



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

**Aplicación del proceso de electrocoagulación para la remoción del DBO en
aguas residuales a nivel de laboratorio**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico

Autor

Wanderley Vladimir Fernandez Martinez

Asesor

Dr. Víctor Raúl Coca Ramírez

Huacho – Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

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

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales.

Sin Derivadas: Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUIMICA

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Wanderley Vladimir Fernandez Martinez	76400641	17/10/2024
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Víctor Raúl Coca Ramírez	15601160	0000-0002-2287-7060
DATOS DE LOS MIEMROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
Salcedo Meza, Máximo Tomas	15602588	0000-0003-1993-2513
Jaime Iman Mendoza	40936175	0000-0001-6232-0884
Edelmira Torres Corcino	15649132	0009-0009-7903-4652

Wanderley Vladimir Fernandez Martinez

Aplicación del proceso de electrocoagulación para la remoción del DBO en aguas residuales a nivel de laboratorio

Quick Submit

Quick Submit

Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trncoid::1:2978967373

Fecha de entrega

6 ago 2024, 7:12 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

14 ago 2024, 10:54 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

Remocion_de_DBO_VFIN..docx

Tamaño de archivo

3.0 MB

61 Páginas

7,222 Palabras

39,075 Caracteres



Página 1 of 67 - Portada

Identificador de la entrega trncoid::1:2978967373



Página 2 of 67 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trncoid::1:2978967373

16% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cá...

Filtrado desde el informe

► Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

16% Fuentes de Internet

4% Publicaciones

12% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión:

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitan distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Dedicado a dios por dame sabiduría y a mis progenitores por darme la vida y apoyo en mi formación profesional, gracias a ellos pude superar todos los obstáculos que se fueron presentado en el transcurso de la carrera.

Dedicado a mi querida alma mater por formarme como un profesional y expandir mis conocimientos y sabidurías con todas las enseñanzas que me dio.

Dedicada al ingeniero por enseñarme y apoyarme a la elaboración de esta tesis, gracias por sus conocimientos y creer en mí.

Dedicado a todos los docentes e ingenieros que me enseñaron en todos estos años y me transmitieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por todo su apoyo brindado desde que inicie la carrera esta ahora y por sus sabiduría y consejos en los momentos más difíciles que pase en el transcurso de la carrera.

Agradezco al ingeniero por brindarme su ayuda y dejarme usar el laboratorio donde pude llevar a cabo los ensayos.

Agradecer a mi asesor por brindarme su conocimiento para poder llevar a cabo esta indagación.

Agradecer a todas las personas que me apoyaron y brindaron una mano cuando mas lo necesitaba en el transcurso de la carrera.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1. Descripción de la realidad problemática	15
1.2. Formulación del problema.....	16
<i>1.2.1. Problema general</i>	<i>16</i>
<i>1.2.2. Problemas específicos</i>	<i>16</i>
1.3. Objetivos de la investigación	16
1.3.1. Objetivo general	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
1.4. Justificación de la Investigación.....	17
1.5. Delimitaciones del Estudio.....	17
<i>1.5.1. Delimitación Espacial</i>	<i>17</i>
<i>1.5.2. Delimitación Temporal.....</i>	<i>17</i>
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	18
<i>2.1.1. Investigaciones Internacionales</i>	<i>18</i>
<i>2.1.2. Investigaciones Nacionales</i>	<i>18</i>
2.2. Bases teóricas	19
<i>2.2.1. Aguas Residuales (AR)</i>	<i>19</i>

2.2.2. Tipos de AR.....	20
2.2.3. Características Físicoquímicos de las AR.....	21
2.2.4. Tratamiento de AR.....	23
2.2.5. Electrocoagulación.....	25
2.2.6. Electroodos.....	31
2.3. Definición de Términos Básicos	31
2.4. Hipótesis de Investigación.....	32
2.4.1. Hipótesis General	32
2.4.2. Hipótesis Específica	32
2.5. Operacionalización de las Variables.....	33
CAPITULO III. METODOLOGÍA.....	35
3.1. Diseño Metodológico	35
3.1.1. Lugar de ejecución	35
3.1.2. Materiales e instrumentos	36
3.1.3. Diseño Experimental	36
3.2. Población y Muestra.....	37
3.2.1. Población.....	37
3.2.2. Muestra.....	37
3.3. Técnicas de Recolección de Datos	37
3.3.1. Técnicas Empleadas	37
3.4. Técnicas para el procesamiento de la información	39
CAPITULO IV. RESULTADOS	40
4.1. Tratamiento de la Muestra 1	40
4.2. Tratamiento de la Muestra 2	41
4.3. Tratamiento de la muestra 3	43

4.4. Comparación de los parámetros	44
4.5. Comparación de los resultados de DBO con la Norma: DS 003-2010- MINAM	47
CAPITULO V: DISCUSIÓN.....	48
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
REFERENCIAS	52
ANEXOS	56
Anexo 1. LMP Para Los Efluentes de PTAR.....	57
Anexo 2. Evidencias Fotograficas.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros de Aguas Residuales y Aguas Residuales Domesticas.....	20
Tabla 2.	Operacionalización de las Variables.....	33
Tabla 3.	Descripción del Lugar	35
Tabla 4	Materiales	36
Tabla 5.	Equipos	36
Tabla 6.	Parámetros y Equipos a Emplear.....	39
Tabla 7.	Parámetros de Agua Cruda	40
Tabla 8.	Parámetros de Agua Tratada durante 30 minutos.....	40
Tabla 9.	Parámetros de Agua Tratada durante 60 minutos.....	41
Tabla 10.	Parámetros de Agua Cruda	41
Tabla 11.	Parámetros de Agua Tratada durante 30 minutos.....	42
Tabla 12.	Parámetros de Agua Tratada durante 60 minutos.....	42
Tabla 13.	Parámetros de Agua Cruda	43
Tabla 14.	Parámetros de Agua Tratada durante 30 minutos.....	43
Tabla 15.	Parámetros de Agua Tratada durante 60 minutos.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa Conceptual del Tipo de Aguas Residuales	21
Figura 2. Objetivos de los Procesos del Tratamiento Preliminar	24
Figura 3. Secuencia de Tratamientos de AR	25
Figura 4. Esquema de C.E.	26
Figura 5. Mecanismo 01	27
Figura 6. Mecanismo 02	28
Figura 7. Al cómo ánodo	28
Figura 8. Mecanismo de Electrocoagulación	29
Figura 9. Ventajas.....	30
Figura 10. Delimitación del Campo de Estudio	35
Figura 11. 1º muestreo.....	37
Figura 12. 2º muestreo.....	38
Figura 13. 3º muestreo.....	38
Figura 14. Grafica de Turbidez	44
Figura 15. Grafica de pH.....	45
Figura 16. Grafica de TDS	45
Figura 17. Grafica de C.E.....	46
Figura 18. <i>Grafica de OD</i>	46
Figura 19. <i>Grafica de DBO</i>	47
Figura 20. <i>Grafica de DBO de agua cruda, agua de 30 minutos, 60 minutos y los LMP</i>	47

RESUMEN

La siguiente indagación tiene como objetivo analizar la eficiencia del proceso de electrocoagulación (E.C.) para la remoción de la DBO en efluentes domésticas a nivel de laboratorio. La metodología se basó en 3 etapas: una primera etapa que consistió en la recolección de las muestras en campo y el análisis de ellas in situ; una segunda etapa donde se realiza el análisis del agua residual en el laboratorio y el proceso de electrocoagulación, el cual se llevó a cabo en 2 tiempos diferentes de 30 minutos y 60 minutos, asimismo un voltaje de 7.5 V; finalmente la tercera etapa consistió en el análisis del agua residual tratada. Los parámetros que se analizar al agua cruda y al agua tratada fueron: turbidez, pH, TDS, conductividad, OD y DBO. Los resultados que obtuvimos nos indican que la turbidez va disminuyendo de acuerdo al tiempo de tratamiento con un porcentaje del 95 % e igualmente ocurre la remoción de DBO, el PH de las muestras disminuyen de acuerdo al tiempo de tratamiento con un rango promedio de 7.3-8.4, el OD disminuye en pequeñas diferencias entre un rango de 2-5. Concluimos que el tratamiento por electrocoagulación es eficiente para reducir el nivel DBO de aguas residuales domésticas y poder verter de una forma más segura al río no teniendo un segundo uso de estas.

Palabras claves: Electrocoagulación, aguas residuales domésticas, DBO.

ABSTRACT

The following investigation aims to evaluate the efficiency of the electrocoagulation (E.C.) process for the removal of BOD in domestic wastewater at the laboratory level. The methodology was based on 3 stages: a first stage that consisted of collecting samples in the field and analyzing them in situ; a second stage where the analysis of the residual water is carried out in the laboratory and the electrocoagulation process, which was carried out in 2 different times of 30 minutes and 60 minutes, also a voltage of 7.5 V; Finally, the third stage consists of the analysis of the treated wastewater. The parameters that were analyzed in raw water and treated water were: turbidity, pH, TDS, conductivity, DO and BOD. The results we obtained indicate that turbidity decreases according to the treatment time with a percentage of 95% and the removal of BOD also occurs, the PH of the samples decreases according to the treatment time with an average range of 7.3- 8.4, the OD decreases in small differences between a range of 2-5. We conclude that electrocoagulation treatment is efficient to reduce the BOD level of domestic wastewater and to be able to discharge it more safely into the river without having a second use of it.

Keywords: Electrocoagulation, domestic wastewater, BOD.

INTRODUCCIÓN

El agua es recurso irremplazable en la vida de todo ser vivo asimismo estas aguas están siendo contaminadas por desechos domésticos como desperdicios de alimentos, botellas, equipos rotos, desagües, etc. y también desechos industriales.

Al verter esta agua al río contamina el ambiente tanto a los suelos y el aire por el aroma fétido, estas aguas muchas veces llegan a los sembríos cercanos de los pobladores y contamina asiendo que mueran estas plantas. Asimismo aumento el riesgo de salud de las personas que viven cerca.

Por ello es importante llevar a cabo un tratamiento adecuado de las aguas residuales domesticas (ARD) y en este trabajo busco la solución a esta problemática a través del tratamiento por electrocoagulación en el Rio Huaura.

Para llevar a cabo el tratamiento se empleara una celda de electrocoagulación (C.E.), la muestra es medido por diferentes parámetros en diferentes tiempos; con ayuda de placas de aluminio se llevo a cabo la electrocoagulación y se toma los parámetros necesarios.

Este tratamiento aplica energía eléctrica al agua residual esto hace que genere una clarificación química a través de la desestabilización de las cargas de partículas suspendidas en el agua.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El agua residual es un agente contaminante y se entiende por aguas residuales a las aguas contaminadas por los desagües de las casa cercanas, riegos agrícolas, ganadería que desembocan en el rio Huaura y que generan no solo contaminación del rio que este llega a desembocar en el mar asiendo que los animales acuáticos mueran sino que a la misma vez va generando enfermedades para los pobladores que viven en esa zona y algunos terrenos de cultivo que usan estas aguas , por ello es necesario tratar las agua residuales así poder reducir su impacto ambiental.

Juan (2014) mencionó que la carencia de una adecuada PTAR ocasiona un impacto negativo en los ecosistemas hídricos.

El distrito de Huaura es un valle que tiene aproximadamente 34.764 en el 2017 según la INEI el cual es irrigado por el rio que lleva su mismo nombre (rio Huaura) que desemboca en el distrito de Carquín y posteriormente al mar peruano.

En este distrito muchos agricultores se dedican a la siembra y también a criar animales haciendo que las aguas del rio Huaura sean contaminadas porque al pasar por los sembríos recogen pesticidas o abonos que utiliza el agricultor para que las plantas crezcan y les dee frutos, el agua que botan de los ganaderos también llevan bacterias contaminantes. Cada año la población del distrito de Huaura aumenta generando más contaminación y por consecuencia el incremento en la generación de aguas residuales en el cual las autoridades no han implementado una solución para ellos, provocando que estas aguas que pasan por el Rio Huaura llevan contaminantes que perjudican la agricultura en Carquin y Hualmay.

Ante estas problemáticas tenemos como propósito hacer una investigación en el cual se remueva el DBO de las aguas residuales ya que es la cantidad de oxigeno donde los

microorganismo y bacterias degradan las sustancias orgánicas que se encuentran en el agua, si el DBO es alto quiere decir que hay presencia de sustancias fecales y otros contaminantes provocados por la misma población por ello es importante remover el DBO a través de la electrocoagulación.

El método de la electrocoagulación es económico donde se usa placas de aluminio, por ello pasa corriente eléctrica para desestabilizar las moléculas contaminantes y que se encuentran suspendidas en el agua residual. Así obtener un agua mas limpia y segura que desemboque en nuestro mar peruano.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuán eficiente es el tratamiento de electrocoagulación para la remoción de la DBO en ARD a nivel de laboratorio?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la caracterización fisicoquímica del afluente de la C.E.?
- ¿Cuál es la caracterización fisicoquímica del efluente de la C.E.?
- ¿Cuáles son los parámetros de operación más adecuados para llevar a cabo la reacción de electrocoagulación a nivel de laboratorio?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia del tratamiento de electrocoagulación para la remoción de la DBO en ARD a nivel de laboratorio.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la caracterización fisicoquímica del afluente de la C.E.
- Determinar la caracterización fisicoquímica del efluente de la C.E.

- Evaluar los parámetros de operación más adecuados para llevar a cabo la reacción de electrocoagulación a nivel de laboratorio.

1.4. Justificación de la Investigación

La indagación es llevado a cabo con la finalidad de dar a conocer el proceso de electrocoagulación para el tratamiento del ARD del Rio Huaura.

La presente investigación es justificable a nivel metodológico ya que se ase uso de técnicas y procedimientos a través de las variables que a su vez buscamos reducir el impacto ambiental que genera el agua residual vertido al rio. Usando el método de electrocoagulación vamos a lograr la remoción del DBO del agua residual.

A través de la presente investigación mejoraremos los parámetros del agua del rio que esté acorde con los LMP y las normas establecidas para verter esta agua de manera segura al rio y ayudar a cuidar nuestro medio ambiente.

1.5. Delimitaciones del Estudio

1.5.1. Delimitación Espacial

La indagación se ejecutara en el laboratorio de Química Analítica de la Escuela Profesional de Ingeniería Química y en el río Huaura.

1.5.2. Delimitación Temporal

El tiempo para realizar el proyecto será desde el mes de Julio del 2023 a Febrero 2024.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Investigaciones Internacionales

Morales (2021), en su estudio tiene como fin tratar el agua pluvial con electrocoagulación usando electrodos de aluminio. Se comparó la eficiencia de dos electrolitos, sal de mar y sulfato de sodio. Primero se estudió el agua de lluvia observando que contenía DQO, turbidez, metales pesados. Se demostró ahorro al utilizar este sistema y a la misma vez cumpliendo con las normas establecidas. Llegando a la conclusión que este tratamiento es una opción para darle un segundo uso a estas aguas.

Limón (2019) en su investigación como objetivo caracterizar el agua del río y de agua residual para identificar los contaminantes, concentración y dar soluciones para eliminar el agua residual y evitar que sigan contaminando las personas arrojando basura al río. Por ello usó la electrocoagulación que ayudara a depurar los contaminantes del agua residual usando celdas y un sistema fotovoltaico para remover el 86% STD, 84% de fosfatos y 66.89% los nitratos, dándole un segundo uso a estas aguas.

Peláez (2020) en su trabajo de investigación muestra el proceso de electrocoagulación como una alternativa remover microplásticos que se encuentran en las AR de las zonas urbanas. Tiene como objetivo estudiar el proceso que tiene la electrocoagulación en el laboratorio para eliminar los microplásticos del agua residual ocasionado por las casas que se encuentran cerca al río. El trabajo contiene la preparación de la muestra a usar.

2.1.2. Investigaciones Nacionales

Ccente y Huayllani (2021) en su indagación muestra cuan eficiente será el porcentaje de eliminación de DBO de una PTAR en el distrito de Paucará, a través del análisis del DBP5 y DQO del efluente y contrastar con la normativa peruana, para ello obtuvo 42 muestras de

DBO5 y 10 de DQO, analizo el pH y su temperatura. Concluyo que la remoción tanto de DBO5 y DQO es mayor a 50% y la concentración de las muestras está por debajo de lo que indica el LMP siendo seguro para su vertimiento.

Galindo y Pow (2022) tiene como finalidad determinar el rendimiento de purificadores para remover el DBO de las aguas residuales. La metodología empleada consistió en conocer los tipos de purificadores y cuales remueven en mayor cantidad el porcentaje de DBO. Se llegó a la conclusión que el purificador adecuado es el flujo vertical siendo su remoción de 80.69% a 96% sometido a 24.6 a 30°C.

Atalaya (2022) en su indagación tiene como objetivo obtener el rendimiento de remoción de DBO, DQO, SST, aceites y grasas (AyG), pH y temperatura. Se tomó muestras cada 15 días, los resultados se compararon con LMP según las normas, concluyendo que el tratamiento es eficiente para remover los parámetros mencionados y cumplir con las normas establecidas para efluentes.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Aguas Residuales (AR)

Sus cualidades son alteradas por actividades industriales y humanas, antes de ser vertidas al rio, deben pasar por un proceso de tratamiento para que pueda ser usada como en riego de plantas en plazas, para los campos agrícolas entre otros mas no puede ser reutilizado para uso personal. (OEFA, 2014, pág. 2)

El agua es utilizada como agua de servicio y al ser desechada se transforma en efluente llamado agua residual, que debe ser gestionada en las municipalidades encargadas para lograr reducir su impacto ambiental. Los problemas del agua se pueden tomar por su escasez física, debido a la falta de agua por los bajos niveles de precipitación o por falta de cuerpos de agua. En la actualidad existen varios tipos de tratamiento para aguas residuales,

estas deben ser clasificadas según su lugar de origen, al tomar una muestra podemos clasificarlas según su naturaleza en físicos, químicos y biológicos. (Loayza, 2009)

Tabla 1
Parámetros de Aguas AR y ARD

AR	ARD
Temperatura	Olor
Grasas y aceites	Color
DQO	Turbiedad
Carbono orgánico total	DBO
Nitrógeno	Conductividad
PH	Oxígeno disuelto
E.colli	Sólidos totales disueltos

2.2.2. Tipos de AR

2.2.2.1. AR Industriales.

En las fábricas realizan diferentes procesos para obtener un producto el cual desechan aguas en cada proceso o al finalizar, estas aguas son las residuales, las actividades minera, agrícola, agroindustrial, entre otras son vertidas en los ríos generando una fuerte contaminación.

2.2.2.2. AR Domésticas.

Son aquellas producto de la actividad residencial y comercial que contienen dentro de ello desechos fisiológicos, provienen de las actividades humanas, debe pasar por un tratamiento adecuado así pueda cumplir con las normas establecidas para ser vertidas o reutilizadas.

2.2.2.3. AR Municipales

Es una mezcla de agua doméstica y aguas industriales, que deben ser tratadas antes de ser vertidas a los ríos y deben de cumplir con las normas establecidas en el sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

En la Figura 1 sintetizamos mediante un mapa conceptual la clasificación de las aguas residuales basándonos en lo que nos menciona la OEFA.

Figura 1.
Mapa Conceptual del Tipo de Aguas Residuales



Nota: AR (Aguas Residuales)

2.2.3. Características Fisicoquímicos de las AR

2.2.3.1. Características Físicas

- **Olor**

Es una característica importante ya que al descomponerse alguna materia este libera gases, el agua residual gracias al H₂S tiene un olor particular que ocurre en un proceso para reducir sulfuro a sulfito que se da por los microorganismos (Mateo, 2013, como se cita en Osorio et al, 2021).

- **Turbiedad**

Es un parámetro óptico que ocasiona que la luz no pase a través del agua, esta se debe a una alta presencia de materiales en suspensión.

- **Temperatura**

Es importante para determinados tratamientos, debe tomarse en el lugar de muestreo, puede emplearse un termómetro digital.

- **Conductividad**

Es la capacidad del líquido para transportar corriente eléctrica por medio de iones disueltos (waterboards, s.f.).

2.2.3.2. Características químicas

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

Es la relación de materia biodegradable de la MO contenida en un agua y se expresa en mg O₂/l, es un indicador de la contaminación orgánica del efluente contaminado (SIGMADAF, 2023)

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

Es otra medida que va acompañada a la medida de DBO, con ello se evalúa el contaminante generado por desechos y la calidad del agua de una corriente.

La DQO es una prueba de rapidez y precisión, pero tiene la desventaja de que la mezcla oxidante utilizada en ella, no es selectiva con respecto a las sustancias orgánicas que oxida. Asimismo, puede oxidar algunas sustancias inorgánicas normalmente presentes en las aguas residuales. (Muñoz, et al., 2000, pág. 3)

- **Sólidos Totales (ST)**

Son los residuos que se sedimentan al llevarse a una cierta temperatura durante un día al calor seco que es un método térmico. Los sólidos lo encontramos disueltas en el ambiente. (Garcés y Pañuela, 2007, como se cita en Osorio et al., 2021, pag.6).

- **Oxígeno Disuelto (OD)**

Es la concentración de O₂ presente en el agua y es importante en los ríos y lagos para que haya vida acuática y vegetal. La medida que se obtiene indicara el nivel de contaminación en la que se encuentre la muestra. Si el OD es alto el agua es buena calidad para la naturaleza. Si los niveles de oxígeno disuelto están por debajo de lo requerido, los animales acuáticos se morirán. El oxígeno disuelto

depende de la temperatura en la que se encuentre el agua (Peña Pulla, 2007, pág. 2).

- **pH**

Mide la alcalinidad o acidez que contiene el agua, estas dependen de iones de hidrógenos, los valores se encuentran a una escala entre 0 y 14 (Osorio et al., 2021).

- **Nitratos**

Tiene origen producto de la degradación de vegetales y animales asimismo de sustancias nitrogenadas que en presencia de O₂ los microorganismos transforman la materia orgánica presente en el agua (Osorio et al., 2021).

2.2.4. Tratamiento de AR

Es el procesamiento que reciben las AR con la finalidad de poder disminuir sus contaminantes y que puedan ser reutilizadas para consumo humano, para riego o para otro fin.

En la actualidad existen gran cantidad de métodos para tratar las aguas residuales, su elección depende de las características fisicoquímicas que presente el afluente a tratar, así como para que será destinado el efluente, entre otros.

Cabe mencionar que cada tipo de tratamiento no es otra cosa que operaciones o procesos unitarios que se llevaran a cabo.

2.2.4.1. Clasificación del Tratamiento de AR.

Según Rojas (2002), lo clasifica de la siguiente manera:

2.2.4.1.1. Tratamiento Preliminar.

Es la etapa donde se acondiciona el afluente que ingresará a la unidad donde recibirá el tratamiento respectivo, en pocas palabras, elimina la materia de gran tamaño, por ejemplo palos, ropa, solidos gruesos, grasa, arena, entre otros.

En la Figura 2 se plasma los procesos que se emplean en el tratamiento preliminar y su respectivo objetivo de cada uno de ellos

Figura 2.
Objetivos de los Procesos del Tratamiento Preliminar

REJAS O TAMICES	• Eliminación de sólidos gruesos
TRITURADORES	• Desmenuzamiento de sólidos
DESARENADORES	• Eliminación de arenas y gravilla
DESENGRASADORES	• Eliminación de aceites y grasas
PREAERACIÓN	• Control de olor y mejoramiento del comportamiento hidráulico

2.2.4.1.2. Tratamiento Primario.

Su finalidad es eliminar parte de materiales sedimentable o flotante, así como también una parte de la carga orgánica que puede representar entre 25% - 40% de DBO y 50% - 65 de sólidos suspendidos. Entre los procesos que se emplean encontramos la sedimentación primaria, filtración, precipitación, entre otros.

2.2.4.1.3. Tratamiento Secundario

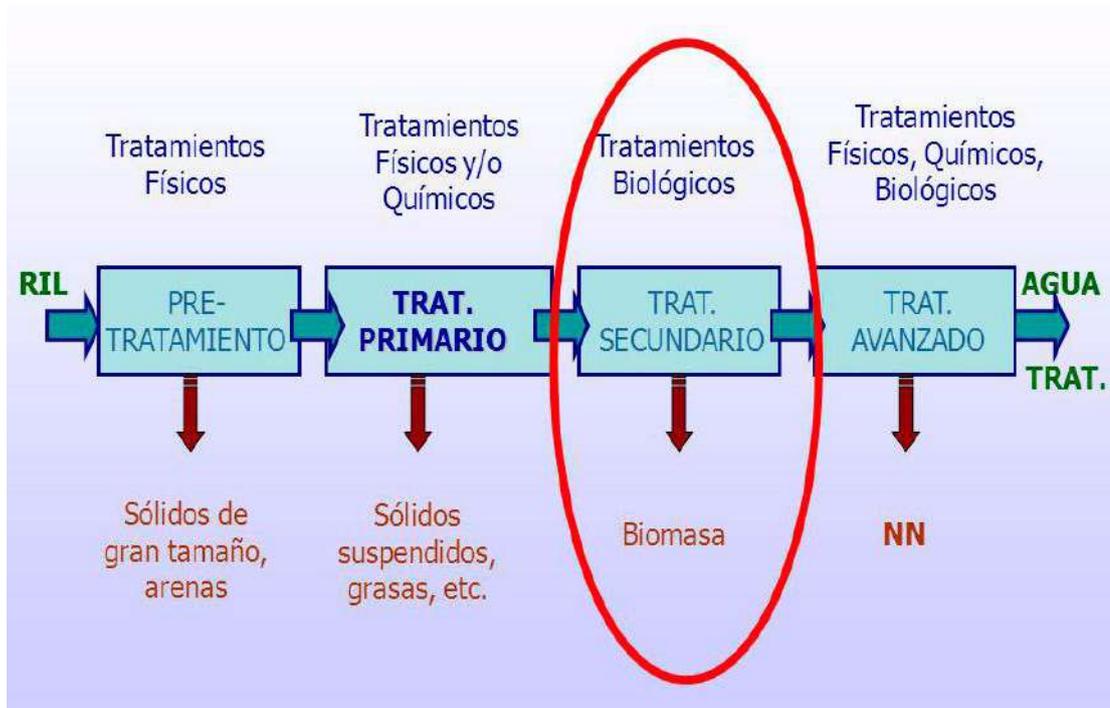
En esta etapa o tipo de tratamiento se reducen los compuestos orgánicos y se emplean netamente procesos biológicos. Los procesos más comunes son los lodos activados y filtros percoladores.

2.2.4.1.4. Tratamiento Avanzado

También llamado tratamiento terciario, con éste se complementa los anteriormente mencionados para conseguir efluentes más puros, con menor carga contaminante, en esta etapa o tipo de tratamiento se eliminan fosfatos, nitratos, algas, sólidos totales, sólidos disueltos, entre otros.

En la Figura 3, se muestra como es la secuencia en el que se emplean los tratamientos mencionados con la finalidad de obtener agua tratada más pura.

Figura 3.
Secuencia de Tratamientos de AR



2.2.5. Electrocoagulación

Sigue el fundamento de la coagulación, solo que en este proceso no se emplea un coagulante químico, sino que se reemplaza por la corriente eléctrica. Entonces podemos decir que es un proceso unitario en el cual las partículas contaminadas van hacer desestabilizadas induciendo corriente eléctrica al agua residual a través de placas mediante placas metálicas paralelas de diversos materiales como por ejemplo, Fe o Al, por mencionar los más empleados.

2.2.5.1. Mecanismo de la Electrocoagulación.

El mecanismo se basa en una serie de procesos fisicoquímicos que conllevan a la eliminación de partículas contaminantes.

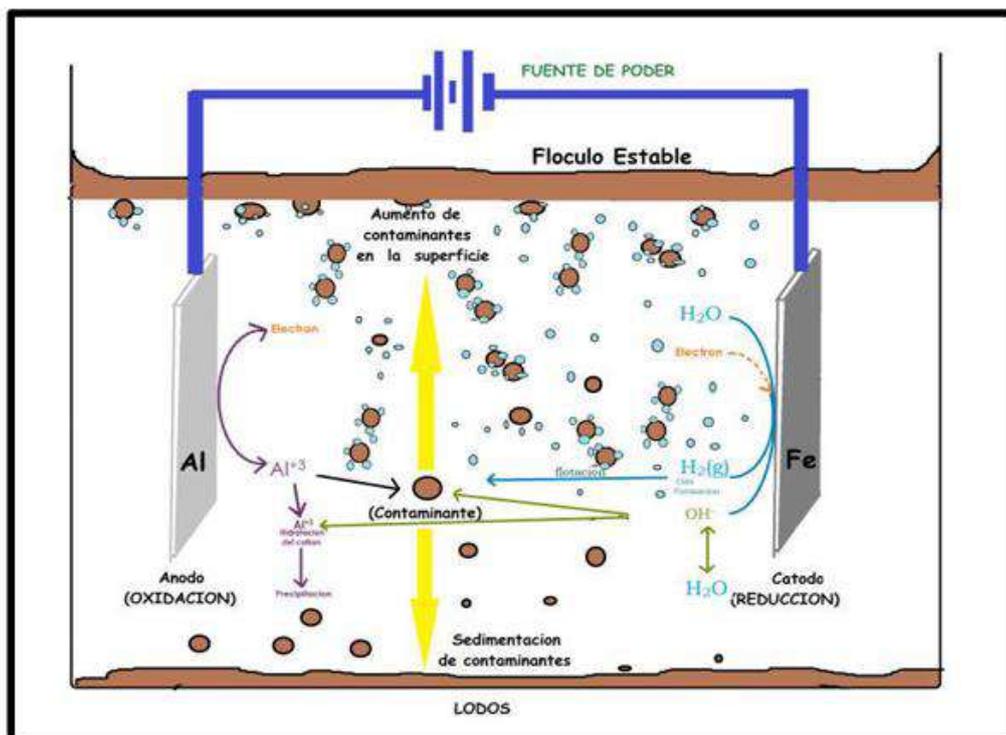
- En los electrodos, ocurren RxQ que producen la formación de iones positivos y negativos. En los ánodos se forman los iones metálicos,

producto de que esté se disuelve, por ello es conocido como electrodo de sacrificio; sin embargo el cátodo se conserva.

- Una vez formado los iones, estos desestabilizan las partículas contaminantes cargadas que se encuentran en el agua, permitiendo que se formen floculos de los contaminantes e iniciando el proceso. La eliminación se puede dar por 2 caminos, debido a RxQ y precipitación; la segunda por procesos químicos de agregación de coloides.

Lo anteriormente descrito se lleva a cabo en reactor que lleva el nombre de celda de electrocoagulación, que podemos observar en la Figura 4.

Figura 4.
Esquema de C.E.



Nota: Tomado de Mollah, 2004

2.2.5.2. Reacciones Involucradas en el Proceso.

Las reacciones electroquímicas se dan de una transformación química que pasan las sustancias por la electrolisis. La reacción que ocurre se basa en ganar o perder electrones que se dan gracias a la presencia de electrodos.

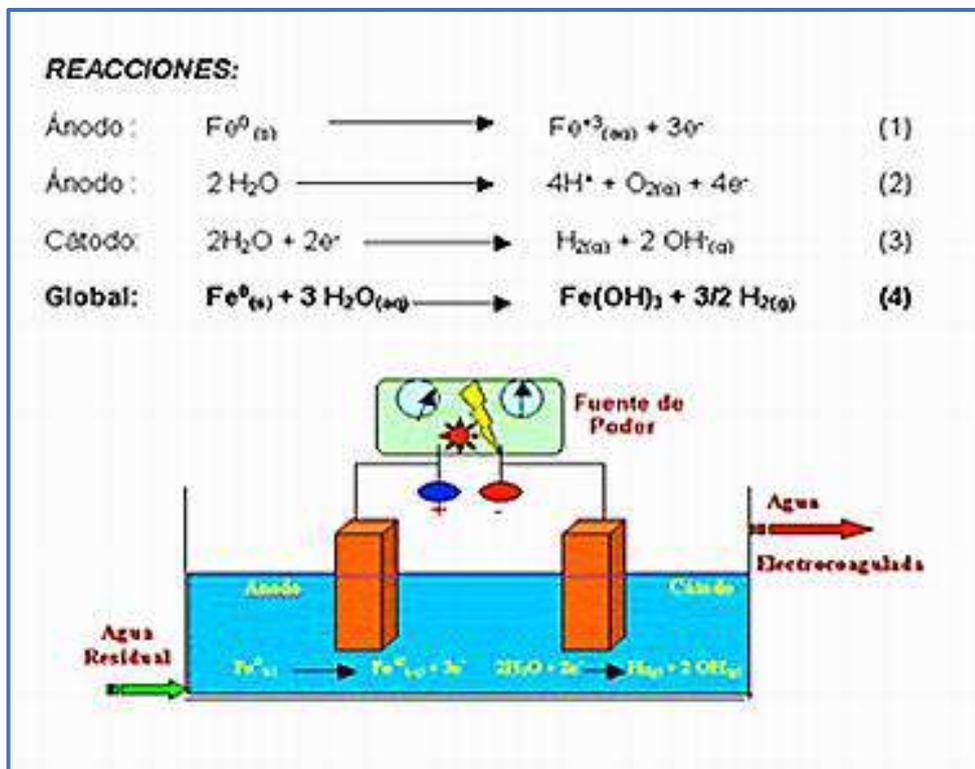
Los electrodos más empleados son el hierro (Fe) y aluminio (Al), por ello se llevarán a cabo las reacciones empleando estos electrodos en la celda.

Cabe mencionar que si el Fe actúa como ánodo, se proponen dos mecanismos ya que se forman in situ 2 posibles coagulantes, como son: hidróxido ferroso (Fe(OH)_2) o hidróxido férrico (Fe(OH)_3).

➤ Mecanismo 01: Formación de Fe(OH)_3

En la Figura 5, se muestra las reacciones para la formación de Fe(OH)_3

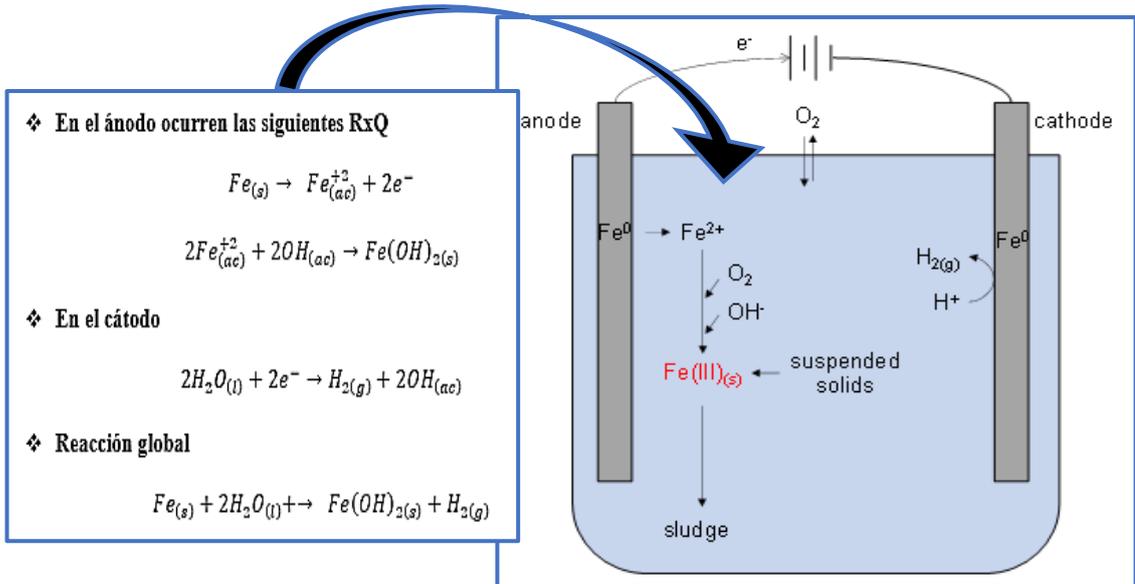
Figura 5.
Mecanismo 01



➤ Mecanismo 02: Formación de Fe(OH)_2

En la Figura 6, se muestra las reacciones para la formación de Fe(OH)_2

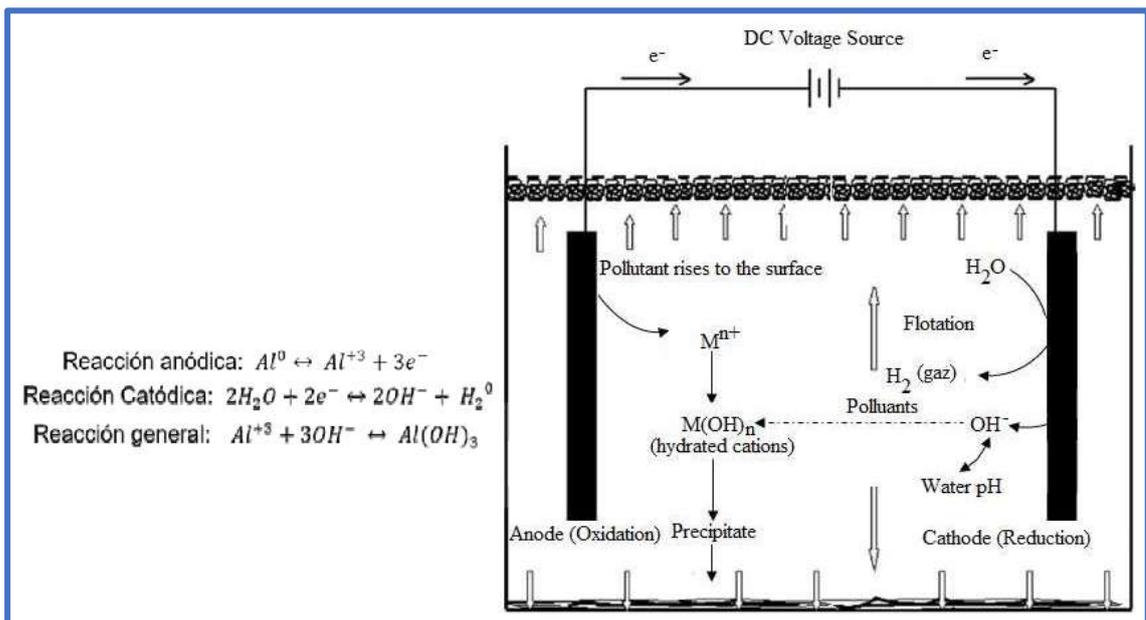
Figura 6.
Mecanismo 02



Una vez formado los hidróxidos de hierro, los coloides se juntan sobre todo los de carga negativa y luego otras partículas contaminantes, siendo eliminados por formación de complejos.

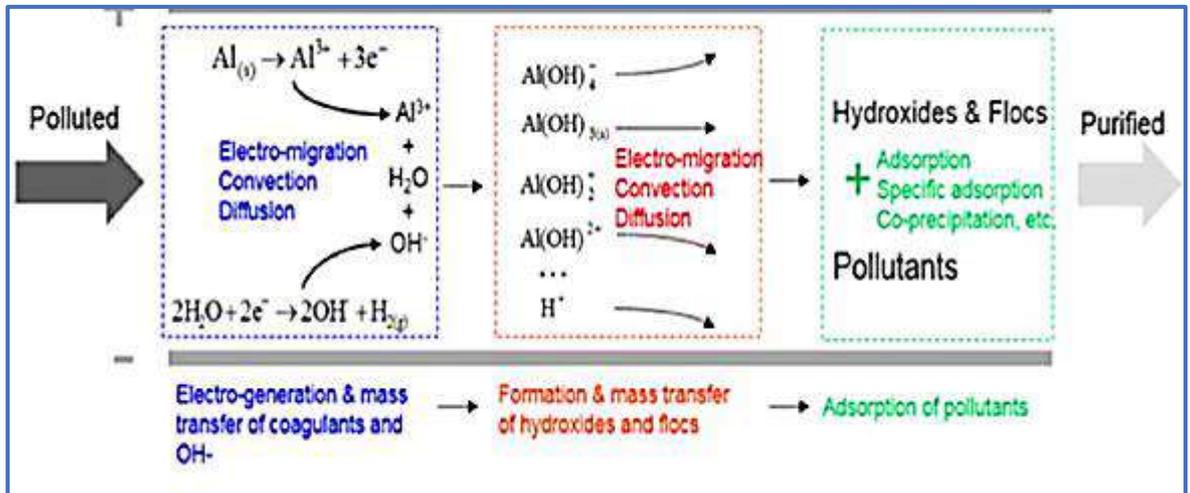
En la Figura 7, observamos las reacciones que ocurren cuando el Al actúa como ánodo.

Figura 7.
Al cómo ánodo



Por último, en la Figura 8 sintetizamos el mecanismo de electrocoagulación con los principios de transferencia de masa

Figura 8.
Mecanismo de Electrocoagulación



2.2.5.3. Factores Que Influyen En La Electrocoagulación.

2.2.5.3.1. pH.

Este parámetro afecta a la eficiencia en el proceso de solubilidad del metal para formar hidróxido. Existe una relación inversamente proporcional entre el pH durante el proceso y el tipo de agua ácida o alcalina, es decir, para aguas ácidas aumenta el pH y en aguas alcalinas disminuye el pH. Investigaciones han determinado que se obtiene una mayor eficiencia de remoción en aguas con pH cerca de 7.

2.2.5.3.2. Densidad de Corriente.

Este parámetro es el que más influye en el proceso y está relacionado con factores económicos. Esto se explica ya que para obtener una mayor eficiencia, se necesita un mayor consumo de energía, entonces debemos tener en cuenta la cantidad de densidad de corriente a emplear, ya que en exceso produce una disminución de la eficiencia. Para elegir la densidad de corriente adecuada se puede tomar en cuenta el pH y la temperatura.

2.2.5.3.3. *Temperatura.*

No hay muchos estudios sobre la influencia de este parámetro en la eficiencia del proceso, pero algunos estudiosos indican que la eficiencia se incrementa hasta llegar a 60 °C, este punto es el máximo.

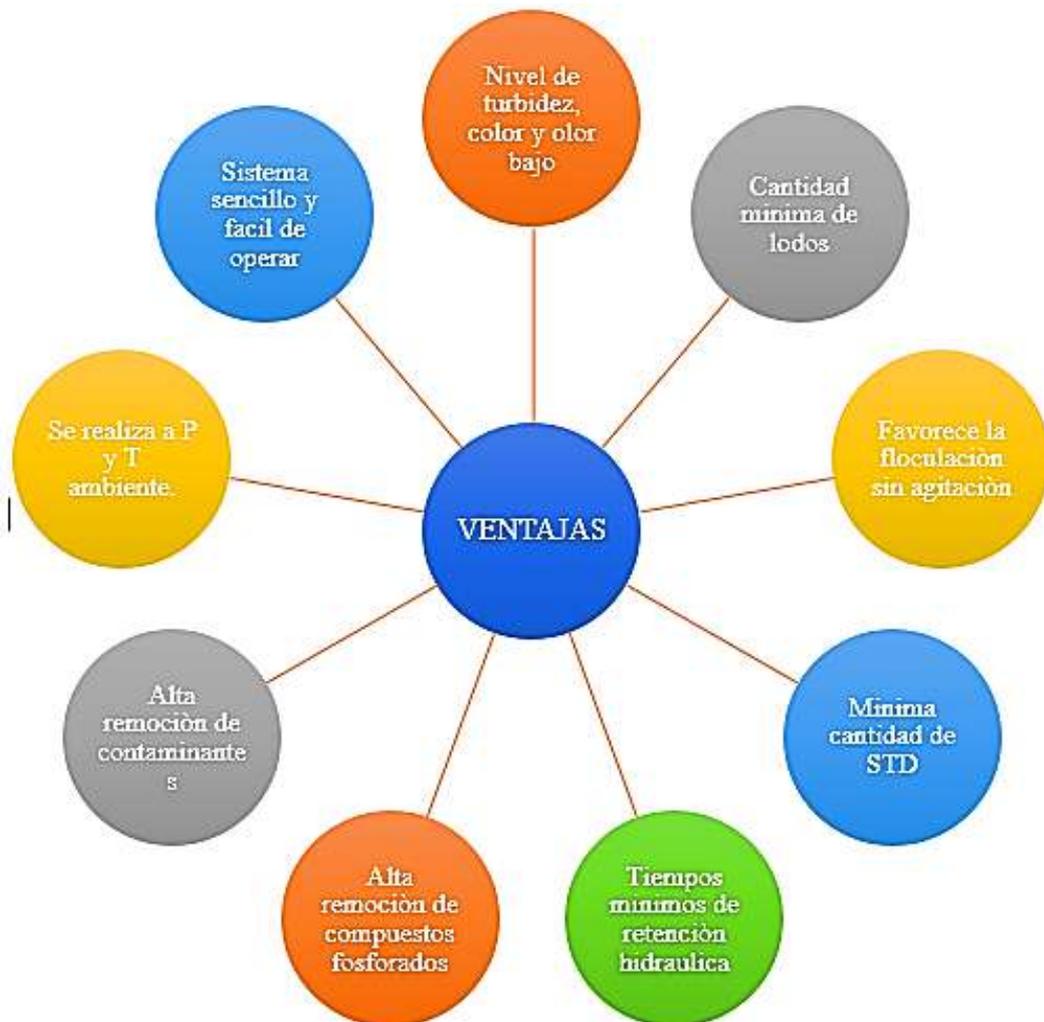
2.2.5.3.4. *Tiempo.*

Mientras mayor sea este parámetro, mayor será la formación de sólidos formados, esto producto a que favorece el proceso de floculación y precipitación.

2.2.5.4. **Ventajas De Electrocoagulación.**

Las ventajas de la electrocoagulación se evidencian en la Figura 9

Figura 9.
Ventajas



2.2.6. Electroodos

Los electrodos son los más importantes dentro de los procesos electroquímicos. Debemos elegirla adecuadamente para poder determinar su viabilidad para el proceso, ya que es muy influyente para su selectividad y el consumo específico de energía (Mendes ,2019, pag.41)

2.3. Definición de Términos Básicos

➤ ***Aguas Grises***

Proviene de actividades de aseo y limpieza del hogar, corresponde a los tres cuartos partes de contaminación que se producen en los hogares. (Murcia Sarmiento, Calderon Montoya , & Diaz Ortiz , 2014, pág. 59).

➤ ***Aguas Negras***

Son las aguas que provienen de los hogares o industria y que se van a las alcantarillas, contienen materia fecal y orina.

➤ ***Electrocoagulación***

Es el tratamiento mediante el cual se alteran las partículas contaminantes suspendidas y disueltas en las aguas residuales mediante energía eléctrica.

➤ ***Celdas de electrocoagulación***

Es el reactor donde ocurrirán las RxQ de electrocoagulación, conformada por 2 electrodos unidos mediante un hilo conductor.

➤ ***Oxidación***

Es la ruptura de una sustancia para obtener otra.

➤ ***Limite Máximo Permisible (LMP)***

Es la medida que debe cumplir las aguas residuales como parámetros físicos y químicos medidos para evitar sanciones de elevados costos y colaborar con el bienestar del medio ambiente.

➤ ***Sedimentación***

Es el proceso el cual las sustancias más grandes que se encuentren en el agua se neutralizan dejando el agua más clara, luego filtrar la parte q se queda en la parte inferior del recipiente.

➤ ***Intercambio Iónico***

Se hace uso de un material que va a retener los iones que se encuentren disueltas en el agua por ejemplo en el proceso de electrocoagulación se utiliza el aluminio.

➤ ***Conductividad***

Es la densidad de corriente que se suministra, si a esta se aumenta el amperaje no afectará al voltaje ya que esta se mantendrá todo el tiempo mientras alimenta a las celdas de electrocoagulación.

➤ ***Contaminante***

Es la causa de enfermedades a los seres vivos y debe ser tratada para reducir su impacto.

➤ ***Afluente***

Es el agua que vamos a tratar y lo extraemos del rio.

2.4. Hipótesis de Investigación

2.4.1. Hipótesis General

La electrocoagulación mejora la calidad de las aguas residuales, eliminando los contaminantes

2.4.2. Hipótesis Específica

- El agua extraída del Rio Huara presentara valores altos de todos los parámetros fisicoquímicos.

- El agua tratada muestra una disminución de los valores de los parámetros fisicoquímicos luego de pasar por el proceso de electrocoagulación
- Los parámetros adecuados podrían ser un tiempo de 30 minutos y un voltaje de 7.5V.

2.5. Operacionalización de las Variables

La Tabla 3 nos proporciona la operacionalización de las variables de nuestro trabajo de investigación.

Tabla 2.
Operacionalización de las Variables

Variables	Definición conceptual	Definición de Variables	Dimensiones	Indicadores
Remoción del DBO en aguas residuales domesticas	El DBO es la demanda bioquímica de oxígeno que contiene el agua como microorganismos o bacterias, a través de esta podemos medir el grado de contaminación de las aguas residuales, las aguas residuales domesticas es el agua usado por la población y desechada a través de desagües al río.	Las aguas residuales domesticas serán medidas antes y después de aplicar la electrocoagulación por diferentes parámetros que nos ayudara a conocer el estado en el que se encuentra la muestra.	Parámetros	<ul style="list-style-type: none"> • Turbidez • PH • TDS • Conductividad • Oxígeno Disuelto • DBO
Proceso de electrocoagulación	La electrocoagulación sirve para remover los contaminantes que existen en las aguas	El proceso de electrocoagulación es un método adecuado para remover los contaminantes	Especificaciones Técnicas	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo del proceso • Voltaje • Amperaje

residuales a que podemos
través de celdas encontrar en las
electroquímica aguas
s que llevan residuales
energía domésticas, es
elétrica por eficiente y a
sus electrodos. bajo costo con
un alto
porcentaje de
efectividad.

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1. Diseño Metodológico

3.1.1. Lugar de ejecución

Tabla 3.

Descripción del Lugar

Aguas Residuales Domesticas del Rio Huaura	
Sector:	Huaura
Distrito:	Sayán
Provincia:	Huaura
Departamento:	Lima
Ubicación:	11°04'31.3"S 77°35'57.1"W
Altitud:	

Figura 10.

Delimitación del Campo de Estudio



3.1.2. *Materiales e instrumentos*

3.1.2.1. **Materiales.**

Para mayor comprensión se detallan en Tabla 5

Tabla 4
Materiales

Nombres	Descripción
Pipeta	Para enjuagar los equipos y materiales a usar y así estén desinfectadas.
Placas de aluminio	Son los electrodos que reciben energía eléctrica.
Vasos precipitados de 600 ml	Para almacenar las muestras.
Probeta de 100 ml	Para medir la cantidad necesaria de muestra.
Cocodrilo	Para conectar de la fuente de alimentación de corriente a las placas de aluminio.
Reactivo: Hidróxido de sodio	Neutraliza a los gases y este no afecte a los resultados.

3.1.2.2. *Equipos*

Tabla 5.
Equipos

Nombres	Descripción
pH-metro	Ayuda a caracterizar la muestra.
Turbidímetro	Ayuda a caracterizar el agua y ver que grado de NTU se encuentra.
Conductímetro	Caracteriza la muestra.
Medidor portátil de oxígeno disuelto	Caracteriza a la muestra.
DBO	Ayuda a medir la DBO en 5 días.
Fuente de alimentación de corriente continua	Para conducir energía eléctrica a los electrodos.

3.1.3. *Diseño Experimental*

La investigación es aplicada y exploratoria, asimismo esta tomado desde el enfoque cuantitativo ya que se va realizar la medición de las variables.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

Representada por el río Huaura.

3.2.2. Muestra

Cada muestra consistió de 7 litros de agua del río Huaura.

3.3. Técnicas de Recolección de Datos

3.3.1. Técnicas Empleadas

3.3.1.1. Muestreo

El primer muestreo se realizó a las 9:00 am

Figura 11.
1º muestreo



El segundo muestreo se realizó a las 8: 45 am

Figura 12.
2º muestreo



El tercer muestreo se realizó a las 8:00 am:

Figura 13.
3º muestreo



3.4. Técnicas para el procesamiento de la información

Tabla 6.
Parámetros y Equipos a Emplear

Parámetro	Método
Turbidez	Turbidímetro Portátil Digital 2100Q (HACH)
pH	Medidor Adwa Ad 8000 Electrodo A1131B (unid pH).
TDS	Medidor Adwa Ad 8000 Electrodo A76309(ppm)
Conductividad	Medidor Adwa Ad 8000 Electrodo A76309(us)
OD	Medidor de OD – MW 600 Milwaukee (mg/l)

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1. Tratamiento de la Muestra 1

Tabla 7.

Parámetros de Agua Cruda

Parámetro	Valor
Turbidez	71.9 NTU
pH	8.4
TDS	166 ppm
C.E	329 us
OD	4.6 mg/l
DBO	280 mg/l

Tabla 8.

Parámetros de Agua Tratada durante 30 minutos

Parámetro	Valor
Turbidez	53.5 NTU
pH	8.3
TDS	154 ppm
C.E	308 us
OD	3.6 mg/l
DBO	269 mg/l

Tabla 9.*Parámetros de Agua Tratada durante 60 minutos*

Parámetro	Valor
Turbidez	35 NTU
pH	8.1
TDS	144 ppm
C.E	288 us
OD	3.2 mg/l
DBO	257 mg/l

4.2. Tratamiento de la Muestra 2

Tabla 10.*Parámetros de Agua Cruda*

Parámetro	Valor
Turbidez	220.3 NTU
pH	8.3
TDS	153 ppm
C.E	307 us
OD	5.0 mg/l
DBO	221 mg/

Tabla 11.
Parámetros de Agua Tratada durante 30 minutos

Parámetro	Valor
Turbidez	168.3 NTU
pH	7.6
TDS	136 ppm
C.E	271 us
OD	4.2 mg/l
DBO	198 mg/l

Tabla 12.
Parámetros de Agua Tratada durante 60 minutos

Parámetro	Valor
Turbidez	78.9 NTU
pH	7.3
TDS	125 ppm
C.E	249 us
OD	3.2 mg/l
DBO	190 mg/l

4.3. Tratamiento de la muestra 3

Tabla 13.

Parámetros de Agua Cruda

Parámetro	Valor
Turbidez	744 NTU
pH	7.6
TDS	146 ppm
C.E	291 us
OD	4.0 mg/l
DBO	284 mg/l

Tabla 14.

Parámetros de Agua Tratada durante 30 minutos

Parámetro	Valor
Turbidez	164 NTU
pH	7.6
TDS	133 ppm
C.E	265 us
OD	3.4 mg/l
DBO	259 mg/l

Tabla 15.
Parámetros de Agua Tratada durante 60 minutos

Parámetro	Valor
Turbidez	49.9 NTU
pH	7.3
TDS	124 ppm
C.E	249 us
OD	2.7 mg/l
DBO	257 mg/l

4.4. Comparación de los parámetros

Figura 14.
Grafica de Turbidez

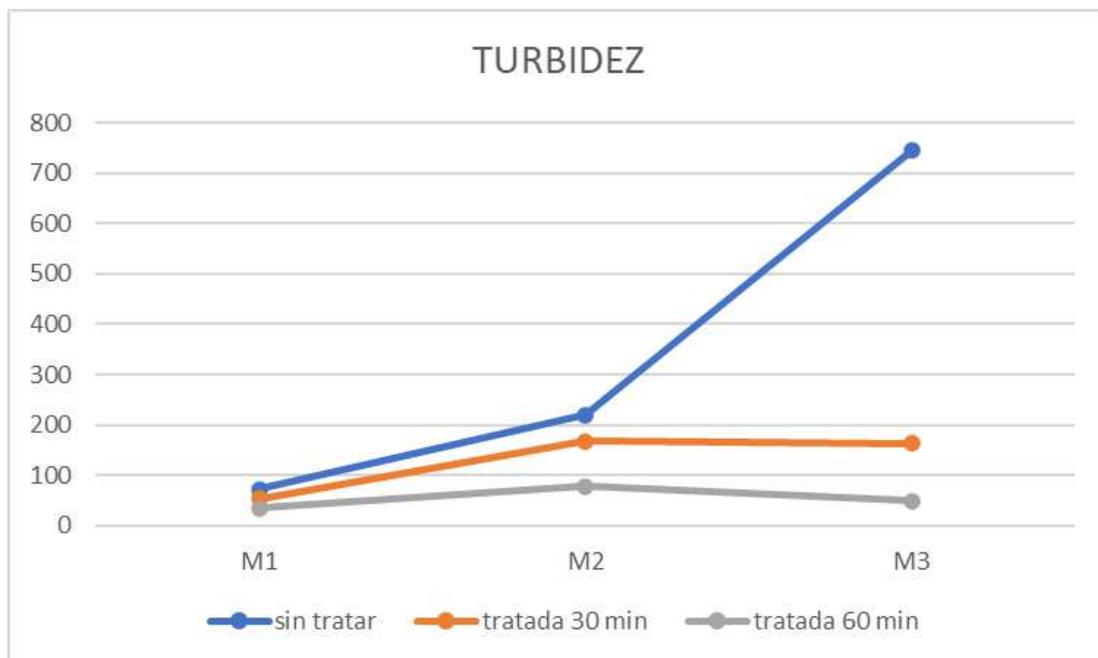


Figura 15.
Grafica de pH

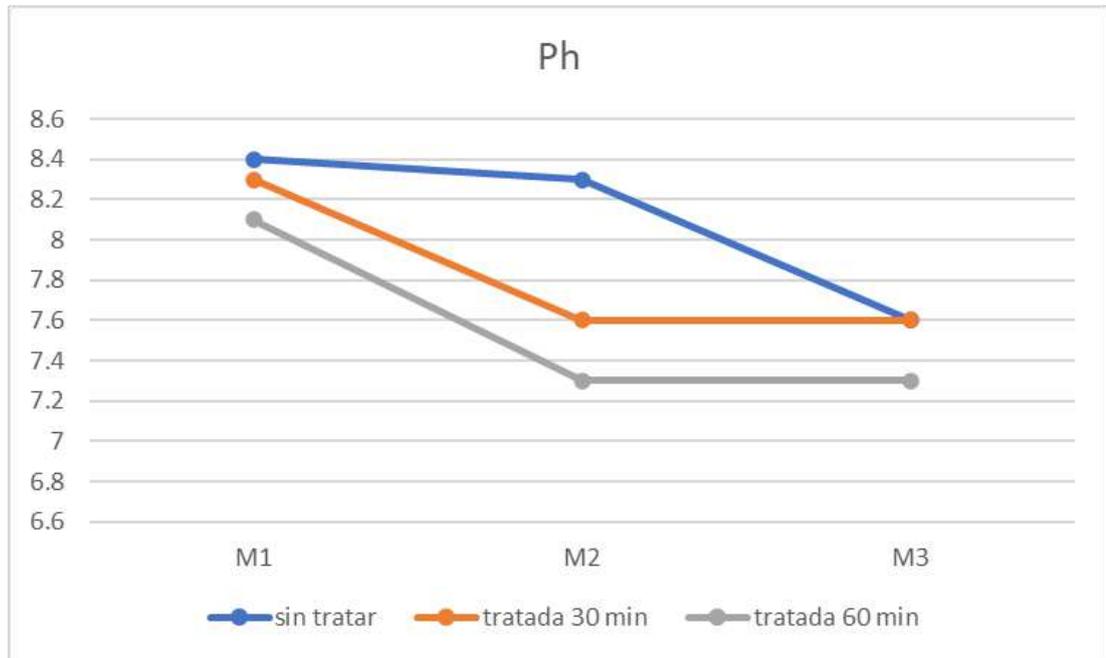


Figura 16.
Grafica de TDS

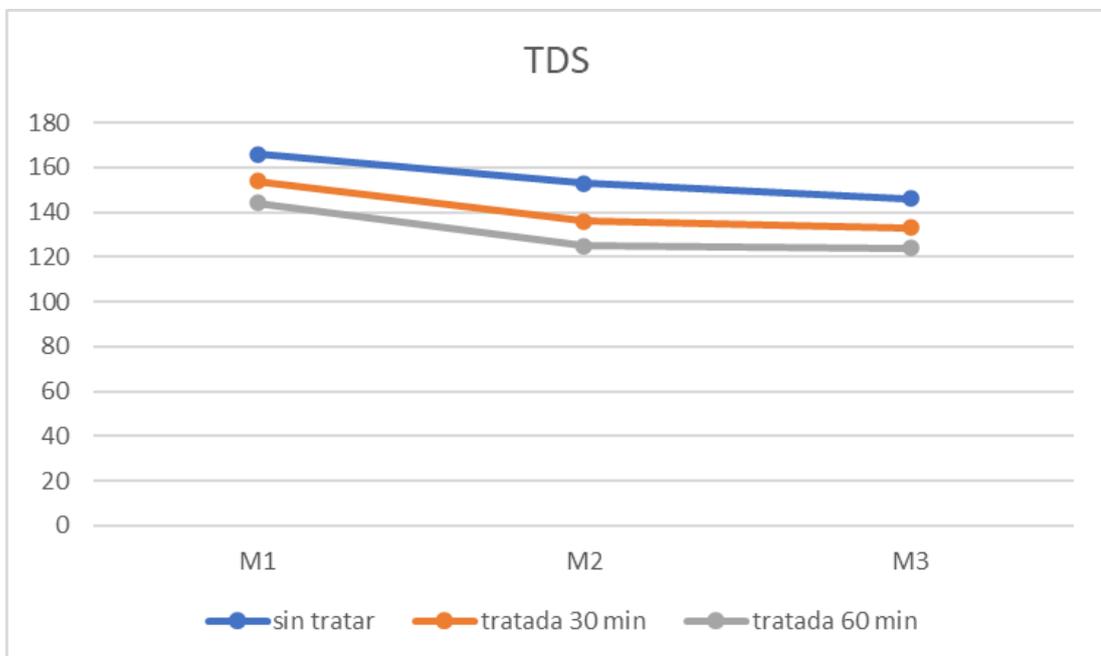


Figura 17.
Grafica de C.E.

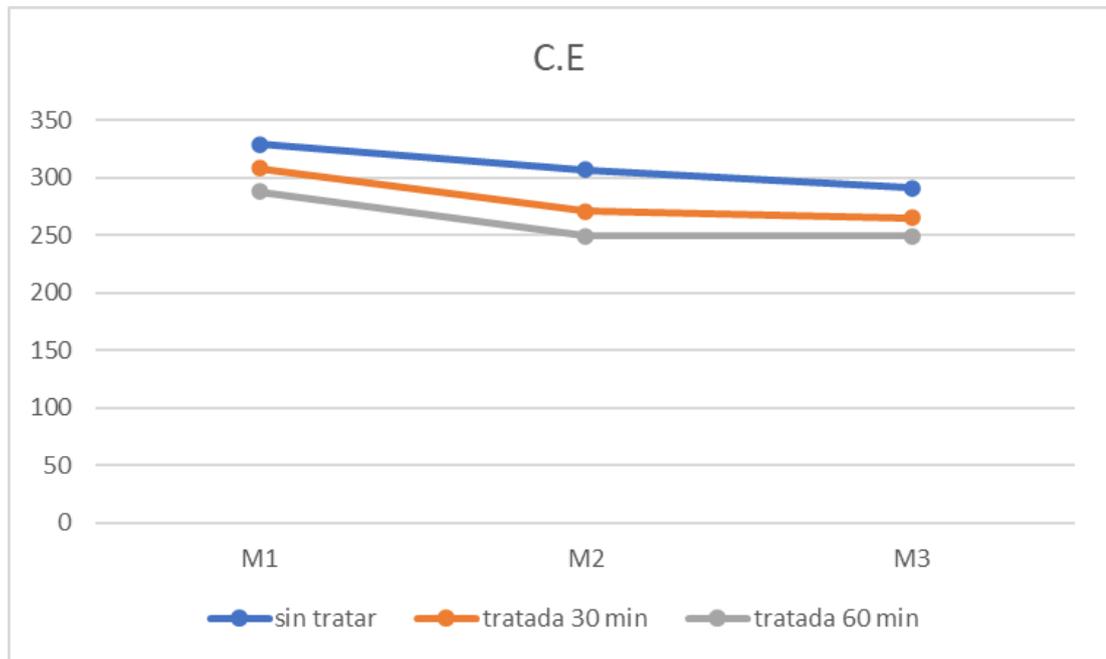


Figura 18.
Grafica de OD

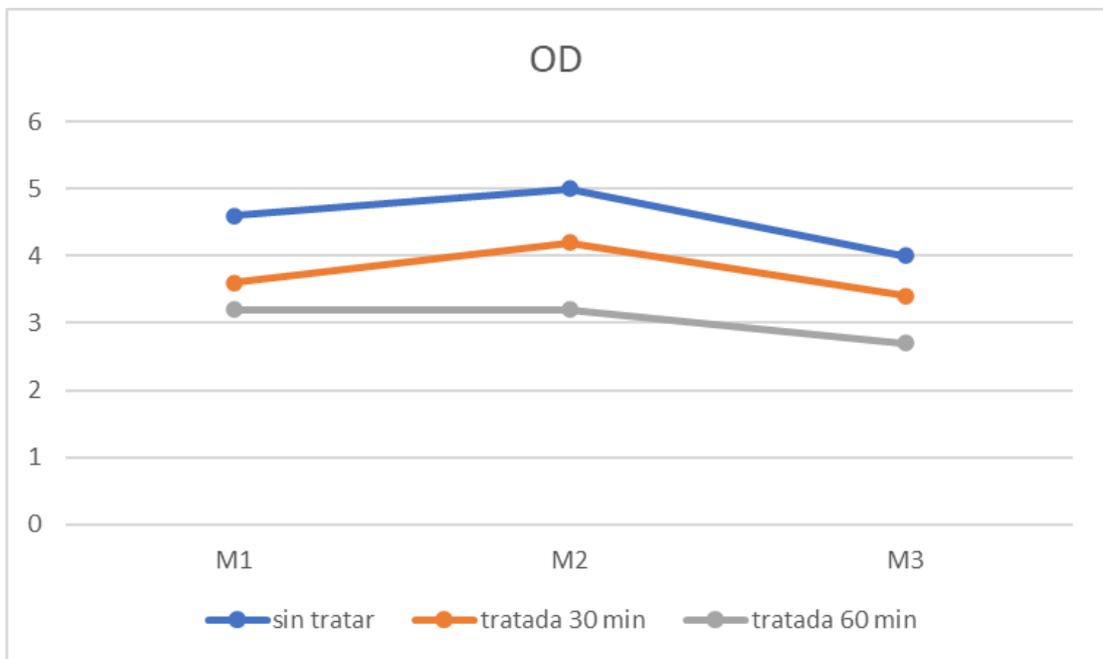
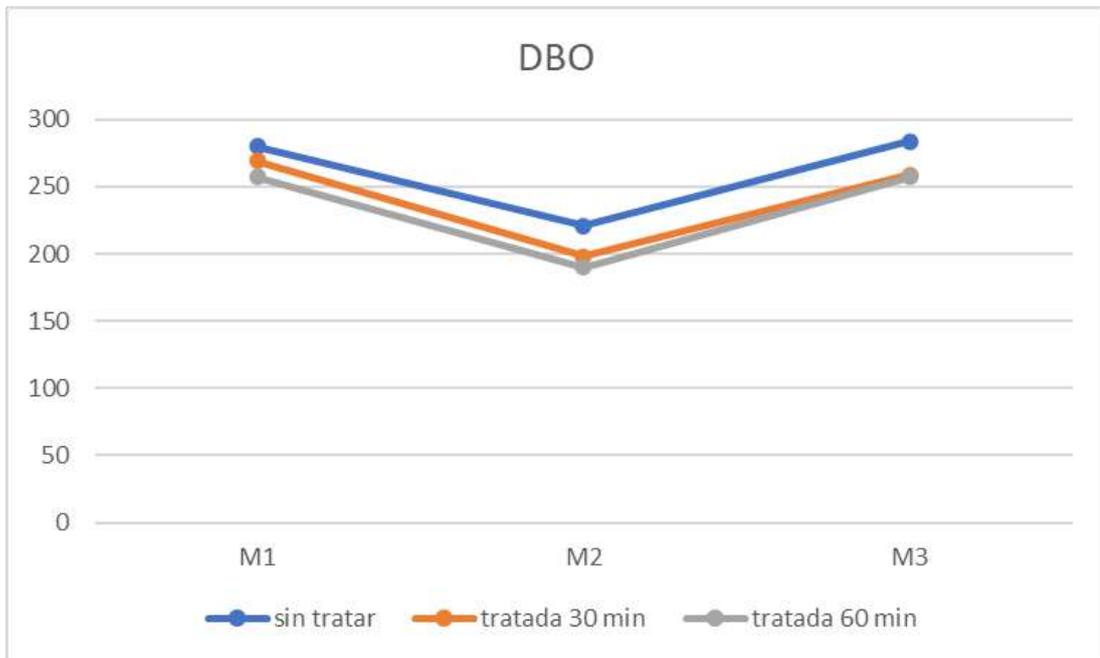
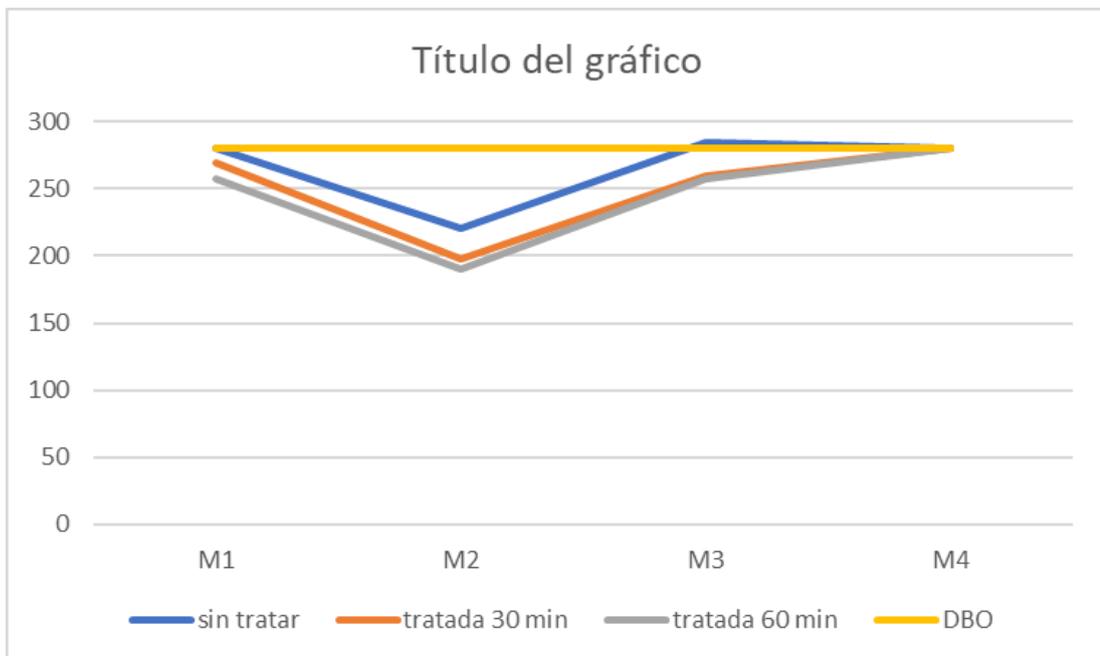


Figura 19.
Grafica de DBO



4.5. Comparación de los resultados de DBO con la Norma: DS 003-2010-MINAM

Figura 20.
Grafica de DBO de agua cruda, agua de 30 minutos, 60 minutos y los LMP



CAPITULO V: DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos el tratamiento de electrocoagulación es el adecuado para remover el DBO de las aguas residuales domésticas y sean más seguras al verter al río.

Los valores del primer muestreo de la turbidez(muestra sin tratar) fue 71.9 NTU ,al tratar la muestra por 30 minutos disminuyo a 53.5 NTU y tratada por 60 minutos disminuyo a 35 NTU. En el segundo muestreo la turbidez de la muestra fue 220.3 NTU, tratada por 30 minutos disminuyo a 168.3 NTU y tratada por 60 minutos disminuyo a 78.9 NTU. El tercer muestreo la turbidez de la muestra fue 744 NTU, trata por 30 minutos disminuyo a 164 NTU y tratada por 60 minutos disminuyo a 49.9 NTU. comparado con los LMP-MINAM la remoción de la turbidez se encuentra en el rango requerido del 95 % de remoción.}

El pH de las muestras sin tratar y tratadas están en un rango de 7.3-8.4 y se encuentran en el rango requeridos por la MINAM para efluentes domésticos.

Los TDS obtenido en la muestra sin tratar en el primer muestreo es de 166 ppm ,al tratarlo por 30 minutos disminuye a 154 ppm y al tratarlo 60 minutos 144 ppm. En el segundo muestreo los resultados son : muestra sin tratar 153 ppm, tratada 30 minutos 136 ppm y tratada por 60 minutos 125 ppm. En el tercer muestreo la muestra sin tratar tiene 146 ppm, tratada por 30 minutos nos da 133 ppm y tratada por 60 minutos nos da 124 ppm. Observamos que los solidos totales disueltos van disminuyendo desde el primer tratamiento de 30 minutos y se encuentran dentro del rango según MINAM es de 150 ml/l.

En cuanto a la conductividad eléctrica en el primer muestreo el agua sin tratar nos da 329 us, tratada por 30 minutos disminuye 308 us y tratada por 60 minutos 288 us. En el segundo muestreo la muestra sin tratar tenía 307 us, tratada por 30 minutos 271 us y tratada por 60 minutos 249 us. El tercer muestreo de la muestra sin tratar obtuvimos como resultado 291 us, tratada por 30 minutos disminuye 265 us y tratada 60 minutos disminuye a 249 us.

Para la OD de las aguas residuales domesticas en el primer muestreo obtuvimos como dato 4.6 mg/l para el agua sin tratar, tratada por 30 minutos reduce a 3.6 mg/l y tratada por 60 minutos reduce a 3.2 mg/l. En el segundo muestreo la muestra sin tratar nos dio 5 mg/l, tratada por 30 minutos nos dio 4.2 mg/l y tratad por 60 minutos 3.2 mg/l. En el tercer muestreo la muestra sin tratar nos dio 4.0mg/l de OD, la muestra tratada por 30 minutos 3.4 mg/l de OD y la muestra tratada por 60 minutos disminuye a 2.7 mg/l. de OD. En la figura 9 Grafica de comparación de OD podemos observar que al tratar el agua desde el primer tratamiento disminuye significativamente. Como esta agua es solo para verter al rio de manera segura es aceptable que los datos de OD disminuyan.

Para la DBO las muestras sin tratar nos dieron 280 mg/l, 221 mg/l y 284 mg/l, las muestras tratadas por 30 minutos disminuyeron a 269 mg/l, 198 mg/l y 259 mg/l. para las muestras tratadas por 60 minutos disminuyeron a 257 mg/l, 190 mg/l y 257 mg/l. encontrándose en los rangos requeridos por la MINAM.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

El proceso de electrocoagulación consta de brindar corriente eléctrica a las placas de aluminio para que se disuelvan los contaminantes.

Los diferentes parámetros que se tomaron en cuenta durante el proceso de electrocoagulación son: Turbidez, pH, TDS, CE, OD que influyeron para la determinación de DBO y este tratamiento ha mejorado la calidad del agua que estaba contaminada con agua residual domestica resultando viable este tratamiento.

El proceso de electrocoagulación depende del voltaje que se le aplica y el tiempo en el cual se encuentre la muestra en el tratamiento, en esta investigación aplicamos un voltaje de 7.5 V por 60 minutos.

Todos los parámetros tomados a las muestras tratadas redujeron sus valores removiendo el porcentaje de contaminación que tenía.

La remoción del DBO es del 90 % , gracias al tratamiento de electrocoagulación sus medidas bajaron significativamente al compararse con las normas requeridas por el MINAM LMP de efluentes para ser vertidos a cuerpos de agua no se encuentra dentro de lo requerido pero se puede afirmar que se logro remover un porcentaje alto de DBO , si es necesario se pueden aplicar mas horas de tratamiento o aumentar el voltaje de corriente eléctrica .

6.2. Recomendaciones

Es recomendable tener en cuenta el voltaje aplicado al proceso de electrocoagulación ya que el voltaje y el amperaje van de la mano y dependen de estas la eficiencia del tratamiento.

Es recomendable tener cuidado al momento de aplicar el hidróxido de sodio usar guantes y una paleta.

Es importante realizar el tratamiento de las muestras luego de ser recolectadas, no dejar pasar muchas horas para tener un mejor resultado.

REFERENCIAS

- Aguilar , E. (17 de Enero de 2018). *Descontaminacion del agua con electrocoagulacion*.
Obtenido de Investigación Científica de la Universidad de Lima:
<https://www.ulima.edu.pe/en/node/11871>
- Atalaya Campos, K. (2022). Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en los parámetros DBO, DQO, SST, PH, T°, aceites y grasas, en Sorochuco, Celendín, Cajamarca. *Licenciatura*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4754>
- Ccente Rojas, A. E., & Huayllani Condor , I. N. (3 de diciembre de 2021). “EFICIENCIA EN LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE FILTRO PERCOLADOR DEL DISTRITO DE PAUCARÁ”. *Licenciatura*. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica. Obtenido de <https://repositorio.unh.edu.pe/items/3e1aa88e-06f4-4679-8e12-a84491353e87>
- Cerna Huertas, L. C., & Gamboa Zavala, A. S. (2021). “CONDICIONES TÉCNICAS DEL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN PARA UNA REMOCIÓN EFICIENTE DE CROMO Y DQO EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE CURTIEMBRE. *licenciatura*. Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú. Obtenido de https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.1929
- Gomez Biedma , S., Soria , E., & Vivó, M. (1 de Marzo de 2002). *Análisis electroquímico*. Obtenido de Revista de Diagnóstico Biológico:
https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-79732002000100005

- Ingenieria, C. (15 de enero de 2021). *Proceso de Remocion de contaminantes* . Obtenido de <https://blog.cbr-ingenieria.com.mx/proceso-de-remocion-de-contaminantes#:~:text=La%20remoci%C3%B3n%20de%20contaminantes%20es,pueda%20volver%20a%20ser%20utilizado.>
- Limón Hernandez , R. A. (2019). "ELECTROCOAGULACIÓN COMO TRATAMIENTO DE AGUAS DE DESCARGA AL RIO TECOLUTLA EN LA ZONA DE GUTIERREZ ZAMORA, VERACRUZ". *Licenciatura*. Universidad Veracruzana, Tuxpan. Obtenido de <http://cdigital.uv.mx/handle/1944/50003>
- Loayza, J. E. (Marzo de 2009). *La problemática del agua y el tratamiento de aguas residuales industriales*. Obtenido de <https://www.virtualpro.co/editoriales/20090301-ed.pdf>
- Matos, J. (22 de Octubre de 2014). *Autoridad Nacional del Agua*. Obtenido de Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego: <https://www.ana.gob.pe/noticia/aguas-residuales-domesticas-es-el-principal-problema-del-rio-mantaro-afirman-especialistas>
- Morales Figueroa , A. (20 de enero de 2021). "TRATAMIENTO DE AGUA PLUVIAL POR EL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN CON ELECTRODOS DE ALUMINIO. *licenciatura*. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO, Toluca. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/110089/Tesis%20Alejandra%20Morales%20%20c3%baltima%20versi%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Muñoz, H., Mejia , G., Chaverra , M., & Vasquez , E. (31 de Octubre de 2000). *Una aproximación al estimativo la DBO y la DQO de aguas residuales por medio de la medida del carbono orgánico total*. Obtenido de Revista : <https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/325840>

- Murcia Sarmiento, M., Calderon Montoya , O., & Diaz Ortiz , J. (2014). *Impacto de aguas grises en propiedades físicas del suelo*. Medellin: Tecnológicas. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=344233949006>
- OEFA. (2014). *Ministerio del Ambiente*. Obtenido de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- OEFA. (2014). *Ministerio del Ambiente* . Obtenido de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827#:~:text=Son%20aquellas%20aguas%20cuyas%20caracter%C3%ADsticas,descargadas%20al%20sistema%20de%20alcantarillado.
- Osorio Rivera, M. A., Carrillo Barahona, W. E., Negretes Costales , J. H., Loor Lalvay, X. A., & Riera Guachichullca, E. J. (01 de Marzo de 2021). *La calidad de las aguas residuales domésticas*. Obtenido de [file:///C:/Users/51915/Downloads/Dialnet-LaCalidadDeLasAguasResidualesDomesticas-7926905%20\(5\).pdf](file:///C:/Users/51915/Downloads/Dialnet-LaCalidadDeLasAguasResidualesDomesticas-7926905%20(5).pdf)
- Peña Pulla, E. (26 de Junio de 2007). *CALIDAD DE AGUA TRABAJO DE INVESTIGACION OXIGENO DISUELTO (OD)*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>
- Perez Porto , J., & Merino, M. (06 de diciembre de 2022). *Remocion* . Obtenido de <https://definicion.de/remocion/>
- Restrepo, A. P., Garces Giraldo , L. F., & Arango Ruiz , A. (Julio de 2012). La Electrocoagulación: retos y oportunidades en el tratamiento de aguas. *ResearchGate*, 58-77. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/277035194_La_Electrocoagulacion_retos_y_oportunidades_en_el_tratamiento_de_aguas
- Sánchez Cabrera , A. R. (2019). “Optimización de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales mediante el sistema de lodos activados de la provincia de Jaén –

Cajamarca 2019”. *Repositorio Digital Institucional*. Universidad Cesar Vallejo, Lima. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/40729>

SIGMADAF, c. (19 de Junio de 2023). *Reducción de la demanda biológica de oxígeno (DBO) en las aguas residuales*. Obtenido de <https://sigmadafclarifiers.com/reduccion-de-la-demanda-biologica-de-oxigeno-dbo-en-las-aguas-residuales/#:~:text=1.->

,Introducci%C3%B3n,para%20sustentar%20la%20vida%20acu%C3%A1tica

Sinia-MINAM. (s.f.). *MANUAL DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/monografico3.pdf>

waterboards. (s.f.). *Conductividad Eléctrica/Salinidad*. Obtenido de: https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf

ANEXOS

Anexo 1. LMP Para Los Efluentes de PTAR

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
PARA LOS EFLUENTES DE PTAR**

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

Anexo 2. Evidencias Fotograficas

- Aguas del Rio Huaura



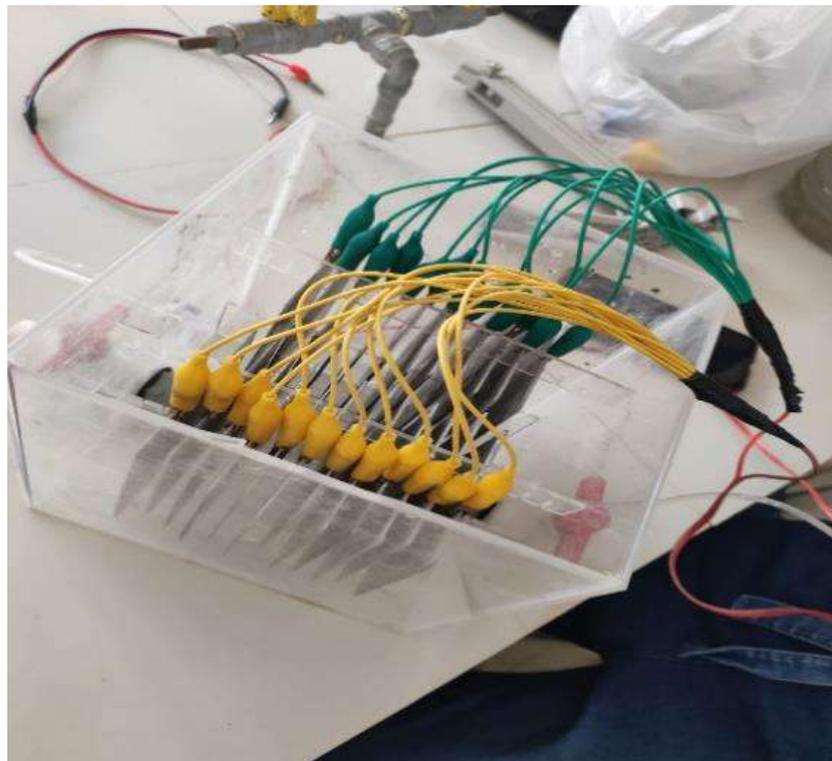
- Toma de Muestra In Situ



- **Toma de Parámetros In Situ**



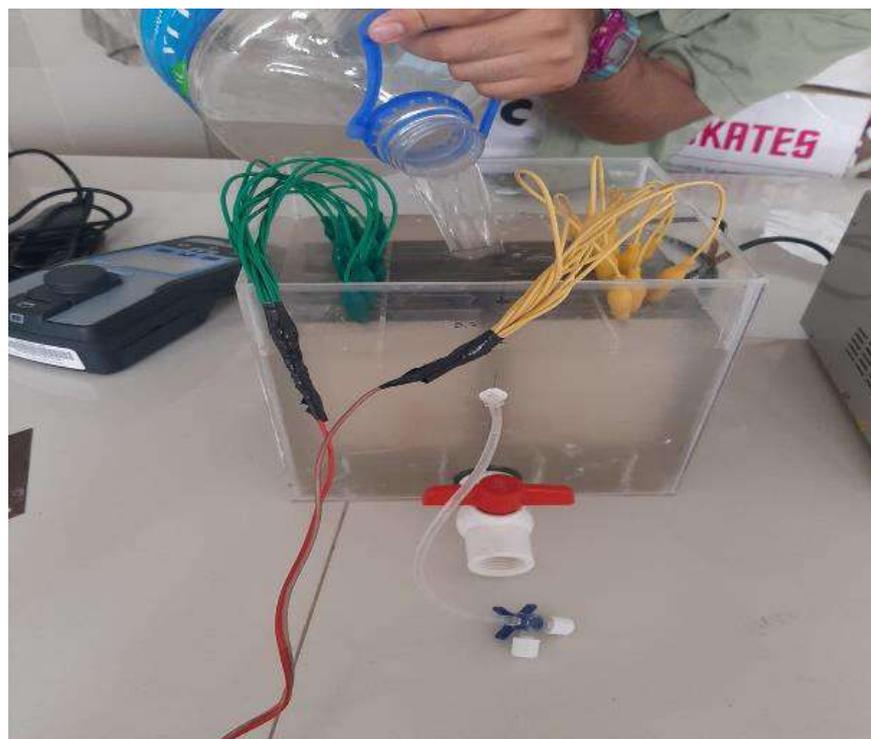
- **Armado de la C.E.**



- **Uso del Turbidímetro**



- **Vertimiento de Muestra a la C.E.**



- Puesta en Marcha de la C.E.



- **Muestras Tratadas**

