



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Aplicación de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) para la adsorción de plomo y hierro en aguas provenientes del río Santa en la zona de Recuay, Ancash - 2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

**AUTOR:**

Lenin Inquil Ayquipa (ORCID: 0000-0002-5231-6352)

**ASESOR:**

Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores (ORCID: 0000-0003-2526-112X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Calidad y gestión de los recursos naturales

**LIMA – PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Dedico la presente tesis a mi madre, por el apoyo incondicional brindado en todo momento y por ser mi ejemplo a seguir.

## **AGRADECIMIENTO**

Doy gracias a Dios por permitirme estar al lado de mi familia y culminar esta etapa importante, agradezco a mis padres por el apoyo incondicional, también agradezco a mis maestros por las enseñanzas brindadas y al Ing. Jhonny Valverde Flores.

## ÍNDICE

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice .....	iv
Índice de figuras .....	v
Índice de tablas .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Realidad problemática .....	2
1.2 Trabajos previos .....	3
1.3 Teorías relacionadas al tema .....	8
1.4 Formulación del problema .....	20
1.5 Justificación del estudio .....	20
1.6 Hipótesis .....	21
1.7 Objetivos .....	21
<b>II. MÉTODO .....</b>	<b>22</b>
2.1 Tipo y diseño de investigación.....	22
2.2 Operacionalización de variables.....	23
2.3 Población, muestra y muestreo.....	24
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	25
2.5 Procedimiento.....	27
2.6 Métodos de análisis de datos .....	28
2.7 Aspectos éticos .....	28
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>32</b>
<b>IV. DISCUSIÓN .....</b>	<b>48</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>50</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>51</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Principales tipos de tensión durante la molienda .....	10
Figura 2: Rango de las frecuencias del sonido .....	14
Figura 3: Distritos de Ticapampa y Recuay, Provincia de Recuay – Ancash.....	24
Figura 4: Medición de parámetros de campo .....	29
Figura 5: Preservación de muestras .....	29
Figura 6: Diagrama de la síntesis de dióxido de titanio con etanol absoluto.....	35
Figura 7: Diagrama de la síntesis de dióxido de titanio por ultrasonido.....	36
Figura 8: Muestra 1 de nanopartículas en 60 minutos de ultrasonido .....	37
Figura 9: Muestra 2 de nanopartículas en 60 minutos de ultrasonido .....	37
Figura 10: Muestra 1 de nanopartículas en 120 minutos de ultrasonido .....	38
Figura 11: Muestra 2 de nanopartículas en 120 minutos de ultrasonido .....	38
Figura 12: Muestra 1 de nanopartículas en 180 minutos de ultrasonido .....	39
Figura 13: Muestra 2 de nanopartículas en 180 minutos de ultrasonido .....	39
Figura 14: Tamaño de nanopartículas respecto al tiempo de ultrasonido .....	40
Figura 15: Diagrama de adsorción de plomo y hierro con dióxido de titanio .....	41
Figura 16: Agitación constante de las nanopartículas de $TiO_2$ y el agua contaminada con plomo y hierro .....	42
Figura 17: Adsorción de los iones de plomo y hierro con las nanopartículas de $TiO_2$ .....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Aplicaciones nanotecnológicas .....	9
Tabla 2: Condiciones experimentales de nanotubos de carbón con otros complementos .....	16
Tabla 3: Estándares de calidad ambiental para agua .....	18
Tabla 4: Parámetros recomendados para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales .....	19
Tabla 5: Operacionalización de variables .....	23
Tabla 6: Etapas del estudio .....	27
Tabla 7: Etapas para el muestreo .....	28
Tabla 8: Registro de datos de campo, punto de muestreo Recuay .....	30
Tabla 9: Registro de datos de campos, punto de muestreo Ticapampa .....	31
Tabla 10: Análisis fisicoquímicos, punto de muestreo Recuay .....	32
Tabla 11: Análisis de metales totales, punto de muestreo Recuay .....	33
Tabla 12: Análisis de metales totales, punto de muestreo Ticapampa .....	34
Tabla 13: Tamaño de nanopartículas de dióxido de titanio en diferentes tiempos de ultrasonido .....	40
Tabla 14: Adsorción de plomo en distintos tiempos de tratamiento .....	43
Tabla 15: Eficiencia de la adsorción en distintos tiempos de tratamiento .....	43
Tabla 16: Adsorción de plomo a diferentes concentraciones de dióxido de titanio .....	44
Tabla 17: Eficiencia de la adsorción de plomo .....	45
Tabla 18: Adsorción de hierro a diferentes concentraciones de dióxido de titanio .....	46
Tabla 19: Eficiencia de la adsorción de hierro .....	47

## RESUMEN

La presente investigación estudia la adsorción de plomo y hierro en aguas provenientes del Río Santa, jurisdicción de Recuay, Ancash; de esta manera se busca reducir la concentración de metales, cuya principal fuente de contaminación son los pasivos ambientales mineros existentes en la zona.

Los objetivos de la presente tesis fueron adsorber los metales en aguas provenientes del Río Santa mediante la aplicación de nanopartículas de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), establecer la concentración necesaria de nanopartículas y el tiempo de tratamiento para la adsorción de plomo y hierro.

La población de estudio son las aguas del Río Santa; luego de realizar el análisis de metales totales se obtuvo que la concentración inicial de plomo fue 2.361mg/L y la concentración inicial de hierro 31.86mg/L; superando los estándares de calidad ambiental para agua (D.S. N° 004-2017-MINAM), luego se realizó la síntesis de nanopartículas de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) por medio de ultrasonido, y por último la adsorción de los iones metálicos presentes en estas aguas mediante las nanopartículas de dióxido de titanio.

Luego de realizar el tratamiento con las nanopartículas de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) para la adsorción de iones metálicos, se realizó el análisis final de hierro obteniendo una concentración de 2.33mg/L, logrando una adsorción máxima de 92.69%, utilizando 600mg de nanopartículas de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) y un tiempo de tratamiento de 60 minutos; en el análisis final de la concentración de plomo se obtuvo como resultado 0.482mg/L, lo que representa una adsorción máxima de 79.58%, utilizando 600mg de nanopartículas de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) en 60 minutos de tratamiento.

**Palabras claves:** Nanopartículas, dióxido de titanio, adsorción, plomo, hierro.

## ABSTRACT

The present investigation develops the adsorption of lead and iron in Waters coming from the Santa River, Recuay jurisdiction, Ancash; In this way, the aim is to reduce the concentration of metals, whose main source of pollution are the environmental mining liabilities existing in the area.

The objectives of this tesis were to adsorb the metals in waters from the Santa River through the application of titanium dioxide nanoparticles ( $\text{TiO}_2$ ), establish the necessary concentration of nanoparticles and the treatment time for the adsorption of lead and iron.

The study population is the waters of the Santa River; after performing the total metal analysis, it was evidenced that the initial concentration of lead was 2.361mg/L and the initial iron concentration was 31.86mg/L; exceeding the environmental quality standards for water (D.S. N° 004-2017-MINAM), then the synthesis of titanium dioxide nanoparticles ( $\text{TiO}_2$ ) was carried out by means of ultrasound, and finally the adsorption of metal ions present in these waters through titanium dioxide nanoparticles.

After carrying out the treatment with titanium dioxide nanoparticles ( $\text{TiO}_2$ ) for the adsorption of metal ions, the final iron analysis was carried out obtaining a concentration of 2.33mg/L, achieving a maximum adsorption of 92.69%, using 600mg of titanium dioxide nanoparticles ( $\text{TiO}_2$ ) and a 60 minutes treatment time; in the final analysis of the lead concentration, the result was 0.482mg/L, which represents an efficiency of 79.58% in the adsorption of lead, using 600mg of titanium dioxide nanoparticles ( $\text{TiO}_2$ ) in 60 minutes of treatment.

**Keywords:** nanoparticles, titanium dioxide, adsorption, lead, iron.



Yo, **Jhonny Wilfredo Valverde Flores** docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, Lima Norte (precisar filial o sede), revisor(a) de la tesis titulada

**“Aplicación de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) para la adsorción de plomo y hierro en aguas provenientes del río Santa en la zona de Recuay, Ancash - 2019”**

del estudiante **Lenin Inquil Ayquipa**

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 29 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) 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.

Lima, 19 de Octubre de 2021



.....  
Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores

DNI: 18120253

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------