



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“Métodos fisicoquímicos usados en la remoción de Cromo  
(VI) en aguas residuales de la industria de curtiembre:  
Revisión sistemática”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

**AUTORA:**

Alvites Alfaro, Aricely Yerardín (ORCID: 0000-0003-0878-7170)

**ASESOR:**

Dr. Sernaqué Auccahuasi, Fernando Antonio (ORCID: 0000-0003-1485-5854)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

A mi madre y a todas aquellas personas que estuvieron ahí motivándome incondicionalmente a perseguir mis sueños, en todo el transcurso de esta maravillosa etapa universitaria, ya que sin su apoyo no sería posible haber logrado exitosamente esta meta.

## **Agradecimiento**

A Dios y a mi madre por ser la guía y modelo de superación, perseverancia y tenacidad, por todo el sacrificio y esfuerzo que ha realizado durante estos años, permitiendo que no desista, apoyándome incondicionalmente e impulsándome a lograr mis objetivos y a mi asesor por tener la paciencia de orientarme.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de abreviaturas .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA.....	20
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	20
3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización apriorística .....	20
3.3. Escenario de estudio .....	22
3.4. Participantes .....	22
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	22
3.6. Procedimiento .....	23
3.7. Rigor científico.....	25
3.8. Método de análisis de datos.....	25
3.9. Aspectos éticos .....	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	27
V. CONCLUSIONES .....	32
VI. RECOMENDACIONES .....	33
REFERENCIAS.....	34
ANEXOS.. .....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Métodos para la remoción de Cromo VI en la industria de curtiembre .....	5
Tabla 2. Separación por membrana .....	7
Tabla 3. Métodos Fisicoquímicos Aplicados en la Remoción del Cromo (VI) .....	17
Tabla 4. Matriz de categorización apriorística .....	21
Tabla 5. Documentos empleados en la revisión sistemática .....	24
Tabla 6. Los métodos empleados, las ventajas y desventajas .....	28

## ÍNDICE ABREVIATURAS

	Pág.
<b>Cr (VI):</b> Cromo Hexavalente.....	1
<b>DQO:</b> Demanda Química de Oxígeno.....	2
<b>DBO:</b> Demanda Bioquímica de Oxígeno .....	2
<b>COT:</b> Carbono Orgánico Total .....	3
<b>CNT:</b> Nanotubos de Carbono.....	5
<b>TGA:</b> Análisis termogravimetrico.....	6
<b>BET:</b> Brunauer Emmett-teller.....	6
<b>FT-IR:</b> Espectroscopia infrarroja transformada por fourier .....	6
<b>SEM:</b> Microscopia Electrónica de Barrido .....	6
<b>EDS:</b> Espectroscopia de rayos X de Energía Dispersa.....	6
<b>NF:</b> Nano Filtración .....	7
<b>UF:</b> Ultra Filtración .....	7
<b>MF:</b> Micro Filtración .....	7
<b>RO:</b> Ósmosis Inversa .....	7
<b>PVA:</b> Polivinil alcohol .....	8
<b>ED:</b> La electrodiálisis.....	9
<b>OH-:</b> Oxhidrilo .....	10
<b>Na+:</b> Sodio .....	10
<b>Na<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>:</b> Cromato de sodio.....	11
<b>FeSO<sub>4</sub>:</b> Sulfato Ferroso .....	11
<b>PC:</b> Precipitación Química .....	12
<b>EC:</b> Electrocoagulación .....	12
<b>CCD:</b> Coagulación en corriente directa.....	13
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:</b> .....	15
<b>Fe:</b> Hierro .....	15
<b>TiO<sub>2</sub>:</b> Óxido de titanio .....	15
<b>Cu<sub>2</sub>O:</b> Óxido cuproso .....	15
<b>UV/Vis:</b> Ultravioleta-visible.....	16
<b>Pd-CNT:</b> Paladio de nanotubos de carbonos.....	16

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal evaluar los métodos fisicoquímicos usados en la remoción de cromo VI en aguas residuales de la industria de curtiembre, considerando 98 referencias bibliográficas y 22 antecedentes por la importancia de su información dentro de los cuales el 80 % de artículos son provenientes de la base de datos Science Direct, y otro 20% de otras revistas científicas. Para ello se utilizó la técnica de análisis documental, el procedimiento consistió en la evaluación inicial de la literatura a través de palabras claves en la base de datos académicas teniendo en consideración criterios de selección y exclusión de la información. De acuerdo a los resultados obtenidos de la revisión sistemática se concluyó que, los métodos usados en la remoción de Cr VI en aguas residuales de curtadura pueden ser muy eficientes, el método de Filtración obtuvo un 99,29% de remoción de Cromo, Electrocoagulación 95,6%, Adsorción, 91,89%, Intercambio Iónico 86,09% y Fotocatálisis 90, 13%, estos valores de eficiencia, es un promedio como se muestra en el anexo 1, se recomienda profundizar investigaciones de métodos físico químicos combinados como Filtración y Electrocoagulación , debido a que estos dos métodos son reportados en promedio los más eficientes .

**Palabras clave:** Cromo hexavalente, aguas residuales de curtiembre, remoción de Cr VI, tratamiento de aguas residuales.

## ABSTRACT

The main objective of this research is to evaluate the physicochemical methods used in the removal of chromium VI in wastewater from the tannery industry, evaluations 98 bibliographical references and 22 antecedents due to the importance of their information, among which 80% of the articles come from the Science Direct database, and another 20% from other scientific journals. For this, the documentary analysis technique was used; the procedure consisted of the initial evaluation of the literature through keywords in the academic database, taking into account selection criteria and exclusion of information. According to the results obtained from the systematic review, it was concluded that the methods used in the removal of Cr VI in tannery wastewater can be very efficient, the Filtration method obtained 99.29% removal of Chromium, Electrocoagulation 95 , 6%, Adsorption, 91.89%, Ionic Exchange 86.09% and Photocatalysis 90, 13%, these efficiency values, is an average as shown in Annex 1, it is recommended to deepen investigations of combined physical-chemical methods such as Filtration and Electrocoagulation, because these two methods are reported on average as the most efficient.

**Keywords:** Hexavalent chromium, tannery wastewater, Cr VI removal, wastewater treatment.





**Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, asesor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis titulada: "MÉTODOS FISICOQUÍMICOS USADOS EN LA REMOCIÓN DE CROMO (VI) EN AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA DE CURTIEMBRE: REVISIÓN SISTEMÁTICA", del (los) autor (autores) ALVITES ALFARO ARICELY YERARDIN, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación / Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 26 de julio de 2020

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO <b>DNI:</b> 07268863 <b>ORCID</b> 0000-0003-1485-5854	Firmado digitalmente por: FSERNAQUEA el 28 Jul 2020 00:05:05