



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

---

REMOCIÓN DE IONES DE  $Al^{+3}$ ,  $Cu^{+2}$  y  $Pb^{+2}$  DE SOLUCIONES ACUOSAS MEDIANTE EL  
PROCESO DE ADSORCIÓN APLICANDO UN FILTRO DE ZEOLITAS NATURALES  
CUSCO-2021

---

LINEA DE INVESTIGACION: Tecnologías Limpias

Presentado por:

Bach. Rosa María Guzmán Mora

Bach. Maeva Laura Valverde Franco

Para optar al Título Profesional de:

Ingeniero Ambiental

Asesor:

Mgr. Karen Melisa Garces Porras

CUSCO – PERÚ

2022



## Resumen

La presente investigación se enmarcó en el estudio de la capacidad de adsorción de los iones de  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Cu}^{+2}$  y  $\text{Pb}^{+2}$ , con zeolitas naturales, mediante la identificación de los parámetros y condiciones requeridos en el proceso de adsorción. La investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia de remoción de los iones de  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Cu}^{+2}$  y  $\text{Pb}^{+2}$  en un filtro de zeolitas naturales. Se estableció un plan experimental compuesto por las etapas de caracterización fisicoquímica de la zeolita, análisis del efecto del pH en el proceso de adsorción, evaluación de su capacidad de adsorción, determinación de la cinética de adsorción, y el diseño y construcción del filtro de zeolitas naturales. La investigación obtuvo como resultados: Las zeolitas naturales de acuerdo con los resultados de análisis de Difracción de Rayos X (DRX) están compuestas por montmorillonita, cristobalita, clinoptilolita, plagioclasa y cuarzo; poseen un área superficial de  $26.87 \text{ m}^2/\text{g}$ ; un volumen de poro de  $0.36 \text{ ml/g}$  y densidad aparente y real de  $0.70 \text{ g/ml}$  y  $1.82 \text{ g/ml}$ , respectivamente. Se identificó que las zeolitas naturales presentan mayor capacidad de remoción de los iones de  $\text{Pb}^{+2}$  y  $\text{Cu}^{+2}$  a un  $\text{pH} = 4$  y a un  $\text{pH} = 3.5$  para el  $\text{Al}^{+3}$ . Se determinó que poseen una capacidad de adsorción de  $1.54 \text{ mg Al}^{+3}/\text{g}$  de zeolita,  $3.19 \text{ mg Cu}^{+2}/\text{g}$  de zeolita y  $7.30 \text{ mg Pb}^{+2}/\text{g}$  de zeolita y presentan mejor ajuste con el modelo de la isoterma de Langmuir con valores de  $R^2$ , de  $97.6$  para  $\text{Pb}^{+2}$ ,  $99.58$  para  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $98.39$  para  $\text{Al}^{+3}$ . La cinética del proceso de adsorción de las zeolitas naturales se ajustó al modelo de pseudo segundo orden con una constante cinética de  $0.090 \text{ g/mg} \cdot \text{min}$ . El diseño del filtro de zeolitas fue realizado en base a los datos obtenidos del ajuste experimental. Se concluye que, fue posible remover los iones  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Cu}^{+2}$  y  $\text{Pb}^{+2}$ , de las soluciones acuosas mediante el proceso de adsorción aplicando un filtro de zeolitas naturales diseñado con eficiencias superiores al  $98\%$ .

**Palabras clave:** *Capacidad de adsorción, zeolitas naturales, remoción, filtro de zeolitas naturales.*



### Abstract

This research is part of the study of the adsorption capacity of ions of  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Cu}^{+2}$  and  $\text{Pb}^{+2}$ , with natural zeolites, by identifying the parameters and conditions required in the adsorption process. The aim of the research was to determine the removal efficiency of  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Cu}^{+2}$  and  $\text{Pb}^{+2}$  ions in a natural zeolite filter. An experimental plan was established consisting of the phases of physicochemical characterization of zeolite, analysis of the effect of pH on the adsorption process, assessment of its adsorption capacity, determination of adsorption kinetics, and design and construction of the natural zeolite filter. The results of the research were: Natural zeolites according to X-ray diffraction (XRD) analysis results are composed of montmorillonite, cristobalite, clinoptilolite, plagioclase and quartz; they have a surface area of  $26.87 \text{ m}^2/\text{g}$ ; a pore volume of  $0.36 \text{ ml/g}$  and apparent and real density  $0.70 \text{ g/ml}$  and  $1.82 \text{ g/ml}$  respectively. Natural zeolites have a greater capacity to remove  $\text{Pb}^{+2}$  and  $\text{Cu}^{+2}$  ions at  $\text{pH} = 4$ , and at  $\text{pH} = 3.5$  for  $\text{Al}^{+3}$ . They were determined to have an adsorption capacity of  $1.54 \text{ mg Al}^{+3}/\text{g zeolite}$ ,  $3.19 \text{ mg Cu}^{+2}/\text{g zeolite}$  and  $7.30 \text{ mg Pb}^{+2}/\text{g zeolite}$  and to have a better fit with the Langmuir isotherm model with  $R^2$  values of  $97.6$  for  $\text{Pb}^{+2}$ ,  $99.58$  for  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $98.39$  for  $\text{Al}^{+3}$ . The kinetics of the adsorption process of natural zeolites conformed to the pseudo-second order model with a kinetic constant of  $0.090 \text{ g/mg*min}$ . The design of the zeolite filter was based on the data obtained from the experimental fit. It is concluded that it was possible to remove  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Cu}^{+2}$  and  $\text{Pb}^{+2}$  ions from the aqueous solutions through the adsorption process by applying a natural zeolite filter designed with efficiencies greater than  $98\%$ .

**Keywords:** *Adsorption capacity, natural zeolites, removal, natural zeolite filter.*