



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Remoción de arsénico en aguas subterráneas del distrito de Mórrope utilizando cloruro  
férico y cal

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA:**

Wendy Carolina, Herrera Santur (ORCID: 0000-0001-5487-6401)

**ASESOR:**

Dr. Monteza Arbulu, Cesar Augusto (ORCID: 0000-0003-2052-6707)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**Chiclayo – Perú**

**2020**

## **Dedicatoria**

Dedico mi tesis a Dios por darme sabiduría, inteligencia, por estar en cada momento cuidándome, guiándome cada paso y dándome la fortaleza para nunca dejarme vencer que gracias a él he logrado concluir mi carrera.

A mí padre Alejandro Herrera por ser mi mayor motivación, mi ejemplo a seguir, por sus palabras de motivación, por su lucha constante y sacrificios para nuestra familia.

A mi madre Evelin Santur por su amor, por su tiempo, por ser el pilar fundamental que siempre estuvo a mi lado brindándome su apoyo, confianza y consejos en todo momento para hacer de mí una mejor persona.

A mis hermanos Alejandra y Mauricio por ser mi razón de levantarme cada día para esforzarme, y luchar por mis objetivos.

A mis docentes por tomarse el arduo trabajo de transmitirme los diferentes conocimientos, por las enseñanzas y así poder formarnos profesionalmente, por su dedicación para la elaboración de esta tesis.

*Wendy Carolina.*

## **Agradecimiento**

Al Ingeniero Químico Cesar Augusto Monteza Arbulú por todo su valioso conocimiento durante la realización de esta tesis, por ser quién me ha guiado en todo este proceso de aprendizaje, por haberme brindado asesoramiento hasta el resultado final de mi tesis que obtuvo resultados excelentes, todo este trabajo logrado se lo debo a usted. Dios los bendiga siempre, éxitos.

Al Ingeniera Bertha Gallo Gallo por toda la consideración, por su brindarme su apoyo y confianza durante la etapa de desarrollo profesional y en la orientación del proceso de la elaboración de mi tesis.

A la Ingeniera Ambiental Karolina Quiroz Incio encargada de laboratorio de Biotecnología y Microbiología de la Universidad César Vallejo, por toda la paciencia y la colaboración constante para poder lograr la realización de mi tesis.

***Wendy Carolina.***

## Página del jurado



### ACTA DE SUSTENTACIÓN

Chiclayo, 20 de julio de 2020

Siendo las 18:00 horas del día 16 del mes julio de 2020, el jurado evaluador se reunió para presenciar el acto de sustentación de la Tesis titulada:

"Remoción de arsénico en aguas subterráneas del distrito de Mórrope utilizando cloruro férrico y cal"

Presentado por la autora HERRERA SANTUR WENDY CAROLINA egresada de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería ambiental.

- **Presidenta** : Mgtr. Betty Esperanza Flores Mino
- **Secretario** : Mgtr. José Modesto Vásquez Vásquez
- **Vocal** : Dr. José Elías Ponce Ayala

Concluido el acto de sustentación y defensa de la Tesis, el jurado luego de la deliberación sobre la sustentación, dictaminó:

Autora	Dictamen
Herrera Santur Wendy Carolina	Aprobado por excelencia

Se firma la presente para dejar constancia de lo mencionado

  
Mgtr. Betty Esperanza Flores Mino  
**PRESIDENTA**

  
Mgtr. José Modesto Vásquez Vásquez  
**SECRETARIO**

  
Dr. José Elías Ponce Ayala  
**VOCAL**

## Declaratoria de autenticidad



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL AUTOR

Yo, Herrera Santur Wendy Carolina, alumna de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo (filial Chiclayo), declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulada "Remoción de arsénico en aguas subterráneas del distrito de Mórrope utilizando cloruro férrico y cal", son:

1. De mi autoría.
2. La presente Tesis no ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
3. La Tesis no ha sido publicado ni presentado anteriormente.
4. Los resultados presentados en la Tesis son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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.

Chiclayo, 25 de agosto de 2020.

Herrera Santur Wendy Carolina

DNI: 72740886

## Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Índice.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>11</b>
2.1. Diseño de investigación.....	11
2.2. Variables, operacionalización.....	11
2.3. Población, muestra y muestreo.....	11
2.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	12
2.5. Procedimiento.....	14
2.6. Método de análisis de datos.....	17
2.7. Aspectos éticos.....	17
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>18</b>
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>21</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>22</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>23</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>24</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>28</b>
Acta de aprobación de originalidad de tesis.....	37
Reporte de turnitin.....	38
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional.....	39
Autorización de la versión final de trabajo de investigación.....	40

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Concentraciones de las dosis de FeCl<sub>3</sub> y Cal</i> .....	15
<b>Tabla 2.</b> <i>Concentración de As a pH 5</i> .....	18
<b>Tabla 3.</b> <i>Concentración de As a pH 6</i> .....	18
<b>Tabla 4.</b> <i>Concentración de As a pH 7</i> .....	19
<b>Tabla 5.</b> <i>Concentración de As a pH 8</i> .....	19
<b>Tabla 6.</b> <i>Concentración de As a pH: 6, 7,8</i> .....	20
<b>Tabla 7.</b> <i>Concentración de As a pH: 5, 6, 7 y 8 a diferentes dosis de FeCl<sub>3</sub> y cal</i> .....	20

|

## Índice de figuras

<i>Figura 1. Ubicación de la muestra .....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 2. Flujograma del proceso del tratamiento del agua utilizando cloruro férrico y cal .....</i>	<i>16</i>



## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia de la remoción del arsénico mediante cloruro férrico y cal, los coagulantes al momento de ser agregados al agua tienen la capacidad de desestabilizar partículas coloidales. Los productos químicos son considerados como tratamientos eficientes para la remoción del arsénico presente en aguas subterráneas. La muestra de agua se obtuvo del pozo del centro poblado menor Cruz del Médano – Mórrope, presentó una concentración de 0.10 mg/l. Este trabajo se realizó a nivel de laboratorio con procesos de coagulación/floculación donde se propusieron 15 ensayos, en la cual consistía oxidar el As (III) a As (V) en 4 litros de agua con 2 gotas de hipoclorito de sodio como proponía la biografía revisada. Se tomaron dosis de cloruro férrico de 300 mg/l, 200 mg/l y 100 mg/l y la cal suficiente para llegar a los pH establecidos de 5; 6; 7 y 8. Se agregó simultáneamente bajo mezcla rápida y lenta, las condiciones de mezclas fueron (1 minuto 100 rpm y 10 minutos 30 rpm). Se determinó la concentración final con el método de Gutzeit – Arsenic test MQuant<sup>TM</sup>, donde se obtuvieron resultados de remoción 0.00 mg/l; demostrando que este tipo de tratamiento son eficientes para la remoción de metales pesados.

**Palabras claves:** Remoción, arsénico, cloruro férrico y cal, tratamientos, concentración.

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the efficiency of the removal of arsenic using ferric chloride and lime. When the coagulants are added to the water, they can destabilize colloidal particles. The chemicals are considered as efficient treatments for the removal of the arsenic in underground water. The water sample was obtained from the well of Cruz Del Médano, Mórrope. It presented a concentration of 0.10 mg/l. This research was carried out at the laboratory level with coagulation/flocculation processes where 15 trials were proposed. They consisted of oxidizing As (III) to As (V) in 4 liters of water with 2 drops of sodium hypochlorite as the bibliography. Doses of 300 mg/l, 200 mg/l and 100 mg/l were taken from ferric chloride and lime, which were enough to obtain pH of 5; 6; 7 and 8. It was added simultaneously by fast and slow mixing. The mixing conditions were (1 minute 100 rpm, and 10 minutes 30 rpm). The final concentration was determined by the method of Gutzeit - Arsenic test MQuant<sup>TM</sup>. The results obtained were of 0.00 mg/l of removal, which demonstrate that this type of treatment is efficient for the heavy metal removal.

**Keywords:** Removal, arsenic, ferric chloride and cal, treatments, concentration.

## Acta de aprobación de originalidad de tesis



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Yo, **ING. BETTY ESPERANZA FLORES MINO** docente de la Facultad de **INGENIERÍA Y ARQUITECTURA** de la Escuela Académico Profesional de **INGENIERÍA AMBIENTAL** de la Universidad César Vallejo Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada

**“Remoción de arsénico en aguas subterráneas del distrito de Mórrope utilizando cloruro férrico y cal”**

De la estudiante **HERRERA SANTUR WENDY CAROLINA**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **16%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 10 de julio 2020

Mgtr. Betty Esperanza Flores Mino  
DNI: 17435779