



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“Efecto del hidróxido de sodio en la remoción de cromo del efluente  
de la etapa de curtido - curtiembre Cuenca, Trujillo”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AMBIENTAL**

**Autores:**

**CASTAÑEDA CORREA, CESAR ANTONIO**

**Asesor:**

**Msc. ISIDORO VALDERRAMA RAMOS**

**Línea de Investigación:**

**CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2018**

**PÁGINA DEL JURADO**

---

**Dr. Medardo Alberto Quezada**  
**PRESIDENTE**

---

**Dr. Fernando Ugaz Odar**  
**SECRETARIO**

---

**Msc. Isidoro Valderrama Ramos**  
**VOCAL**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado en primer lugar a Dios, por ser la luz de mi vida y por darme fuerzas para salir adelante en los momentos más difíciles de mi vida, a mis padres que siempre estuvo apoyándome, guiándome y dándome consejos permanentes durante mi vida y formación profesional, a todos mis amigos quienes me ayudaron en poder cumplir esta meta.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres por guiar mis pasos, educarme y por haber dado todo de ellos para salir adelante a pesar de los obstáculos de la vida.

Agradezco a todos los docentes de la Universidad Cesar Vallejo de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental quienes con su apoyo permanente Científico y Tecnológico ha hecho posible la culminación de la carrera profesional, por sus conocimientos asesoría y paciencia.

Agradezco a mis compañeras quienes fueron un pilar esencial para la complementación de este trabajo.

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Cesar Antonio Castañeda Correa, con DNI N° 48299621, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en esta tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponde 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 de la Universidad César Vallejo.

---

Castañeda Correa, Cesar Antonio

DNI: 48299621

## **Presentación**

La siguiente tesis denominada: “EFECTO DEL HIDRÓXIDO DE SODIO EN LA REMOCIÓN DE CROMO DEL EFLUENTE DE LA ETAPA DE CURTIDO - CURTIEMBRE CUENCA, TRUJILLO”, tiene como objetivo determinar el efecto del peso de hidróxido de sodio en la remoción de cromo total del efluente de curtido de la curtiembre Cuenca.

En la primera parte se encuentra la introducción mencionando la realidad problemática que existe actualmente en el sector industrial de curtiembres en la ciudad de Trujillo con el tratamiento de sus efluentes. Asimismo, se puede observar la recopilación de investigaciones previas tanto a nivel nacional como internacional, y sus respectivas teorías relacionadas al tema. Se planteó el problema de la investigación y seguidamente la justificación, luego se realizó dos posibles hipótesis en donde una se consideró que la variación del peso de hidróxido de sodio y tiempo de agitación tienen efecto en la remoción de cromo presentes en el efluente de la etapa de curtido en la curtiembre Cuenca.

La segunda parte se observa la metodología utilizada, las técnicas e instrumentos usados, para finalmente obtener los resultados con su respectiva discusión y las conclusiones que se llegaron en la presente investigación.

## Índice

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	10
<b>1.1. Realidad problemática</b> .....	10
<b>1.2. Trabajos previos</b> .....	11
<b>1.3. Teorías relacionadas al tema</b> .....	13
<b>1.3.1. Marco Teórico</b> .....	13
<b>1.3.2. Marco Conceptual</b> .....	16
<b>1.4. Formulación del problema</b> .....	17
<b>1.5. Justificación del problema</b> .....	17
<b>1.6. Hipótesis</b> .....	17
<b>1.7. Objetivos</b> .....	17
<b>II. MÉTODO</b> .....	18
<b>2.1. Diseño de investigación:</b> .....	18
<b>2.2. Variables y operacionalización</b> .....	20
<b>2.3. Población y muestra</b> .....	22
<b>2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad</b> .	22
<b>2.5. Validez Y Confiabilidad</b> .....	23
<b>2.6. Métodos de Análisis de datos</b> .....	24
<b>2.7. Aspectos éticos</b> .....	24
<b>III. RESULTADOS</b> .....	25
<b>IV. DISCUSIÓN</b> .....	29
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	32
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	33
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	34
<b>ANEXOS</b> .....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la curtiembre Cuenca .....	14
Figura 2: efecto del peso y tiempo de agitación del hidróxido de sodio en la remoción de cromo (%).....	26
Figura 3: Porcentaje de remoción de cromo total en el efluente de curtido en función a la dosis de hidróxido de sodio. ....	26

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Esquema Experimental de Investigación .....	18
Tabla 2: Operacionalización de variables.....	21
Tabla 3: Técnicas de Recolección de datos:.....	22
Tabla 4: Instrumentos de Recolección de datos .....	23
Tabla 5: Normas Peruanas para la calibración de los equipos .....	23
Tabla 6: Características Fisicoquímicas del efluente de Curtido .....	25
Tabla 7: Prueba de Normalidad .....	27
Tabla 8: Análisis de Varianza para el Cromo.....	27
Tabla 9: Prueba de Duncan y LSD para el peso .....	28
Tabla 10: Prueba de Duncan y LSD para el tiempo de agitación.....	28
Tabla 11: Concentración de Cromo (ppm) después del tratamiento con precipitante Hidróxido de Sodio.....	38
Tabla 12: Adsorción de Cromo (%) después del tratamiento con precipitante Hidróxido de Sodio.....	38
Tabla 13: Valores Máximos Admisibles .....	39



## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de determinar el porcentaje de remoción de cromo del efluente de la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca utilizando el precipitante hidróxido de sodio.

El efluente de la etapa de curtido se caracterizó por presentar un valor de cromo total de 1507, 59 ppm. El tratamiento se llevó a cabo utilizando dosis de hidróxido de sodio diferentes (3,0 g; 6,0 g; 7,0g) y con diferentes tiempos de agitación (15 min; 30 min; 45 minutos), utilizando un volumen de muestra de 5 litros del efluente de la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca. Los métodos estadísticos aplicados fueron: prueba de Shapiro-Wilk, prueba paramétrica (ANOVA) y pruebas Duncan (LSD) y Diagrama Pareto Estandarizado.

En conclusión, se logró una capacidad de remoción de 99,99% de cromo utilizando del agente precipitante hidróxido de sodio en el efluente de la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca, esto se logró con la dosis de 7 g/L en un tiempo de agitación de 45 min.

**PALABRAS CLAVES:** Hidróxido de sodio, Efluente de curtido, remoción, cromo total,

## ABSTRACT

The present research was carried out with the objective of determining the percentage of chromium removal of the effluent from the tanning stage of the Cuenca tannery using the precipitant sodium hydroxide.

The effluent from the tanning stage was characterized as having a total chromium value of 1507, 59 ppm. The treatment was carried out using different doses of sodium hydroxide (3.0 g, 6.0 g, 7.0 g) and with different times of agitation (15 min, 30 min, 45 minutes), using a sample volume of 5 liters of the effluent from the tanning stage of the Cuenca tannery. The statistical methods applied were: Shapiro-Wilk test, parametric test (ANOVA) and Duncan tests (LSD) and Pareto Standardized.

In conclusion, a 99.99% chromium removal capacity was achieved using the sodium hydroxide precipitating agent in the tanning stage effluent from the Cuenca tannery, this was achieved with the dose of 7 g / L at one time of agitation 45 min.

**Keywords:** Zea mays, tanning effluent, adsorption, total chromium, activated carbon

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

En el Perú existen muchas curtiembres informales que aún no contribuyen en poder aplicar nuevas tecnologías para el tratamiento de sus efluentes, además estas curtiembres informales alquilan sus servicios a curtidores informales como una alternativa para generar ingresos económicos. (MENDOZA, 2016, 11p.)

Uno de los sectores en el país que produce mayor contaminación por vertimientos es el de las industrias de curtiembres. En la región de La Libertad la mayoría de industrias presentan bajo nivel de implementación de tecnologías limpias, careciendo muchas de estas, de plantas básicas de tratamiento de aguas residuales, sus efluentes son vertidos directamente a la red de alcantarillado público y se unen en un trayecto hacia nuestro mar litoral contaminando así el recurso hídrico y afectando la vida acuática existente en el ecosistema marino, además se encuentran registradas aproximadamente 25 curtiembres en dicha región, que representan el 30% de las industrias curtidoras que hay en el país, pero la mayoría de ellas son informales. Casi todas son pequeñas fábricas de origen familiar, con poca tecnificación y personal no capacitado. (MENDOZA, 2016, 11p.)

En el presente proyecto el concepto de tecnologías más limpias es importante, se pretende estudiar mecanismos para disminuir el consumo del recurso agua, por su posible reutilización al reducir su concentración de cromo. Lo que se busca en este proyecto es poder dar a conocer a los curtidores de la Región de la Libertad que el proceso del curtido se puede llevar en un margen de desarrollo sostenible, en donde el curtidor sepa la importancia de la tecnología más limpia y que pueda ser implementada en la industria del curtido.

## 1.2. Trabajos previos

A nivel nacional tenemos los siguientes estudios:

**Rey de Castro, Ana (2013);** en su tesis denominada “Recuperación de cromo (III) de efluentes de curtido para control ambiental y optimización del proceso productivo” tuvo como objetivo general la recuperación del cromo (III) de los efluentes de curtiembre utilizando NaOH y Ca(OH)<sub>2</sub>. En esta investigación se usaron diferentes parámetros dentro de la precipitación para determinar cuál sería un mejor agente precipitante. Llegó a la conclusión que puede utilizarse tanto NaOH como Ca(OH)<sub>2</sub> como agentes precipitantes, donde cada uno tiene ventajas diferentes. Las recuperaciones tuvieron porcentajes de recuperación sumamente altos, de 95,6 – 98,8% cuando se utilizaron agentes precipitantes de grado de laboratorio, y de 81,9 – 84,4% con agentes precipitantes de grado industrial.

**Córdova, Hansel; Vargas, Rocio; Cesare, Mary; et.al (2014);** en su artículo denominado “Tratamiento de las aguas residuales del proceso de curtido tradicional y alternativo que utiliza acomplejantes de cromo” tuvo como finalidad evaluar la tratabilidad por precipitación química de las aguas residuales de los procesos tradicionales y alternativos. Se llegó a la conclusión que el pH óptimo para la precipitación estuvo entre 7,36 y 9,99; además, las dosis de hidróxido de sodio que fueron utilizadas estuvieron entre 0,5 y 5,5 g/L, siendo el proceso tradicional el que requiere mayor dosis.

**Córdova, Hansel (2014);** en su tesis denominada “Minimización de emisiones de cromo en el proceso de curtido, por uso de complejantes y basificantes de cromo y tratamiento de efluentes” tuvo como objetivo disminuir la concentración del cromo de la etapa de curtido. Para el tratamiento de efluentes, se utilizó la precipitación química para la remoción de cromo y se usó como agente precipitante diferentes concentraciones de hidróxido de sodio. Para poder determinar de la concentración de cromo total, se usó el método Alkaline Hypobromite Oxidation Method (Method 8024). Este proceso equivale al Standard Method 3500-Cr D for the wastewater (método colorimétrico). En conclusión, se logró eficiencias de remoción de hasta el 100%. Durante la precipitación química se observó que se obtienen mejores resultados en un rango de pH de 7,36 y 9,99.

**Mendoza, Roberto (2016);** en su tesis denominada “Efecto precipitante del hidróxido de sodio y óxido de magnesio en la remoción de cromo del efluente de curtido, Inversiones Harod S.A.C” tuvo como objetivo general obtener un proceso con el que se pueda disminuir la concentración de cromo del efluente de la etapa de curtido, de la curtiembre Inversiones Harod S.A.C., mediante el tratamiento con un hidróxido de sodio y óxido de magnesio. El diseño fue experimental unifactorial, la muestra que se tomó fue de 5 litros de efluente de la etapa de curtido, para el análisis estadístico se utilizó el ANOVA para probar las hipótesis. La concentración de cromo antes del proceso de precipitación se analizó por el método de volumetría, las concentraciones de cromo después de los tratamientos se analizaron por el método de espectrofotometría de absorción atómica a llama. La conclusión fue que se logró remover cromo del efluente de la etapa de curtido en un 99,96 % con una dosificación de hidróxido de sodio y óxido de magnesio de 3:2 y un tiempo de agitación de 60 minutos, reduciendo de 42 915 ppm hasta 16,7 ppm de cromo respectivamente.

**Anhuaman, Bertha; Sánchez, Cinthya (2017);** en su tesis de grado denominada Recuperación de Cromo del agua de curtido por precipitación con NaOH y su reactivación con ácido fórmico para el proceso de curtido a nivel piloto. Tuvo como objetivo general la reinsertión del agua de curtido en el proceso, para ello se realizaron primero estudio a nivel de laboratorio variando la concentración de Hidróxido de Sodio, como conclusión se obtuvo una remoción al 99.9% de cromo a 7.5 g/L de NaOH.

A nivel Internacional tenemos los siguientes estudios:

**Pinilla, Daniel (2014);** en su tesis denominada “Precipitación de cromo y reutilización del agua de vertimientos de curtiembres de San Benito (Bogotá)” tuvo como objetivo el determinar el porcentaje de remoción de cromo de las aguas residuales del proceso de curtido en las curtiembres de San Benito, (Bogotá), con hidróxido de sodio. Esto se realizó a nivel de laboratorio y tuvo un diseño experimental univariable, su variable independiente fue la concentración de hidróxido de sodio (4 molar, 5 molar y soda cáustica sin disolver) y la variable dependiente fue concentración final de cromo en el agua residual de las curtiembres de San Benito. La conclusión a la que llegó la tesis fue que se redujo el contenido de cromo del agua residual del proceso de curtido desde una concentración promedio de 2.465 mg/L hasta niveles inferiores a 1,0 mg/L, de esta forma se puede reutilizar el agua para la etapa de lavado de las pieles saladas que ingresan a la curtiembre.

**Huai, Li; Zifang Chi. (2014).** en su artículo denominado “La recuperación de cromo mejorada a partir de residuos curtidos por la reacción ácido - alcalino en China” Se utilizaron un álcali mixto de hidróxido de sodio y óxido de magnesio y ácidos minerales diluidos para optimizar el efecto de sedimentación de cromo de las aguas residuales de curtiembres. La conclusión que se obtuvo en la investigación fue que el álcali más factible era una mezcla de hidróxido de sodio y óxido de magnesio con una relación de masa de 5:2, a pH 9,5 ya que la eliminación de cromo fue de 99,1%.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Marco Teórico**

##### **UBICACIÓN:**

La curtiembre Cuenca se encuentra ubicada en la Calle 3, manzana C-2, lote 14 Sec. Parque Industrial, distrito de La Esperanza, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad. Sus coordenadas son las siguientes:

**UTM Este X =** 713439.9101

**UTM Norte Y =** 890525.0059



*Figura 1: Ubicación de la curtiembre Cuenca*

### **Las curtiembres**

El sector de curtiembres, dado el vínculo de sus actividades con el medio ambiente y junto con la utilización de los recursos naturales, es vital que se buque minimizar el impacto negativo que se causa al ambiente debido a los procesos productivos que se desarrollan. (ARAGÓN; ALZATE, 2004, 4p.)

Los problemas que tienen hoy en día la industria de curtiembre son muy variados, siendo de carácter formal para su desempeño no solo la optimización de los procesos y tecnologías de fabricación, sino también un buen control de sus impactos ambientales. (MENDEZ; VIDAL; et al, 2007, 10p)

### **Proceso de cuero**

El proceso de cuero tiene 4 etapas, la primera etapa es el de la ribera cuya finalidad es limpiar y preparar la piel para facilitar el curtido. Se divide en las etapas: recepción de piel, remojo, pelambre, descarnar y dividido. En esta etapa los efluentes son altamente alcalinos debido a la alta presencia de sulfuro de sodio, cal, sal y sulfatos de amonio. La segunda etapa es la del proceso de curtido que comprende las etapas de descalcado, purga, desengrase, piquelado y curtido. La tercera etapa es la de post - curtido que comprende las etapas de prensado, engrase, secado, blanqueo y estiramiento. Finalmente, el proceso de acabado es la etapa final de producción del cuero, en esta etapa se corrige los defectos de la flor con el uso de rellenanates, resinas

acrílicas, y se le da color al cuero por el uso de penetrantes, ceras y lacas. (BEJARANO, 2007, p. 92-116)

### **Etapa de curtido**

El objetivo es el de evitar que la proteína de la estructura fibrosa del cuero se pueda podrir, es por eso que se lleva la estabilización de proteínas, lo cual es realizado por los curtientes. (SILVA, 2011, p.21). La etapa de curtido tiene distintos procesos que preparan a la piel de animales para ser curtida y transformada en cuero; al final de la etapa se genera un efluente con pH bajo. Los procesos de desencalado, desengrase y purga eliminan la cal, el sulfuro y las grasas presenten en la piel, además limpian los poros. Al final de la etapa de curtido se tiene el wetblue, que posteriormente se lleva al a etapa de recurtido. (PINEDO, 2012, p.14)

### **Precipitación del Cromo**

El principio del proceso de recuperación de cromo, se basa en precipitar el cromo contenido en el licor residual como hidróxido utilizando un álcali, posteriormente se separa el precipitado por sedimentación. (AGUDELO, 2007, p.3)

### **Agentes Precipitantes**

En la precipitación se concentra el soluto de una solución transformándolo en sólido por medio de un agente precipitante. (HUERTA, p. 4)

<b>PRINCIPIO</b>	<b>AGENTE PRECIPITANTE</b>
<b>Disminución de la solubilidad</b>	Sales (Sulfato de amonio) pH (precipitación isoelectrica) Solventes (Etanol) Polímeros no iónicos
<b>Desnaturalización selectiva</b>	Temperatura pH Solventes
<b>Afinidad</b>	Ligandos

*Ilustración 1: Agentes Precipitantes*



### **1.3.2. Marco Conceptual**

#### **Cromo**

El cromo es un elemento químico natural cuyas formas más comunes son el cromo metálico, el cromo trivalente y el cromo hexavalente. (ARANDA, 2010, 21p.)

El cromo hexavalente es uno de los más contaminantes ya que produce mayores impactos negativos a nivel general, ya que compromete la salud humana, dañando los procesos ecológicos que sostiene la producción de alimentos además del medio ambiente. (MOZO, 2012, p.13)

#### **Precipitación química**

Consiste en la eliminación del ión metálico, agregando un reactivo que forme un compuesto insoluble con el mismo, las especies metálicas en disolución precipitan cuando se aumenta el pH. (HEREDIA, 2015, p.57). Mediante la precipitación química también se puede remover del agua los elementos o compuestos químicos que pueden contaminar las aguas ya que quedan como sólidos suspendidos. (LOPEZ, 2013, p.58).

#### **Recuperación de cromo mediante precipitación**

Se tiene el conocimiento que el cromo se precipita en medio básico y a valores de pH básicos y neutros la solubilidad en agua del hidróxido de cromo III,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ , es prácticamente nula, además los cuatro agentes precipitantes más adecuados para precipitar el cromo son: el óxido de magnesio, la cal, el bicarbonato de sodio y la soda cáustica o hidróxido de sodio. (ORTIZ, 2013, p.31)

#### **Hidróxido de sodio**

El hidróxido de sodio NaOH es también llamado sosa cáustica, esto es un hidróxido cáustico usado mayormente en la industria (HUANCAHUIRE, 2013, p. 21). El

hidróxido de sodio es corrosivo, además se puede usar en forma sólida o como una solución. (GONZALES, 2016, p.23)

#### **1.4. Formulación del problema**

¿Cuál será el efecto del hidróxido de sodio en la remoción de cromo del efluente de la etapa de curtido en la curtiembre Cuenca?

#### **1.5. Justificación del problema**

La producción de la curtiembre Cuenca es aproximadamente 200 pieles diarias, en la etapa de curtido el promedio aproximado de agua que se utiliza es de  $4\text{m}^3$  y 5% de cromo del peso total de pieles, los efluentes son descargados directamente al sistema de alcantarillado sin ningún tratamiento; es por ello que se realizará esta investigación, con el objetivo de determinar el efecto del hidróxido de sodio en la remoción de cromo del efluente de la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca. La investigación busca dar a conocer a los curtidores que en esta etapa se pueda llevar en un margen del desarrollo sostenible en utilizar esta tecnología limpia, además servirá para las futuras investigaciones que puedan desarrollar nuevos procesos para la remoción de cromo y poder recuperar el cromo para posteriormente reusarlo en el proceso de curtido.

#### **1.6. Hipótesis**

H1= El uso de hidróxido de sodio (NaOH) tiene efecto en la remoción de cromo del efluente de la etapa de curtido en la curtiembre Cuenca.

H0= El uso de hidróxido de sodio (NaOH) no tiene efecto en la remoción de cromo del efluente de la etapa de curtido en la curtiembre Cuenca.

#### **1.7. Objetivos**

##### **1.7.1. Objetivo general**

Determinar el porcentaje de remoción de cromo del efluente de la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca utilizando el precipitante hidróxido de sodio.

##### **1.7.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la mejor dosis de hidróxido de sodio para la remoción de cromo del efluente de la etapa de curtido de curtiembre Cuenca.

- Determinar el mejor tiempo de agitación para la remoción de cromo del efluente de la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca.
- Comparar la concentración de cromo del efluente de la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca después de los tratamientos con Hidróxido de Sodio con los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario (DECRETO SUPREMO N°021-2009- VIVIENDA).

## II. MÉTODO

### 2.1. Diseño de investigación:

El diseño experimental es bifactorial, porque se obtendrán los datos mediante la manipulación de dos factores.

Factor D: D1, D2 y D3

Factor T: T1, T2 y T3

**Donde:**

- D: Dosis de Hidróxido de Sodio (3 niveles)
- T: Tiempo de agitación (3 niveles)

D y T: representan los niveles de estudio.

El diseño factorial será de 3x3

*Tabla 1: Esquema Experimental de Investigación*

### REPETICIÓN 1

		TIEMPO DE AGITACIÓN			TOTAL
		T1	T2	T3	
DOSIS DE HIDRÓXIDO DE SODIO	D1	D1.T1.R1	D1.T2.R1	D1.T3.R1	3
	D2	D2.T1.R1	D2.T2.R1	D2.T3.R1	3

	<b>D3</b>	D3.T1.R1	D3.T2.R1	D3.T3.R1	<b>3</b>
<b>TOTAL</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>9</b>

### REPETICIÓN 2

TIEMPO DE AGITACIÓN					TOTAL
DOSIS DE HIDRÓXIDO DE SODIO		T1	T2	T3	
	<b>D1</b>	D1.T1.R2	D1.T2.R2	D1.T3.R2	<b>3</b>
	<b>D2</b>	D2.T1.R2	D2.T2.R2	D2.T3.R2	<b>3</b>
	<b>D3</b>	D3.T1.R2	D3.T2.R2	D3.T3.R2	<b>3</b>
<b>TOTAL</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>9</b>

### REPETICIÓN 3

TIEMPO DE AGITACIÓN					TOTAL
DOSIS DE HIDRÓXIDO DE SODIO		T1	T2	T3	
	<b>D1</b>	D1.T1.R3	D1.T2.R3	D1.T3.R3	<b>3</b>
	<b>D2</b>	D2.T1.R3	D2.T2.R3	D2.T3.R3	<b>3</b>
	<b>D3</b>	D3.T1.R3	D3.T2.R3	D3.T3.R3	<b>3</b>
<b>TOTAL</b>		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>9</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

**TOTAL DE EXPERIMENTOS: 27**

A ello, hay que sumarle el blanco de la muestra.

**TOTAL DE ANÁLISIS: 27+1=28**

Donde:

D1 = Dosis de Hidróxido de Sodio (3 g/l).

D2 = Dosis de Hidróxido de Sodio (4 g/l).

D3 = Dosis de Hidróxido de Sodio (5 g/l).

T1 = Tiempo de agitación (15 minutos)

T2 = Tiempo de agitación (30 minutos)

T3 = Tiempo de agitación (45 minutos)

## **2.2. Variables y operacionalización**

### **2.2.1. Variables**

- **INDEPENDIENTE:** Hidróxido de sodio
- **DEPENDIENTE:** Remoción de cromo del efluente de la etapa de curtido

## 2.2.2. Matriz de Operacionalización

Tabla 2: Operacionalización de variables

Variable		Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
INDEPENDIENTE	Hidróxido de sodio	El hidróxido de sodio NaOH es también llamado sosa cáustica, esto es un hidróxido cáustico usado mayormente en la industria (HUANCAHUIRE, 2013, p. 21).	Dosis de hidróxido de Sodio	Cantidad del Hidróxido de sodio	3g/L 4g/L 5g/L	De razón
			Tiempo de agitación	Minutos	15 min 30 min 45 min	De razón
DEPENDIENTE	Remoción de cromo del efluente de la etapa de curtido	El cromo es un elemento químico natural cuyas formas más comunes son el cromo metálico, el cromo trivalente y el cromo hexavalente. (ARANDA, 2010, 21p.)	Remoción de cromo del efluente de curtido utilizando el precipitante hidróxido de sodio	Concentración de Cromo	mg/L	De razón

Fuente: Elaboración Propia

## 2.3. Población y muestra

### 2.3.1. Población

El efluente de la etapa de curtido de la curtiembre de un día (5 L)

### 2.3.2. Muestra

La muestra obtenida mediante un muestreo aleatorio simple, un volumen de muestra aproximado de 5 litros de efluente, obtenida en el escurrido del botal de la etapa de curtido de Cuenca.

### 2.3.3. Unidad de análisis

Se utilizó 250 ml. de muestra efluente de la etapa de curtido para cada dosificación con el agente de precipitación de hidróxido de sodio para precipitar el cromo total presente en la muestra.

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.4.1. Técnicas de Recolección de datos

Los parámetros fisicoquímicos del efluente residual de la etapa de curtido, se realizaron mediante los métodos normalizados para análisis de aguas residuales.

*Tabla 3: Técnicas de Recolección de datos:*

<b>TÉCNICAS</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
<b>Cromo total (mg/L)</b>	Volumetría / Espectrofotometría de absorción atómica a la llama
<b>pH</b>	Potenciómetro
<b>Temperatura ( °C)</b>	Termómetro
<b>Conductividad</b>	Conductimetría

Fuente: Elaboración Propia

## 2.4.2. Instrumentos de Recolección de datos

Tabla 4: Instrumentos de Recolección de datos

DOSIS (g/l)	TIEMPO (min)	Remoción de Cromo (mg/L)		
		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
3	15			
	30			
	45			
4	15			
	30			
	45			
5	15			
	30			
	45			

Fuente: Elaboración Propia

## 2.5. Validez Y Confiabilidad

Para la validación y confiabilidad de los equipos e instrumentos que se usaron utilizados fueron previamente calibrados, para poder obtener datos correctos.

Tabla 5: Normas Peruanas para la calibración de los equipos

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>CALIBRACIÓN</b>
<b>pH</b>	PC-020 – Procedimiento para la calibración de medidores de pH.
<b>Conductímetro</b>	PC-022- Procedimiento de conductímetros.
<b>Balanza Analítica</b>	NMP 003-2009 : Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático

Fuente: Elaboración Propia



## **2.6. Métodos de Análisis de datos**

Para la prueba de normalidad se utilizó: Shapiro-Wilk, para comprobar si los datos determinados son normales, para este caso, la distribución fue normal, entonces rechazamos la Hipótesis Nula ya que  $p < 0.05$ .

Para la comprobación de los resultados se utilizó el Análisis de Varianza (ANOVA) junto a pruebas Post Hoc como Duncan y LSD, además para saber si la dosis y el tiempo de agitación del hidróxido de sodio tuvieron efecto sobre la remoción de cromo en la etapa de curtido se utilizó la prueba de Pareto.

## **2.7. Aspectos éticos**

En este proyecto de investigación se utilizó equipos calibrados y los materiales adecuados para la lograr obtener resultados confiables y verídicos; asimismo se muestran datos, información, ubicación y fotografías con el debido permiso de la curtiembre Cuenca. En cuanto a las citas bibliográficas serán citadas según la Norma ISO 690 y por último se considerará lo recomendado por el asesor para lograr con éxito la finalización de este proyecto.

### III. RESULTADOS

La Tabla 6 se puede observar las características fisicoquímicas del efluente de curtido de la curtiembre Cuenca, que fueron comparadas con los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario (DECRETO SUPREMO N°021-2009- VIVIENDA).

Se observa que la muestra del efluente de la etapa curtido de la curtiembre presenta un color verde azulado. Los parámetros fisicoquímicos de pH y temperatura sobrepasan los Valores Máximos Admisibles (VMA), ya que cuentan con valores de 3,5 y 37°C respectivamente, así mismo el efluente de la etapa de curtido tiene una concentración de cromo total de 1507, 59 ppm, que no cumple con los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. (Ver anexo N°11).

*Tabla 6: Características Fisicoquímicas del efluente de Curtido*

<b>PARÁMETROS</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>VMA</b>
<b>COLOR</b>	Color Verde Azulado	NR
<b>pH</b>	3,5	6 – 9
<b>TEMPERATURA</b>	37°C	35 °C
<b>CROMO TOTAL</b>	1507, 59 ppm	10 ppm

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 2, se observa los porcentajes de remoción de cromo presente en el efluente de curtido, cada uno de los ensayos tratados con hidróxido de sodio (NaOH) usando diferentes pesos de soda por litro (5.0 g; 6.0 g y 7.0 g) y diferentes tiempos de agitación (15, 45 y 60 min). Al analizar el sobrenadante de las muestras utilizando el espectrofotómetro, se observó que el hidróxido de sodio logro remover un 99.9938% de cromo usando una dosis de 7.0 g de hidróxido de sodio y con un tipo de agitación de 45 min.

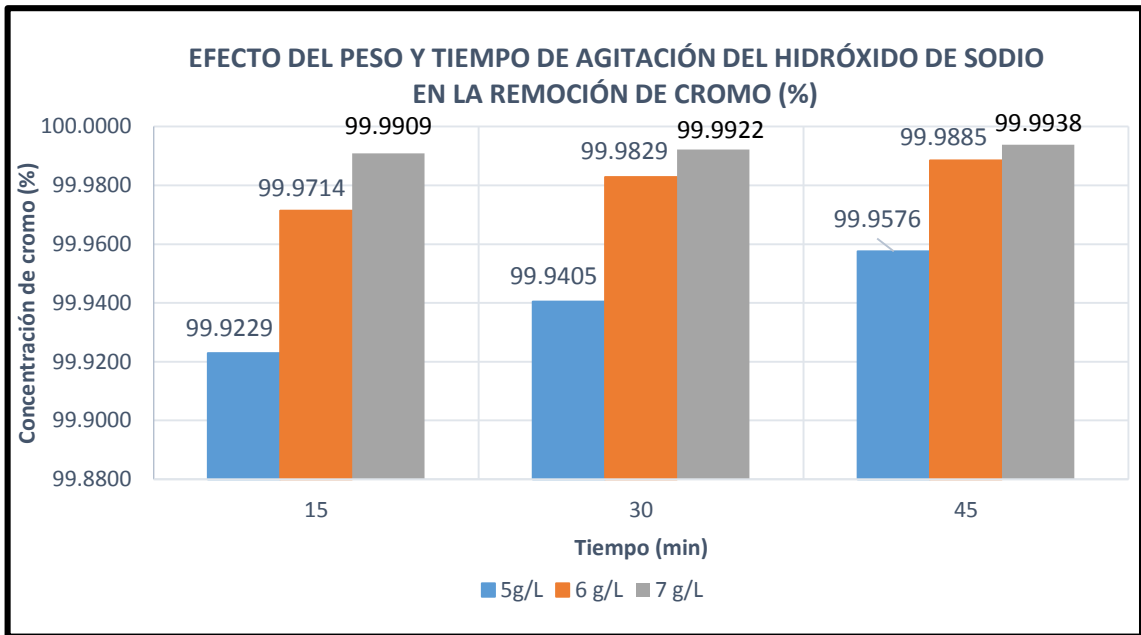


Figura 2: efecto del peso y tiempo de agitación del hidróxido de sodio en la remoción de cromo (%)

En la Figura N°3 se presenta el porcentaje de remoción de cromo total con hidróxido de sodio con los tiempos de agitación 15 min, 30 min y 45 min y en función de la dosis 5g, 6g, 7. donde se observa una relación entre la cantidad de dosis de hidróxido de sodio con el porcentaje de remoción de cromo. Se puede observar que, al aumentar la dosis de hidróxido de sodio, el porcentaje de remoción de cromo con hidróxido de sodio aumenta.

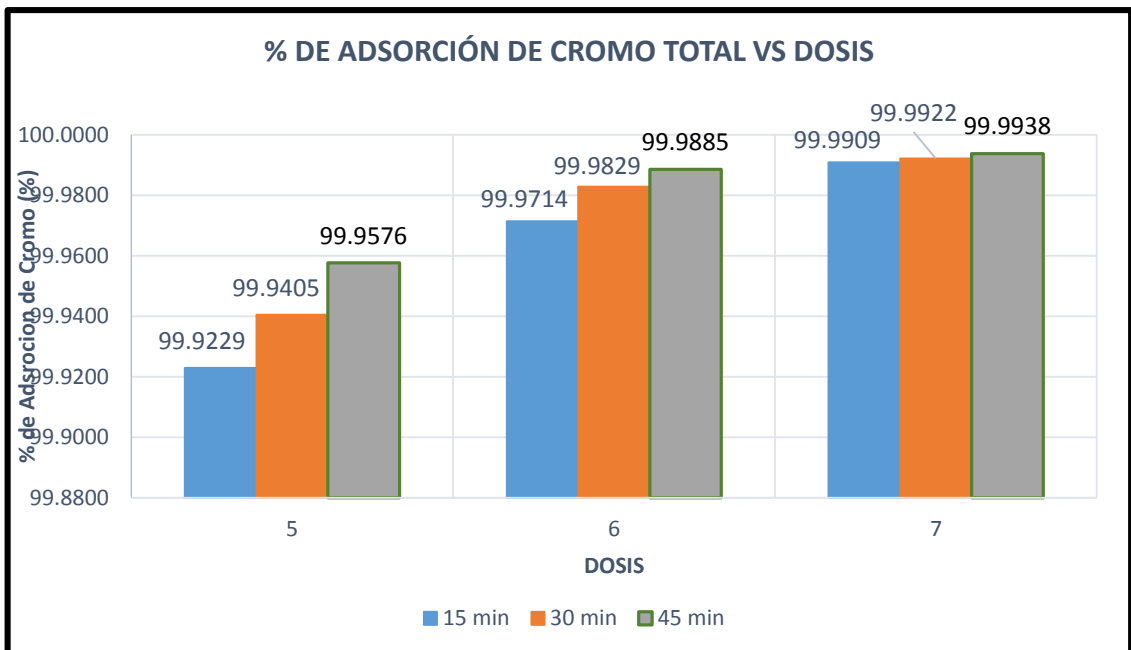


Figura 3: Porcentaje de remoción de cromo total en el efluente de curtido en función a la dosis de hidróxido de sodio.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La investigación presenta un diseño bifactorial (dosis y tiempo de agitación con el precipitante de Hidróxido de sodio) con 3 repeticiones, siendo un total de 27 experimentos. Para el análisis estadístico, se utilizó el programa STATGRAPHICS Centurion, con un nivel de confianza del 95%.

En la Tabla 7 se muestra la Prueba de Normalidad que determinó un valor-P de 0,00029; lo cual significa que los datos son normales, por lo tanto, la Hipótesis Nula se acepta.

$H_1$ =Los datos no son normales.

$H_0$ = Los datos son normales

Tabla 7: Prueba de Normalidad

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,827846	0,000288788

La tabla 8, muestra el análisis de varianza el cual se halló que la dosis y el tiempo de agitación de tratamiento con el precipitante Hidróxido de Sodio presentaron efecto significativo en la remoción de cromo, ya que  $p < 0.05$ .

Tabla 8: Análisis de Varianza para el Cromo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:DOSIS	2,76125	1	2,76125	1116,63	0,0000
B:TIEMPO DE AGITACIÓN	0,340505	1	0,340505	137,70	0,0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AA	0,291927	1	0,291927	118,05	0,0000
AB	0,172105	1	0,172105	69,60	0,0000
BB	0,00136102	1	0,00136102	0,55	0,4672
Error total	0,0469841	19	0,00247285		
Total (corr.)	3,61639	26			

Además, se realizaron pruebas Post Hoc como: prueba estadística Duncan, la cual fue contrastada con la de LSD, para determinar la mejor dosis de Hidróxido de Sodio y el mejor tiempo de agitación, para la remoción de cromo en el efluente de la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca a una confiabilidad del 95%. Se concluye que para una dosis de 7 g/L con tiempo de agitación de 45 minutos se obtuvo el mejor tratamiento.

Tabla 9: Prueba de Duncan y LSD para el peso

<i>DOSIS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
5	9	0,116256	X
6	9	0,287344	X
7	9	0,899589	X

Tabla 10: Prueba de Duncan y LSD para el tiempo de agitación

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
15 min	9	0,301878	X
30 min	9	0,424356	X
45 min	9	0,576956	X

En la Figura 4 se muestra el diagrama de Pareto Estandarizado en donde las barras que cruzan la línea de referencia influyen en la remoción de cromo, en esta ocasión la dosis y el tiempo de agitación son factores significativos en el nivel de 0.05.

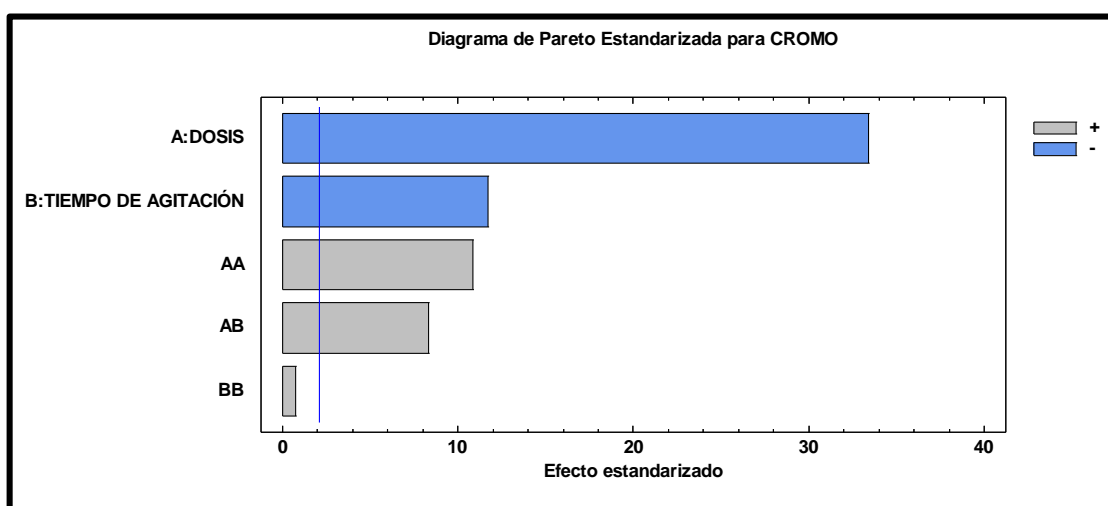


Figura 4: Diagrama de Pareto Estandarizado

#### IV. DISCUSIÓN

Agudelo, Sandra; Gutierrez, Paula (2007) en su trabajo de investigación menciona que para precipitar cromo presente en los efluentes de curtido se pueden utilizar hidróxido de sodio y óxido de magnesio como agentes precipitantes, para este trabajo de investigación se trabajó con Hidróxido de sodio a 3 diferentes dosis (5g, 6g y 7g) y 3 diferentes tiempos de agitación (15 min, 30 min y 45 min), las discusiones de los resultados se presentan a continuación:

En la Tabla 6 se puede observar las características fisicoquímicas del efluente de curtido de la curtiembre Cuenca, el cual presentó una concentración alta de cromo total que fue de 1507,59 ppm; el pH fue de 3,5 y la temperatura fue de 37° C estos valores fueron comparados con los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, establecido por el D.S N° 021-2009-VIVIENDA, y todos los parámetros evaluados sobrepasaron los Valores Máximos Admisibles. Estos valores de los parámetros confirman lo expuesto por Córdova, Hansel; Vargas, Rocio; Cesare, Mary; et.al (2014); que obtuvieron un valor de cromo de 2000 ppm; además Mendoza, Roberto (2016) en su tesis obtuvo un pH de 3,8 con una temperatura de 37° C en la etapa de curtido de la curtiembre Inversiones Harod, similar a la hallada

Para lograr obtener una adecuada remoción de cromo en el efluente de la etapa de curtido, se realizó 9 tratamientos utilizando 3 diferentes pesos de hidróxido de sodio (5, 6 y 7 g) , y tiempos de agitación (15, 30 y 45 min); en la Figura 2 se observan los porcentajes de remoción de cromo usando hidróxido de sodio donde se logró alcanzar una remoción de 99.99% con un peso 7g/L y a una agitación de 45 min, lo cual concuerda con estudios realizados por Ahuaman, Bertha y Sánchez, Cinthya (2017) que en su tesis llegó a la conclusión que utilizando el precipitante hidróxido de sodio llegó a remover el 99.9% de cromo del efluente de cromo con una dosis de 7.5 g/L, así mismo Cordova, Hansel (2014) logró obtener una remoción de hasta 100% observando que se obtenían mejores resultados en un rango de pH de 7.36 y 9,99.

Además, también se logró observar que el hidróxido de sodio logra remover cromo hasta un cierto rango de dosis, ya que con una elevada dosis de hidróxido de sodio el porcentaje de remoción es menor, esto se puede comprobar con el estudio de Anhuaman, Bertha y Sánchez, Cinthya (2017) cuyo título de tesis fue “Recuperación de Cromo del agua de curtido por precipitación con NaOH y su reactivación con ácido fórmico para el proceso de curtido a nivel piloto” primero trabajó a nivel laboratorio para determinar la mejor dosis de hidróxido de sodio con concentraciones de 2.5 a 15 g por litro; es así que con la dosis de 8.25 g logró alcanzar su máxima remoción de cromo (98.69%) y a 15g /L la remoción se redujo a 98.26%.

En la Figura 3, posterior a realizarse el tratamiento con hidróxido de sodio, se obtuvo mayor porcentaje de remoción de cromo con un tiempo de agitación de 45 minutos esto concuerda con Mendoza, Roberto (2016); en su tesis denominada “Efecto precipitante del hidróxido de sodio y óxido de magnesio en la remoción de cromo del efluente de curtido, Inversiones Harod S.A.C”, cuya conclusión fue que a mayor tiempo de agitación hay una mayor remoción de cromo con Hidróxido de Sodio en el efluente de la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca.

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con un nivel de confianza del 95%, en la Tabla 7 se observa la prueba del estadístico Shapiro-Wilk obteniendo como resultado el valor  $p = 0,00029$ ; esto confirma que los datos presentan una distribución normal, por lo tanto, se acepta la Hipótesis Nula que los datos son normales.

En la Tabla 8, se observa el análisis de varianza (ANOVA) que se realizó para observar si existían diferencias significativas entre la dosis y el tiempo de agitación de Hidróxido de Sodio sobre la remoción de cromo, se concluyó que el valor de  $p$  tiene un valor de 0,00 ( $p < 0,05$ ); por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna.

Se utilizó las pruebas de Duncan y LSD como pruebas Pos Hoc, en la Tabla 9 se muestran las pruebas en función de la dosis de Hidróxido de Sodio, se concluyó que el precipitante es más eficiente con una dosis de 7 g/L, así mismo en la Tabla 10 se muestran estas pruebas en función al tiempo de agitación y se concluyó que el

precipitante con tiempo de agitación de 45 minutos *muestra* mayor efectividad para la remoción de cromo del efluente de la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca.

En la Figura 4, se muestra el diagrama de Pareto Estandarizado, donde los factores que se encuentran sobrepasando la línea de corte tienen efecto significativo en la remoción de cromo, para este caso se muestra que la dosis y el tiempo de agitación del Hidróxido de Sodio tienen efecto significativo en la remoción de cromo.



## V. CONCLUSIONES

- La dosis y el tiempo de agitación del agente precipitante Hidróxido de Sodio si influye en la capacidad de remoción de cromo ya que tiene una capacidad de adsorción de cromo de hasta 99,9938%, dicho porcentaje de remoción se obtuvo mediante el tratamiento con 7 g/L y tiempo de agitación de 45 min.
- A mayor dosis y a mayor tiempo de agitación del precipitante Hidróxido de Sodio existe una mayor remoción de cromo total en el efluente de curtido de la curtiembre Cuenca.
- Al comparar la concentración de cromo del efluente de la etapa de curtido de la curtiembre Cuenca después de los tratamientos con Hidróxido de Sodio con los Valores Máximos Admisibles (VMA) se pudo concluir que el precipitante ayudó eficazmente a remover el cromo en un 99.99%

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar los ensayos de la etapa de curtido, para ver su efecto curtiente, con la finalidad de disminuir los insumos químicos en el proceso de curtido.
- Del mismo modo, se recomienda trabajar con el agente de precipitación de hidróxido de sodio con mayor dosis hay mayor remoción de cromo de la etapa de curtido, en el presente trabajo de investigación, se concluye que a mayor número de dosis en un tiempo predeterminado hay mayor remoción de cromo total.
- Asimismo, se recomienda utilizar otros tipos de agente de precipitación para remoción de cromo total en el proceso de curtido, por ejemplo: hidróxido de calcio, carbonato de sodio y óxido de magnesio, entre otros para la remoción de cromo.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**AGUDELO, Sandra; GUTIERREZ Paula.** Ahorro de agua y materia prima en los procesos de pelambre y curtido del cuero mediante precipitación y recirculación de aguas. [En Línea]. Colombia, Mayo 2007, vol. 74, [Consultado: Mayo 2018] Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/13430/1/927-4954-1-PB.pdf> ISSN: 2346-2183

**ANHUAMAN, Bertha; SANCHEZ, Cinthya;** Recuperación de Cromo del agua de curtido por precipitación con NaOH y su reactivación con ácido fórmico para el proceso de curtido a nivel piloto. Trabajo de titulación (Titulo de Ingeniería Ambiental). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. 2017. 58p.

**ARANDA, Erick;** Biosorción de cromo y níquel por la cáscara de la bellota de encino (*Quercus crassipes Humb & Bonpl.*). Trabajo de Mestría (Magister en Ciencias Quimicobiológicas). México D.F: Instituto Politécnico Nacional. 2010. 128p.

**ARAGÓN, Monica; ALZATE, Adriana.** Proyecto de Gestión Ambiental para el sector curtiembre en Colombia. [en línea]. Bogotá. 2004. [Consultado: mayo 2018] Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd30/sirac-cuero.pdf>

**BEJARANO, Ángel.** Producción más limpia en el subsector curtiembre. Trabajo de titulación (Titulo de Ingeniería Química). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. 2007. 206p.

**CORDOVA, Hansel; VARGAS, Rocio; et. al.** Tratamiento de las aguas residuales del proceso de curtido tradicional y alternativo que utiliza acomplejantes de cromo. *Revista Sociedad Química del Perú*, 2014.

**GONZALES, Enma.** Influencia de la concentración de hidróxido de sodio y temperatura en la extracción de  $\alpha$  queratina del residuo pelo de Inversiones Harod S.A.C. Trabajo de titulación (Titulo de Ingeniería Ambiental). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo. 2016. 61p.

**HUAI, Li; ZIFANG, Chi.** Improved recovery of chromium from tannery waste by acid reaction - alkaline in China. *Revista Scientific*, 2014. pp 185-193.

**HEREDIA, María.** Remoción de cadmio de aguas ácidas de mina utilizando un reactivo secuestrante. Trabajo de Maestría (Maestro en Ciencias). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. 2015. 156p.

**HUANCAHUIRE, Jenny.** Maximización del proceso de tratamiento caustico al turbo con diferentes concentraciones. Trabajo de Titulación (Titulo en Ingeniería Petroquímica). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. 2013. 142p.

**HUERTA, Sergio.** Precipitación. [En Línea]. México. [Consultado: Mayo 2018] Disponible en: <http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/sho/Precipitacion.pdf>

**LOPEZ, José.** Tratamiento de aguas ácidas provenientes del pad de lixiviación con NaOH-almidon; en cita minera Sipan S.A.C, durante cierre ambiental. distrito de Llapa, Cajamarca, Perú, 2011-2012. Trabajo de doctorado (Doctorado en Ciencias Ambientales). Trujillo: Universidad César Vallejo. 2013.58p.

**MENDEZ, Ramón; VIDAL, Gladys; et al.** Producción limpia en la industria de curtiembre. España: Universidad Santiago de Compostela. 2007. 403p.

**MENDOZA, Roberto.** Efecto precipitante del hidróxido de sodio y óxido de magnesio en la remoción de cromo del efluente de curtido, Inversiones Harod S.A.C. Trabajo de titulación (Titulo de Ingeniería Ambiental). Trujillo: Universidad César Vallejo. 2016.55p.

**MERA,** Gestión Ambiental para minimizar la contaminación generada por la industria de curtiembre en el distrito de El Porvenir. Tesis (Ingeniero Agroindustrial). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. 2010.120 p.

**MOZO, Ronald.** Determinación del nivel de cromo hexavalente en los pozos tubulares y efluentes de drenaje de las lagunas de oxidación, del distrito de Moche, en el periodo enero - agosto del 2010. Trabajo de Maestría (Maestro en Ciencias). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. 2012. 57p.

**ORTIZ, Juan.** Recuperación y reutilización de cromo de las aguas residuales del proceso de curtido de curtiembres de San Benito (Bogotá), mediante un proceso sostenible y viable tecnológicamente. Trabajo de Maestría (Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente). Bogotá: Universidad de Manizales. 2013. 123p.

**PINEDO, Rosy.** Impactos ambientales generados por la curtiembre D-Leyse, en el distrito de El Porvenir, provincia Trujillo, Región La Libertad. Trabajo de Investigación (Informe de Práctica Pre-Profesional). Tingo María: Universidad Agraria de la Selva. 2012. 67p.

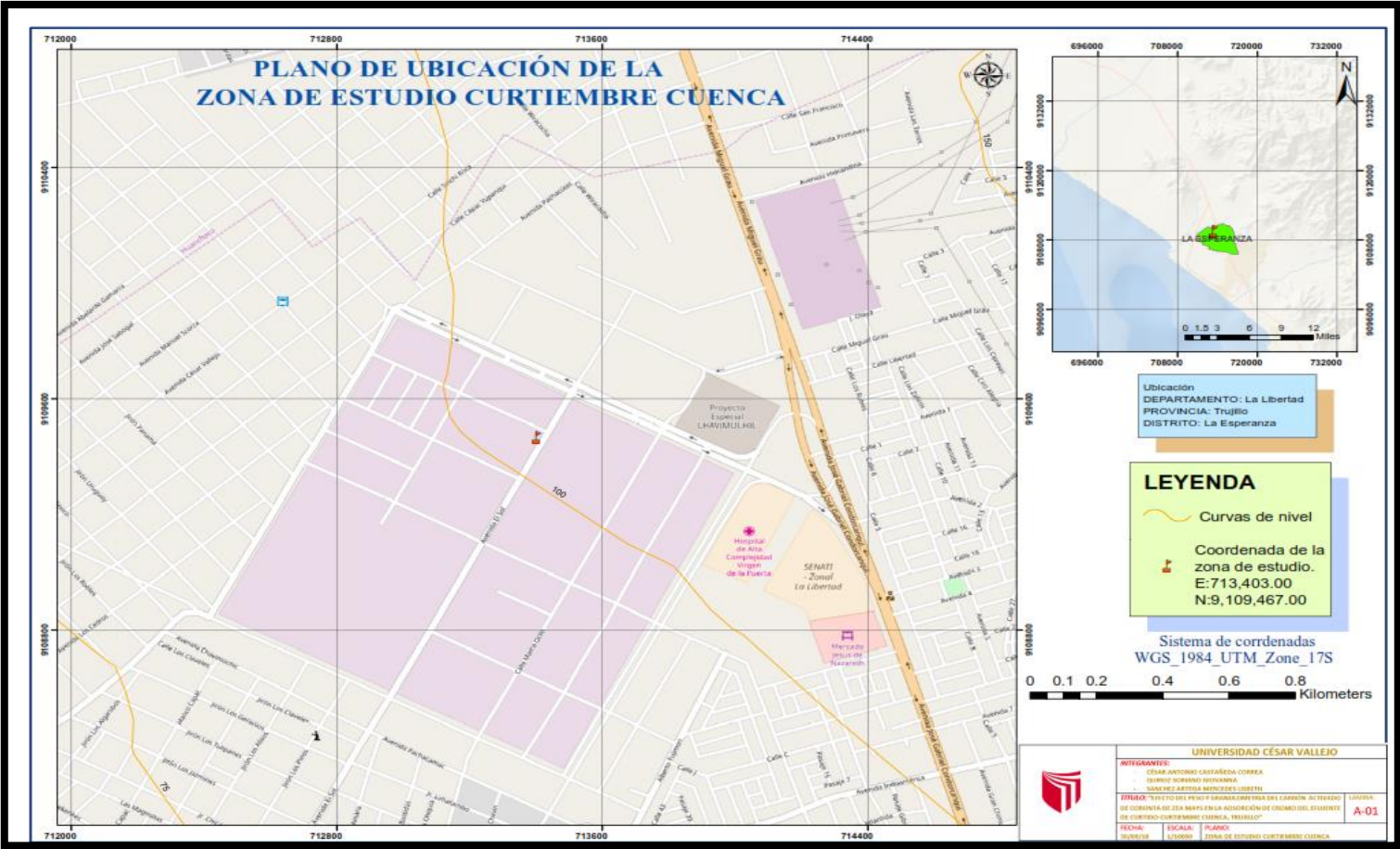
**PINILLA, Daniel.** Precipitación de cromo y reutilización del agua de vertimientos de curtiembres de San Benito (Bogotá). Trabajo de titulación (Titulo de Ingeniería Ambiental). Bogotá: Universidad Santo Tomás. 2014. 60p.

**REY DE CASTRO, Ana.** Recuperación de cromo (III) de efluentes de curtido para control ambiental y optimización del proceso productivo. Trabajo de titulación (Titulo de Licenciado en Química). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2013.103p.

**SILVA, José.** Rol de las ecotecnologías, tecnologías limpias y de tratamiento, en el control de la contaminación generada por las curtiembres de Trujillo-Perú. Trabajo de Doctorado (Doctorado en Ciencias e Ingeniería). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. 2011. 111p.

ANEXOS

ANEXO 1. Ubicación de ubicación



## ANEXO 2. Resultados de remoción de cromo

*Tabla 11: Concentración de Cromo (ppm) después del tratamiento con precipitante Hidróxido de Sodio*

DOSIS (g/l)	TIEMPO (min)	Concentración de Cromo (g/L)			
		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	PROMEDIO
5	15	1,1435	1,2232	1,1197	1,1621
	30	0,9887	0,8279	0,8755	0,8974
	45	0,6849	0,542	0,6909	0,6393
6	15	0,4587	0,3986	0,4364	0,4312
	30	0,2204	0,3395	0,2144	0,2581
	45	0,1846	0,1608	0,1727	0,1727
7	15	0,137	0,1429	0,1326	0,1375
	30	0,1123	0,1251	0,1154	0,1176
	45	0,0953	0,1013	0,0844	0,0937

## ANEXO 3. Resultados de porcentaje de remoción de cromo

*Tabla 12: Adsorción de Cromo (%) después del tratamiento con precipitante Hidróxido de Sodio*

DOSIS (g/l)	TIEMPO (min)	Porcentaje de remoción Cromo (%)			
		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	PROMEDIO
5	15	99,9242	99,9189	99,9257	99,9229
	30	99,9344	99,9451	99,9419	99,9405
	45	99,9546	99,9640	99,9542	99,9576
6	15	99,9696	99,9736	99,9711	99,9714
	30	99,9854	99,9775	99,9858	99,9829
	45	99,9878	99,9893	99,9885	99,9885
7	15	99,9909	99,9905	99,9912	99,9909
	30	99,9926	99,9917	99,9923	99,9922
	45	99,9937	99,9933	99,9944	99,9938

## ANEXO 4

*Tabla 13: Valores Máximos Admisibles*

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	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 <sup>6</sup>	0,5
<b>CROMO TOTAL</b>	<b>mg/L</b>	<b>Cr</b>	<b>10</b>
MANGANESO	mg/L	Mn	4
MERCURIO	mg/L	Hg	0,02
NIQUEL	mg/L	Ni	4
PLOMO	mg/L	Pb	0,5
SULFATOS	mg/L	So <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	500
SULFUROS	mg/L	S <sup>-2</sup>	5
ZINC	mg/L	Zn	10
NITRÉGENO AMONIACAL	mg/L	NH <sup>+4</sup>	80
pH		pH	6-9
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L/h	S.S	8,5
TEMPERATURA	°C	T	<35



## ANEXO 5



*Figura 4: Tratamientos para la solución de hidróxido de sodio*

## ANEXO 5



*Figura 5: Lectura en el espectrofotómetro*

## ANEXO 6



Figura 6: Reactivos para la remoción de cromo

## ANEXO 7



Figura 7: tratamientos de muestra de la etapa de curtido