



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO**



FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUÍMICA

**PROCESO DE ABLANDAMIENTO DEL AGUA DEL RIO “LOS MOLINOS” POR EL
METODO CAL-SOSA EN CALIENTE**

Tesis presentado por:

Bach. MARÍA ISABEL CRUZ MAYTA

ASESORA: *Dra. AMANDA MALDONADO FARFAN*

Para optar al título profesional de Ingeniero Químico

CUSCO – PERU

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se estudió la remoción de la dureza del agua del río "Los Molinos" ubicado en el distrito de Cachimayo-Anta, utilizando el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) y carbonato de sodio (Na_2CO_3)

El hidróxido de calcio se preparó a partir de la Cal (CaO), en una concentración de 2.0 g/L.

En el proceso de remoción de la dureza se estudiaron las variables independientes: dosis de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dosis de Na_2CO_3 y velocidad de agitación, y como variables respuesta el porcentaje de remoción de dureza total (%DT) y porcentaje de remoción de dureza permanente(%DP), con agitador y control de temperatura.

Se determinaron los parámetros más adecuados para la remoción de la dureza total y permanente, siendo estos: 0.16 g/L de dosis de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 0.8 g/L de dosis Na_2CO_3 y 70 rpm para velocidad de agitación, obteniendo una concentración final de dureza total de 58.5 mg/L CaCO_3 y 39 mg/L CaCO_3 de dureza permanente, lográndose un porcentaje de remoción de dureza total de 90.91% y 93.33% de dureza permanente.

Se determinó mediante análisis estadístico, la significancia de las variables, siendo para la dureza total la dosis de carbonato de sodio (sosa) la única variable significativa.

Así mismo se planteó el modelo matemático dentro del rango de estudio de dosis, que representa las experiencias y que relaciona la variable indicada respecto al porcentaje de remoción de dureza total.

$$\% \text{DT} = 35.97 + 46.20 * \text{Sosa}$$

En el rango de estudio de Sosa: 0.2 a 0.8 g/L

Se determinó la significancia de las variables para la dureza permanente, siendo las variables significativas la dosis de hidróxido de calcio (Cal), la dosis de carbonato de sodio (sosa) y la interacción hidróxido de calcio y carbonato de sodio (cal-sosa).

Así mismo se planteó el modelo matemático que representa las experiencias y que relaciona la variable indicada respecto al porcentaje de remoción de dureza permanente

$$\% \text{DP} = 57.4 + 2.2 * \text{Sosa} + 429.1 * \text{Ca}(\text{OH})_2 * \text{Sosa}$$

En el rango de estudio de Sosa: 0.2 a 0.8 g/L y $\text{Ca}(\text{OH})_2$: 0.08 a 0.16 g/L

Se realizó el estudio de la cinética de remoción comprobando que los datos experimentales se ajustan a una ecuación de segundo orden, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.905$; y

$$k_A = 0.0057 \text{ L mol}^{-1} \text{ min}^{-1}$$