



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS
TOTALES MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN DE
AGUAS PROVENIENTES DE LAVADERO DE
LANA, CIUDAD DE JULIACA – 2023**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. WILVER CHARAJA PONCE

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

JULIACA – PERÚ

2023



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS
TOTALES MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN DE
AGUAS PROVENIENTES DE LAVADERO DE
LANA, CIUDAD DE JULIACA - 2023**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. WILVER CHARAJA PONCE

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:



Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA

PRIMER MIEMBRO


:



Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

SEGUNDO MIEMBRO


:



M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

:



Ing. KAREN KELLY QUISPE QUISPE

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1214-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 10 de noviembre de 2023

VISTOS:

El OFICIO N° 141-2023-D-EPISA-FICP-UANCV del Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N°1182-2023 de fecha 07 de noviembre de 2023 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: **REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE LAVADERO DE LANA, CIUDAD DE JULIACA - 2023**; y el tramite solicitado por el Bachiller en **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: **WILVER CHARAJA PONCE**; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE LAVADERO DE LANA, CIUDAD DE JULIACA - 2023**, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- * **Presidente** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- * **1er Miembro** : **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**
- * **2do Miembro** : **M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**
- * **Asesor** : **Ing. KAREN KELLY QUISPE QUISPE**

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - **APROBAR** Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: **WILVER CHARAJA PONCE**; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado **REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE LAVADERO DE LANA, CIUDAD DE JULIACA - 2023**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : 13 de noviembre de 2023
- * **HORA** : 13:00
- * **LUGAR** : Aula 306 - pabellón de hidráulica

ARTICULO SEGUNDO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP/ 95531

C.c. Arch. 2023
Interesado
Escuela Profesional



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1182-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 07 de noviembre de 2023

VISTOS:

El **INFORME N° 708-2023-D-UI-FICP-UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Ingeniería Sanitaria y Ambiental, **INFORME N° 048-2023-UI-CI-EPISA-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 378-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **06 de junio de 2023** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **31 de octubre de 2023** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: **REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE LAVADERO DE LANA, CIUDAD DE JULIACA - 2023.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **WILVER CHARAJA PONCE**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE LAVADERO DE LANA, CIUDAD DE JULIACA - 2023.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- * **1er Miembro** : **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**
- * **2do Miembro** : **M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE LAVADERO DE LANA, CIUDAD DE JULIACA - 2023.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 199-2023, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE LAVADERO DE LANA, CIUDAD DE JULIACA - 2023.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **WILVER CHARAJA PONCE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE LAVADERO DE LANA, CIUDAD DE JULIACA - 2023.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente externa de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Ing. KAREN KELLY QUISPE QUISPE**.

ARTICULO TERCERO.- La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese,

cc.
archivo 2023
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURAS

Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 378-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 06 de junio 2023

VISTOS:

El, **INFORME N° 192-2023-D-UI-FICP.UANCV**, del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 022-2023-UI-CI-EPISA-FICP-UANCV** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 027-2023-UANCV-FICP-UI-CI-EPISA** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **02 de junio de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: **REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE LAVADERO DE LANA, CIUDAD DE JULIACA - 2023**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **WILVER CHARAJA PONCE**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE LAVADERO DE LANA, CIUDAD DE JULIACA - 2023**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- * **1er Miembro** : **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**
- * **2do Miembro** : **M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE LAVADERO DE LANA, CIUDAD DE JULIACA - 2023**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **WILVER CHARAJA PONCE**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE LAVADERO DE LANA, CIUDAD DE JULIACA - 2023**.

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente contratada, de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Ing. KAREN KELLY QUISPE QUISPE**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47290



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531

cc.
archivo 2023
interesado (a)



REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE LAVADERO DE LANA, CIUDAD DE JULIACA – 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	10%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1%
5	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	journals.gdeon.org Fuente de Internet	<1%



Metadatos complementarios

TÍTULO DE LA TESIS	
REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE LAVADERO DE LANA, CIUDAD DE JULIACA – 2023	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	WILVER CHARAJA PONCE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	48143837
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-6122-1092
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	KAREN KELLY QUISPE QUISPE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41884772
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-9958-2870
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821
Datos de investigación	



Línea de investigación	Contaminación Y Calidad Ambiental - P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p>Puntos: Carretera Juliaca - Lampa E: 374471.25 N: 8289290.04</p> <p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca</p> <p>Latitud: -15.4710274 Longitud: -70.1692508</p> <p>https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1924NBdNtl2A6zA5DIA_MZcOtNecW3z_M&usp=sharing</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Abril 2023 – noviembre 2023
URL de disciplinas OCDE	<p>Ingeniero Sanitario Y Ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</p> <p>Contaminación Y Calidad Ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.00</p>



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo WILVER CHARAÑA PONCE, identificado con DNI Nro. 40143837, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:
" REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE LAVADERO DE LANA, CIUDAD DE JULIACA-2023"

Asesorado por: ING. KAREN KELLY QUISPE QUISPE

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.


Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 24 de NOVIEMBRE del 2023


Firma del Asesor


Firma del Estudiante
(obligatoria)


Huella



DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia quienes son el cimiento para el desarrollo de mi carrera laboral, a mis hermanos, así como también a mi madre Isabela Manuela Ponce Ccosi, y de una manera especial quien sentó en mí el fundamento de compromiso y aspiración, en él encuentro el ejemplo a seguir por sus innumerables cualidades y su enorme corazón.



AGRADECIMIENTOS

El agradecimiento de este trabajo de investigación está dedicado a mi familia por su inmenso respaldo, así como también a los distintos docentes que me instruyeron a lo largo de mi carrera profesional.



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN	ix

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
Problema general.....	3
Problemas específicos.....	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	4
1.4. Justificación del estudio.....	4
1.5. Hipótesis.....	5
1.6. Variables.....	6
1.7. Operacionalización de variables.....	7

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del estudio.....	8
2.2.1 A nivel internacional.....	8
2.2.2 A nivel nacional.....	10
2.2.3 A nivel local.....	15
2.2. Bases teóricas.....	16
2.2.4 Fibras naturales.....	16



2.2.5	Lana de oveja	16
2.2.6	Tops	16
2.2.7	Importancia y usos de la lana de ovino en la industria.....	17
2.2.8	Procesos en el sector industrial	17
2.2.9	Tipos de reactores para electrocoagulación	20
2.2.10	Distribución de electrodos en la electrocoagulación	21
2.2.11	Materiales de electrodos	25
2.2.12	Parámetros de la electrocoagulación	26
2.2.13	Aguas residuales industriales	29
2.2.14	Las aguas residuales en las industrias textiles	30
2.2.15	Parámetros del agua.....	30
2.3.	Marco Conceptual	32
2.3.1	Electrocoagulación.....	32
2.3.2	Amperios.....	32
2.3.3	Cátodo	32
2.3.4	Ánodo.....	32
2.3.5	Electrodo.....	33
2.3.6	Corriente eléctrica.....	33

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1.	Tipo de investigación	34
3.2.	Nivel de investigación	34
3.3.	Diseño de investigación.....	35
3.4.	Diseño estadístico	36
3.5.	Técnicas e instrumentos de la investigación	37
3.6.	Lugar de estudio.....	39
3.7.	Población y muestra	40



3.8. Procedimiento Metodológico de la Investigación.....	40
CAPÍTULO IV	51
RESULTADOS Y DISCUSION	51
4.1. Resultados.....	51
4.1.1 Resultados de la determinación de la concentración de la DBO5, DQO y solidos suspendidos totales de aguas provenientes del área de lavado de lana de la industria textil Don Francisco.....	51
4.1.2 Resultados del amperaje óptimo para una mayor remoción de la demanda química de oxígeno y solidos suspendidos totales de aguas provenientes del área de lavado de lana de la industria textil Don Francisco.....	52
4.2. Discusiones	73
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXOS	81



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables de la presente investigación.....	7
Tabla 2	Valores promedios de etapas del proceso de la industria textil	19
Tabla 3	Tratamientos de electrocoagulación	36
Tabla 4	Datos del punto de muestreo y toma de muestra	40
Tabla 5	Amperaje optimo en el sistema de electrocoagulación	49
Tabla 6	Concentraciones de parámetros a estudiar.	51
Tabla 7	Primer tratamiento en el sistema de electrocoagulación.....	52
Tabla 8	Variación de temperatura y pH en el primer tratamiento.....	53
Tabla 9	Segundo tratamiento en el sistema de electrocoagulación.....	54
Tabla 10	Variación de temperatura y pH en el segundo tratamiento	55
Tabla 11	Tercer tratamiento en el sistema de electrocoagulación.....	55
Tabla 12	Variación de temperatura y pH en el primer tratamiento.....	56
Tabla 13	Variación de temperatura y pH en el segundo tratamiento	57
Tabla 14	Variación de temperatura y pH en el tercer tratamiento.....	57
Tabla 15	Porcentajes de remoción del primer tratamiento	58
Tabla 16	Porcentajes de remoción del segundo tratamiento	59
Tabla 17	Porcentajes de remoción del tercer tratamiento	60
Tabla 18	Resumen del modelo, capacidad del amperaje en la remoción de sólidos suspendidos totales.	61
Tabla 19	Anova.....	62
Tabla 20	Tabla de los coeficientes (Modelo de la ecuación estimado).....	63
Tabla 21	Resumen del modelo, capacidad del amperaje en la remoción de demanda química de oxígeno.	65



Tabla 22 Anova.....	66
Tabla 23 Tabla de los coeficientes (Modelo de la ecuación estimado).....	67
Tabla 24 Resumen del modelo, capacidad del amperaje en la remoción de demanda bioquímica de oxígeno.	69
Tabla 25 Anova.....	70
Tabla 26 Tabla de los coeficientes (Modelo de la ecuación estimado).....	71



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Materiales de sacrificio de forma monopolar - conexión paralela.....	22
Figura 2 Materiales de sacrificio de forma monopolar - conexión en serie.....	22
Figura 3 Materiales de sacrificio de forma bipolar - conexión en serie.....	23
Figura 4 Sistema de electrocoagulación	24
Figura 5 Punto de muestreo del afluente de poza de disposición	39
Figura 6 Toma de muestras de las aguas residuales de la industria textil	42
Figura 7 Celda de electrocoagulación	47
Figura 8 Instalación del sistema de electrocoagulación	48
Figura 9 Control del tiempo de retención hidráulica	50
Figura 10 Coeficientes validados para regresión lineal para la hipótesis	64
Figura 11 Coeficientes validados para regresión lineal para la hipótesis	68
Figura 12 Coeficientes validados para regresión lineal para la hipótesis	72



RESUMEN

El objetivo de este estudio fue de evaluar el porcentaje de remoción de partículas totales y materias orgánicas en suspensión por electrocoagulación en la zona de lavado de lana de la empresa textil Don Francisco. La metodología que se aplicó fue en un enfoque aplicativo, con diseño de investigación experimental, las muestras se tomaron de la industria textil Don Francisco ubicada en el parque industrial con las coordenadas siguientes E:374493 N: 8289307 del distrito de Juliaca. Se esgrimió un muestreo de conveniencia no probabilístico para elegir las muestras, obteniéndose 20 muestras simples de 1 litro. Según los datos preliminares, el total de partículas en suspensión era de 3090 mg/L, la demanda química de oxígeno (DQO) era de 6912 mg/L y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) era de 3266 mg/L, todos ellos por encima de los límites máximos permitidos para los vertederos de aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarilla. Una intensidad de corriente de 3 A y un lapso de retención de 15 min proporcionan el máximo porcentajes de eliminación de sólidos suspendidos totales, DQO y DBO5, que representan el 81,93%, 77,60% y 65,70%, respectivamente. Se ha comprobado que un sistema de electrocoagulación con un amperaje y un tiempo de retención hidráulico puede eliminar los sólidos suspendidos totales y las materias orgánicas del agua de la industria textil con un porcentaje de eliminación que oscila entre el 65,70 y el 81,93%.

Palabras Claves: Agua residual industrial, DBO5, DQO, electrocoagulación, remoción.



ABSTRACT

The objective of this survey was to evaluate the percentage of removal of total particles and organic matter in suspension by electrocoagulation in the wool washing area of the Don Francisco textile company. The methodology that was applied was in an applicative approach, with an experimental research design, the sampling were pursued from the Don Francisco knitted industry located in the industrial park with the following coordinates E: 374493 N: 8289307 of the Juliaca district. A non-probabilistic convenience sampling was used to choose the samples, obtaining 20 simple samples of 1 liter. According to the preliminary data, the total suspended particles was 3090 mg/L, the chemical oxygenator demand (COD) was 6912 mg/L and the pharmacological oxygen demand (BOD5) was 3266 mg/L, all of them above the maximal limits eligible for the discharge of non-domestic residual waters to the sewer system. A prevailing severity of 3 A and a retention period of 15 min provide the maximum removal percentages of total suspended solids, COD and BOD5, which represent 81.93%, 77.60% and 65.70%, respectively. It has been verified that an electrocoagulation system with an amperage and a hydraulic retention time can eliminate the total suspended solids and the organic matter from the water of the textile industry with a percentage of elimination that oscillates between 65.70 and 81.93%.

Keywords: Industrial wastewater, BOD5, COD, electrocoagulation, removal.



INTRODUCCIÓN

Como la UNCTAD, el sector textil es el segundo más contaminador del mundo, posteriormente de la industria petrolera. Según datos de la UNCTAD, la industria textil consume 93.000.000 de m³ de H₂O al año, capaz de alimentar a 5 millones de individuos, y cada año se derraman al cuerpo de agua 500.000 toneladas de microfibras de sus distintos procesos de fabricación, lo que equivale a 3 millones de barriles de crudo. (Villemain, 2019).

El Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente ha descubierto datos críticos sobre la moda rápida y el sector textil. Por ejemplo, se dice que el sector de la moda es el segundo mayor usuario de recursos hídricos del mundo. Además, genera alrededor del 20% de los efluentes en todas sus actividades (Nijman, 2019)

Los efluentes de esta industria contienen elevadas concentraciones de tintes, compuestos químicos y metales sólidos esgrimidos en los distintos métodos de fabricación, y el valor como la DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno), la conductividad, la DQO (Demanda Química de Oxígeno) y la turbidez se ven trastornados de forma significativa. Aunque el volumen total de efluentes y el tipo de procesamiento de remanso utilizado influyen en todas las características y parámetros de esta forma de remanso. Esta es la razón principal por la que el vertido de estos tipos de aguas en masas de H₂O sin un procesamiento adecuado supone una amenaza para la condición de la salubridad humana y los recursos hídricos.

Es deber del hombre investigar primicias o novedades científicas, indagando como emplear los procesos de efluentes líquidos de los sectores, los cuales



deben quedar dentro de las exigencias del estándar de "Valores Máximos Permisibles" D.S. N° 010-2019-VIVIENDA de las diversas tipologías de efluentes industriales, en la cual existe regulación y estatuto a las empresas industriales que violen el estándar.

En consecuencia, consideramos que la siguiente pregunta es el problema genérico de:

¿Cuál es el porcentaje de eliminaciones de los sólidos suspendidos totales y las materias orgánicas en el área de lavado de lana del sector textil Don Francisco por los métodos de Electrocoagulación?, asimismo se asemejaron los problemas específicos siguientes:

¿Qué concentración tendrán la DBO5, DQO y solido suspendido total de aguas derivados del área de lavado de lana de la industria textil don francisco?

¿Cuál es el amperaje óptimo para unas mayores eliminaciones de la demanda química de oxígeno y los sólidos suspendidos totales de aguas provenientes del área de lavado de lana de la industria textil Don Francisco?

El objetivo general del estudio era estimar el porcentaje de remociones de materias orgánicas y sólidos totales en suspensión por electrocoagulación en la zona de lavado de lana de la empresa textil Don Francisco.

Los objetivos específicos que nos planteamos fueron:

Establecer la reunión de la DBO5, DQO y los sólidos suspendidos totales de aguas derivados del área de lavado de lana de la industria textil Don Francisco.

Establecer el amperaje óptimo para unas mayores eliminaciones de los sólidos suspendidos totales de aguas y las demandas químicas de oxígeno provenientes del área de lavado de lana de la industria textil Don Francisco.



Asimismo, tomamos en cuenta aspectos teóricos que nos asisten a desplegar la actual investigación, el trabajo de investigación lo dividimos en 4 capítulos: Capítulo I: En este capítulo se analiza el planteamiento del problema, que incluye un examen del escenario problemático, las preguntas y objetivos de investigación, la motivación del estudio, las hipótesis, las variables y la operacionalización de las variables. El Capítulo II desarrolla el Marco Teórico, que incluye los antecedentes, sustento teórico y marco conceptual. El Capítulo III aborda la técnica de investigación, incluyendo el tipo de investigación, metodologías e instrumentos, ambiente de estudio, población y muestra, y procesos metodológicos de investigación. Capítulo IV: evidencia las conclusiones y discusiones, en el cual se brindan las conclusiones en el orden de los objetivos específicos, así como tablas y figuras acompañadas de interpretaciones, y el vínculo entre los hallazgos de esta investigación y los hallazgos de otros estudios.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática

Sería inconcebible no aprovechar el potencial que ofrece el perfeccionamiento de las gestiones de las aguas remanentes en un mundo en el que la demanda de agua dulce no deja de crecer y los recursos hídricos finitos se ven mermados por la extracción excesiva, la polución y el calentamiento global". Así termina el Informe sobre el Progreso de los Recursos Hídricos en el Mundo 2017, que hace hincapié en la importancia crítica de una gestión eficaz de las aguas remanentes para nuestro futuro colectivo.

Tradicionalmente, las aguas remanentes se han considerado una molestia con la que hay que lidiar, cuando no despreciarlas por completo. No obstante, esta percepción está cambiando a medida que acrecienta la escasez de agua en muchas zonas y se comprende mejor la necesidad de recoger, tratar y reutilizar las aguas remanentes. Las infraestructuras son una cuestión crítica para todos los gobiernos. La disponibilidad de datos



sigue yaciendo un problema persistente, sobre todo en los países pobres. Según un estudio reciente, sólo 55 de 181 países disponían de datos sobre creación, procesamiento y uso de aguas remanentes; el resto no disponía de datos o los que tenía eran limitados. La mayor parte de la pesquisa disponible en la mayor parte de los países estaba desfasada. Este cuello de botella de la información ahoga los esfuerzos de desarrollo y investigación necesarios para crear nuevas tecnologías y ajustar las actuales a las demandas y características locales.

Alrededor del 70% de las aguas remanentes industriales y municipales de los países de renta alta son tratadas. En las naciones de renta media-alta, la media desciende al 38%, en tanto que en los países de renta media-baja se reduce al 28%. Sólo el 8% de los habitantes de las naciones de renta baja reciben algún tipo de terapia. Estas estadísticas respaldan la estimación generalmente difundida de que más del 80% de las aguas remanentes se vierten sin procesamiento en todo el mundo.

Las aguas remanentes son principalmente agua con un 1% de partículas disueltas, en coloidales o suspensión. El vertido de aguas remanentes no procesadas o procesadas de forma inadecuada tendrá tres tipos de consecuencias, dependiendo de si tiene: (i) impactos adversos sobre la salubridad humana; (ii) malos efectos medioambientales; o (iii) efectos desfavorables sobre la actividad económica.

En la provincia de Juliaca la existencia de muchas actividades económicas como el caso de la industria textil, la utilización del recurso hídrico para dicha industria es de mucha importancia principalmente en el lavado de la



lana, que se podría decir que es una operación completamente húmedo donde se elimina impurezas naturales o adquiridas por los animales en sus fibras, además cabe mencionar la utilización de sustancias químicas para la limpieza de dichas fibras y así procesarlas o venderlas al extranjero, es por ello que este proyecto pretende presentar una disyuntiva para el procesamiento de aguas remanentes formadas en la industria de la confección.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el porcentaje de remoción de la materia orgánica y sólidos suspendidos totales en el área de lavado de lana de la industria textil Don Francisco por el método de electrocoagulación?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Qué concentración tendrán la DBO₅, DQO y sólidos suspendidos totales de aguas provenientes del área de lavado de lana de la industria textil Don Francisco?
- ¿Cuál es el amperaje óptimo para una mayor remoción de la demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales de aguas provenientes del área de lavado de lana de la industria textil Don Francisco?



1.3. Objetivos de la investigación

Objetivo general

- Determinar el porcentaje de remoción de la materia orgánica y sólidos suspendidos totales en el área de lavado de lana de la industria textil Don Francisco por el método de electrocoagulación.

Objetivos específicos

- Determinar la concentración de la DBO5, DQO y sólidos suspendidos totales de aguas provenientes del área de lavado de lana de la industria textil Don Francisco.
- Establecer el amperaje óptimo para una mayor remoción de la demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales de aguas provenientes del área de lavado de lana de la industria textil Don Francisco.

1.4. Justificación del estudio

Se espera que este trabajo sirva a la industria textil Don Francisco, así como a otras empresas textiles lavadoras de lana locales y nacionales, para cumplir con los lineamientos determinados por el D.S. Peruano N° 010-2019-VIVIENDA, que instituye los VMA de descarga de los vertidos no domésticos. Uno de los fundamentos del presente estudio es:

El uso excesivo de agua en el proceso es una característica definitoria de la mayor parte del sector textil de lavado de lana del país. Sin embargo, el mayor impacto ambiental de la industria textil procede de las aguas



remanentes que genera, que contienen carga química, malos olores y restos sólidos.

Las aguas remanentes de la fábrica textil Don Francisco, en Juliaca, no cumplen las normas sobre los niveles máximos permitidos, lo que provoca el deterioro del sistema de alcantarillado, ya que no se tratan antes de verterlas al alcantarillado. Este estudio propone tratar el efluente de la industria textil con electrocoagulación, proceso que utiliza los compuestos de floculación y congelación en un aparato electrolítico que no esgrime congeladores químicos y esgrime cargas eléctricas para desmoronar las partículas, separándolas a través de unos procesos electrolíticos que facilita su afluencia y consecuentemente precipitación, logrando un elevado porcentaje de eliminación en la eliminación del efluente.

1.5. Hipótesis

Hipótesis general

- El porcentaje de remoción de la materia orgánica y sólidos suspendidos totales en el área de lavado de lana de la industria textil Don Francisco por el método de electrocoagulación será mayor al 50%.

Hipótesis específicas

- La concentración de la DBO5, DQO y sólidos suspendidos totales de aguas provenientes del área de lavado de lana de la industria textil Don Francisco no son aptas para descargar al sistema de alcantarillado.



- El amperaje óptimo para una mayor remoción de la demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales de aguas provenientes del área de lavado de lana de la industria textil Don Francisco es 5 amperios.

1.6. Variables

Las variables reconocidas en este estudio abarcan tanto las independientes como las dependientes; a continuación, se describirán en detalle.

Variable independiente

Esta variable fue controlada y ajustada durante la investigación, dicha variable es el amperaje que se varió en el prototipo electrocoagulación.

Variable dependiente

Las variables dependientes son la consecuencia que genera la variable independiente, por consiguiente será la reunión de materias orgánicas (DBO5 y DQO) y sólidos suspendidos totales, parámetros que provienen del lavado de lana de la industria textil Don Francisco.



1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables de la presente investigación.

VARIABLE	DIMENSIÓN DE ANALISIS	INDICADORES	UNIDAD
Independiente	Prototipo de electrocoagulación	Variación de amperaje y tiempos de retención (1,2,3) amperios y tiempos de retención (5,10y 15) minutos	A Min
Dependiente	Parámetros físico Químicos	DBO5 DQO SST	mg/l mg/l
Calidad de agua residual			



CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.2.1 A nivel internacional

(Catalina & García, 2015) es su estudio "Examen de la electrocoagulación como método eficaz de procesamiento de aguas remanentes en el sector textil". El objetivo de este estudio era ilustrar las ventajas de la tecnología de electrocoagulación como dilema a las técnicas tradicionales de congelación para el procesamiento de efluentes de las industrias textiles. Con ese fin se construyó y concibió unos reactores de electrocoagulación a escala piloto, compuesto por una serie de cátodos y ánodos conectados a una fuente de tensión para producir un campo eléctrico. Se valuó la eficacia de eliminación de poluciones de ambos métodos, el aplicado y el convencional, mediante pruebas organolépticas y fisicoquímicas de la condición del agua efluente. Para el procedimiento de electrocoagulación, se creó un esquema factorial con 2 variables controlada (tiempo y pH), cada una con tres niveles (3x3), y la eliminación de contaminantes se valuó mediante las métricas DQO, SST, turbidez y color



verdadero. La prueba del tarro para la coagulación convencional se realizó estimando la cantidad exacta de FeCl_3 mediante la potencial zeta y midiendo la eliminación de los parámetros aludidos. A continuación, se cotejaron las derivaciones de los 2 procesamientos por medio de unos análisis estadísticos de varianza ANOVA, en el que se admitió la hipótesis alternativa, confirmando la mayor eficacia de eliminación de la técnica de electrocoagulación.

(Concha Rodríguez, 2006). "El uso de la electrocoagulación en la eliminación de poluciones en aguas remanentes" El fin de esta trabajo fue evaluar la utilidad y eficacia de la tecnología de electrocoagulación en la erradicación del procesado en aguas remanentes. Se ejecuta una comparación entre el procesamiento propuesto y un procesamiento biológico (fangos activados), revelando que el procesamiento por electrocoagulación es más eficaz en la eliminación de poluciones en aguas remanentes con un elevado contenido orgánico del 99%, con períodos de eliminación que oscilan entre 10 y 60 segundos, mientras que el tratamiento biológico requiere al menos entre 12 y 24 horas. Las derivaciones obtenidas muestran que la electrocoagulación es una tecnología prometedora para degradar con éxito las poluciones del agua.

(Monsalve & Cardona, 2014), en el estudio "Electrocoagulación para la reutilización de aguas remanentes de los procesos de emoción en la industria papelera". El propósito primordial de este estudio es reducir el color; sin embargo, se efectuará un estudio completo del agua tratada para determinar su potencial utilidad. En consecuencia, cinco factores influyen



derechamente en la erradicación del tono y DQO a lo largo del proceso de electrocoagulación: tipo de electrodo, densidad de corriente (40, 30, 20 y 10 A/m²), pH (6,5), solución electrolítica (efluente) y periodo de exposición. El efluente y su volumen se mantuvieron constantes entre las cinco variables anteriores porque es el agua que se va a procesar, y el pH no varió considerablemente, de modo que además se consideró constante. No obstante, en términos de rendimiento, la cohesión de corriente, el tipo de electrodo (hierro o aluminio) y la duración de la exposición son el principal objetivo de este estudio. Se determinó que ambos procedimientos de ánodo son teóricamente posibles; sin embargo, el aluminio es más eficaz, ya que consigue derivaciones superiores en un 66% del lapso que requiere la plancha de hierro y elimina un 10% más de DQO (72%). Si el único objetivo es eliminar el color, el procedimiento de electrocoagulación utilizando hierro como electrodo es una excelente opción.

2.2.2 A nivel nacional

(Bermeo, 2017) En su trabajo publicado " Remoción eficiente de colorante refractario azul MNO reactivo en combinación con vinil sulfónico en aguas servidas según las técnicas de electrocoagulación y adsorción". El objetivo de este trabajo fue valorar la eficacia del módulo conectado de electrocoagulación con carbón activado en la disminución de DQO y color, operacionalizando las inconstantes de ímpetu de voltaje, corriente y período de procesamiento, con electrodos de hierro esgrimidos como materiales de sacrificio, esgrimiendo un muestreo sintético simulado de un efluente de la industria textil. El procesamiento dio lugar a una reducción



del 97,54% de la DQO y del 99,11% del color; esta reducción aumentó con la adición de carbón activado hasta el 97,95% de la DQO y el 99,20% del color.

(Velásquez, 2017). El efluente objeto de la investigación procede de la planta piloto de leche de la Universidad La Molina, y el propósito era evaluar la eficacia de la célula de electrocoagulación en la disminución de poluciones. Se evaluó la influencia de 3 elementos operativos del módulo a escala de laboratorio, el pH, la duración del intensidad y procesamiento de corriente, esgrimiendo 6 pares de electrodos de aluminio-hierro. Los cálculos revelaron que la DQO, la DBO5, los sólidos suspendidos totales, el fósforo total y las grasas y los aceites se redujeron en un 45%, 42%, 96,2%, 78,8% y 95%, respectivamente, con el pH ideal (8,5), la intensidad de corriente (3A) y el tiempo de procesamiento (30 min), en tanto que demás compuestos ya existentes en la muestra acrecentaron en 2,76 veces el nitrógeno y 24,3 mg/L de aluminio.

(Caleb, 2022) El propósito de este estudio era establecer cuánto tiempo necesitaría un sistema de electrocoagulación (prototipo SETAR) para procesar las aguas remanentes que ya habían sido preprocesadas por Agropecuaria Rossel S.R.L., una compañía que recoge y refino aceite crudo de palma (*Elaeis guineensis*). El estudio es cuantitativo y de carácter práctico. Contenía una muestra de 750 litros del agua problemática, así como los efluentes procesados en la cuarta laguna de oxidación, que posee una superficie de 815 m², coordenadas 501016 E y 9049103 N. Se evaluaron las concentraciones iniciales de pH, temple, conductividad y



otras variables ambientales, así como las demandas bioquímicas y químicas de oxígeno (DQO y DBO). 35 min de procesamiento con una tensión de 12 voltios y electrodos de aluminio Se descubrió que la duración óptima de electrocoagulación del prototipo SETAR era de 20 min, con una eliminación significativa del 98.0% para la DBO, que tenía un valor de 40 mg/L, y del 98.0% para la DQO, que tenía un valor de 73 mg/L. Estas métricas se sitúan dentro de los límites superiores determinados en las directrices sobre salubridad, medio ambiente y seguridad de 2015 del Banco Mundial para los efluentes procedentes de la transformación de aceites vegetales.

(Baca, 2019) El actual estudio titulado "Valuación de un sistema de procesamiento continuo para electrocoagulación de aguas depuradas domésticas y reutilización para regadío de jardines y zonas verdes.", con el objetivo de dar respuesta al tema, escenario que nos trazamos como pregunta: Usanza impropio de agua dulce para regadío de jardines y zonas verdes en casas, estructuras multifamiliares, viviendas y otros en las regiones metropolitanas elevada y media de Lima y Callao, ¿contribuye a que la población se encuentre limitada con poco o ningún suministro de agua dulce, de tal manera que si se implementara un sistema de procesamiento perpetuo por electrocoagulación de los efluentes domésticos creados en las residencias, permitiría su reutilización como regadío? Para resolver esta cuestión, proponemos la siguiente teoría: Los efluentes domésticos procesados para reusó con un sistema de procesamiento de electrocoagulación continua cumplirán con los PPMs requeridos para el reusó de agua de riego. Para comprobar la hipótesis de



estudio, se construyó, diseñó y manejó un Sistema de Procesamiento por Electrocoagulación en Continuo, con el cual se manejaron los Indicadores de las Variables Independientes, y como derivación se demostraron las cifras de los criterios de la Variable Respuesta que permiten caracterizar los efluentes procesados para su reusó en el regadío de áreas verdes, arrojando las siguientes derivaciones. Bajo las consiguientes condiciones: caudal 45 L/h, 20 Amperios correspondientes a 4 mA/cm², y 5 V, con cátodos y ánodos de aluminio, reducción del 89,22% en la DBO₅, 85,57% en la DQO, 88,23% en la AGA, 86,83% en la CT, 89,04% y 12,33% en la CE, todo dentro de un pH de 7,8.

(Ramón, 2021) El objetivo de este estudio es ver si las electrocoagulaciones son una opción viable para la exclusión de partículas suspendidas totales de las aguas remanentes producidas en la región San Pedro de Sao de Huancayo en el año 2020. Métodos: Se esgrimió la técnica científica, hipotético-deductiva general y objetiva para establecer si las electrocoagulaciones son una alternativa viable para remover las partículas suspendidas totales de las aguas remanentes formadas en la zona. Métodos: El vínculo era fuerte. En relación al corte pre-experimental, el diseño estuvo asociado al método específico de manipulación de la variable electrocoagulación en el sentido de variar la intensidad de corrientes aplicada, tal como el período de procesamiento, a fin de lograr un escenario ideal de validación y eficiencia del dilema para la eliminación de SST. En una de las localizaciones, el nivel inicial de SST superaba la Norma de Condición Medioambiental (296,50 mg/L > 100 mg/L - Categoría 4, conservación del medio marítimo). En términos de encuentros finales



totales, la mayor capacidad de eliminación (89,43%) se obtuvo utilizando una intensidad de corrientes eléctricas más elevada (3 A) y una duración de contacto más larga (20 min), mientras que la capacidad de eliminación más baja (81,48%) se obtuvo empleando un nivel de intensidad de corriente más baja (2 A) y una duración de contacto más corta (10 min), quedando por debajo del ECA - agua. Conclusiones: Debido a que la efectividad de eliminación fue alta (superior al 80%), con una remoción máxima de 89.43% ($r = 0.990$, sig. = 0.000), la electrocoagulación es una posibilidad viable para la remoción del total de partículas suspendidas de las aguas remanentes creadas en el distrito de San Pedro de Sao, Huancayo, en el año 2020.

(Cuba, 2020) En los últimos tiempos, la electrocoagulación (EC) ha recibido una mayor atención para la depuración de múltiples contaminantes que se encuentran en diversos efluentes. En este estudio se estudió la viabilidad de emplear la electrocoagulación como posibilidad a los procesos químicos típicos en el procesamiento del agua sobrante de la lavadora para su reusó en el riego de hortalizas. Cada uno de los cuatro componentes se evaluó en tres niveles: tiempo, intensidad, y pH distancia. Se utilizó la técnica de Taguchi para desarrollar los experimentos con el fin de optimar los procesos de electrocoagulación en los componentes de diseño. Se esgrimió ANOVA para investigar la incidencia de la variable sobre la reducción de la turbidez y demás parámetros fisicoquímicos. La intensidad y el tiempo tuvieron la mayor influencia en la reducción de la turbidez en cotejo con los demás criterios. Con una mejora de los elementos sobre la elevada eliminación de los parámetros fisicoquímicos a las cuantía de intensidad de 5.0 Amperios, lapso de 15 min, pH 7.5 y distancia de 2 cm, el



efluente procesado se encuentra por debajo del valor regulatorio D.S. N° 004-2017-MINAM por eliminaciones de turbidez de 99.02%, eliminaciones de sólidos suspendidos totales de 95.93% y eliminaciones de demandas químicas de oxígeno de 90.83%.

2.2.3 A nivel local

(Machaca, 2021) Las propiedades fisicoquímicas del suero ácido de queso tipo Paria se exploraron en este estudio utilizando el método de electrocoagulación, con el objetivo de reducir la DQO y la DBO del suero ácido de queso tipo Paria utilizando celdas de electrocoagulación. Se envía una corriente eléctrica constante por medio de dos electrodos de aluminio y hierro para minimizar la DQO y la DBO. El reactor posee una capacidad de 9 L, la celda está construida de acrílico cristalina y los electrodos son paralelos con una disgregación de 1 cm entre placas. Para evaluar los datos se esgrimió un diseño totalmente aleatorizado (DCA), condicionado a un experimento factorial con dos componentes, dilución y tiempo, con tres duplicados para cada prueba, generando un total de 27 u experimentales. Los valores de DBO y DQO de 3000 y 2670 mg/L, proporcionalmente; turbidez de 1100 NTU; grasa y aceite de 290 mg/L; y pH de 4,11 son los parámetros fisicoquímicos. El mayor porcentaje de disminución para la DQO se alcanza con un 20.0% de agua destilada y un periodo de 40 min, resultando en una disminución del 75,79%; de forma similar, el mayor porcentaje de reducción para la DBO se consigue con un 20.0% de agua destilada y un periodo de 40 minutos, resultando en un descenso del 65,68%. Se descubrió que la dilución y el tiempo en agua destilada influían

en los procesos ejecutados, por lo que puede emplearse el método de electrocoagulación para atenuar la DQO y la DBO del lactosuero ácido.

2.2. Bases teóricas

2.2.4 Fibras naturales

La fibra natural son materiales duraderos producidos por animales y plantas que pueden hilarse para formar madejas, hilos o cuerdas. Las fibras naturales se esgrimen mucho en prendas de vestir, muebles y otros textiles de consumo. Cada año se promueven en el mundo unos 30 millones de toneladas de fibras naturales, según cifras de la FAO. (Mendoza, 2009).

2.2.5 Lana de oveja

Se define como "una fibra natural extraída del vellón de oveja, cuyas particularidades varían según la raza del animal".(Frank, 2008). Asimismo, es posible obtener la lana más fina de las ovejas merinas, cuya fibra posee un diámetro inferior a 24 micras.

2.2.6 Tops

Es el término esgrimido para describir la lana después de haber sido lavada y peinada. Tops se define en el diccionario inglés como: Bolos de lana peinado de las que se han eliminado fibras cortas o los noils y delicadas que se han tomado en los procesos de peinado; esto implica simplemente que las fibras cortas se han separado de las largas. Tops, en pocas palabras, implica lana peinada". (Pearse, 2009)



2.2.7 Importancia y usos de la lana de ovino en la industria

Hay diversas razas ovinas, de las que unas 20 son importantes en todo el mundo. La categorización más significativa se basa en el uso previsto de la raza. Incluso entre los productores de carne, la lana es una característica definida en la categorización. (Materias primas de origen animal, 2013)

2.2.8 Procesos en el sector industrial

Lavado

Es el paso inicial; antes del lavado, el material debe abrirse, lo que se hace en abridores que funcionan con cribas alimentadoras; es extremadamente significativo porque ayuda a minimizar la cuantía de materia prima sucia y mejora la eficacia de la ablución. La lana se lava en maquinarias denominadas "lavaderos", que están formadas por múltiples cubas (entre 4 y 5 cubas o botes) cargadas con agua y detergentes específicos a la temperatura apropiada la temple de la mezcla en la primera cuba oscila entre 65 y 70 grados centígrados, y la temperatura de la mezcla en las cubas siguientes se va reduciendo gradualmente de 1 a 2 grados cada cuba; estas cubas cuentan con ciertos componentes de arrastre cuya misión es hacer que la lana se desplace de una cuba a otra. Debido a que un secado excesivo puede hacer que se desperdicie algunas propiedades de la lana como elasticidad o resiliencia, además de adquirir un tono amarillento, el proceso de lavado se completa en secadores adyacentes a las tinas, que además poseen temperaturas específicas. Sin embargo, si el



procedimiento de secado es inadecuado y la lana está demasiado húmeda después del lavado, el proceso de cardado sería problemático. La grasa de la lana de oveja se compone de fracciones no enmohecidas y enmohecidas que no se disuelven y eliminan sistemáticamente durante los procesos de lavado. Durante los procesos de lavado, la mitad no oxidada de la grasa se elimina fácilmente, en tanto que la mitad oxidada se elimina normalmente, pero parte de esta grasa permanece. La técnica de lavado ayuda a prescindir la suciedad, que "incluye suciedad mineral, suciedad orgánica suciedad proteica y no proteica". La cantidad de ceniza en los lodos de cada baño sugiere que se eliminan distintas fracciones de suciedad en momentos diferentes". (Lamas, Prieto, & Castillo, 2009)

(Vergara Sanchez, 2012), El efluente de la industria textil se distinguen por una mezcla diversa y multicomponente de poluciones residuos y químicos, una elevada concentración de SS y pigmentos, un pH estrechamente variable, con valores que oscilan entre 5 y 12, elevados niveles de temple, DQO y además DQO, con una relación de 0,2 a 0,5, lo que muestra una cuantía significativa de poluciones no biodegradables. (Yusuff & Sonibare, 2004).

Tabla 2

Valores promedios de etapas del proceso de la industria textil

Parámetro	Unidades	Lavado	Blanqueo	Mercerizado	Tintura
pH		9 – 14	8.5 – 11	8 – 10	1.5 – 10
Sólidos disueltos	(g/L)	12 – 30	2.5 – 11	2.0 – 2.6	1.5 – 4
Sólidos en suspensión	(g/L)	1.0 – 2.0	0.2 – 0.4	0.6 – 1.9	0.05 – 0.35
Color		-	-	Fuerte coloración	Fuerte coloración
DBO	(g/L)	2.5 – 3.5	0.1 – 0.5	0.05 – 0.12	0.1 – 0.4
DQO	(g/L)	10 – 20	1.2 – 1.6	0.25 – 0.4	0.4 – 1.4
Cloruros		-	-	350 – 700	-
Sulfatos	(g/L)	-	-	0.1 – 0.35	-

Como resultado, durante el proceso de tintura, las aguas remanentes textiles muestran niveles significativos de irisación, pH, DBO, DQO y la salinidad.

(Blanco, 2012)



Los principales responsables de las aguas residuales son los procedimientos de lavado, teñido, estampado y acabado. Al depender del método y la operación, este tipo de agua es extremadamente inflamable y tiene una conformación cambiante. (Orozco, 1995).

Dado que el procesamiento de aguas remanentes compite en términos de medio ambiente, eficiencia y costo, las tecnologías electroquímicas como la electrocoagulación, formada en un reactor (celda electrolítica) compuesta por 2 electrodos, un cátodo y un ánodo, enlazados a una fuente de energía, son las más importantes en la actualidad (Restrepo, Arango, & Garcés, 2006); En otras palabras, emplea una corriente eléctrica para crear iones metálicos en el ánodo e iones hidroxilo en el cátodo, que operan como coagulantes y desestabilizan y transportan los contaminantes en solución por precipitación o adsorción (Robinson, 2001). La electrocoagulación, como cualquier otro proceso electroquímico, hace que se produzcan simultáneamente los siguientes fenómenos entre la solución electrolítica y los 2 electrodos (Hernandez Lehmann, 2011); se sabe que ocurre en 3 pasos: 1) El coagulante se produce por enmohecimiento electrolítica del metal en el ánodo. 2) Contaminación y desestabilización de la emulsión; y 3) Formación del flóculo por agrupación de partículas de polución o de sustancias químicas existentes en la solución sobre el flóculo. (Perozo Cuicas & Abreu Cuadra, 2017)

2.2.9 Tipos de reactores para electrocoagulación

Actualmente, hay dos tipos de reactores de electrocoagulación: los de tipo discontinuo y los de tipo continuo (Kobyas, Gengec, & Demirbas, 2016).



Las características de cada polución encontrada y su reunión, así como el volumen de agua remanente a tratar, influyen en la elección de uno de estos reactores.

1) Reactor tipo Batch

Debido a que el coagulante se forma perennemente en el reactor a medida que el ánodo se disuelve (Restrepo, Arango, & Garcés, 2006), este tipo de reactor debe funcionar perpetuamente por diseño con un volumen predeterminado de H₂O sobrante a tratar en un tiempo operacional (Bazrafshan, Moein, Kord Mostafapour, & Nakhaie, 2015).

2) Reactor tipo Continuo

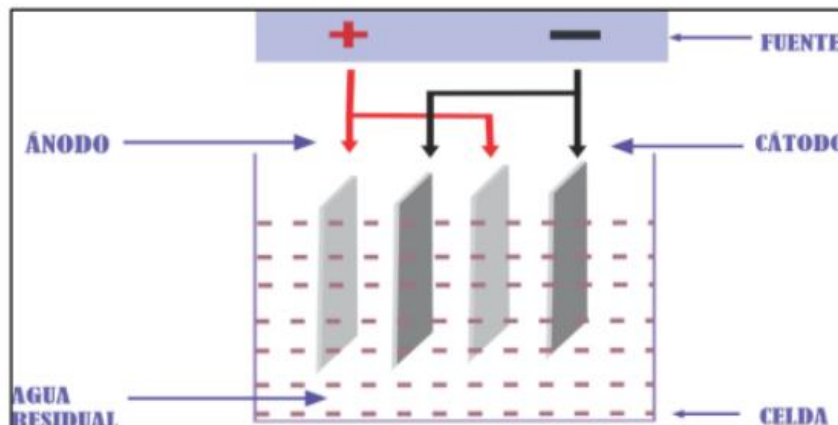
El reactor de tipo continuo se esgrime en volúmenes de agua continuos, tiene un coste mayor y funciona de forma estacionaria (Holt P. , 2005).

2.2.10 Distribución de electrodos en la electrocoagulación

Esta disposición se reproduce frecuentemente de 3 formas diferentes: La configuración más básica de la célula de electrocoagulación se pueden ver en la figura 1, con electrodos monoplares pertinentes en paralelo. Se compone de dos electrodos paralelos y dos juegos de placas metálicas conductoras, así como de una fuente de subsistencia eléctrica (Pretorius, 1991).

Figura 1

Materiales sacrificiales monopolares - conexión paralela

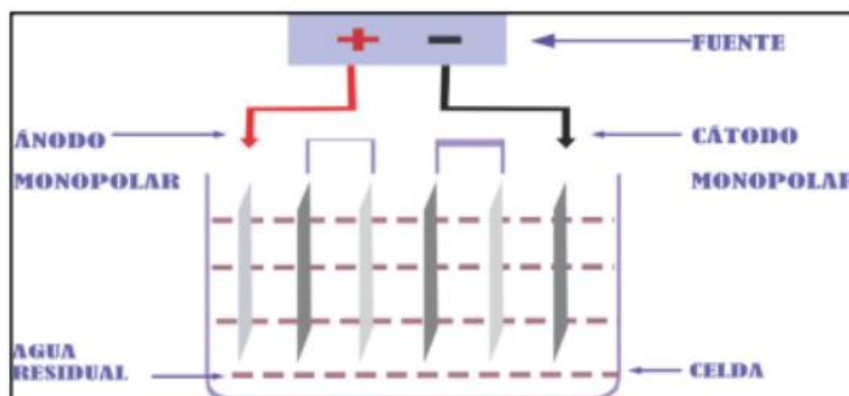


Fuente: (Mollah & Yousuf, 2001)

Del mismo modo, los pares de electrodos internos de sacrificio de la figura 2 se unen a partir del interior y no poseen unión con los otros electrodos. La carga eléctrica que atraviesa los materiales de sacrificio permanece constante en este escenario, pero el voltaje total es la cuantía de los voltajes en cada celda electrolítica individual (Mollah & Yousuf, 2001)

Figura 2

Materiales sacrificiales monopolares - conexión serie

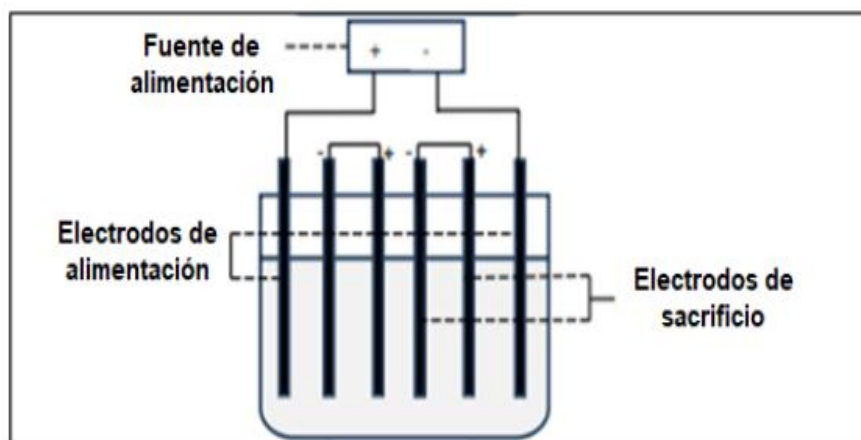


Fuente: (Mollah & Yousuf, 2001)

La forma bipolar material de sacrificio - vínculo en serie mostrada en la figura 3 está formada por 2 materiales de sacrificio ligados a la fuente de subsistencia y situados entre los 2 materiales de sacrificio externos. Los recursos internos son bipolares, mientras que los exteriores son monopolares. Los electrodos no están unidos y actúan como cátodo y ánodo. Esto quiere decir que sus lados son bipolares y poseen cargas opuestas; en el lado positivo se produce la desintegración anódica, mientras que en el lado negativo se producen reacciones catódicas de forma propensa. (Mollah & Yousuf, 2001)

Figura 3

Materiales de sacrificio de forma bipolar - conexión en serie



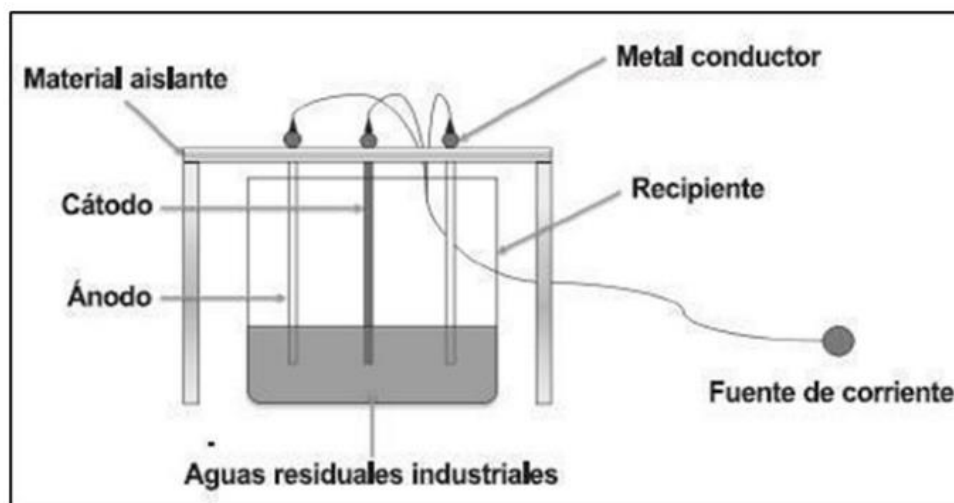
Fuente: (Hakizimana, 2017)

Una célula electrolítica tiene componentes conductores de sacrificio o de corriente (electrodos o materiales de sacrificio) que se inyectan en los efluentes a tratar y se utilizan para fabricar una solución electrolítica. El reactor está alimentado por una fuente eléctrica, lo que permite que se produzca reacción electroquímica entre los materiales de sacrificio directos

y los compuestos del efluente, lo que da como resultado procedimiento de descomposición en el cátodo que producen hidrógeno mediante protones del agua y procesos de oxidación en el ánodo que producen iones metálicos y gas atmosférico. Puesto que el resultado, los productos químicos contaminantes producen moléculas hidrófobas que emergen en precipitación o flotación, aumentando la accesibilidad de los procesos secundarios de eliminación. (Holt, Barton , & Mitchell, 2005).

Figura 4

Sistema de electrocoagulación



Fuente: (Morales Posada & Acosta Niño, 2010)

Durante una operación de electrocoagulación, la guía de electrodos suele estar conectada a un proveedor de corriente externa. La cuantía de metal depositado o disuelto viene determinada por la carga eléctrica total que se transfiere por medio de la solución electrolítica. La ley de Faraday puede

esgrimir para desarrollar una relación simple entre la cuantía de compuestos disueltos (M) y el ímpetu de la corriente (A). (Thakur & Chauhan, 2016)

$$m = \frac{l \cdot t \cdot M}{Z \cdot F}$$

Donde:

(I) = intensidad – corriente eléctrica, representado por (A)

(M) = masa molecular del metal, representado en (gr/mol)

(t) = tiempo de operación, representado en (s)

(Z) = cantidad de electrones / átomo de metal

(m) = masa del catión generada, representada por (gr)

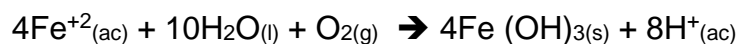
(F) = Faraday, representado en (96485 Coulomb/mol)

2.2.11 Materiales de electrodos

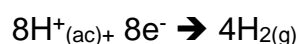
El hierro y el aluminio son los materiales de electrodos más esgrimidos actualmente en los procesos de electrocoagulación, con las reacciones que se describen a continuación. Las propiedades e interacciones de los contaminantes existentes, así como la conductividad y el pH, tienen un impacto en su método. Estos componentes tienen impacto en los procedimientos electroquímicos que se dan en el sistema de electrocoagulación, así como en la constitución del coagulante. Se presentan dos métodos putativos para el proceso en los que el hierro sirve de ánodo, que podrían justificar la síntesis in situ de un par de coagulantes potenciales, el Fe (OH)₂ o el Fe (OH)₃. (Bayramoglu, 2004)



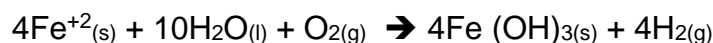
Primer mecanismo: Se forma hidróxido férrico. El ánodo sufre las consiguientes reacciones:



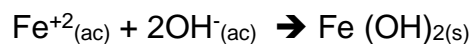
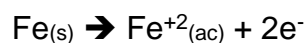
En el cátodo se da la reacción:



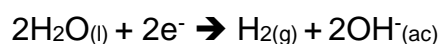
Reacción global:



Segundo mecanismo: Se forma hidróxido ferroso. Las reacciones ocurren en el ánodo:



En el cátodo se da la reacción:



Reacción global



2.2.12 Parámetros de la electrocoagulación

Para que el proceso de electrocoagulación funcione correctamente, hay que tener en cuenta varios factores, como el pH, la conductividad de la solución, la densidad de corriente, la distancia entre las varillas metálicas



(electrodos) y la duración de la operación. (Restrepo, Arango, & Garcés, 2006)

El parámetro de corriente eléctrica por unidad de área (densidad de corriente) es fundamental al interior de los sistemas de electrocoagulación, ya que controla la cantidad de dosis de coagulante, la formación de burbujas, el tamaño y desarrollo de los flóculos y otros parámetros. (Bazrafshan, Moein, Kord Mostafapour, & Nakhaie, 2015). Cuando se suministra una corriente eléctrica, comienza con la transferencia de partículas contaminantes más pequeñas, lo que resulta en una mayor coagulación (Mollah & Yousuf, 2001), Asimismo demostramos que cuando se le suministra un voltaje más elevado lleva a una mejora en la eficacia del sistema tiende a reducir, lo que provoca un cambio del tipo de energía de eléctrica a calórica, obligando a los electrodos a dejar de liberar iones de aluminio y hierro. (Moussa, 2017). No obstante, debemos recalcar que el funcionamiento requiere realizarse a una alta densidad de corriente para generar un mayor número de burbujas y eliminar más impurezas. (Elazzouzi, Haboubi, & Elyoubi, 2017).

El parámetro pH se ha relacionado con la electrocoagulación; este parámetro tiene una influencia sustancial en el rendimiento del sistema (Piña - Soberanis, 2011). La influencia del pH en la corriente es sustancial, particularmente en la efectividad de la operación de solubilidad del electrodo para la producción de hidróxido (Chen, 2004). A medida que el pH de la solución aumenta o disminuye con respecto al pH ideal, perfecciona la eficacia de la eliminación de poluciones (Bazrafshan, Moein,



Kord Mostafapour, & Nakhaie, 2015). El pH afecta la eficiencia actual en la operación proceso de solubilización del metal con el fin de crear hidróxido (Chen, 2004). El pH oscila en sentido contrario durante el proceso de electrocoagulación, alterando las especies coagulantes generadas y, en consecuencia, la eficacia de eliminación de contaminantes (Canizares , 2009) Por sus niveles y por cómo interactúan con los contaminantes, este parámetro es responsable de gran parte de los procesos de coagulación y adsorción (Hakizimana, 2017).

El período que el reactor se mantiene funcionando es otro parámetro importante en los sistemas de procesamiento porque la alineación y concentración de hidróxidos metálicos por medio de los materiales de sacrificio retizan un papel transcendental en la eliminación de poluciones. A medida que se incrementa el intervalo de reacción, los materiales de sacrificio se corroen y liberan iones adicionales que funcionan como coagulantes. El acrecentamiento del tiempo de funcionamiento mejora el rendimiento de eliminación de contaminantes. A medida que aumenta la duración en la operación de electrólisis, aumentan las reuniones de coagulantes, disminuyendo la densidad de los flóculos y, como resultado, la velocidad a la que precipitan. Esto sucede principalmente porque a medida que aumenta la duración de la electrólisis, más iones se disuelven en el flujo a tratar, aumentando la presencia de flóculos. (Zodi, 2009).

En el sistema de electrocoagulación es importante el parámetro de distancia entre material de sacrificio o electrodos, particularmente la brecha entre el cátodo y el ánodo adentro del campo electrostático. Se obtiene



manteniendo un espacio adecuado entre los materiales de sacrificio para un proceso adecuado de eliminación de la contaminación. No obstante, incluso la más pequeña variación en el trayecto entre electrodos reduce el % de eficacia. Los hidróxidos metálicos creados se comportan como flóculos que se desintegran cuando se encuentran dado a la atracción electrostática (Aoudj, 2015). Cuando se determina la distancia ideal entre electrodos, mejora la eficacia de la erradicación de poluciones; este proceso avanza desde el trayecto más baja hasta la distancia óptima entre los electrodos. La movilidad de los iones disueltos producidos se reduce aumentando la distancia entre los electrodos. Dar al hidróxido de metal formado tiempo adicional para aglomerarse y formar flóculos mejorará la eliminación de contaminantes. Debido a que la longitud del transporte de iones aumenta con la separación de los electrodos, el % de eficacia reduce a medida que crece el distanciamiento de los electrodos. Esto reduce la formación de flóculos y la atracción electrostática para eliminar las poluciones (Bazrafshan, Moein, Kord Mostafapour, & Nakhaie, 2015)

2.2.13 Aguas residuales industriales

Conforme a (Espigares & Perez), las aguas remanentes industriales se definen como los desperdicios líquidos creados por un organización e industria que produce cualquier forma de producto básico o material que está sujeto a la oferta y la demanda del mercado, a diferencia del agua de suministro utilizada por la institución en sus actividades de fabricación.

2.2.14 Las aguas residuales en las industrias textiles

La naturaleza de las aguas remanentes originadas en la industria de la confección vendrá determinada por las metamorfosis que se realicen, es decir, el tipo de fibra tratada y la tecnología manejada. Sin embargo, debido a la variedad de técnicas y reactantes químicos utilizados, las aguas remanentes formadas en el negocio de fibras naturales, a excepción de las que se producen en el lavado de lana, presentan ciertas características generales. La conformación de los efluentes de la industria textil es bastante diversa: fuertemente alcalinos, de alta temple y coloridos. Los productos químicos orgánicos, los pigmentos sólidos en suspensión y los aceites minerales son los principales contaminantes presentes y se cree que son sustancias xenobióticas refractarias a los procesos biológicos (Paul, Chavan, & Khambe, 2012). Los metales sólidos como cobre, cromo, zinc, plomo y níquel también se encuentran en proporciones significativas (Dhaouefi, y otros, 2018). Las aguas remanentes de la fabricación de fibras naturales pueden contener y poluciones microbiológicas como hongos, bacterias y demás patógenos. (Duarte, Morais, Maldonado- Hodar, & Madeira, 2013).

2.2.15 Parámetros del agua

a) Parámetros físicos químicos

Caracterizan las propiedades del agua en función de los sentidos del tacto, vista, el olfato y el gusto, incluidas las partículas en suspensión, la turbidez, el color, el gusto, el olor y la temperatura. (Ramos Flores, 2019).



- **Sólidos suspendidos totales (SST):** compuesto de partículas que sedimentan, se mantienen suspendidas y tienen tamaños de partícula no mayores a un milímetro y mantenidas en un filtro después de secarse a una temperatura particular (Argandoña & Macías, 2013). La reunión de partículas o sedimentos en las fuentes de agua superficiales es ocasionada por procesos de deterioro de cuencas (márgenes) y vertimientos de materiales por actividades humanas, según lo define el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (IDEAM, 2007).
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Es una métrica que cuantifica la cuantía de oxígeno disuelto en un litro de H₂O que se maneja para la desmoronamiento de las bacterias orgánicas. (Lipa Paye, 2018).
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Es una medida analítica de contaminación que determina la cuantía de materias orgánicas en una muestra líquida por medio de enmohecimiento químico. La medición de DQO calcula la cuantía de gas atmosférico consumido dividiendo el porcentaje de materias orgánicas en la muestra que puede ser enmohecida por un componente químico oxidante duro por la cuantía de materias orgánicas en el muestreo. (Romero, 2002).



2.3. Marco Conceptual

2.3.1 Electrocoagulación

Son procesos o tecnología de procesamientos de aguas remanentes que utiliza solo la corriente eléctrica en el agua y ningún compuesto químico. (Restrepo, Arango, & Garcés, 2006)

2.3.2 Amperios

Un amperio es una unidad de corriente que personifica el número de electrones que pasan por un circuito. Los amperios se utilizan para medir la corriente. Un amperio es un coulomb de electrones viajando a través de un lugar específico en un segundo. (Romero Torres, 2022)

2.3.3 Cátodo

Es el electrodo positivo de una batería, que normalmente está formado por material conductor. Se denomina así porque, en el transcurso del proceso de descarga de la batería, los iones de electrolito fluyen del ánodo al cátodo, librando corriente eléctrica. (Forocheselectricos, 2022)

2.3.4 Ánodo

El ánodo es el electrodo encargado del proceso de oxidación de los elementos. Actúa positivamente cuando recibe energía y negativamente cuando la suministra. (EcuRed, s.f.)



2.3.5 Electrodo

Extremo de un conductor que entra en contacto con un medio a través del cual se entrega o recibe corriente eléctrica. (Española, 2022)

2.3.6 Corriente eléctrica

El acrecentamiento de la conductividad eléctrica da como resultado un acrecentamiento de la densidad de corriente. "Cuando el voltaje que suministra la celda de electrocoagulación se conserva constante, el voltaje aplicado disminuye en tanto que la densidad de corriente aumenta, dando como resultado una conductividad constante.". (Abaigar, 2009).



CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación

Este estudio es de enfoque aplicativo, es decir con la información que se tenía sobre la electrocoagulación como un método para la eliminación de distintos parámetros lo aplicamos para dar una alternativa de procesamiento de las aguas remanentes de las industrias textiles como un aporte técnico y al alcance de los empresarios textiles.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación del actual estudio y a la que este trabajo se adecua es el correlacional, donde buscamos relacionar las variables estudiadas tras la implementación de los tratamientos o experimentos propuestos. O sea, la relación que hay entre los distintos amperajes de energía eléctrica y distintos tiempos para ver en cuánto cambia la eficacia en cada tratamiento.



3.3. Diseño de investigación

En cuanto al diseño del estudio del actual estudio es experimental y esto acorde al método empleado, es decir que en el estudio se manipulo la variable independiente con el fin de conseguir un punto un procesamiento en el que la eficacia refleje una mayor eficiencia de eliminación de los parámetros en estudio, todo esto en un argumento de experimentación en el recinto de calidad ambiental. A continuación, mostraremos el diseño que se esgrimió en el estudio.

$$X_1 \text{-----} \rightarrow T_1 \text{-----} \rightarrow Y_1$$

$$X_2 \text{-----} \rightarrow T_2 \text{-----} \rightarrow Y_2$$

$$X_3 \text{-----} \rightarrow T_3 \text{-----} \rightarrow Y_3$$

Donde:

$T_1 T_2 T_3$ = representa las observaciones para cada tratamiento

$X_1 X_2 X_3$ = representa la electrocoagulación que se dará a diferentes intensidades de amperaje y distintos tiempos de contacto.

$Y_1 Y_2 Y_3$ = representa la disminución y/o eliminación de SST, DQO y DBO5.

En la siguiente tabla mostraremos el diseño de la experimentación que se utilizó detalladamente.

Tabla 3*Tratamientos de electrocoagulación*

Tratamientos	Intensidad de corriente	Tiempo de retención min	Remoción de parámetros
T1	1A	05	Y1
	1A	10	
	1A	15	
T2	2A	05	Y2
	2A	10	
	2A	15	
T3	3A	05	Y3
	3A	10	
	3A	15	

Nota: condiciones para los distintos tratamientos tanto para la dependiente para la variable independiente.

3.4. Diseño estadístico

Modelo de Regresión Lineal

Un método estadístico para simular la relación entre variables dependientes (Y) y variables independientes (X) es el análisis de regresión. Hallar la mejor línea directa que se adapte a las cifras, es el objetivo de la regresión lineal, y pueda utilizarse para pronosticar los datos de la variable de interés en función de los valores de las variables predictoras.

El modelo de regresión lineal se representa mediante la ecuación siguiente:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon$$

Donde:

Y es la variable sobre la que queremos hacer predicciones.



X_1 , es la variable manipulada que se utilizan para explicar la variabilidad en Y .

β_0 es el intercepto, que representa el valor de Y cuando cada una las variables respuestas son equivalentes a cero.

β_1 es el coeficiente de regresión, que indican cómo cambia Y en respuesta a un cambio unitario en la variable independiente.

ϵ representa el término de error, que captura las divergencias entre las cifras detectadas y los valores augurados por el modelo.

En la práctica, se utilizan diversas técnicas y herramientas estadísticas para ajustar el diseño de regresión lineal a los datos, evaluar su calidad de ajuste y realizar predicciones sobre nuevos datos.

3.5. Técnicas e instrumentos de la investigación

Las técnicas y los instrumentos esgrimidos para el estudio de las describiremos a continuación:

Observación: De acuerdo a arroyo las técnicas de análisis comprenden a un grupo de contextos indeterminadas, siendo esta complementada con los mecanismos de recopilación de datos. En el actual estudio se esgrimió el análisis en el transcurso de todos los experimentos.

Además, en el proceso metodológico se empleó los subsiguientes instrumentos para la recopilación de datos:

Fichas:

- Un documento que identifique el lugar de muestreo.



- Una hoja para registrar datos de campo.
- Una hoja para etiquetar la muestra de agua.

Formatos:

- Cadena custodia
- Fichas de laboratorio
- Libretas de campo

3.5.1 Materiales y equipos:

En este estudio se manejaron los subsiguientes equipos, materiales y reactivos:

a. Materiales:

Se utilizaron los siguientes materiales:

- Pipeta.
- Frascos de vidrio.
- Vasos precipitados.
- Probetas.
- Matraz Erlenmeyer
- Cinta masking.
- Cooler de Tecnopor
- Rotulador
- Mandil
- Guantes

b. Equipos:

- Equipo multiparámetro.
- GPS.
- Cámara fotográfica.
- Equipo de cómputo.
- EPPs.

c. Reactivos e Insumos:

- RH Nitrate.
- Sulfato de aluminio.

- Acido sulfúrico.
- Agua destilada.
- Muestra de agua de la industria textil.

3.6. Lugar de estudio

El lugar de estudio está dado por la industria textil Don Francisco ubicada en el parque industrial con las coordenadas siguientes E:374493 N: 8289307 del distrito de Juliaca.

a. Puntos de muestreo

En la subsiguiente figura se puede ver el punto de muestreo que fue escogido por conveniencia en el afluente de una pequeña poza de concentración de aguas remanentes de la empresa textil Don Francisco.

Figura 5

Punto de muestreo del afluente de poza de disposición



Nota: Punto de muestreo elegido por conveniencia, fue en el afluente de la poza de disposición.

El punto de muestreo fue georreferenciado como se puede ver en la tabla siguiente:

Tabla 4

Datos del punto de muestreo y toma de muestra

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
P - 1	E:374493 N: 8289307	18/06/2023	10:07 am

Nota: En esta tabla se muestran las coordenadas del lugar de muestreo de la empresa textil Don Francisco.

3.7. Población y muestra

a. Población:

En la actual estudio la población está formada por las aguas remanentes industriales que genera la compañía textil Don Francisco.

b. Muestra:

Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia debido a que (Hernández & Fernández, 2010), plantean que es criterio del investigador elegir los muestreos en base a un factor específico, en el cual se optó por seleccionar la muestra de 20 litros de aguas remanentes industriales antes de ingresar a la balsa de disposición de aguas residuales (tributario).

3.8. Procedimiento Metodológico de la Investigación

Procedimiento metodológico para la determinación de la concentración de la DBO5, DQO y solidos suspendidos totales de aguas provenientes del área de lavado de lana de la industria textil don francisco

Para el desempeño de este propósito se provino de la siguiente forma:



Lo primero que se hizo fue ver la disponibilidad de los dueños de empresas textiles si estarían dispuestos a poder facilitarnos sus aguas remanentes para la presente investigación, nos entrevistamos con más de 5 dueños, de todos ellos recibimos la misma respuesta, que no podían darnos el acceso a sus empresas y mucho menos a analizar sus aguas residuales que ellos generan, para lo cual mi persona les explicó sobre el método de electrocoagulación para reducir la contaminación de sus aguas remanentes y que este era netamente un trabajo académico de los 5 dueños solo uno de ellos accedió pero con la condición que tomaríamos las aguas residuales en la parte de afuera de la zona de proceso de la lana y que solo estaría presente mi persona , para nosotros vendría a ser el afluente de sus aguas residuales.

Una vez que se tuvo el permiso se coordinó con el laboratorio para fijar el día y la hora de muestreo y dejar todo listo para el análisis inicial y planificar todos los tratamientos que se realizaría al agua remanente de la industria textil.

Procedimiento de la Toma de muestra

La toma de muestras del lavadero de lanas de la empresa textil Don Francisco pertenece a un muestreo simple, la cual será escogida en base a la asequibilidad y a criterio del investigador, de acuerdo con el acceso de la compañía y las limitaciones que nos impone, sin trastornar ni interferir en sus diligencias o procesos. De acuerdo con la Dirección General de Salubridad Ambiental (DIGESA, 2015), y de acuerdo con él (ANA, 2016), el muestreo, selección y recolección para análisis o evaluación se realizará de la misma manera que la que se recolecta para estudiar y establecer la condición del agua. El muestreo, análisis y evaluación del agua deberá realizarse en

lugares estratégicos ya especificados de acuerdo con la técnica de observación y las normas de las autoridades responsables antes mencionadas.

Figura 6

Toma de muestras de las aguas residuales de la industria textil



Nota: Se obtuvieron muestras sencillas

En la figura se observa que las muestras que se obtuvieron son muestras simples de 1 litro cada uno hasta llenar un bidón de 20 litros y así formar una muestra compuesta, cabe mencionar que una muestra puntual o simple consiste en muestrear una porción de H₂O en un lugar y período fijo. Los muestreos simples indican las características y condiciones de la composición original de la corporación de H₂O en el momento, circunstancias y lugar específicas en que fueron obtenidas. Una muestra compuesta es una colección de muestras básicas. En tal sentido se extirpó las aguas remanentes

industriales en un punto colindante del mismo afluyente por medio de una jarra de un litro y almacenado en un bidón de 20 litros, dicho bidón se injertó al laboratorio de condición ambiental de la EPISA -FICP; De este bidón una parte será analizada para determinar la reunión de DBO, la demanda biológica de gas atmosférico y SST y así establecer las características iniciales, además se tomaron los parámetros insitu como temperatura conductividad y pH, la otra parte de la aguas residual industrial será sometido a los diferentes tratamientos de electrocoagulación de esta investigación.

Determinación de la demanda química de oxígeno

Digestión del muestreo Una hora antes de inyectar la muestra, calentar el recipiente de digestión a 150 °C.

Blanco Agregar 2,50 mL de agua ultrapura, 1,50 mL de solución de digestión y 3,50 mL de reactivador de ácido sulfúrico (este reactivador tiene que cuantificarse gota a gota). Gotea en el muro de la bañera. Cierra la bañera y ajústala varias veces sin cambiarla.

NOTA: Utilice guantes fuertes y una máscara para preservar sus manos del calor originado al combinar el contenido del tubo, y fusione correcto antes de calentar para eludir el calentamiento local y contestación potencialmente explosivas hacia el fondo del tubo.

Para probar la concentración de FAS, prepare 6 tubos en blanco y digiera tres con muestreo y tres sin ella. Puntuación nominal.



Evaluación FAS: Retire cada blanco sin digerir, transfiera cuantitativamente a un matraz Erlenmeyer de 125 ml, limpie con agua corriente diversas veces y derrame el contenido en el matraz Erlenmeyer. Mezcle 2 gotas de ferrita prontamente usando un agitador magnético.

Titular con FAS hasta alrededor de 0,04 N (si se usa dicromato 0,025 N o 0,10 N) o alrededor de 0,04 N 0,10 N (si se usa dicromato 0,25 N). La titulación concluye con una modificación de tono permanente de azul verdoso a marrón rojizo.

Determinación de sólidos suspendidos totales

Como el protocolo para monitoreo de cuerpo marino receptor y efluentes del 2002 publicado el diario el peruano se determinó por filtración al vacío utilizando filtro de fibra de vidrio con sucesivas lavadas se lleva a la placa Petri correspondiente y luego secadas en estufa mínimo 1 hora y pesadas según protocolo.

Sólidos disueltos totales

Método: Conductimetría (APHA, 1998)

Procedimiento: Para la operación se esgrimió un recipiente de precipitados de 50 ml, en el cual se vertió el muestreo de agua anticipadamente limpiada, se insertó el nefelómetro en cada muestreo, se tomaron los datos de sólidos disueltos totales y se reportaron los resultados.

Las muestras se mantuvieron refrigeradas en el Laboratorio de Calidad Ambiental - EPISA - de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, sede Juliaca, hasta el inicio del estudio.

Análisis de los parámetros Insituo:

La metodología para determinar las concentraciones de los parámetros físicos, se efectuaron conforme a los métodos normalizados APHA del año 1998.

Potencial de Hidrogeno

Método: Electrométrico (APHA, 1998)

Procedimiento: Se esgrimió un potenciómetro, prontamente se vertieron 50 ml del muestreo en un frasco de precipitado, se puso en funcionamiento el potenciómetro dentro del vaso que contenía el muestreo y se recogieron y contabilizar los hallazgos.

Temperatura

Procedimiento: Se realizó por medio de mediciones digitales con multiparámetro, lo que implicó colocar 50 ml del muestreo de agua de pozo a ensayar en un vaso de precipitados anticipadamente homogeneizado y cebado antes de insertar el sensor digital.

Medición con termómetro de mercurio Celsius: se introduce el termómetro en la muestra de agua del pozo subterráneo, se espera unos min, y como es de mercurio dentro del termómetro, comienza a recibir calor, haciendo que se expanda y viaje por el tubo del termómetro, donde podemos apreciar que traspasa la escala numérica y mide la temple.



Conductividad eléctrica

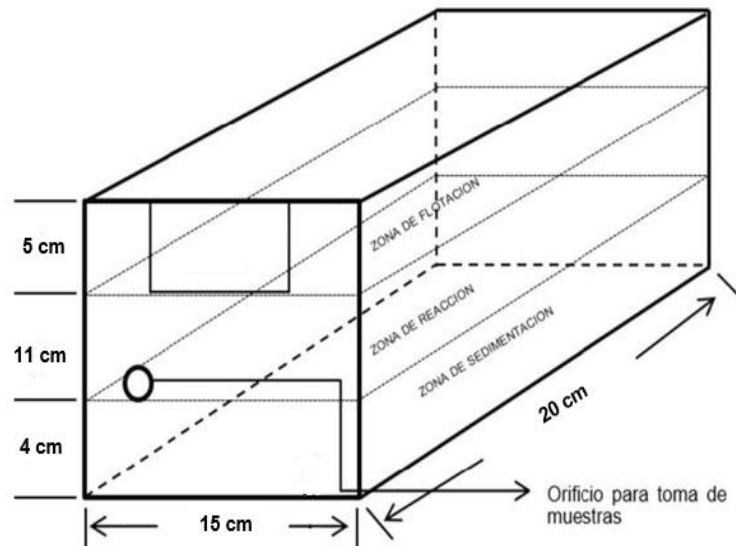
Método: Conductimetría **(APHA, 1998)**

Procedimiento: Se agrega un total de 50 ml de muestreo de H₂O a un frasco de precipitados, seguido de la introducción del conductímetro, se anota el valor obtenido en el lector del equipo, el conductímetro nos suministra las derivaciones en S/cm, y posteriormente se registran los resultados.

Consideraciones para el diseño del prototipo o sistema de electrocoagulación.

La celda electrolítica anterior construida con esta tecnología **(Arango Ruiz & Garcés Giraldo, 2007)** Puede manejar aproximadamente 4,5 litros de efluente cada lote utilizando un sistema volumétrico, y la celda electrolítica tiene una modo rectangular que proporciona el proceso de decantación. Mide 15.0 cm de ancho, 20.0 cm de profundidad y 20.0 cm de largo. La zona de reacción, la zona de lodo y la zona flotante son las tres porciones. También tiene dos entradas, una para la zona de reacción y otra para la zona de lodo.

La batería incluye 14 electrodos, 7 de los cuales son placas de acero galvanizado y 7 de los cuales son placas de aluminio. Cada electrodo tiene 11.0 cm de largo, 11.0 cm de alto y 3.0 mm de ancho (tamaño comercial). La cuantía de electrodos del reactor es fijo como el método de **(Arango Ruiz & Garcés Giraldo, 2007)**.

Figura 7*Celda de electrocoagulación*

Fuente: (Arango Ruiz & Garcés Giraldo, 2007)

Se emplearon electrodos de acero aluminio y galvanizado porque se desempeñaron mejor en investigaciones previas y están fácilmente disponibles en el mercado local. El electrodo es una placa rectangular con dimensiones de 11 cm de alto, 11 cm de ancho y 0,3 cm de espesor. Investigaciones anteriores han demostrado que conectar los electrodos en paralelo produce los mejores resultados.

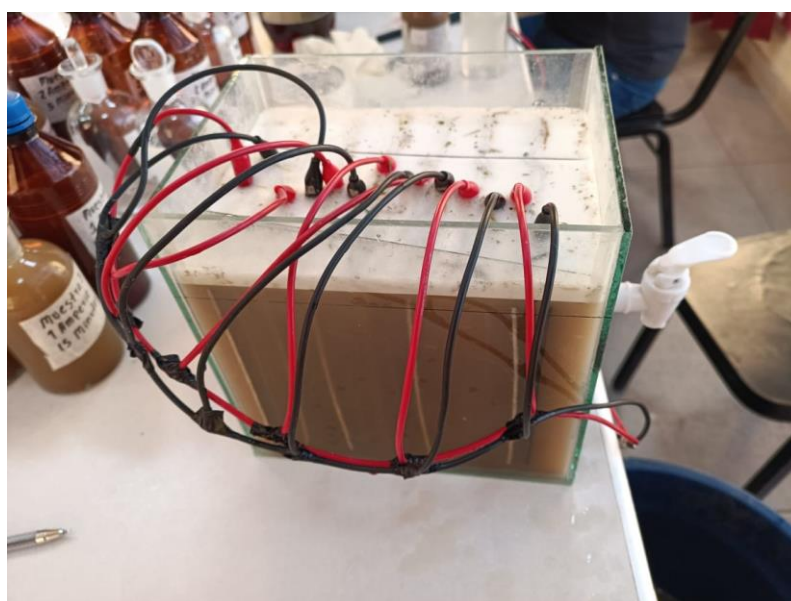
Se utilizó un cable calibre 5 o numerado con 14 pinzas de cocodrilo para conectar el circuito a una fuente de subsistencia de 10-24 V con reguladores de voltaje y corriente. El sistema de electrocoagulación fue probado en un lote de 4.5 L de agua industrial derivada de efluentes de la industria de la confecciones en el lugar del lavado de la industria de la confección Don Francisco. La batería consta de 14 electrodos, 7 de los cuales son de aluminio

y 7 de los cuales son de acero galvanizado, que son alimentados por 14 pinzas de cocodrilo conectadas a una fuente de alimentación.

Se someten 4,5 L de aguas remanentes a corrientes de 1, 2 y 3 amperios, tomándose muestras a los 5, 10 y 15 min.

Figura 8

Instalación del sistema de electrocoagulación



Nota: Capacidad de 4.5 L de agua residual industrial.

Procedimiento metodológico para poder establecer el amperaje óptimo para una mayor remoción de la demanda química de oxígeno y solidos suspendidos totales de aguas provenientes del área de lavado de lana de la industria textil don francisco.

Para ello se determinó de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 5*Amperaje optimo en el sistema de electrocoagulación*

Tratamientos	Intensidad de corriente	Tiempo de retención min	Parámetros	% de Remoción
T1	1A	5	Y1	%
	1A	10		
	1A	15		
T2	2A	5	Y1	%
	2A	10		
	2A	15		
T3	3A	5	Y1	%
	3A	10		
	3A	15		

Nota: el amperaje se relacionará con el porcentaje de remoción.

Como se observa en la tabla Nro. 5, se tendrán tres tratamientos:

Primer tratamiento: Este primer tratamiento se desarrolló a una intensidad de corriente eléctrica de un amperio a la vez se indica que se realizó 3 pruebas, la primera en un período de conservación hidráulica de 5 min la segunda en base a 10 minutos y la tercera 15 minutos, pasados los tiempos elegidos se tomaron las muestras de aguas y estas fueron analizados en el laboratorio de condición ambiental, de todos ellos determinaremos los porcentajes de remoción y así poder determinar cuál es el amperaje optimo o que mayor remueve los tres parámetros a investigar.

Segundo tratamiento: Este segundo tratamiento se desarrolló a una intensidad de corriente eléctrica de dos amperio a la vez se indica que se realizó 3 pruebas la primera en un período de conservación hidráulica de 5 minutos la segunda en base a 10 minutos y la tercera 15 min, pasados los tiempos elegidos se tomaron las muestras de aguas y estas fueron

analizados en el laboratorio de condición ambiental, de todos ellos determinaremos los porcentajes de remoción y así poder determinar cuál es el amperaje óptimo o que mayor remueve los tres parámetros a investigar.

Tercer tratamiento: Este tercer tratamiento se desarrolló a una intensidad de corriente eléctrica de tres amperio a la vez se indica que se realizó 3 pruebas la primera en un período de conservación hidráulica de 5 min la segunda en base a 10 minutos y la tercera 15 minutos, pasados los tiempos elegidos se tomaron las muestras de aguas y estas fueron analizados en el laboratorio de condición ambiental, de todos ellos determinamos los porcentajes de remoción y así poder determinar cuál es el amperaje óptimo que mejor remueve los tres parámetros a investigar.

Figura 9

Control del tiempo de retención hidráulica



Nota: se controla el tiempo y amperaje de intensidad de corriente



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados

4.1.1 Resultados de la determinación de la concentración de la DBO5, DQO y solidos suspendidos totales de aguas provenientes del área de lavado de lana de la industria textil Don Francisco

Las derivaciones para este objetivo se muestran en las tablas siguientes:

Tabla 6

Concentraciones de parámetros a estudiar.

N°	Parámetro	Unidad	P - 1
1	Temperatura	°C	16
2	pH	-	9,02
3	C. Eléctrica	mS/cm	6,94
4	Solidos Totales en suspensión	mg/L	3090
5	Demanda química de oxígeno	mg/L	6912
6	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	3266

Nota: Resultados antes del tratamiento con el sistema de electrocoagulación.

En la Tabla No. 6 se presentan las concentraciones iniciales, las cuales muestran que la recolección total de sólidos suspendidos es de 3090 mg/L, la cual es mayor a los VMP para los vertidos de aguas residuales no domésticas

al sistema de alcantarillado, lo que indica que la recolección total de sólidos suspendidos no debe exceder los 500 mg/L. Los resultados para las características de la DQO mostraron que son superiores a los VMP para las liberaciones de aguas residuales no domésticas en el sistema de saneamiento, sugiriendo que la DQO no debe exceder los 1000 mg/L. Las particularidades de la DBO5 revelaron que son superiores a las cifras máximas permisibles para las liberaciones de aguas remanentes no domésticas al sistema de alcantarilla, lo que indica que la concentración de DBO5 no debe superar los 500 mg/L.

4.1.2 Resultados del amperaje óptimo para una mayor remoción de la demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales de aguas provenientes del área de lavado de lana de la industria textil Don Francisco.

Las siguientes tablas muestran los resultados logrados para este propósito, a saber:

Tabla 7

Primer tratamiento en el sistema de electrocoagulación

Tratamientos	Intensidad de corriente	Tiempo de retención min	Remoción de parámetros		
			SST mg/l	DQO mg/l	DBO5 mg/l
T1	1A	5	856,42	2612	1846,50
	1A	10	798,24	2423	1794,54
	1A	15	775,50	2240	1635,63

En la tabla Nro. 7, se realizó el primer tratamiento con intensidad de corriente de 1A y período de conservación hidráulica de 5, 10 y 15 min.

Se observa que para el parámetro de SST con una reunión inicial de 3090

mg/L, éste se redujo a 856.42 mg/L en un tiempo de 5 minutos, para 10 minutos la disminución fue de 798.24 mg/L y para un tiempo de 15 minutos se redujo a 775.50 mg/L.

De la tabla Nro. 7, se realizó el primer tratamiento con ímpetu de corriente de 1A a distintos períodos de retención hidráulica de: 5, 10 y 15 minutos. Para ello el parámetro DQO con una reunión inicial de 6912 mg/L, éste se redujo a 2612 mg/L en un tiempo de 5 minutos, para 10 minutos la reducción fue de 2423 mg/L y para un tiempo de 15 minutos se redujo a 2240 mg/L.

De acuerdo a la tabla Nro. 7, se realizó el primer tratamiento con ímpetu de corriente de 1A a distintos períodos de retención hidráulica: 5, 10 y 15 minutos. Para ello el parámetro DBO5 a una reunión inicial de 3266 mg/L, se observó que se redujo a 1846.50 mg/L en un tiempo de 5 minutos, para 10 minutos la reducción fue de 1794.54 mg/L y para un tiempo de 15 minutos se redujo a 1635.63 mg/L.

Tabla 8

Variación de temperatura y pH en el primer tratamiento

Tratamientos	Intensidad de corriente	Tiempo de retención min	Temperatura	pH
T1	1A	5	9,6	8,94
	1A	10	9,5	9,15
	1A	15	9,6	9,24

De la tabla Nro. 8, para el primer procesamiento a un ímpetu de corriente de 1A y con período de conservación hidráulica de 5, 10 y 15 min. Se

observa que en promedio la temperatura es de 9.57 °C y que el promedio de pH fue de 9.11 indicando que la solución es altamente básica.

Tabla 9

Segundo tratamiento en el sistema de electrocoagulación

Tratamientos	Intensidad de corriente	Tiempo de retención min	Remoción de parámetros		
			SST mg/l	DQO mg/l	DBO5 mg/l
T2	2A	5	786,41	2546,85	1547,69
	2A	10	721,34	2341,45	1385,00
	2A	15	691,67	2208,34	1234,00

De la tabla Nro. 9, se realizó el segundo tratamiento con ímpetu de corriente de 2A con distintos tiempos de retención hidráulica tales como: 5, 10 y 15 minutos. Considerando el parámetro SST con una reunión inicial de 3090 mg/L, éste se redujo a 786.41 mg/L en un tiempo de 5 minutos, para 10 minutos la disminución fue de 721.34 mg/L y para un tiempo de 15 minutos se redujo a 691.67 mg/L.

En referencia a la tabla Nro. 9, se muestra el segundo tratamiento con intensidad de corriente de 2A con tiempo de retención hidráulica de: 5, 10 y 15 minutos. Para el parámetro DQO con una reunión inicial de 6912 mg/L, éste se redujo a 2546.85 mg/L en un tiempo de 5 minutos, para 10 minutos la disminución fue de 2341.45 mg/L y para un tiempo de 15 minutos se redujo a 2208.34 mg/L.

Para la tabla Nro. 9, se realizó un segundo tratamiento con intensidad de corriente de 2A con tiempo de retención hidráulica de: 5, 10 y 15 minutos. Para el parámetro DBO5 con una reunión inicial de 3266 mg/L, éste se redujo a 1547.69 mg/L en un tiempo de 5 minutos, para 10 minutos la disminución fue de 1385.00 mg/L y para un tiempo de 15 minutos se redujo a 1234.00 mg/L.

Tabla 10

Variación de temperatura y pH en el segundo tratamiento

Tratamientos	Intensidad de corriente	Tiempo de retención min	Temperatura	pH
T2	2A	5	9,7	9,42
	2A	10	9,7	9,53
	2A	15	9,5	9,61

La tabla Nro. 10, para el segundo procesamiento a un ímpetu de corriente de 2A y con período de conservación hidráulica de 5, 10 y 15 min. Se aprecia que en promedio la temperatura es de 9.67 °C y que el promedio de pH fue de 9.52 mostrando que la solución es altamente básica.

Tabla 11

Tercer tratamiento en el sistema de electrocoagulación

Tratamientos	Intensidad de corriente	Tiempo de retención min	Remoción de parámetros		
			SST mg/l	DQO mg/l	DBO5 mg/l
T3	3A	5	660,18	1806,45	1378,76
	3A	10	594,25	1705,26	1256,83
	3A	15	558,33	1548,32	1120,12

Según la tabla Nro. 11, muestra el tercer tratamiento con ímpetu de corriente de 3A a distintos períodos de retención hidráulica de: 5, 10 y 15 minutos. Para ello el parámetro SST con una reunión inicial de 3090 mg/L, éste se redujo a 660.18 mg/L en un tiempo de 5 minutos, para 10 minutos la reducción fue de 594.25 mg/L y para un tiempo de 15 minutos se aminoró a 558.33 mg/L.

Asimismo, en la tabla Nro. 11, muestra la aplicación del tercer tratamiento con ímpetu de corriente de 3A con distintos tiempos de retención hidráulica de: 5, 10 y 15 minutos. En referencia al parámetro DQO con una reunión inicial de 6912 mg/L, éste se redujo a 1806.45 mg/L en un tiempo de 5 minutos, para 10 minutos la disminución fue de 1705.26 mg/L y para un tiempo de 15 minutos se redujo a 1548.32 mg/L.

En la tabla Nro. 11, se muestra el tercer tratamiento con intensidad de corriente de 3A con distintos tiempos de retención hidráulica de: 5, 10 y 15 minutos. En referencia al parámetro DBO5 con una reunión inicial de 3266 mg/L, éste se redujo a 1378.76 mg/L en un tiempo de 5 minutos, para 10 minutos la disminución fue de 1256.83 mg/L y para un tiempo de 15 minutos se redujo a 1120.12 mg/L.

Tabla 12

Variación de temperatura y pH en el primer tratamiento

Tratamientos	Intensidad de corriente	Tiempo de retención min	Temperatura	pH
T1	1A	5	9,6	8,94
	1A	10	9,5	9,15
	1A	15	9,6	9,24

De la tabla Nro. 12, para el primer procesamiento a un ímpetu de corriente de 1A y con período de conservación hidráulica de 5, 10 y 15 min. Se observa que en promedio la temperatura es de 9.57 °C y que el promedio de pH fue de 9.11 indicando que la solución es altamente básica.

Tabla 13*Variación de temperatura y pH en el segundo tratamiento*

Tratamientos	Intensidad de corriente	Tiempo de retención min	Temperatura	pH
T2	2A	5	9,7	9,42
	2A	10	9,7	9,53
	2A	15	9,5	9,61

Para la tabla Nro. 13, para el segundo procesamiento a un ímpetu de corriente de 2A y con período de conservación hidráulica de 5, 10 y 15 min. Se aprecia que en promedio la temperatura es de 9.67 °C y que el promedio de pH fue de 9.52 mostrando que la solución es altamente básica.

Tabla 14*Variación de temperatura y pH en el tercer tratamiento*

Tratamientos	Intensidad de corriente	Tiempo de retención min	Temperatura	pH
T3	3A	5	9,6	9,61
	3A	10	10,1	10,16
	3A	15	10,0	10,05

De acuerdo a la tabla Nro. 14, para el tercer procesamiento a un ímpetu de corriente de 3A y con período de conservación hidráulica de 5, 10 y 15 min. Se aprecia que en promedio la temperatura es de 9.9 °C y que el promedio de pH fue de 9.94 señalando que la solución es altamente básica.

Tabla 15

Porcentajes de remoción del primer tratamiento

Tratamientos	Intensidad de corriente	Tiempo de retención min	SST mg/l		
			Inicial	Final	Remoción %
T1	1A	5	3090	856.42	72.28
	1A	10	3090	798.24	74.17
	1A	15	3090	775.50	74.90
Tratamientos	Intensidad de corriente	Tiempo de retención min	DQO mg/l		
			Inicial	Final	Remoción %
T1	1A	5	6912	2612	62.21
	1A	10	6912	2423	64.95
	1A	15	6912	2240	67.59
Tratamientos	Intensidad de corriente	Tiempo de retención min	DBO5 mg/l		
			Inicial	Final	Remoción %
T1	1A	5	3266	1846.50	43.46
	1A	10	3266	1794.54	45.05
	1A	15	3266	1635.63	49.92

En la presente tabla podemos ver los % de eliminación para el primer tratamiento a diferentes tiempos de retención hidráulica, en cambio para los sólidos suspendidos totales el mayor porcentaje de remoción está dado por un ímpetu de corriente de un amperio y un período de retención de 15 min representando un 74.90 %. En cambio, para las demandas químicas de oxígeno podemos apreciar que el mayor % de remoción se dio a un amperio y 15 minutos de tiempo de retención hidráulica siendo esta de 67.59 % y para el tercer parámetro la demanda biológica de oxígeno también se da a un amperio y 15 minutos de tiempo de retención representándonos un 49.92%

Tabla 16

Porcentajes de remoción del segundo tratamiento

Tratamientos	Intensidad de corriente	Tiempo de retención min	SST mg/l		
			Inicial	Final	Remoción %
T2	2A	5	3090	786.41	74.55
	2A	10	3090	721.34	76.66
	2A	15	3090	691.67	77.62
Tratamientos	Intensidad de corriente	Tiempo de retención min	DQO mg/l		
			Inicial	Final	Remoción %
T2	2A	5	6912	2546.85	63.15
	2A	10	6912	2341.45	66.12
	2A	15	6912	2208.34	68.05
Tratamientos	Intensidad de corriente	Tiempo de retención min	DBO5 mg/l		
			Inicial	Final	Remoción %
T2	2A	5	3266	1547.69	52.61
	2A	10	3266	1385.00	57.59
	2A	15	3266	1234.00	62.22

De la presente tabla observamos los porcentajes de remoción para el segundo tratamiento a diferentes tiempos de retención hidráulica, en cambio los sólidos suspendidos totales el mayor porcentaje de remoción está dado por un ímpetu de corriente de un amperio y un tiempo de retención de 15 min representando un 77.62 %. En cambio, las demandas químicas de oxígeno podemos apreciar que el mayor % de remoción se dio a un amperio y 15 minutos de tiempo de retención hidráulica siendo esta de 68.05 % y para el tercer parámetro la demanda biológica de oxígeno también se da a un amperio y 15 minutos de tiempo de retención representándonos un 62.22%

Tabla 17*Porcentajes de remoción del tercer tratamiento*

Tratamientos	Intensidad de corriente	Tiempo de retención min	SST mg/l		
			Inicial	Final	Remoción %
T3	3A	5	3090	660.18	78.63
	3A	10	3090	594.25	80.77
	3A	15	3090	558.33	81.93
Tratamientos	Intensidad de corriente	Tiempo de retención min	DQO mg/l		
			Inicial	Final	Remoción %
T3	3A	5	6912	1806.45	73.87
	3A	10	6912	1705.26	75.33
	3A	15	6912	1548.32	77.60
Tratamientos	Intensidad de corriente	Tiempo de retención min	DBO5 mg/l		
			Inicial	Final	Remoción %
T3	3A	5	3266	1378.76	57.78
	3A	10	3266	1256.83	61.52
	3A	15	3266	1120.12	65.70

De acuerdo a la tabla, se aprecia los % de remoción para el segundo tratamiento a diferentes tiempos de retención hidráulica, En cambio para los sólidos suspendidos totales el mayor porcentaje de remoción está dado por un ímpetu de corriente de 3 A y un período de retención de 15 min representando un 81.93 %. En cambio, para las demandas químicas de oxígeno podemos apreciar que el mayor % de remoción se dio a un amperio y 15 minutos de tiempo de retención hidráulica siendo esta de 77.60 % y para el tercer parámetro la demanda biológica de oxígeno también se da a un amperio y 15 minutos de tiempo de retención representándonos un 65.70%.

Prueba de hipótesis

i. Regresión lineal simple (Amperaje en la remoción de solidos suspendidos totales)

Tabla 18

Resumen del modelo, capacidad del amperaje en la remoción de solidos suspendidos totales.

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,900 ^a	0,810	0,783	46,08606

a. Predictores: (Constante), Intensidad de corriente (A)

Bondad de ajuste

En esta tabla, el valor de R cuadrado es 0.810, señalando que el modelo propuesto señala que el 81.0%, de la variación en la remoción de solidos suspendidos totales esta expuesta por la Intensidad de corriente (A)

Coefficiente de correlación R

El valor de "R" es de 0,900, lo cual nos dice que hay un elevado grado de correlación entre la Intensidad de corriente (A) en la eliminación de solidos suspendidos totales.

Tabla 19*Anova*

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	63530,46	1	63530,46	29,91	0,001 ^b
Residuo	14867,47	7	2123,93		
Total	78397,93	8			

a. Variable dependiente: Concentraciones solidos suspendidos totales mg/l

b. Predictores: (Constante), Intensidad de corriente (A)

ANOVA

Planteamiento de la hipótesis

 H_0 : *Sig* > 0.05 (es decir el modelo no es significativo) H_1 : *Sig* < 0.05 (es decir el modelo es significativo)

Dado que el *Sig* = 0.001 < 0.05, en consecuencia, hay suficiencia certeza estadística para contradecir la H_0 , por lo tanto, el modelo es significativo.

Tabla 20*Tabla de los coeficientes (Modelo de la ecuación estimado)*

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
1 (Constante)	921,02	40,64		22,68	0,000
Intensidad de corriente (A)	-102,90	18,82	-0,90	-5,47	0,001

a. Variable dependiente: Concentraciones solidos suspendidos totales mg/l

Prueba de hipótesis

H_0 : $Sig > 0.05$ No existe relación lineal entre la Intensidad de corriente (A) y la remoción de SST.

H_1 : $Sig \leq 0.05$, Existe relación lineal entre la Intensidad de corriente (A) y la eliminación de SST.

Decisión: el valor de $Sig = 0.001$, es inferior a 5.0% de significancia, por consiguiente, rechazo la H_0 , de modo que hay una relación lineal lineal entre la Intensidad de corriente (A) y la remoción de SST

$$Y = 921,02 - 102.90X$$

Donde:

Y = Remocion de solidos suspendidos totales

β_0 = Constante

β_1 = Pendiente

X = Intensidad de corriente (A)

Interpretación del coeficiente

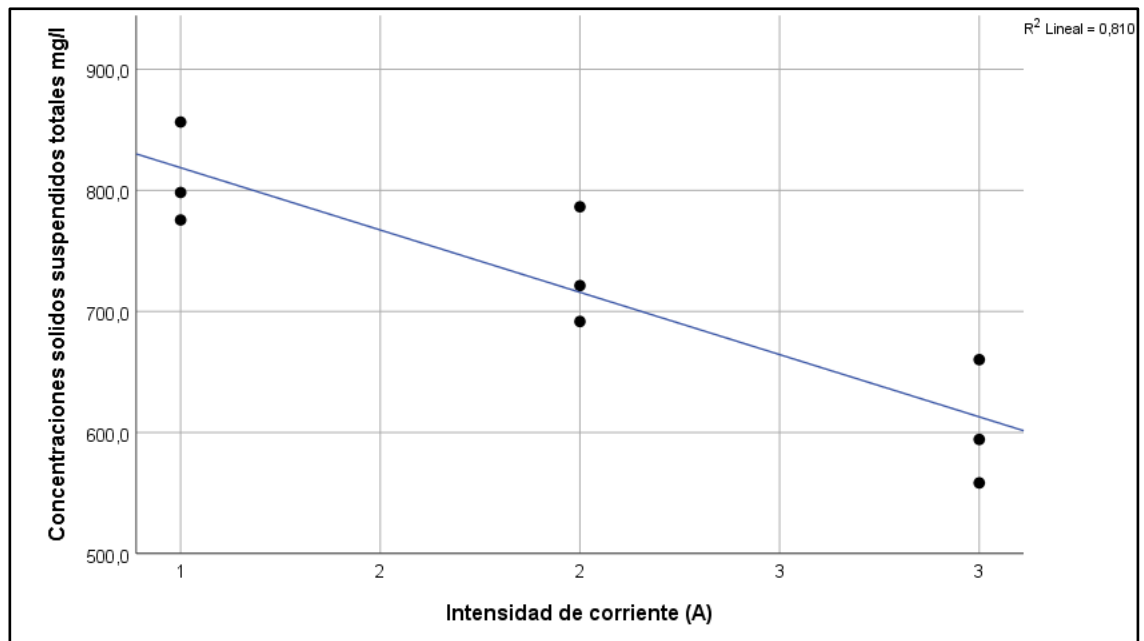
Interpretación para beta 1:

En tanto que aumenta Intensidad de corriente en un 1 A, la remoción de solidos suspendidos totales disminuye en 102,90 mg/L, en promedio.

El pronóstico: remoción de solidos suspendidos totales = $921,02 - 102,90 * \text{Intensidad de corriente (A)}$

Figura 10

Coefficientes confirmados para regresión lineal bajo la hipótesis



Esta gráfica produce una sucesión de puntos próximos a una línea recta, en el que el coeficiente es negativo y es factible ilustrar una relación negativa entre las variables.

ii. Regresión lineal simple (Amperaje en la remoción de la demanda química de oxígeno)

Tabla 21

Resumen del modelo, capacidad del amperaje en la remoción de demanda química de oxígeno.

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,836 ^a	0,698	0,655	224,57

a. Predictores: (Constante), Intensidad de corriente (A)

Bondad de ajuste

En el contexto de esta tabla, el coeficiente R al cuadrado es 0.698, lo cual indica que el modelo propuesto precisa que el 69.8%, de la variación en la demanda química de oxígeno es explicada por la Intensidad de corriente (A)

Coefficiente de correlación R

El valor de "R" es de 0,836, lo cual nos dice que hay un elevado grado de correlación entre la Intensidad de corriente (A) en la demanda química de oxígeno.

Tabla 22*Anova*

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	817682,02	1	817682,02	16,21	0,005 ^b
Residuo	353035,55	7	50433,65		
Total	1170717,56	8			

a. Variable dependiente: Concentraciones demanda química de oxígeno mg/l

b. Predictores: (Constante), Intensidad de corriente (A)

ANOVA

Planteamiento de la hipótesis

H_0 : *Sig* > 0.05 (es decir el modelo no es significativo)

H_1 : *Sig* < 0.05 (es decir el modelo es significativo)

Dado que el *Sig* = 0.005 < 0.05, entonces hay bastante evidencia estadística para contradecir la H_0 , por lo tanto, el modelo es significativo.

Tabla 23*Tabla de los coeficientes (Modelo de la ecuación estimado)*

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
1 (Constante)	2897,40	198,06		14,63	0,000
Intensidad de corriente (A)	-369,16	91,68	-0,84	-4,03	0,005

a. Variable dependiente: Concentraciones demanda química de oxígeno mg/l

Prueba de hipótesis

H_0 : $Sig > 0.05$ No existe relación lineal entre la Intensidad de corriente (A) y la remoción de DQO.

H_1 : $Sig \leq 0.05$, Existe relación lineal entre la Intensidad de corriente (A) y la remoción de DQO.

Decisión: al tener un valor de $Sig=0.005$, por debajo del 5% de nivel de significancia, se rechaza la H_0 , demostrando, por consecuencia, una relación lineal entre la Intensidad de corriente (A) y la remoción de DQO

$$Y = 2897,40 - 369.16X$$

Donde:

Y = Remocion de demanda química de oxígeno

$\beta_0 = Constante$

$$\beta_1 = \text{Pendiente}$$

$$X = \text{Intensidad de corriente (A)}$$

Interpretación del coeficiente

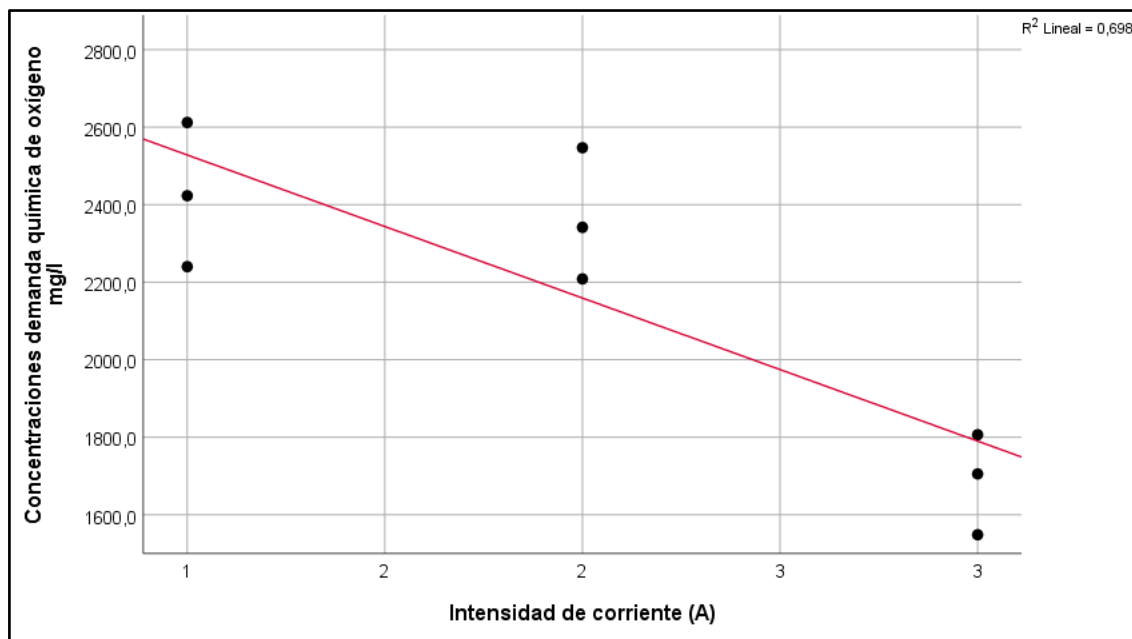
Interpretación para beta 1:

En tanto que aumenta Intensidad de corriente en un 1 A, la remoción de DQO disminuye en 369,16 mg/L, en promedio.

El pronóstico: remoción de DQO = $2897,40 - 369,16 * \text{Intensidad de corriente (A)}$

Figura 11

Coefficientes confirmados para regresión lineal bajo la hipótesis



Este gráfico origina una sucesión de puntos próximos a una línea recta cuando el coeficiente es negativo y es factible ilustrar una relación negativa entre las variables.

iii. Regresión lineal simple (Amperaje en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno)

Tabla 24

Resumen del modelo, capacidad del amperaje en la remoción de demanda bioquímica de oxígeno.

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0,861 ^a	0,742	0,705	138,35

a. Predictores: (Constante), Intensidad de corriente (A)

Bondad de ajuste

En esta tabla, el valor de R cuadrado es 0.742, mostrando que el modelo propuesto explica el 47.2%, de la variación en la demanda bioquímica de oxígeno esta expuesta por la Intensidad de corriente (A)

Coefficiente de correlación R

El valor de "R" es de 0,861, lo cual nos dice que hay un elevado grado de correlación entre la Intensidad de corriente (A) en la demanda bioquímica de oxígeno

Tabla 25*Anova*

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	385553,22	1	385553,220	20,14	0,003 ^b
Residuo	133991,18	7	19141,597		
Total	519544,40	8			

a. Variable dependiente: Concentraciones DBO mg/l

b. Predictores: (Constante), Intensidad de corriente (A)

ANOVA

Planteamiento de la hipótesis

H_0 : *Sig* > 0.05 (es decir el modelo no es significativo)

H_1 : *Sig* < 0.05 (es decir el modelo es significativo)

Dado que el valor de *Sig*=0.003 es menor que 0.05, hay evidencia estadística suficiente para rechazar la H_0 ; por tanto, el modelo es significativo.

Tabla 26*Tabla de los coeficientes (Modelo de la ecuación estimado)*

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
1 (Constante)	1973,55	122,02		16,18	0,000
Intensidad de corriente (A)	-253,49	56,48	-0,86	-4,49	0,003

a. Variable dependiente: Concentraciones demanda bioquímica de oxígeno mg/l

Prueba de hipótesis

H_0 : $Sig > 0.05$ No existe relación lineal entre la Intensidad de corriente (A) y la eliminación de demanda bioquímica de oxígeno.

H_1 : $Sig \leq 0.05$, Existe relación lineal entre la Intensidad de corriente (A) y la remoción de demanda bioquímica de oxígeno.

Veredicto: con un valor de $Sig=0.003$ menor al 5% de nivel de significancia, se descarta la H_0 , indicando una relación lineal entre la Intensidad de corriente (A) y la remoción DBO.

$$Y = 1973,55 - 253.49X$$

Donde:

Y = Remocion de demanda bioquímica de oxígeno

$\beta_0 = Constante$

$$\beta_1 = \text{Pendiente}$$

$$X = \text{Intensidad de corriente (A)}$$

Interpretación del coeficiente

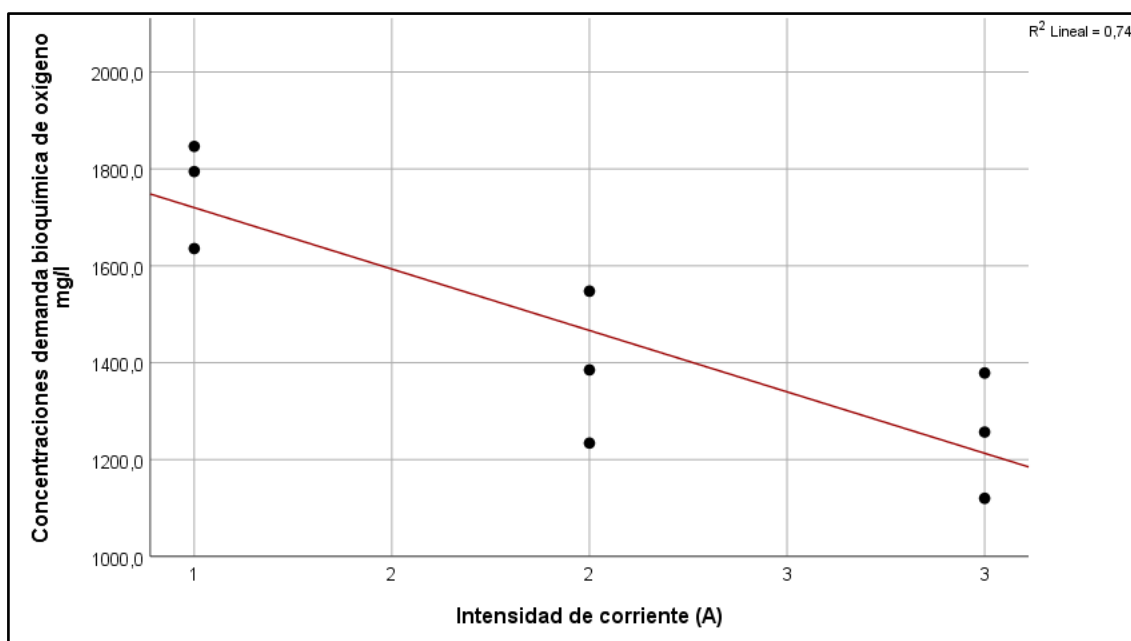
Interpretación para beta 1:

En tanto que aumenta Intensidad de corriente en un 1 A, la remoción de DBO disminuye en 253,49 mg/L, en promedio.

El pronóstico: eliminación de demanda bioquímica de oxígeno = $1973,55 - 253,49 * \text{Intensidad de corriente (A)}$

Figura 12

Coefficientes comprobados para la regresión lineal bajo la hipótesis.



Esta gráfica produce una sucesión de puntos próximos a una línea recta, en el que el coeficiente es negativo y se logra evidenciar una asociación negativa entre las variables.



4.2. Discusiones

Concha Rodríguez utilizó la técnica de electrocoagulación para la reducción de poluciones en aguas remanentes en el año 2006, encontrando un 99% de eliminación de poluciones en aguas remanentes con elevado contenido orgánico, con tiempos de retención que oscilan entre 12 y 24 horas como mínimo, y concluyendo que las derivaciones adquiridos manifiestan que la electrocoagulación es un instrumento útil para degradar satisfactoriamente las poluciones existentes en el agua. Comparando nuestra investigación con la de Concha, nosotros obtuvimos un porcentaje de eliminación promedio de 71.65% de materias orgánicas en el tratamiento tres con un tiempo de retención de 15 minutos, en referencia a Concha éste obtiene porcentajes de remoción mayores porque su tiempo de retención hidráulica fueron superiores al de nosotros.

En nuestra investigación, los resultados más relevantes lo obtuvimos en el tratamiento tres analizando tres parámetros, para SST se obtuvo 81.93% de remoción a 3A con 15 minutos de retención, en cambio Velásquez en el año 2017 para éste mismo parámetro encontró 78.8% de remoción mostrando un porcentaje, menor al de nosotros debido a que Velásquez trabajó solo con 6 pares de electrodos, en cambio nosotros trabajamos con 12 pares de electrodos. Para el parámetro DQO en nuestra investigación alcanzó un 77.60% de remoción, Velásquez obtuvo un 45% esto debido a que trabajó con menores pares de electrodos. En referencia al parámetro DBO5, nosotros obtuvimos un 65.70% de remoción, mientras que Velásquez encontró 78.8% debido que aplicó un mayor tiempo en la retención hidráulica.



Ramón en el año 2021, Investigo si las electrocoagulaciones es una alternativa viable para la erradicación total de partículas suspendidas de aguas remanentes producidas en la región de San Pedro de Sao de Huancayo determino que la concentración inicial de sólidos suspendidos totales 296,5 mg/L, en cambio en nuestra investigación se halló una reunión de SST de 3090 mg/l muy superior al de Ramon debido a que nuestras aguas residuales son industriales y no domésticas. Ramón logró la máxima capacidad de remoción (89.43%) empleando tiempo de contacto (20 min) e intensidades de corriente eléctrica (3 A). nuestra investigación uso 3 A y 15 minutos de retención hidráulica obteniendo 81.93 % de remoción valor un poco menor al de Ramon debido a que él trabaja a 20 minutos y nosotros a 15 minutos.



CONCLUSIONES

Primero: La presente investigación consiguió la conclusión que el sistema de electrocoagulación con un amperaje y un tiempo de retención hidráulica se puede llegar a remover materia orgánica y SST de aguas derivados de las industrias textiles en un rango de 65.70 – 81.93% de remoción.

Segundo: Se concluye que las concentraciones de DQO (6912 mg/L), DBO5 (3266 mg/L) y solidos suspendidos totales (3090 mg/L) de aguas derivados del área de lavado de lana de la industria textil Don Francisco, superan los VMA para drenajes de aguas residuales no domésticas en sistemas de alcantarillado sanitario.

Tercero: De acuerdo a las derivaciones emanados en el actual estudio se concluye que el amperaje óptimo para una mayor eliminación de los SST de y la DQO aguas provenientes del área de ablución de lana de la industria textil Don Francisco es de 3 A y 15 minutos de retención hidráulica.



RECOMENDACIONES

Primero: Se recomienda al propietario de la empresa industrial textil Don Francisco, aplicar los métodos de la electrocoagulación, puesto que es un método viable para el procesamiento de las aguas remanentes.

Segundo: Se aconseja investigar nuevas tecnologías concurrentes con la electrocoagulación para que valgan como complemento al procesamiento de efluentes del sector textil.

Tercero: De igual forma, se recomienda profundizar en la investigación y análisis respecto a la usanza de diferentes materiales considerando su condición para su función como electrodos en celdas de electrocoagulación con el fin de establecer su influencia y si son más eficientes que el aluminio o el hierro en el procesamiento de aguas residuales de la industria de confección por electrocoagulación.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abaigar, A. (2009). El lactosuero en la alimentación del ganado porcino. *ITG Ganadero*, 13 - 17.
- ANA. (2016). *Autoridad nacional del agua* .
- Aoudj, S. (2015). Simultaneous departure of chromite (VI) and fluoridation by electrocoagulation–electroflotation: utilization of a hybrid Fe-Al anode. *Chemical Engineering Journal*, 267, 153 - 162.
- APHA. (1998). *Yardstick methods for the exploration of water and sewer water*. Washington DC: American Public Health Association.
- Arango Ruiz, A., & Garcés Giraldo, L. (2007). Elaboración de un sistema de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales de la industria láctea. *REVISTA Universidad EAFIT*, 43(147), 56 - 67.
- Baca, N. M. (2019). *Valoración de un sistema de tratamiento ininterrumpido por electrocoagulación para los vertidos domésticos y su reutilización en el riego de jardines y áreas verdes* . Callao.
- Bayramoglu, M. (2004). Functioning cost scrutiny of electrocoagulation of textile dye waste waters. *Separation and Scrubbing Technology*,, 37(2), 117 - 125. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2003.09.002>
- Bermeo, G. (2017). *Remoción eficiente de colorante refractario azul MNO reactivo en fusión con vinil sulfónico en aguas residuales mediante técnicas de electrocoagulación y adsorción*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Peru.
- Caleb, N. J. (2022). *Tiempo de procesamiento de un sistema de electrocoagulación para la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (dbó) y demanda química de oxígeno (dqo) de los efluentes originados en la ptari de agropecuaria rossel s.r.l. . Pucallpa - Peru*.
- Canizares , P. (2009). Costs of the electrochemical oxidation of wastewaters: a comparison with chlorination and Fenton oxidation processes. *Journal of*



- Environmental Management*, 90(1), 410 - 420. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.10.010>
- Chen, G. (2004). Electrochemical techniques in sewerage treatment. *Separation and cleansing Technology*, 38(1), 11 - 41. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2003.10.006>
- Cuba, T. M. (2020). *Tratamiento de agua residual procedente de lavadoras por el método de electrocoagulación para la reutilización en riego de vegetales - Ate Vitarte*. Lima - Peru.
- DIGESA. (2015). *Resolución Ministerial*. Lima.
- Duarte, F., Morais, V., Maldonado- Hodar, F., & Madeira, L. (2013). Treatment of textile sewage by the incongruous Fenton procedure in a continued packed-bed reactor using Fe/operated carbon as catalyst. *Chem- Eng. J.*, 232, 34 - 41.
- EcuRed*. (s.f.). Obtenido de <https://www.ecured.cu/%C3%81nodo>
- Elazzouzi, M., Haboubi, K., & Elyoubi, M. S. (2017). Electrocoagulation
- Espigares, M., & Perez, J. (s.f.). *Aguas residuales. Composición*. Salamanca - España.
- Forocheselectricos*. (20 de 12 de 2022). Obtenido de <https://n9.cl/6ntao>
- Hakizimana, J. (2017). Electrosurgery process in water management: A review of electrosurgery modeling procedure. *Desalination*,. 404, 1 - 21. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.10.011>
- Hernandez Lehmann, P. (2011). *Investigación en técnicas de vanguardia de tratamiento y depuración de las aguas mediante electrocoagulación*.
- Koby, M., Gengec, E., & Demirbas, E. (2016). Operating factors and costs assessments of a real disgrace wastewater outflowing treated by a unbroken electrocoagulation process. *Chemical Engineer and Processing: Process Intensification*. 101, 87 - 100. Obtenido de <https://doi.org/10.1139/er-2014-0009>



- Mendoza. (2009). *Folleto informativo del Año Internacional de las Fibras naturales*. FAO. Recuperado el 20 de 09 de 2013, de <http://www.naturalfibres2009.org>
- Orozco, A. (1995). *Industria textil de Colombia: cuestiones básicas. Plantación estratégica de Coltejer*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11059/4893>
- Paul, S., Chavan, S., & Khambe, S. (2012). Studies on specification of textile businessl waste water in solapur city. *Int.J. Chem*, 10, 635 - 642.
- Pearse, E. (2009). *Crianza y Explotación de Lanares*. Junta Nacional de la Industria Lanar, Lima - Perú.
- Piña - Soberanis, M. (2011). Evaluación de factores de diseño y condiciones. Exploración de variables de diseño y condicion de operación en la electrocoagulación. *Revista mexicana de ingeniería química*, 10(2), 257 - 271.
- Pretorius, R. (1991). PUsing the effective heat of forming rule, phase stability and sequence of phase formation are predicted in a binary metal–aluminum thin–film configuration. *Journal of applied physics*, 70(7), 3636 - 3646. Obtenido de <https://doi.org/10.1063/1.349211>
- Robinson, T. (2001). A critique of the available treatment methods for dye remediation in textile wastewater is presented, along with a suggested substitute. using biological resources, 77(3), 247 - 255. Obtenido de [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00080-8](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00080-8)
- Romero Torres, I. (15 de 08 de 2022). *Profesional Review*. Obtenido de <https://n9.cl/cytwx>
- Vergara Sanchez, J. (2012). Utilizing homogeneous and heterogeneous iron systems to degrade reactive red 120 azo dye in aqueous solutions. *Revista mexicana de ingeniería química*, 11(1), 121 - 131. Obtenido de <https://n9.cl/ui4tl>



- Yusuff, R., & Sonibare, J. (2004). Characterization of textile industries' effluents in Kaduna, Nigeria and pollution suggestions. *Global Nest: Int. J*, 6(3), 212 - 221.
- Zodi, S. (2009). Treatment of the textile sanitations by electrocoagulation: Effect of operating criterion on the sediment solving specifics. *Separation and purification Technology*,, 69(1), 29 - 36. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2009.06.028>



ANEXOS

ANEXO N 01: D.S. Nro. 010-2019-VIVIENDA

*Decreto Supremo*

N° 010 -2019-VIVIENDA

**DECRETO SUPREMO QUE APRUEBA EL REGLAMENTO DE VALORES
MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA) PARA LAS DESCARGAS DE AGUAS
RESIDUALES NO DOMÉSTICAS EN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SANITARIO**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 6 de la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en concordancia con el artículo 5 del Decreto Legislativo N° 1280, Decreto Legislativo que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento, establece que este Ministerio es el Ente rector de las políticas nacionales y sectoriales dentro de su ámbito de competencia, las cuales son de obligatorio cumplimiento por los tres niveles de gobierno en el marco del proceso de descentralización, y en todo el territorio nacional;



Que, el artículo 25 del citado Decreto Legislativo, establece la prohibición de descargar en las redes de alcantarillado sanitario, sustancias o elementos extraños que contravengan las normas vigentes sobre la calidad de los efluentes; para ello, los usuarios del servicio de alcantarillado sanitario tienen prohibido descargar al sistema de alcantarillado sanitario, aguas residuales no domésticas que excedan los Valores

ANEXO N 02: Parámetros para analizar

ANEXO N° 1

PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	DBO ₅	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	S.S.T.	500
Aceites y Grasas	mg/l	A y G	100

ANEXO N° 2

PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/l	Al	10
Arsénico	mg/l	As	0.5
Boro	mg/l	B	4
Cadmio	mg/l	Cd	0.2
Cianuro	mg/l	CN-	1
Cobre	mg/l	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/l	Cr ⁺⁶	0.5
Cromo total	mg/l	Cr	10
Manganeso	mg/l	Mn	4
Mercurio	mg/l	Hg	0.02
Níquel	mg/l	Ni	4
Plomo	mg/l	Pb	0.5
Sulfatos	mg/l	SO ₄ ⁻²	1000
Sulfuros	mg/l	S ⁻²	5
Zinc	mg/l	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	NH ⁺⁴	80
Potencial Hidrógeno	unidad	pH	6-9
Sólidos Sedimentables	ml/h	S.S.	8.5
Temperatura	°C	T	<35



ANEXO N 03: Panel fotográfico



Fotografía 01: Ubicación de la desembocadura del área de lavadero de lana de la industria textil don francisco.



Fotografía 02: Ubicación del punto de muestreo



Fotografía 03: materiales para el muestreo de las aguas provenientes del lavadero de lana.



Fotografía 04: toma de muestra para los diferentes parámetros a analizar de la industria textil don francisco, en el afluente de la posa.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME Nº LCA016

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Wilver Charaja Ponce
- 1.2. Proyecto : REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE LAVADERO DE LANA, CIUDAD DE JULIACA - 2023.

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Agua
- 2.2. Numero de muestras : 01
- 2.3. Muestreado por : Wilver Charaja Ponce
- 2.4. Fecha de ensayo : 18-20/06/2023
- 2.5. Departamento : Puno
- 2.6. Provincia : San Román
- 2.7. Distrito : Juliaca
- 2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
P - 1	E:374493 N: 8289307	18/06/2023	10:07 a.m.

III. RESULTADOS

Nº	Parámetro	Unidad	P - 1
1	Temperatura	°C	16
2	pH	-	9.02
3	C. Eléctrica	mS/cm	6.94
4	Sólidos totales en suspensión	mg/l	3090
5	Demanda química de oxígeno	mg/l	6912
6	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	3266

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 04 de julio del 2023.

UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca
CIP. 47790

JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

OFICINA DE INVESTIGACIÓN

Página 1 de 3



RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA017

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Wilver Charaja Ponce
- 1.2. Proyecto : REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE LAVADERO DE LANA, CIUDAD DE JULIACA - 2023

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Agua
- 2.2. Numero de muestras : 09
- 2.3. Muestreado por : Wilver Charaja Ponce
- 2.4. Fecha de ensayo : 24 - 30/06/2023
- 2.5. Departamento : Puno
- 2.6. Provincia : San Román
- 2.7. Distrito : Juliaca
- 2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
P - 1	E: 380081.367 N:8282326.739	18/06/2023	16:07 p.m.

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

Mgr. Ing. Milton Quispe Huanca
CIP. 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Ing. Aaron Kelly Quispe Quispe
ASISTENTE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

III. RESULTADOS

N°	Parámetro	Unidad	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9
1	Temperatura	°C	9.6	9.5	9.6	9.7	9.7	9.5	9.6	10.1	10.0
2	pH	-	8.94	9.15	9.24	9.42	9.53	9.61	9.61	10.16	10.05
3	C. Eléctrica	mS/cm	7.86	7.81	7.23	7.80	7.22	6.95	6.80	6.81	6.9
4	Sólidos totales en suspensión	mg/l	856.42	798.24	775.50	786.41	721.34	691.67	660.18	594.25	558.33
5	Demanda química de oxígeno	mg/l	2612	2423	2240	2546.85	2341.45	2208.34	1806.45	1705.26	1548.32
6	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	1846.50	1794.54	1635.63	1547.69	1385.0	1234.0	1378.76	1256.83	1120.12

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca
C.P. 47790
ITE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
Ing. Karen Kelly Quispe Quispe
ASISTENTE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL

Juliaca, 04 de julio del 2023.



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 24/11/2023

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: WILVER CHARAJA PONCE
Dirección: URB. MUNICIPAL TAPARACHI M2 H9 LT 26
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 48143837
Teléfono: 929492899 email: wily.cmpunk@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____
Dirección: _____
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____
Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERIA Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
Título o Grado Académico a optar: TITULO DE INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL
Asesor: ING. KAREN KELLY QUISPE QUISPE

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES
MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN DE AGUAS PROVENIENTES DE
LAVADERO DE LANA, CIUDAD DE JULIACA - 2023

Palabras claves, (3 a 5 términos): AGUAS RESIDUAL INDUSTRIAL, DBO, DBO, ELECTROCOAGULACIÓN, REMOCIÓN

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.
² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller
 Titulo
 2da Especialidad
 Maestría
 Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

- Internacional
- Nacional

Línea de investigación: CONTAMINACIÓN y CALIDAD AMBIENTAL - P22

Firma de Autor



huella digital

24 DE NOVIEMBRE DEL 2023

Fecha