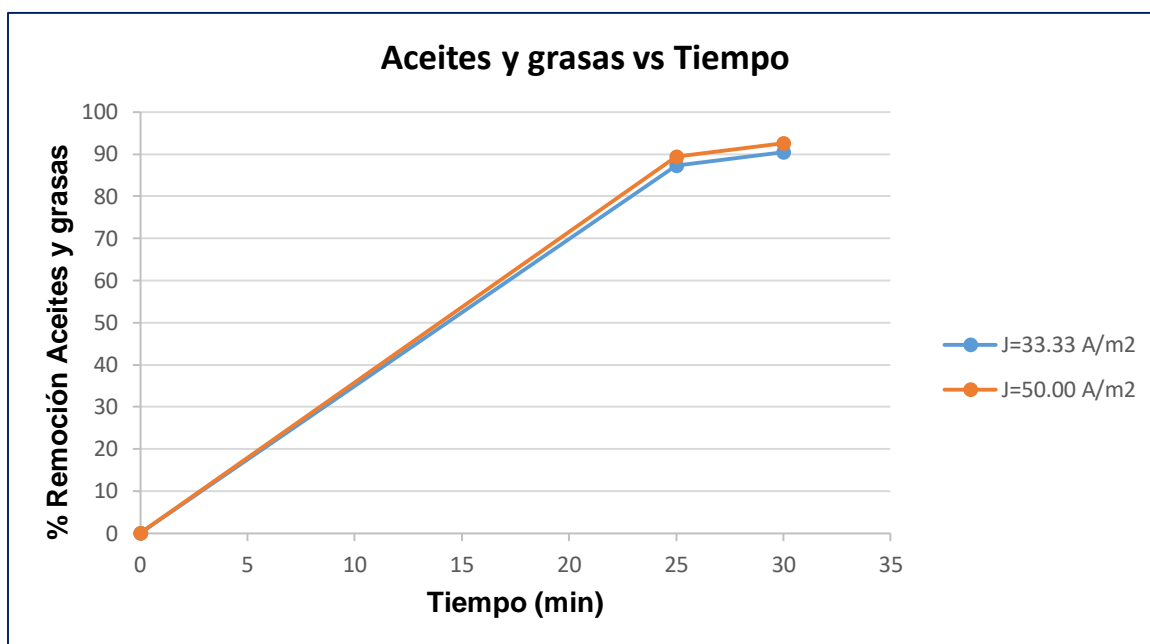


Figura 7.
Remoción de aceites y grasas respecto al tiempo

*Nota. Fuente Excel

Como se muestra en el gráfico, existe una variación de porcentajes en los 4 experimentos realizados, también se puede observar que a medida que el tiempo aumenta la remoción también lo hace, siendo el tratamiento con densidad de corriente de 50,00 A/m² y tiempo de residencia de 30 minutos el ideal para la remoción de aceites y grasas.

B) Turbidez

Tabla 9

Remoción de turbidez

Densidad de corriente (A/m ²)	Tiempo (min)	Pre tratamiento (UNT)	Post tratamiento (UNT)	(%) Remoción
33,33	25	27,00	6,00	77,70
	30	27,00	4,80	82,22
50,00	25	27,00	4,50	83,33
	30	27,00	4,18	84,52

*Nota. En la tabla se muestra los porcentajes alcanzados en el parámetro turbidez a diferentes tiempos y densidades de corriente.

Tal como se muestra en la tabla 9, se evaluó la remoción de turbidez alcanzada en los 4 experimentos, donde al usar un tiempo de 30 minutos y densidad de corriente de 50,00 A/m² se obtuvo mejores resultados, llegándose a reducir de 27,00 UNT hasta 4,18 UNT logrando así una remoción del 84,52%.

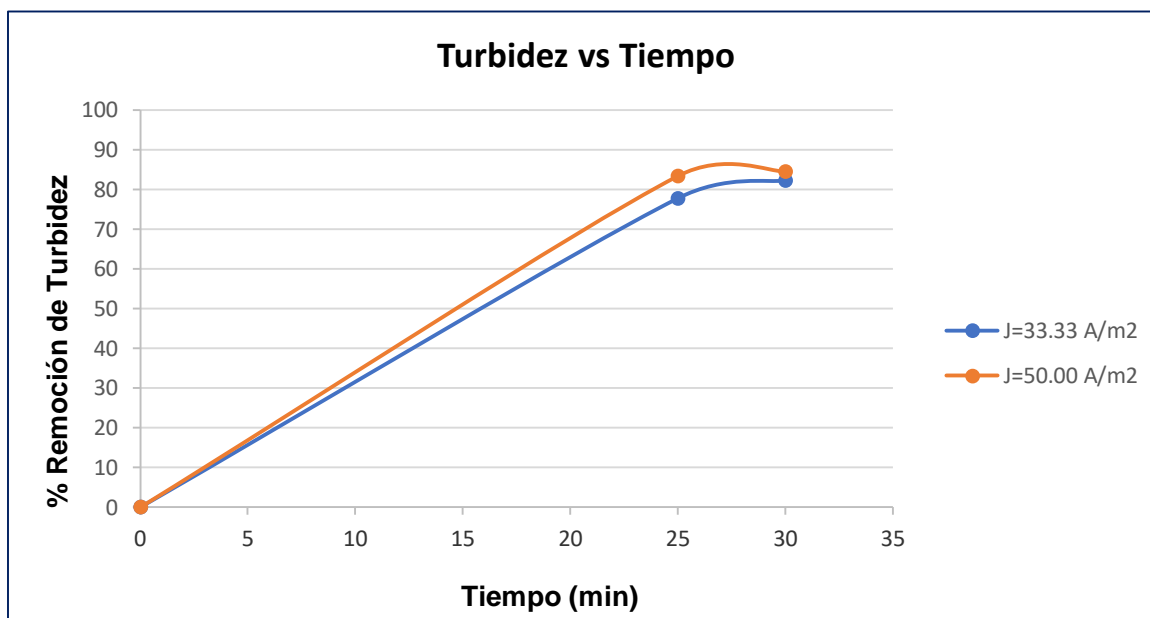


Figura 8.
Remoción de turbidez respecto al tiempo

*Nota. Fuente Excel

En el gráfico, se observa que en los 4 experimentos hay una variación de porcentajes, también se puede notar que a medida que el tiempo aumenta el porcentaje de remoción también lo hace, con un tiempo de 30 minutos y densidad de corriente de 50,00 A/m² se obtiene el mayor porcentaje, siendo este el ideal para remover la turbidez.

C) pH- Potencial de Hidrógeno

Tabla 10

Variación del parámetro pH

Densidad de corriente (A/m ²)	Tiempo (min)	Pre tratamiento (und. pH)	Post tratamiento (und. pH)
33,33	25	6,65	7,17
	30	6,65	7,18
50,00	25	6,65	7,20
	30	6,65	7,25

*Nota. En la tabla se muestra la variación del pH a diferentes tiempos y densidades de corriente

Como se muestra en la tabla 10, los valores de pH se encuentran en un rango inicial de 6,65 y final de 7,25, por lo que se puede decir que no existe una variación significativa en el proceso.

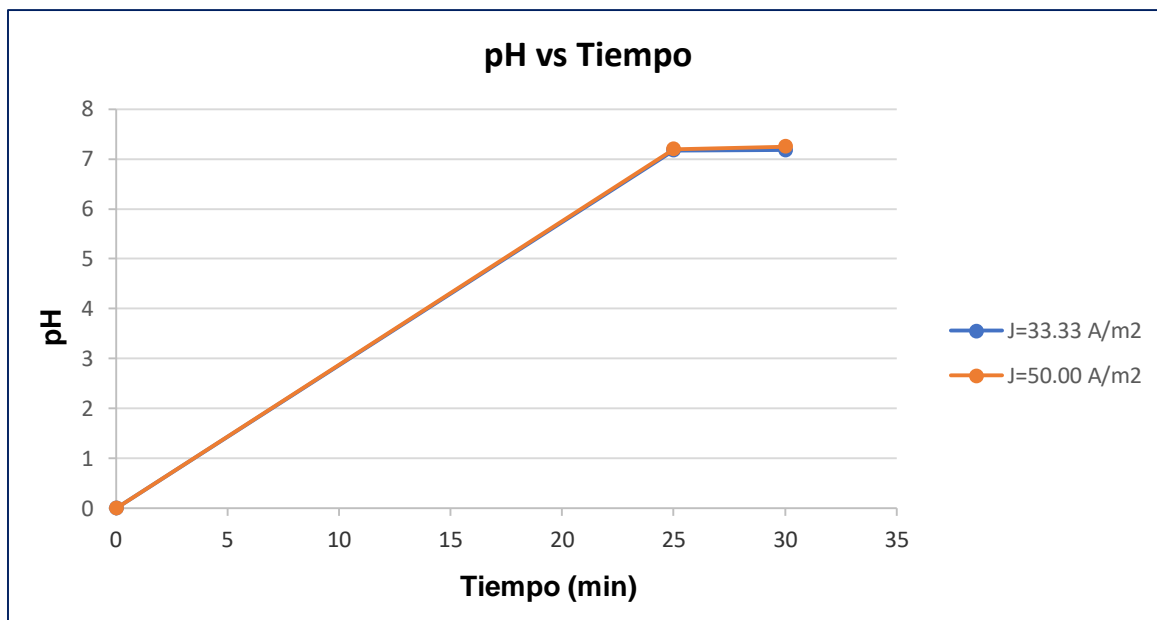


Figura 9.
Variación del pH respecto al tiempo

*Nota. Fuente Excel

De acuerdo al gráfico, se observa que a medida que el tiempo aumenta el pH aumenta siendo el mayor valor alcanzado 7,25, que según estudios previos valores cercanos a 7,00 son los óptimos para el proceso de tratamiento.

D) Temperatura

Tabla 11

Variación del parámetro temperatura

Densidad de corriente (A/m ²)	Tiempo (min)	Pre tratamiento (°C)	Post tratamiento (°C)
33,33	25	23,00	23,50
	30	23,00	23,70
50,00	25	23,00	23,60
	30	23,00	23,70

*Nota. En la tabla se muestra la variación de la temperatura a diferentes tiempos y densidades de corriente

Como se muestra en la tabla 11, los valores de temperatura obtenidos se encuentran en un rango de 23,00 inicial y final de 23,70 °C, por lo que puede decirse que no hay una variación significativa en el proceso.

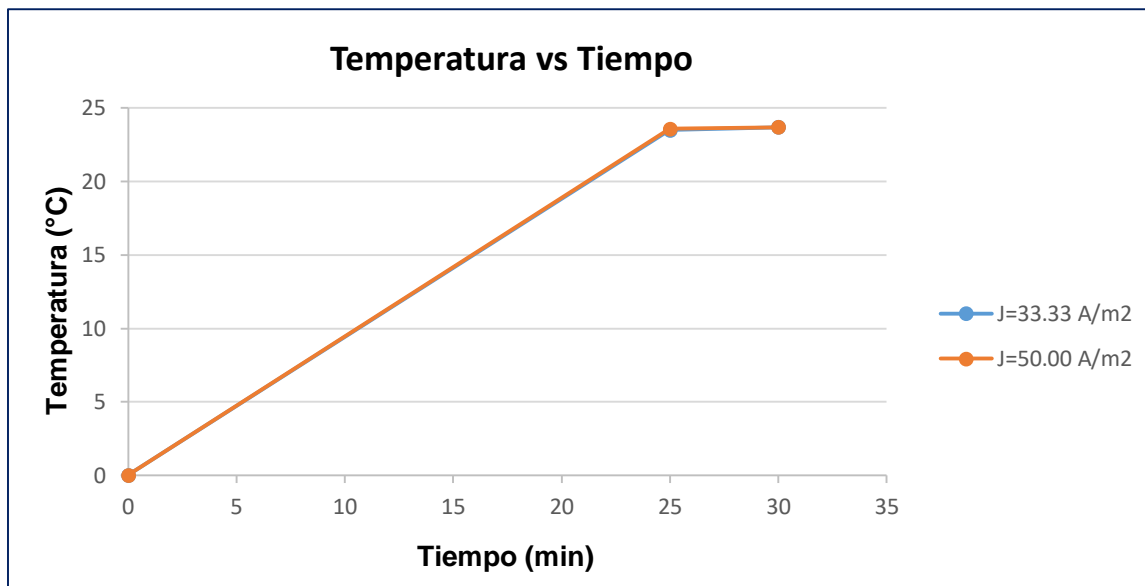


Figura 10.

Variación de la temperatura respecto al tiempo

*Nota. Fuente Excel

En el gráfico, se puede ver que mientras el tiempo aumenta la temperatura también lo hace, pero minimamente, siendo el valor máximo de la temperatura alcanzada 23,00 °C, a lo que estudios previos mencionan que la temperatura incrementa la velocidad de reacción en el reactor hasta llegar a los 60 °C su punto máximo.

4.3 Contratación de los aceites y grasas obtenidos con los LMP

Tabla 12

Comparación con los límites máximos permisibles

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua	Concentración post tratamiento
Aceites y grasas	mg/L	20,00	7,00
Turbidez	UNT	-	4,18
pH	unidad	6,5-8,5	7,25
Temperatura	°C	<35	23,70

*Nota. En la tabla se muestra la comparación de la concentración de aceites y grasas post tratamiento con los límites máximos permisibles.

Como se puede observar en la tabla 13 la concentración del parámetro evaluado de aceites y grasas, esta por debajo de los límites máximos permisibles del Decreto Supremo N°003-2019-MINAM, cumpliendo así con lo exigido para que este pueda ser vertido en cuerpo de agua.

4.4 Conprobación de la hipótesis

Hipótesis de la investigación

H₀: La eficiencia de remoción de aceites y grasas por electrocoagulación en aguas residuales domésticas no es alta.

H_i: La eficiencia de remoción de aceites y grasas por electrocoagulación en aguas residuales domésticas es alta.

Para probar la hipótesis se usó la distribución de Student para muestras emparejadas, con una significancia estadística de 0.5, obteniéndose de las diferencias de remoción de aceites y grasas registrada en el pre tratamiento y pos tratamiento.

El procesamiento se realizó en Ms Excel con el siguiente resultado:

	Postratamiento	Pretratamiento
Media	9.5	94
Varianza	4.33	0
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	-81.18	
P(T<=t) una cola	0.000002	
Valor crítico de t (una cola)	2.35	

Figura 11.

Prueba de hipótesis para muestras emparejadas: aceites y grasas

*Nota. Fuente excel

Dado que el valor de la probabilidad (0.000002) es menor que la significancia (0.05), se puede decir que la electrocoagulación es eficiente en la remoción de aceites y grasas de las aguas residuales domésticas a nivel de laboratorio.

Para determinar el nivel de eficiencia de remoción se usó el modelo de Stanones teniendo en cuenta la desviación estándar y promedio de los porcentajes de remoción. Para obtener dichas medidas se procesaron los porcentajes en Ms. Excel resultando 89.89% y 2.21% respectivamente. Con estos resultados se aplicó la siguiente fórmula:

$$\bar{x} \pm 0.75(\text{DE}) = 89.89 \pm 1.66$$

Quedando determinado los siguientes rangos:

Bajo	Medio	Alto
88.23%		91.55%

De acuerdo con los resultados de la tabla 8, a un tiempo de 30 minutos con una densidad de corriente de 50 A/m², se obtiene el mejor resultado para remover los aceites y grasas, por tal razón el porcentaje obtenido en esas condiciones fue tomado en cuenta para determinar su nivel de eficiencia. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 13

Nivel de remoción de aceites y grasas

Densidad de corriente (A/m ²)	Tiempo (min)	(%) Remoción	Nivel
33.33	25	87.23	Bajo
	30	90.42	Medio
50.00	25	89.36	Medio
	30	92.55	Alto

*Nota: La tabla muestra el nivel de remocion a diferentes tiempos y densidades de corriente

Partiendo del análisis estadístico realizado, se rechaza **H₀** y se acepta **H_i**; Es decir que la eficiencia de remoción de aceites y grasas por electrocoagulación en aguas residuales doméstica es alta.

4.5 Discusión de resultados.

Los autores Hernández y Mejía (2019), en su estudio de electrocoagulación para reducir contaminantes del agua residual, usaron electrodos de aluminio, una densidad de corriente de 0,023 A/cm² y un tiempo de residencia de 4 horas, logrando así una remoción de aceites y grasas en un 91,78 %, en contraste con la investigación realizada donde se usó una densidad de corriente de 50,00 A/m², un tiempo de residencia de 30 minutos y electrodos de aluminio, se logró reducir los aceites y grasas en un 92,55%, siendo un casi un 1 % mayor al de los autores, esto se debe a que la densidad de corriente empleada por los autores es sumamente menor en comparación de la investigación.

El autor Morales, (2018), en su investigación sobre la remoción de aceites y grasas del agua residual proveniente del sector lácteo mediante electrocoagulación empleo placas de aluminio, una densidad de corriente de $76,92 \text{ A/m}^2$ y un tiempo de residencia de 25 minutos logrando así obtener resultados del 70,30% , sin embargo en la investigación llevada a cabo donde también se usó placas de aluminio, densidad de corriente de 50.00 A/m^2 y un tiempo de residencia de 30 minutos se logró obtener un porcentaje de remoción del 92.55%, es decir un casi 20 % mayor al del autor, aunque la densidad de corriente usada por el autor es mayor a la de la investigación, se necesita un mayor tiempo para generar más iones metálicos y así reducir en mayor cantidad los contaminantes, por tales razones es que la remoción obtenida en la investigación es mayor al del autor.

Los autores Paitan y Sifuentes (2018), en su estudio de la electrocoagulación para disminuir los contaminantes del agua residual proveniente de un matadero, emplearon electrodos de aluminio, un tiempo de tratamiento de 30 minutos así como también una densidad de corriente de $33,88 \text{ A/m}^2$, consiguieron remover los aceites y grasas en un 96,76 % , a diferencia de la investigación realizada, donde igualmente se usaron electrodos de aluminio, un tiempo de residencia de 30 minutos y una densidad de corriente de 50.00 A/m^2 , la remoción alcanzada fue del 92,55 % , es decir un 4,21 % menor al de los autores, si bien los tiempos de residencia son los mismos y la densidad de corriente del autor es menor al de la investigación, la razón por la que el autor obtuvo una mayor remoción es por el volumen tratado, puesto que el autor uso 1,5 L a diferencia de la investigación que fue solo de 4 L.

El autor Perales, (2017), en su estudio donde uso la planta camalote para tratar el agua residual proveniente de las viviendas, donde redujo un 94,72% los aceites y grasas, en cambio en la investigación donde se usó la electrocoagulación se logró remover un 92,55%, por lo que puede decirse que el método usado por el autor es ligeramente más eficiente que el nuestro. Aunque que claro el tiempo usado en la investigación son minutos, pero del autor meses.

CONCLUSIONES

Podemos concluir que la electrocoagulación en la remoción de aceites y grasas de aguas residuales domésticas es altamente eficiente, ya que en los resultados alcanzados en la investigación se logró reducirlos en más del 90 %.

La concentración inicial de los parámetros del agua residual estudiada son los siguientes: aceites y grasas – 94,00 mg/L, turbidez - 27 UNT, pH 6,65 - und. pH y temperatura – 23,00 °C.

El mejor porcentaje de reducción de los aceites y grasas se alcanza cuando se usa una densidad de corriente de 50,00 A/m² y tiempo de residencia de 30 minutos, siendo estos factores óptimos para el proceso de remoción por electrocoagulación.

Al evaluar los efectos de la electrocoagulación en la remoción de aceites y grasas, usando diferentes densidades de corriente y tiempo se lograron alcanzar buenos resultados, logrando cumplir con los LMP.

RECOMENDACIONES

A las universidades interesadas en tratar aguas residuales domésticas para reducir las aceites y grasas, usar la electrocoagulación, debido a la alta eficiencia lograda en la presente investigación, además de que esta es una tecnología limpia que no causa impactos negativos al medio ambiente.

A los estudiantes egresados interesados en tratar las aguas residuales por el proceso de electrocoagulación, realizar un estudio más profundo, por ejemplo, a nivel piloto para así verificar si este es igual de eficiente como en un nivel laboratorio.

A los tesisistas, realizar pruebas considerando mayores tiempos de tratamiento, diferentes materiales de electrodos como el cobre, hierro y plomo ya que así podría obtenerse mejores resultados.

A la facultad de ecología utilizar otro tipo de agua residual en el tratamiento por electrocoagulación, para así corroborar si la eficiencia de remoción de aceites y grasas es la misma que en el agua residual estudiada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- UNESCO, (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas Sobre el recurso hídrico: *Aguas Residuales el recurso desaprovechado*, pp. 1-2. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647>
- Bravo, C.A., Osorno, C.J. y Salgado, E., (2016). *Propuesta de un tratamiento para aceites y grasas de las aguas residuales de la microempresa "Productos Verdes" laboratorio de biotecnología UNAN – Managua, marzo - julio 2016*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/3504/1/61591.pdf>
- SUNASS (2008). *Diagnostico situacional de los sistemas de tratamientos de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución*. Disponible en :<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/diagnostico-situacional-sistemas-tratamiento-aguas-residuales-las-eps>
- Hernández, J.S. y Mejía, S. (2019). *Evaluación del sistema de electrocoagulación para disminuir la carga contaminante a escala de laboratorio*. [Tesis de titulación, Fundación Universidad de América, Facultad de Ingeniería Química], pp 85. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/7384>
- Fonseca, L.F. y Panimbosa, M.V. (2021). *Evaluación de un electrocoagulador para la disminución de contaminantes en aguas residuales de la industria láctea, en el periodo abril- agosto 2021*. [Tesis de titulación, Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales], pp 69. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7836/1/PC-001078.pdf>
- Morales, S.E. (2018). *Remoción de aceites y grasas de un efluente industrial del sector lácteo por electrocoagulación con electrodos de aluminio*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Ingeniería], pp 103. Disponible en: https://1library.co/document/q76d45ry-remocion-aceites-efluente-industrial_lacteo_electrocoagulacion-electrodos-aluminio.html
- De La Cruz, M.A. y Cateño, G. (2018). *Remoción de contaminantes de aguas residuales de un matadero de equinos por el método de electrocoagulación a nivel de laboratorio*. [Tesis de titulación, Universidad del Centro del Peru], pp 66. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/7727>

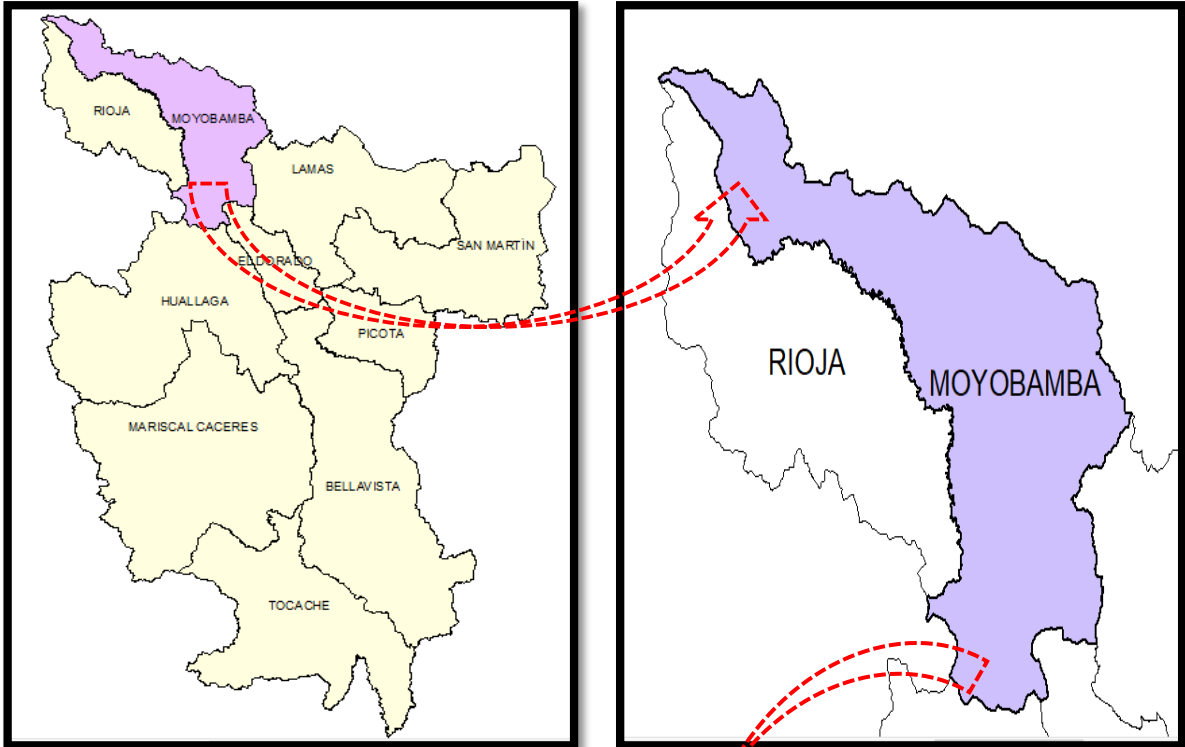
- Perales, K.L. (2017). *Tratamiento de aguas residuales domésticas por fitorremediación con Eichornia Crassipes en la zona rural del caserío Santa Catalina Moyobamba 2017*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto], pp 45. Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2734>
- Cruz, J.M. (2021). *Aplicación del sistema hidráulico para la mitigación de contaminantes físicos químicos en las aguas residuales comerciales (restaurantes) – Moyobamba*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto], pp 39. Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/4546>
- Alianza por el Agua. (2008). *Manual de depuración de aguas residuales urbanas*. Editorial Ideasmares, pp 22. Disponible en: <http://idiagua.eu/web/wp-content/uploads/2018/07/monografico3.pdf>
- Arango, A. (2005). La electrocoagulación: Una alternativa para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Lasallista de investigación*, 2(1):50-53. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520109.pdf>
- Mona, A.F., Ahmed, M.A., Enas, M.A y Ahmed, T.E. (2015): Comparison of Different Electrocoagulation Processes for Real Wastewater Degradation. *Journal International Journal of Scientific & Engineering Research*, 6 (7): 1135-1136. En: https://www.researchgate.net/publication/280570640_Comparison_of_Different_Electrocoagulation_Processes_for_Real_Wastewater_Degradation
- Lekhlif, B., Oudrhiri, L., Zidane, F., Droguil, P y Blais J.F. (2013): Study of the electrocoagulation of electroplating industry wastewaters charged by nickel (II) and chromium (VI) . *Journal: J. Mater. Environ. Sci*, 5 (1): 112-113. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/279937813_Study_of_the_electrocoagulation_of_electroplating_industry_wastewaters_charged_by_nickel_II_and_chromium_VI
- Roa, G., Linares, I y Amaya, A. (2014). Electrocoagulación. En: Barrera, C. *Aplicaciones electroquímicas en el tratamiento de aguas residuales*. México: Editorial Reverte, 2014. pp 166-178. ISBN: 978-607-7815-13-6. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/337737506/AGUAS-RESIDUALES-pdf>
- Velázquez, D.J. (2017). *Aplicación del método de Electrocoagulación al efluente de la planta piloto de leche “La Molina”*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional Agraria la Molina], pp 18. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3106>

- Palta, G.O. y Morales, S. (2014). *Fitodepuración de Aguas Residuales Domesticas con Poaceas*. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Industrial, 11(2):61. En: <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/298>
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico. 6^a edición: Editorial Mac Grow Hill, pp 142. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Behard, D. (2008). *Metodología de la Investigación*. Colombia. 1^a edición: Editorial Shalom, pp 16-20. En: <https://es.scribd.com/doc/215401918/METODOLOGIA-DE-LA-INVESTIGACION-DANIEL-S-BEHAR-RIVERO>
- Ministerio del Ambiente, (2019). *Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda*, pp. 2. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/limites-maximos-permisibles-imp-efluentes-plantas-tratamiento-aguas>
- ANA, (2010). *Protocolo de monitorea de la calidad de los recursos hídricos Autoridad Nacional del Agua – DGCRH*, pp 20. Disponible en: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/214>
- López. P y Harnisth, A. (2016). *Electrocoagulación de aguas residuales de la industria láctea*. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520109.pdf>
- Arboleda, J.M. y Herrera, P.J. (2015). *Evaluación de un proceso de electrocoagulación en un reactor tipo Batch para la remoción de cromo hexavalente con electrodos de aluminio- aluminio de hierro- aluminio en condiciones de laboratorio*, [Tesis de titulación, Universidad Santo Tomás, Colombia]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/613>
- Morales, Y.J. y Navarro, M.A. (2021). *Método de electrocoagulación en aguas residuales: Revisión literaria*.
- Pilay, L.D. (2018). *Diseño, construcción y caracterización de un reactor de electrocoagulación tipo Batch*. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19589>
- Arango, A. y Garces, L.F. (2007). *Diseño de una celda de electrocoagulación*. *Revista Universidad EAFIT*, 43(147):56-57. Disponible en: <https://docplayer.es/23422398-Disenio-de-una-celda-de-electrocoagulacion.html>

- Revelo, D.A. (2021). *Diseño de un sistema de electrocoagulación para tratar aguas residuales de una industria de insumos médicos*. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/25655>
- Gallegos, B.E y Prado, S.J. (2022). *Estudio comparativo y medición de la eficiencia entre los electrodos de sacrificio de hierro (Fe) y aluminio (Al) en la remoción de aceites y grasas por el proceso de electrocoagulación de aguas residuales*. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/14702>
- Restrepo, A.P., Arango, A y Garces, L.F. (2006). La Electrocoagulación: retos y oportunidades en el tratamiento de aguas. *Revista Universidad EAFIT*, 1(2):59-77. Disponible en: <https://docplayer.es/15350789-La-electrocoagulacion-retos-y-oportunidades-en-el-tratamiento-de-aguas.html>
- Quiroz, S., Menéndez, C. y Izquierdo, E. (2019). *Tratamiento de agua y de aguas residuales*. En: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/14702>
- Morales, N.B y Acosta, G.E. (2010). Sistema de electrocoagulación como tratamiento de aguas residuales galvánicas. *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 20(1):33-34.
- Osorio, M.A. et al. (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas. *Revista Polo de Conocimiento*, 6(3):228-245.

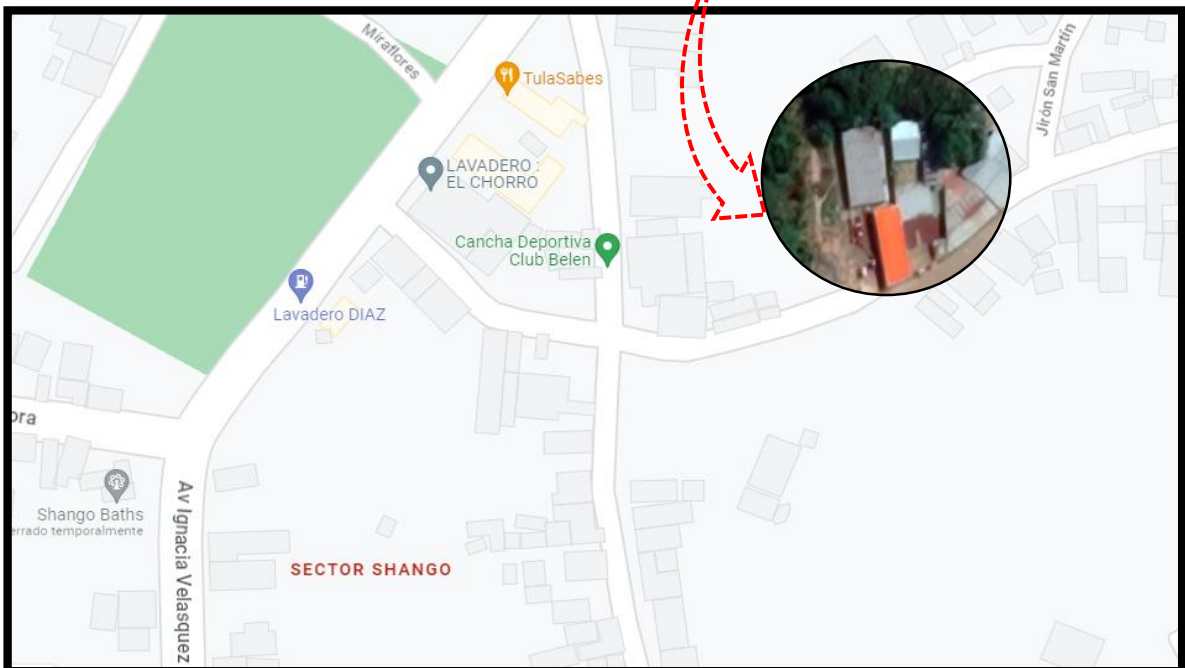
ANEXOS

Anexo 1: Mapa de Localización de la toma de muestra en el área de estudio.



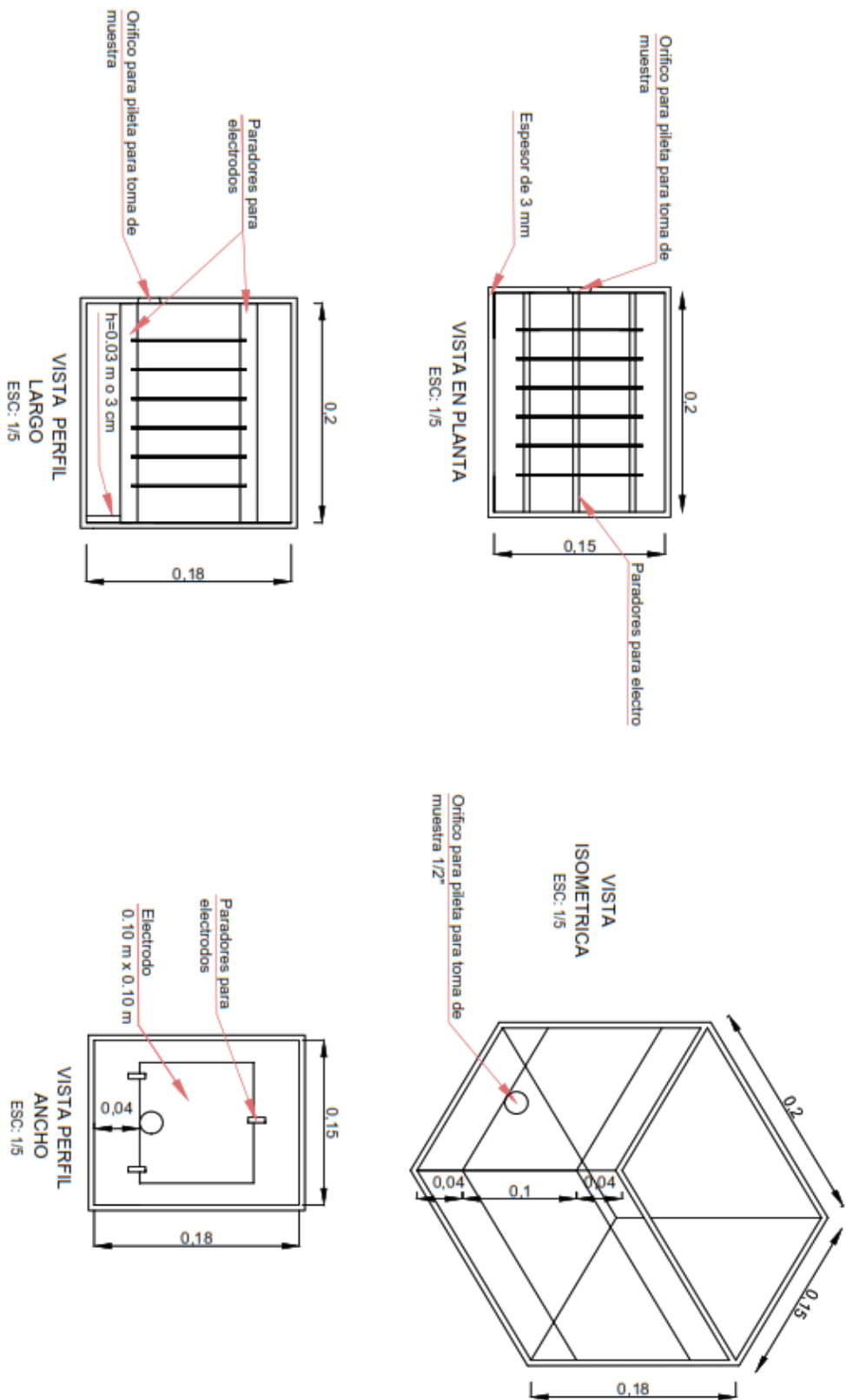
Departamento de San Martín

Ciudad de Moyobamba



Moyobamba: Sector Shango

Anexo 2: Plano de Reactor Batch



Todas las medidas son interiores en m y cm segun lo especificado

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN	
PROYECTO: "EFICIENCIA DE LA ELECTROCOAGULACIÓN A NIVEL DE LABORATORIO PARA REMOCIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS"	
PLANO: REACTOR BATCH	UBICACION:
BACHILLER: JOHN GUTIERREZ CUBAS	DEPARTAMENTO: SAN MARTÍN
FECHA: NOVIEMBRE • 2022	PROVINCIA : MOTOABANA
ESCALA: N/CADA	DISTINTO : MOTOABANA
	LOCALIDAD : SECTOR SHAVADO
LIBRATA 1/1	
RB-01	

Anexo 3: Panel Fotográfico



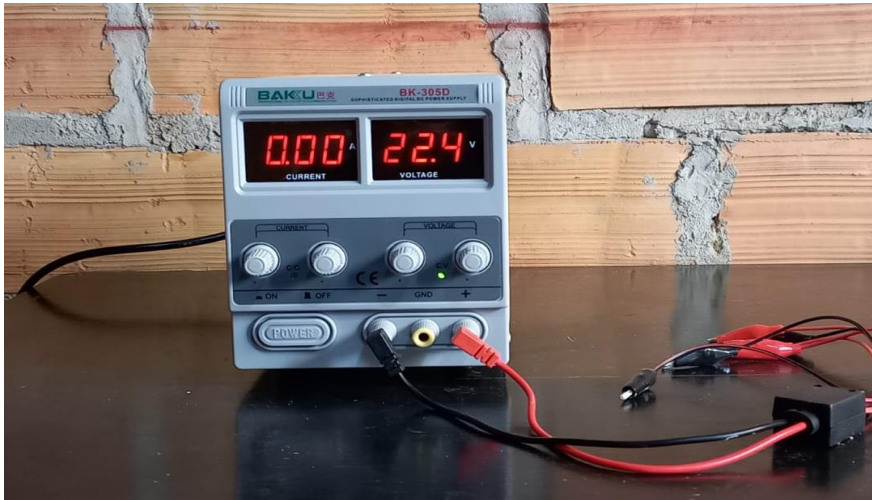
Fotografía 1: Lugar de toma de muestra



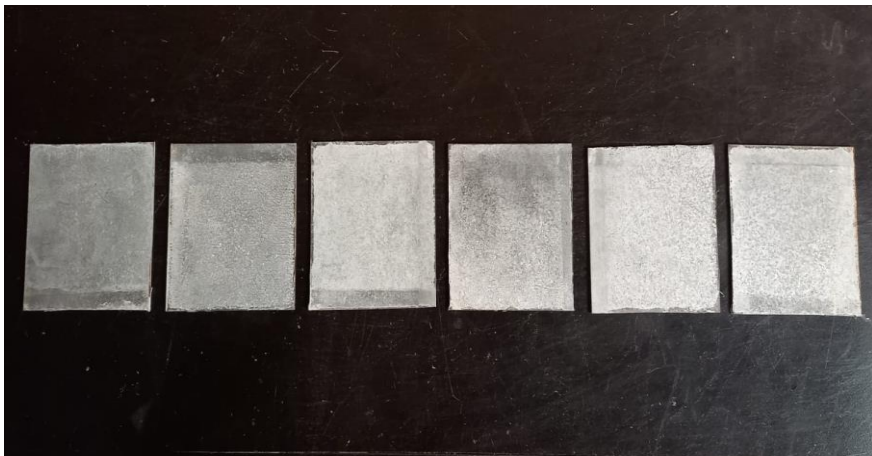
Fotografía 2: Toma de muestra inicial de agua residual domestica



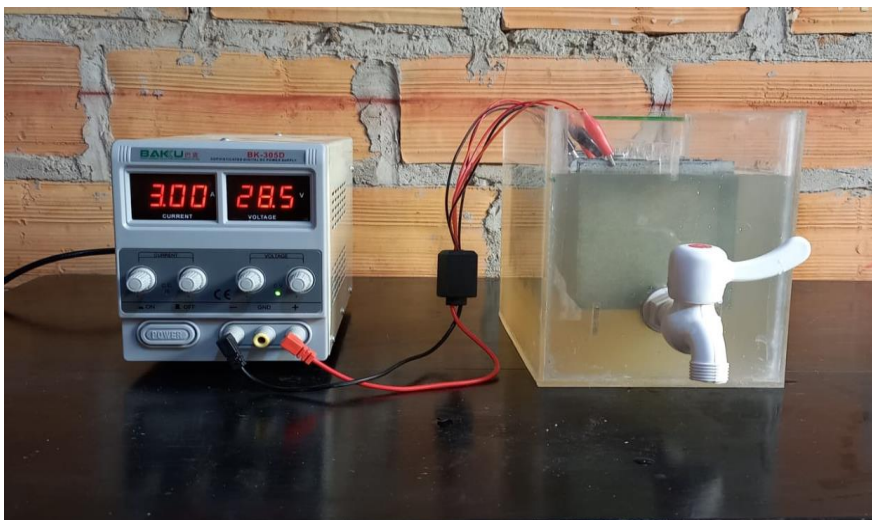
Fotografía 3: Reactor Batch



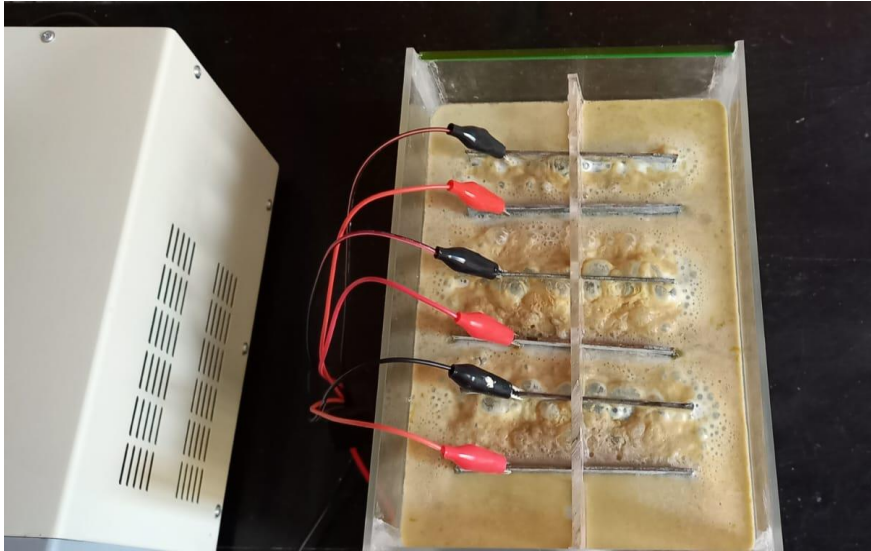
Fotografía 4: Fuente de alimentación regulable



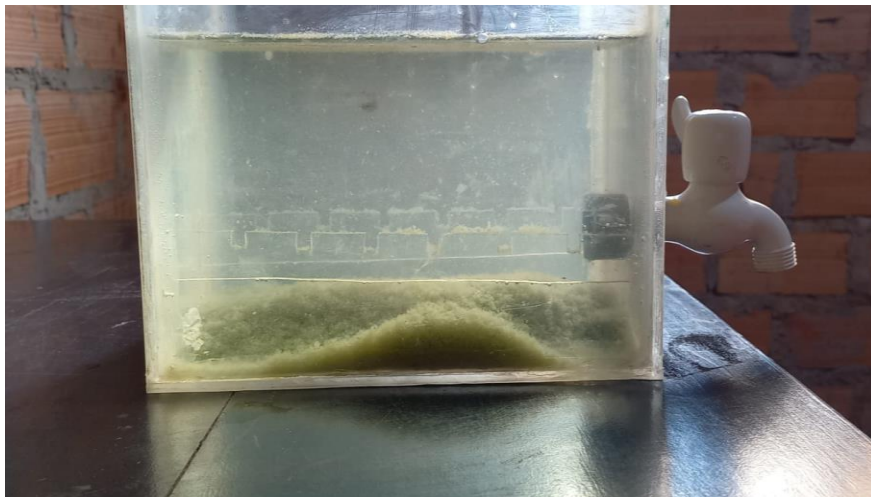
Fotografía 5: Electrodo de aluminio



Fotografía 6: Sistema de electrocoagulación en funcionamiento



Fotografía 7: Formación de natas en la superficie



Fotografía 8: Agua residual doméstica después del tratamiento



Fotografía 9: Muestras rotuladas a ser enviadas al laboratorio



Fotografía 10: Frigorífico para preservación de muestras

Anexo 4: Presupuesto del prototipo elaborado

Materiales/mano de obra	Costo
Material acrilico transparente 1 m x 1m	S/50
Lamina de aluminio 1,20 m x 1,00 m	S/120
Fuente de alimentación corriente continua	S/500
Pegamento especial para material acrilico	S/20
Pileta de agua 1/2"	S/5
Sierra	S/30
Plumon	S/ 1
Mano de obra	S/80
Total	S/805

Anexo 6: Cadena de custodia

CADENA DE CUSTODIA DE AGUA



COMPANÍA / CLIENTE	MUESTREO REALIZADO POR:		OBSERVACIONES / INCIDENTES		SUPERVISOR / CLIENTE		
UNIDAD OPERATIVA:	CLIENTE				Nombre:		
DIRECCIÓN:	Responsable:				Cargo:		
PERSONA DE CONTACTO:	Firma:				Firma:		
TELÉFONO / E-mail:	Entregado por:				Proveedor de envases para muestra:		
CONTRATO / OTRA REF.:	Recebido por:				Temperatura de ingreso Laboratorio:		
ENVIAR FACTURAS (CLIENTE TERCERO):	Fecha: (dd-mm-aa)				Condición de la(s) Muestra(s):		
RAZON SOCIAL:							

OTRO		PRESERVACIÓN						
Lugar								
Ace Zn								
Ni/Cd								
H3O								
HNO ₃								

LABORATORIO			ANÁLISIS REQUERIDOS -				PARAMETROS In Situ (3)					
Parámetros Laboratorio							PH					
Parámetros In Situ (3)							Cond (us/cm)					
OBSERVACIÓN							Temp. (°C)					
INDICAR CON UNA (X) LOS RECUADROS INFERIORES SEGUN LOS ANÁLISIS REQUERIDOS POR CADA MUESTRA							O.D. (mg/l)					
N° Frascos	Muestra y Matriz:	Agua Residual	X				X					
	Muestra y Matriz:	Agua Residual	X				X					
	Muestra y Matriz:	Agua Residual	X				X					
	Muestra y Matriz:	Agua Residual	X				X					
	Muestra y Matriz:	Agua Residual	X				X					
RUC			COORDENADAS				ALTITUD					
DOMICILIO			UTM (WGS 84)				E					
NOMBRE DEL PROYECTO			HUSO				M					
LUGAR DE MUESTREO			MUESTREO				MUESTREO					
			Fecha				Hora (24:00)					
			30/07/2022 08:19				30/07/2022 10:10					
			30/07/2022 14:20				30/07/2022 13:01					
			30/08/2022 14:15									

(1) Información Ingresada en Recepción.

(2) MATRIZ: Agua natural Subterránea (Manantial, Terminal), Superficial (Ríos, Laguna/Lago, Deposition atmosférica); Agua Residual: Domestica, Municipal, Industrial; Agua de Consumo Humano: Bebida (Potable, Mesa, Envasada), Piscina, Laguna Artificial; Aguas Salinas: Mar, Salobre, Salmuera. Aguas de Proceso: Circulación, Alimentación para Calderas, Calderas, Lixiviación, Purificada, Agua de Inyección y Reinyección.

(3) IN SITU: En caso de muestras tomadas por el cliente en donde quiera que los parámetros in situ se muestren en el informe de laboratorio: Indicar Parámetros y valor obtenido

Anexo 7: Ficha técnica de seguimiento

PARAMETROS	PRE TRATAMIENTO	POST TRATAMIENTO			
	(INICIAL)	TIEMPO DE TRATAMIENTO POR ELECTROCOAGULACIÓN CON 33,33 A/m ²		TIEMPO DE TRATAMIENTO POR ELECTROCOAGULACIÓN CON 50,00 A/m ²	
	1° ANALISIS	25 MINUTOS	30 MINUTOS	25 MINUTOS	30 MINUTOS
ACEITES Y GRASAS					
TUBIEDAD					
TEMPERATURA					
pH					
ACEITES Y GRASAS					
TUBIEDAD					
TEMPERATURA					
pH					
ACEITES Y GRASAS					
TUBIEDAD					
TEMPERATURA					
pH					
ACEITES Y GRASAS					
TUBIEDAD					
TEMPERATURA					
pH					
ACEITES Y GRASAS					
TUBIEDAD					
TEMPERATURA					
pH					

Anexo 5: Reporte de análisis del laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-099



INFORME DE ENSAYO N° 000085911

CLIENTE:	JOHN GUTIÉRREZ CUBAS
PROYECTO:	EFICIENCIA DE LA ELECTROCOAGULACIÓN A NIVEL DE LABORATORIO PARA REMOCIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS-MOYOBAMBA,2021
DOMICILIO LEGAL:	MOYOBAMBA
REFERENCIA CLIENTE:	PM-01
CÓDIGOT YPSA:	000076483
MATRIZ:	Agua residual
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N°00020008329 Muestreo realizado por Cliente. Aproximadamente 1,500 L de muestra (Agua residual).
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PNTE-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	Agua Residual Doméstico - N: 9332219.89 / E: 281215.24
FECHA DE TOMA:	30/07/2022 08:17 a.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	31/07/2022
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	31/07/2022 - 26/08/2022

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
*pH "in situ"	ud. pH	6.65	Datos facilitados por el cliente		
*Turbiedad "in situ"	UNT	27.0	Datos facilitados por el cliente		
*Temperatura "in situ"	°C	23.0	Datos facilitados por el cliente		

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	94.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23rd Ed. 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5

Callao, 26 de agosto de 2022

Fdo. Vanessa León Legua
 Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía
 CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación, L.D. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

NOTA:

Esta es una copia de la producción o parcial o total del presente documento a efectos que sea bajo la autorización escrita de TYPESA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de preservación del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra enviada en el presente informe. Los resultados de los ensayos no de haber sido utilizados como una certificación de conformidad no tras de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPESA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ De la, 285, Callao. Telf 511-711-8726/711-8735 E-mail: labperu@typesa.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-099



INFORME DE ENSAYO N° 000085912

CLIENTE:	JOHN GUTIÉRREZ CUBAS
PROYECTO:	EFICIENCIA DE LA ELECTROCOAGULACIÓN A NIVEL DE LABORATORIO PARA REMOCIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS-MOYOBAMBA, 2021
DOMICILIO LEGAL:	MOYOBAMBA
REFERENCIA CLIENTE:	PM-02
CÓDIGO TYPESA:	000076483
MATRIZ:	Agua residual
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N°00020008329 Muestreo realizado por Cliente. Aproximadamente 1.500 L de muestra (Agua residual).
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PNTE-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	Agua Residual Doméstico - N: 9332219.89 / E: 281215.24
FECHA DE TOMA:	30/07/2022 10:10 a.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	31/07/2022
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	31/07/2022 - 26/08/2022

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
*pH "in situ"	ud. pH	7.15	Datos facilitados por el cliente		
*Turbiedad "in situ"	UNT	6.0	Datos facilitados por el cliente		
*Temperatura "in situ"	°C	23.5	Datos facilitados por el cliente		

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	12	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23rd Ed. 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5

Callao, 26 de agosto de 2022


 Fdo. Verónica León Legua
 Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía
 CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

NOTA:

Esta es la única reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPESA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de preservabilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como un certificado o de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPESA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, Cl. Deña, 268, Callao. Telf 511-711-8730/711-8733 E-mail: labperu@typesa.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-099



INFORME DE ENSAYO N° 000085913

CLIENTE:	JOHN GUTIÉRREZ CUBAS
PROYECTO:	EFICIENCIA DE LA ELECTROCOAGULACIÓN A NIVEL DE LABORATORIO PARA REMOCIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS-MOYOBAMBA,2021
DOMICILIO LEGAL:	MOYOBAMBA
REFERENCIA CLIENTE:	PM-03
CÓDIGO TYPASA:	000076483
MATRIZ:	Agua residual
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N° 00020008329 Muestreo realizado por Cliente. Aproximadamente 1.500 L de muestra (Agua residual).
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PNTE-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	Agua Residual Doméstico - N: 9332219.89 / E: 281215.24
FECHA DE TOMA:	30/07/2022 11:20 a.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	31/07/2022
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	31/07/2022 - 26/08/2022

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
*pH "in situ"	ud. pH	7.18	Datos facilitados por el cliente		
*Turbiedad "in situ"	UNT	4.8	Datos facilitados por el cliente		
*Temperatura "in situ"	°C	23.7	Datos facilitados por el cliente		

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES					
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	9.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23rd Ed. 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5

Callao, 26 de agosto de 2022

Fdo. Vanessa León Legua
 Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía
 CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación, L.D. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

NOTA:

Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPASA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de preservación del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados Válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LABORATORIO TYPASA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ Deña, 262, Callao. Telf 911-711-8756/711-8753 E-mail: info@typasa.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-099



INFORME DE ENSAYO N° 000085914

CLIENTE: JOHN GUTIÉRREZ CUBAS
PROYECTO: EFICIENCIA DE LA ELECTROCOAGULACIÓN A NIVEL DE LABORATORIO PARA REMOCIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS-MOYOBAMBA,2021
DOMICILIO LEGAL: MOYOBAMBA
REFERENCIA CLIENTE: PM-04
CÓDIGO TYPESA: 000076483

MATRIZ: Agua residual
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Cotización N°00020008329
Muestreo realizado por Cliente.
Aproximadamente 1.500 L de muestra (Agua residual).
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA: PNTE-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS: Despejado

DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: Agua Residual Doméstico - N: 9332219.89 / E: 281215.24
FECHA DE TOMA: 05/08/2022 13:01
FECHA DE RECEPCIÓN: 06/08/2022

FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 06/08/2022 - 26/08/2022

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
*pH "in situ"	ud. pH	7.20	Datos facilitados por el cliente		
*Turbiedad "in situ"	UNT	4.5	Datos facilitados por el cliente		
*Temperatura "in situ"	°C	23.6	Datos facilitados por el cliente		

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	10.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23rd Ed. 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5

Callao, 26 de agosto de 2022



Fdo. Vanessa León Legua
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopia
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

NOTA:

Esta es una reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPESA, S.A. Sucursal del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de estabilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPESA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/ De la 268, Callao. Telf 911-711-8796/711-8755 E-mail: labperu@typesa.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-099



INFORME DE ENSAYO N° 000085915

CLIENTE:	JOHN GUTIÉRREZ CUBAS
PROYECTO:	EFICIENCIA DE LA ELECTROCOAGULACIÓN A NIVEL DE LABORATORIO PARA REMOCIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS-MOYOBAMBA, 2021
DOMICILIO LEGAL:	MOYOBAMBA
REFERENCIA CLIENTE:	PM-05
CÓDIGO TYPESA:	000076483
MATRIZ:	Agua residual
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Cotización N° 00020008329 Muestreo realizado por Cliente. Aproximadamente 1.500 L de muestra (Agua residual).
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:	PNTE-LTMO-03. Rev.03 Aguas residuales
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS:	Despejado
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:	Agua Residual Doméstico - N: 9332219.89 / E: 281215.24
FECHA DE TOMA:	05/08/2022 14:15 a.m.
FECHA DE RECEPCIÓN:	06/08/2022
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	06/08/2022 - 26/08/2022

RESULTADOS ANALÍTICOS IN SITU

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
*pH "in situ"	ud. pH	7.25	Datos facilitados por el cliente		
*Turbiedad "in situ"	UNT	4.18	Datos facilitados por el cliente		
*Temperatura "in situ"	°C	23.7	Datos facilitados por el cliente		

RESULTADOS ANALÍTICOS FÍSICO-QUÍMICOS GENERALES

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Aceites y grasas (AyG)	mg Aceite y grasa/L	7.0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23rd Ed. 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method	0.5

Callao, 26 de agosto de 2022

Fdo. Vanessa León Legua
 Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía
 CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación, L.D. Límite de detección

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA

NOTA:

Esta es una copia de reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPESA, S.A. Seguridad del Perú. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de validez del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción de la muestra en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. Los resultados de los ensayos no de bien se utilizarán como una certificación de conformidad con normas de producto o como control de calidad del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPESA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, Cl. Deña, 26B, Callao. Telf 511-711-8796/711-8755 E-mail: labperu@typesa.com

Eficiencia de la electrocoagulación a nivel de laboratorio para remoción de aceites y grasas de aguas residuales domésticas.

Moyobamba, 2021

por John Gutierrez Cubas

Fecha de entrega: 17-nov-2023 09:09a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2231170751

Nombre del archivo: ING._SANITARIA_-_John_Guti_rrez_Cubas_-_CORREGIDO_2.docx (5.28M)

Total de palabras: 10053

Total de caracteres: 55123

Eficiencia de la electrocoagulación a nivel de laboratorio para remoción de aceites y grasas de aguas residuales domésticas. Moyobamba, 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

tesis.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

4%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

3

repositorio.unsa.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

pdfcoffee.com

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

editorial.inudi.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%