

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y**  
**RECURSOS NATURALES**



**Tesis**

**Evaluación del proceso de electrocoagulación en un Reactor Batch para la  
remoción de carga orgánica y los lixiviados del relleno sanitario del distrito  
de Maras, provincia de Urubamba, Cusco-2023**

Asesora:

Mag. Hanco Loiza, Helidia

Autores:

Carbajal Huaman, Cristina Marcely

Villena Ordoñez, Heraldo Libano

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Ambiental

Cusco - Cusco - Perú

2024



" Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

**ACTA DE SUSTENTACIÓN ORAL DE LA TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

**Modalidad de titulación: Presentación, Sustentación y Aprobación de Tesis Profesional.**

En la ciudad del Cusco siendo el día 16 de diciembre a horas 10:00 am del año dos mil veinticuatro, en concordancia con el Reglamento General de Grados Académicos y Títulos de la Universidad Tecnológica de los Andes, y en mérito a la Resolución Sub Directoral N° RSD- 149 - 2024-UTEA-FIEPIARN-SD del 05 de diciembre del 2024, se realiza el acto académico de sustentación de la tesis, intitulada "EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN EN UN REACTOR BATCH PARA LA REMOCIÓN DE CARGA ÓRGANICA Y LOS LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO DEL DISTRITO DE MARAS, PROVINCIA DE URUBAMBA, CUSCO-2023", presentado por los bachilleres señores CRISTINA MARCELY CARBAJAL HUAMÁN Y HERALDO LIBANO VILLENA ORDOÑEZ, como asesor(a) del trabajo de investigación Mg. Helidia Hanco Loayza

Habiéndose nombrado al jurado con RESOLUCIÓN SUB DIRECTORAL RESOLUCIÓN SUB DIRECTORAL N°149-2024-UTEA-FI-EPIARN-SD, que está conformada por los señores docentes:

- Presidente: Mg. CYNTHIA CECILIA ARRIETA CONCHA.
- Replicante: Mg. JOSÉ SALUSTIO POZO GONZALES.
- Dictaminante: Blga. Ing. GLADYS ALLENDE RAMOS.

El acto académico se realiza de la siguiente manera:

Primero: el docente secretario designado dio lectura de la resolución sub Directoral N° RSD- 149-2024-UTEA-FI-EPIARN-SD, en el que se señala la fecha y hora y el jurado correspondiente para la sustentación de la tesis antes mencionada, así como el artículo 19 del Reglamento General de Grados Académicos y títulos de la Universidad Tecnológica de los Andes.

Segundo: se procedió con la sustentación de la tesis por los bachilleres señores CRISTINA MARCELY CARBAJAL HUAMÁN Y HERALDO LIBANO VILLENA ORDOÑEZ bachilleres aspirantes al título de Ingeniero Ambiental y recursos naturales.

Tercero: se procedió con las preguntas y repreguntas por parte del jurado calificador quienes en una ficha de observaciones hacen conocer por escrito sus apreciaciones y observaciones al trabajo de investigación (tesis).

Cuarto: El presidente del jurado invita a los bachilleres señores CRISTINA MARCELY CARBAJAL HUAMÁN Y HERALDO LIBANO VILLENA ORDOÑEZ y al público en general para que se sirvan desocupar el salón de grados para que el jurado dilucide las calificaciones y determine la nota calificadora de cada uno de los aspirantes al título profesional.

Quinto: culminada con la calificación de parte de los señores integrantes del jurado se da a conocer públicamente la nota obtenida por los señores bachilleres, la misma que fue de 16 (Dieciséis) puntos.

El presidente del jurado calificador hará llegar a los bachilleres las fichas de observaciones del jurado para que puedan levantar las observaciones en los plazos previstos.

Siendo las 11:17 am horas se dio por concluido el acto de sustentación, firmando los señores integrantes del jurado, los señores bachilleres en señal de conformidad.

Presidente

Replicante

Dictaminante

Bch. Cristina Marcelly Carbajal Huamán

Bch. Heraldo Libano Villena Ordoñez

# Evaluación del proceso de electrocoagulación en un Reactor Batch para la remoción de carga orgánica y los lixiviados del Relleno Sanitario del Distrito de Maras, Provincia de Urubamba, Cusco-2023.doc

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.unsaac.edu.pe">repositorio.unsaac.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	1%
4	<a href="https://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://repositorio.unh.edu.pe">repositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://alicia.concytec.gob.pe">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://apirepositorio.unh.edu.pe">apirepositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%

[repositorio.ucv.edu.pe](https://repositorio.ucv.edu.pe)

## Metadatos

<b>Datos del Autor</b>	
Apellidos y nombres	: Carbajal Huaman Cristina Marcely
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Número de Documento de Identidad	: 73977124
URL ORCID	: <a href="https://orcid.org/0009-0009-9966-4045">https://orcid.org/0009-0009-9966-4045</a>
<b>Datos del Autor</b>	
Apellidos y nombres	: Villena Ordoñez Heraldo Libano
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Número de Documento de Identidad	: 73632821
URL ORCID	: <a href="https://orcid.org/0009-0009-0337-6170">https://orcid.org/0009-0009-0337-6170</a>
<b>Datos del Asesor</b>	
Apellidos y nombres	: Mag. Hancoo Loaiza Helidia
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Número de Documento de Identidad	: 23946122
URL ORCID	: <a href="https://orcid.org/0000-0002-1928-5013">https://orcid.org/0000-0002-1928-5013</a>
<b>Datos de la investigación</b>	
Facultad	: Ingeniería
Escuela Profesional	: Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales
Línea de Investigación	: Calidad de Ambiental
Rango de años en que se realizó la investigación	: octubre 2023 a junio 2024
Fuente de financiamiento	: Autofinanciado
Porcentaje de similitud	: 21%
URL de OCDE	: <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01</a>

## **Dedicatoria**

El siguiente trabajo de tesis se lo dedico primeramente a Dios, al Señor de Qoyllurity, a mis padres, mis hermanos, mi familia, quienes fueron la razón por la cual yo me encuentro en el lugar donde estoy, siendo una mujer realizada, y todos mis logros se los dedico a ellos, puesto que siempre estuvieron apoyándome ante cualquier dificultad que tuve.

**Cristina M. Carbajal Huaman**

Primeramente el siguiente trabajo de tesis se la dedico a Dios, y al Señor de Qoyllurity, por encaminarme en este proceso, a mi mamá y a mi familia, que me inspiraron a seguir adelante, y que hoy en día estoy logrando una de mis metas, el de ser un profesional con mucho éxito.

**Heraldo L. Villena Ordoñez**

## **Agradecimiento**

En primer lugar agradecemos a Dios, por habernos iluminado y dado la oportunidad de elaborar la tesis y así mismo ver cumplir nuestros sueños, por su fortaleza la cual necesitábamos para poder sobresalir de cada tropiezo.

Agradecemos también a nuestros padres y familiares por apoyarnos incondicionalmente en nuestros estudios, y que gracias a ellos se pudo culminar esta etapa, puesto que nos brindaron un estímulo constante para seguir adelante.

También agradecemos a nuestros queridos amigos, Ing. Antonio Bueno Lazo, Ing. Julio Lechuga Canal, y a nuestra asesora Mag. Helidia Hancoco Loaiza, que por medio de ellos se logró culminar esta investigación, logrando dar un paso más en nuestra vida profesional.

## Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo realizar el tratamiento de aguas lixiviadas del relleno sanitario de Jahuaccolay II del distrito de Maras, Provincia de Urubamba, mediante el proceso de electrocoagulación en un reactor monopolar (batch). Se realizaron pruebas experimentales en un rango de 120 minutos, para determinar la distancia entre electrodos (0.5, 1.0 y 1.5) cm, la densidad de corriente (1.5, 2.0 y 2.5) Amperios y la eficacia entre el hierro y el aluminio.

El proceso de electrocoagulación tuvo dos fases; en la primera fase se determinó la distancia y densidad de corriente más óptimas para la siguiente investigación, llegando a obtener un porcentaje de remoción de 89.13 % de DQO, con una distancia de 0.5 cm y con un amperaje de 2.5 Amperios, empleando el hierro como electrodo negativo (Cátodo) y aluminio como electrodo positivo (ánodo). En la segunda fase, se procedió a repetir el proceso de electrocoagulación, esto para determinar el material más eficiente realizando el cambio de polaridad (hierro-ánodo, aluminio-cátodo) teniendo como resultado un porcentaje de remoción del 81.59 % de DQO con el cambio de polaridad.

**Palabras clave:** Electrocoagulación, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Lixiviados, Densidad de Corriente, Intensidad.

## **Abstract**

The objective of this research was to treat leachate water from the Jahuacollay II landfill in the Maras district, Urubamba Province, through the electrocoagulation process in a monopolar reactor (batch). Experimental tests were carried out over a range of 120 minutes, to determine the distance between electrodes (0.5, 1.0 and 1.5) cm, the current density (1.5, 2.0 and 2.5) Amps and the efficiency between iron and aluminum.

The electrocoagulation process had two phases; in the first phase, the most optimal distance and current density for the following investigation were determined, reaching a removal percentage of 89.13% of COD, with a distance of 0.5 cm and with an amperage of 2.5 Amps, using iron as the negative electrode (cathode) and aluminum as the positive electrode (anode). In the second phase, the electrocoagulation process was repeated, in order to determine the most efficient material by changing polarity (iron-anode, aluminum-cathode), resulting in a removal percentage of 81.59% of COD with the change of polarity.

**Keywords:** Electrocoagulation, Chemical Oxygen Demand (COD), Leachates, Current density, Intensity.

# Índice

Portada.....	i
Acta de sustentación .....	ii
Reporte de similitud .....	iii
Metadatos.....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento.....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
Índice .....	ix
Índice de tablas .....	xi
Índice de figuras .....	xii
Acrónimos.....	xiii
<b>I. Introducción.....</b>	<b>14</b>
<b>II. Planteamiento del problema .....</b>	<b>17</b>
2.1. Descripción y formulación del problema .....	17
2.2. Objetivos .....	18
2.2.1. Objetivo General .....	18
2.2.2. Objetivo Especifico.....	18
2.3. Justificación e importancia .....	19
2.4. Hipótesis .....	20
2.5. Variables .....	22
<b>III. Marco teórico .....</b>	<b>24</b>
3.1. Antecedentes .....	24
3.2. Bases Teóricas .....	33
3.3. Definición de términos.....	41
<b>IV. Metodología .....</b>	<b>58</b>

4.1. Tipo y nivel de investigación.....	58
4.2. Ámbito temporal y espacial .....	60
4.3. Población y muestra.....	61
4.4. Instrumentos .....	62
4.5. Procedimientos .....	62
4.6. Análisis de datos .....	67
4.7. Consideraciones éticas .....	75
<b>V. Resultados y discusión .....</b>	<b>77</b>
<b>VI. Conclusiones.....</b>	<b>87</b>
<b>VII. Recomendaciones.....</b>	<b>88</b>
<b>VIII. Referencias .....</b>	<b>90</b>
<b>IX. Anexos .....</b>	<b>98</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Cuadro de variable independiente .....	22
<b>Tabla 2</b> Cuadro de variable dependiente .....	23
<b>Tabla 3</b> Resultados pre experimentales .....	65
<b>Tabla 4</b> % de remoción de DQO en época de secas .....	66
<b>Tabla 5</b> Matriz de variables para la elaboración de experimentos para eliminación de DQO .....	69
<b>Tabla 6</b> Matriz de diseño para él % de remoción de DQO .....	70
<b>Tabla 7</b> Estadística de regresión .....	71
<b>Tabla 8</b> Análisis de varianza .....	71
<b>Tabla 9</b> Análisis de varianza del diseño factorial $3^2$ .....	72
<b>Tabla 10</b> Prueba de hipótesis .....	73
<b>Tabla 11</b> Resultados de distancia y amperaje (placas de aluminio) % de remoción de DQO. ....	77
<b>Tabla 12</b> Resultados % de remoción de DQO con amperaje 1.5 y distancias (0.5,1,1.5) cm. ....	78
<b>Tabla 13</b> Resultados % de remoción de DQO con amperaje 2.0 y distancias (0.5,1,1.5) cm. ....	79
<b>Tabla 14</b> Resultados % de remoción de DQO con amperaje 2.5 y distancias (0.5,1,1.5) cm. ....	80
<b>Tabla 15</b> Resultados % de remoción de DQO con placas de Hierro .....	82
<b>Tabla 16</b> Resultados % de remoción de DQO con placas de Aluminio .....	82
<b>Tabla 17</b> Cuadro de presupuesto a gran escala .....	89

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Fuente de poder universal .....	<b>35</b>
<b>Figura 2</b> Depósito de lixiviados .....	<b>37</b>
<b>Figura 3</b> Reacción Redox .....	<b>39</b>
<b>Figura 4</b> Reactor Batch .....	<b>40</b>
<b>Figura 5</b> Escala de Potencial Hidrógeno (pH) .....	<b>41</b>
<b>Figura 6</b> Electroflocculación .....	<b>50</b>
<b>Figura 7</b> Delimitación espacial de la presente investigación .....	<b>61</b>
<b>Figura 8</b> Reactor Batch .....	<b>64</b>
<b>Figura 9</b> Remoción experimental- Remoción Calculado .....	<b>74</b>
<b>Figura 10</b> Disminución de Residuales .....	<b>74</b>
<b>Figura 11</b> Efecto de la distancia para la remoción de DQO .....	<b>78</b>
<b>Figura 12</b> Efecto de la distancia para la remoción de DQO .....	<b>79</b>
<b>Figura 13</b> Efecto de la distancia para la remoción de DQO .....	<b>80</b>
<b>Figura 14</b> Efecto de la intensidad para la remoción de DQO .....	<b>81</b>
<b>Figura 15</b> Comparación Hierro- Aluminio (Distancia) .....	<b>83</b>
<b>Figura 16</b> Comparación Hierro- Aluminio (Amperaje) .....	<b>83</b>

## Acrónimos

**DQO** : Demanda Química de Oxígeno

**TSS** : Total de Sólidos Suspendidos

**A** : Amperios

**d** : distancia

**t** : tiempo

**J** : Densidad de Corriente

**I** : Intensidad

**mg/L** : Miligramos por Litro

**V** : Voltios

**m<sup>2</sup>** : Metro cuadrado

**cm<sup>2</sup>** : Centímetro cuadrado

## I. Introducción

La creciente demanda de agua para una población mundial en aumento plantea un desafío para proporcionar agua potable, de riego y para la población, lo que requiere investigar y adaptar tecnologías innovadoras para proteger, conservar y recuperar el recurso hídrico la eficiencia en el uso del agua es una de las principales preocupaciones de la población, ya que su uso excesivo puede tener consecuencias negativas en el medio ambiente y en la disponibilidad de este recurso.

En este estudio se da a conocer la implementación de programas de uso eficiente del agua que promueven estrategias para un manejo sostenible del recurso hídrico. El reúso y la recirculación son herramientas clave en la gestión del agua, pero es fundamental tratar las aguas residuales para garantizar su seguridad y sostenibilidad.

Por otro lado, la electrocoagulación ofrece una solución efectiva para tratar aguas residuales que contienen contaminantes difíciles de eliminar. Las aguas lixiviadas, que provienen de vertederos y otros procesos industriales, pueden ser altamente tóxicas y perjudiciales para el medio ambiente y la salud pública.

Por consiguiente, el trabajo de investigación sobre electrocoagulación a menor escala está pensado para evaluar la viabilidad y efectividad de este proceso en un entorno más controlado y accesible, como laboratorios o instalaciones piloto donde se definió, los objetivos específicos, como determinar la eficiencia de remoción de contaminantes, optimizar parámetros operativos (como voltaje, tiempo de tratamiento y tipo de electrodos).

Se planteó el método de electrocoagulación que es un proceso que desestabiliza los contaminantes presentes en el agua, ya sean en suspensión, emulsión o disolución, mediante la aplicación de corriente eléctrica directa de bajo voltaje y la acción de electrodos metálicos de sacrificio, como aluminio o hierro. El proceso se lleva a cabo en un reactor especializado, donde las placas o electrodos metálicos producen la electrocoagulación, generando una alta carga de cationes que desestabilizan los contaminantes.

Los tratamientos deben ser adecuados para su propósito, efectivos, rentables y ambientalmente sostenibles, pero existe algunas limitaciones como, la efectividad de la electrocoagulación puede variar según la composición química de las aguas lixiviadas. Algunos contaminantes pueden ser más difíciles de eliminar que otros, lo que puede afectar la eficiencia general del proceso, existe también limitaciones, como la generación de lodos, proceso que produce lodos que deben ser gestionados adecuadamente. La disposición de estos lodos puede representar un desafío adicional, ya que pueden contener contaminantes que requieren tratamiento adicional y por último la corrosión de electrodos puesto pueden corroerse con el tiempo, lo que puede afectar su rendimiento y requerir reemplazos frecuentes, aumentando así los costos de operación.

La estructura del trabajo está organizada en siete ítems:

Ítem I: La eficiencia y el uso del agua es una de las principales preocupaciones de la población, ya que su uso excesivo puede tener consecuencias negativas en el medio ambiente y en la disponibilidad de este recurso.

Ítem II: El presente estudio desarrolla la realidad problemática de los lixiviados generados en el relleno sanitario de Jahuacollay, del distrito de Maras, planteando el proceso de electrocoagulación en un reactor batch como una alternativa para su tratamiento.

Ítem III: Este estudio presenta una revisión de los antecedentes y el desarrollo del

proceso de electrocoagulación en un reactor batch, destacando su capacidad para reducir la carga de contaminantes en el agua. Así mismo, se presenta conceptos que permitan comprender la investigación.

Ítem IV: La metodología utilizada para el diseño, fabricación y por consiguiente la evaluación experimental del proceso de electrocoagulación en un reactor batch consistió en utilizar efluentes provenientes del relleno sanitario de Jahuacollay con el objetivo de evaluar la eficiencia del reactor batch para el tratamiento de las aguas lixiviadas

Ítem V: El estudio demuestra mediante los resultados que el proceso de electrocoagulación es capaz de reducir significativamente la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas lixiviadas.

Ítem VI: El estudio concluye que el proceso de electrocoagulación en un reactor batch redujo en un 89.13 % de eliminación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), con una distancia de 0.5 cm y con un amperaje de 2.5 Amperios, empleando el hierro como electrodo negativo (cátodo) y aluminio como electrodo positivo (ánodo).

Ítem VII: Es fundamental mantener en condiciones impecables el reactor batch para el proceso de electrocoagulación, así mismo, como realizar más estudios acerca del tratamiento de aguas residuales, como también desarrollar pruebas a mayor escala con el fin de probar su eficacia e incluir más alternativas de soluciones.

## **II. Planteamiento del problema**

### **2.1. Descripción y formulación del problema**

Actualmente, la disposición final de residuos sólidos, viene a ser un grave problema ambiental dado que la mayor parte de los residuos se vierten en los rellenos sanitarios y/o botaderos, como es el caso del relleno sanitario de Jahuaccolay, del distrito de Maras, Provincia de Urubamba, que siendo una población con gran cantidad de habitantes y una de las provincias con la más alta recurrencia turística, la generación de residuos sólidos a diario es de mayor tamaño contaminando así los recursos hídrico, suelo y aire.

Los lixiviados que se generan en los rellenos sanitarios, son producto de la generación de los residuos sólidos, la mayor parte de estos líquidos contaminados son vertidos a las redes de alcantarillado, sin tratamiento previo y esta es una amenaza principal contra el recurso hídrico tanto superficiales como subterráneos, y su influencia desde el punto de vista de la contaminación de las aguas lixiviadas, se debe a su alta carga orgánica, que resulta de su migración con arrastre y disolución a través de los residuos almacenados.

El relleno sanitario de Jahuaccolay del distrito de Maras, es un relleno a cielo abierto, y dado que este distrito es una zona urbana, agrícola y sobre todo turística, contribuye negativamente a la contaminación de agua, suelo y aire, afectando además a la población ubicada en este sector.

### **Problema General**

¿Cuál es el efecto del proceso de electrocoagulación en un reactor batch para la remoción de carga orgánica y los lixiviados del relleno sanitario del distrito de Maras, provincia de Urubamba Cusco - 2023?

### **Problemas Específicos**

- ¿Cuál será el efecto de la distancia entre electrodos, para realizar la remoción de la carga orgánica y los lixiviados del relleno sanitario del distrito de Maras, provincia de Urubamba Cusco – 2023?
- ¿Cuál será la densidad de corriente eficaz en la remoción de materia orgánica y los lixiviados del relleno sanitario del distrito de Maras, provincia de Urubamba Cusco – 2023?
- ¿Qué material será el más calificado en la remoción de materia orgánica y los lixiviados del relleno sanitario del distrito de Maras, provincia de Urubamba Cusco – 2023?

## **2.2. Objetivos**

### **2.2.1. Objetivo General**

Evaluar el efecto del proceso de electrocoagulación en un reactor batch para la remoción de la carga orgánica y los lixiviados del relleno sanitario del distrito de Maras, provincia de Urubamba, Cusco – 2023.

### **2.2.2. Objetivo Especifico**

- Determinar el efecto de la distancia entre electrodos para realizar la remoción de la carga orgánica y los lixiviados del relleno sanitario del distrito de Maras, provincia de Urubamba, Cusco – 2023.
- Determinar el efecto de la densidad de corriente para realizar la remoción de materia orgánica y los lixiviados del relleno sanitario del distrito de Maras, Provincia de Urubamba, Cusco - 2023.

- Determinar el efecto del material más eficiente para la remoción de materia orgánica y los lixiviados del relleno sanitario del distrito de Maras, provincia de Urubamba Cusco, - 2023.

### **2.3. Justificación e importancia**

**Teórica:** Este estudio busca contribuir teóricamente al desarrollo de conocimientos científicos y metodológicos para investigaciones a gran escala sobre el manejo y disposición final de lixiviados en el distrito de Maras, provincia de Urubamba, con el objetivo de proporcionar una base sólida para futuras investigaciones que busquen optimizar el tratamiento de aguas lixiviadas. Es imperativo adoptar prácticas de manejo de aguas lixiviadas que sean ambientalmente sostenibles, mitigando los impactos negativos en el entorno y la salud, y cumpliendo con los estándares y normativas nacionales aplicables.

**Práctica:** Este estudio busca proponer estrategias que al ponerse en práctica contribuirán a su solución, por tanto, se verificó el porcentaje de lixiviados que se producen a partir de los residuos sólidos que son generados en el distrito de Maras, como también las consecuencias que esta tiene al aire, agua y suelo del relleno sanitario y zonas aledañas, esto ante la necesidad de una buena gestión de los residuos sólidos y el tratamiento de los lixiviados, por tanto el estudio busca brindar una estrategia para el adecuado tratamiento y que posteriormente el aire agua y suelo no se vea tan afectado. La electrocoagulación es una técnica innovadora que permite tratar y reutilizar las aguas lixiviadas de manera eficiente, mediante la aplicación de un reactor eléctrico que utiliza los principios de la coagulación y floculación para eliminar los contaminantes.

**Social:** La implementación de una infraestructura adecuada para el tratamiento de las aguas lixiviadas en el relleno sanitario del distrito de Maras garantiza un manejo responsable y seguro de estos residuos, protegiendo la salud y el medio ambiente de la población cercana. La Constitución Política del Perú establece que todos tienen derecho a gozar de un ambiente sano y equilibrado, y que es responsabilidad del Estado establecer

normas que garanticen la protección de este derecho fundamental. Es importante destacar que estas políticas son fundamentales para garantizar el derecho a la salud y a un ambiente sano de la población peruana, y son desarrolladas e implementadas por el Estado en colaboración con diferentes sectores y actores.

**Ambiental:** La justificación ambiental de este estudio se fundamenta en la falta de un manejo adecuado de las aguas lixiviadas en el distrito de Maras, provincia de Urubamba, lo que provoca efectos ambientales adversos. El relleno sanitario genera una gran cantidad de residuos sólidos producidos por el distrito ya mencionado, que a su vez generan aguas lixiviadas que no son tratadas ni dispuestas de manera adecuada, sino que son recirculadas sin una finalidad específica. Es fundamental diseñar y construir una infraestructura adecuada para el tratamiento de las aguas lixiviadas, lo que permitirá mejorar la calidad del aire, agua y suelo, y proteger el ambiente.

## **2.4. Hipótesis**

### **Hipótesis general**

La electrocoagulación tiene un efecto significativo en la remoción de la carga orgánica y los lixiviados del relleno sanitario del distrito de Maras provincia de Urubamba Cusco – 2023.

### **Hipótesis Específicas**

- La distancia tiene un efecto significativo en la remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) del relleno sanitario del distrito de Maras provincia de Urubamba Cusco – 2023.
- La densidad de corriente tiene un efecto significativo en la remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) del relleno sanitario del distrito de Maras provincia de Urubamba Cusco – 2023.

- El material más eficiente tiene un efecto significativo en la remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) del relleno sanitario del distrito de Maras provincia de Urubamba Cusco – 2023.

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes