



Universidad de Concepción  
Dirección de Postgrado  
Facultad de Ingeniería - Programa de Magíster en Ciencias de la Ingeniería con  
Mención en Ingeniería Civil

## **Evaluación del ensuciamiento en la nanofiltración de drenaje ácido minero**



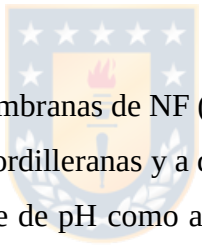
Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería con  
Mención en Ingeniería Civil

JAVIER ANDRÉS ANDALAFT SENOCIAÍN  
CONCEPCIÓN-CHILE  
2017

Profesor Guía: Alex Schwarz Kusch  
Dpto. de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería  
Universidad de Concepción

## RESUMEN

El drenaje ácido minero (DAM) es el principal problema de contaminación ambiental asociado a la industria minera. Es el resultado de la interacción entre el ambiente y los minerales sulfurados presentes en las rocas. Se caracteriza por poseer elevadas concentraciones de sulfato, metales disueltos y acidez. Una de las alternativas más prometedoras para su mitigación es el tratamiento mediante membranas de nanofiltración (NF). A diferencia de tratamientos convencionales, su fácil operación resulta en aguas de alta calidad, no genera grandes cantidades de lodos ni requiere la costosa adición de productos químicos. Si bien la aplicación de NF para tratamiento de DAM ha sido recientemente estudiada, la reducida literatura no incorpora suficientes modelos mecanísticos que contribuyan a estudiar el ensuciamiento para proponer medidas de pretratamiento y optimizar la operación. La investigación tiene por objetivo evaluar el efecto de variables como la presión, pH, la temperatura y el tipo de membrana sobre el ensuciamiento utilizando un modelo semi-empírico y herramientas analíticas.



Se trató una muestra de DAM con membranas de NF (NF90 y NF270) a tres temperaturas (6, 15 y 25 °C) para simular las condiciones cordilleranas y a dos pH diferentes (original de 3.5 y ajustado de 3.0) con el fin de estudiar el ajuste de pH como alternativa de pretratamiento. Los resultados indican que el modelo semi-empírico Spiegler-Kedem (SK) es clave para evaluar y entender el ensuciamiento de membranas de NF, permitiendo diferenciar entre efectos osmóticos y de ensuciamiento sobre el flujo de permeado. El aumento de temperatura reduce el efecto de polarización de concentraciones incrementando la remoción en ambas membranas. Si bien en el corto plazo el ajuste de pH no resulta ser una alternativa efectiva para limitar el ensuciamiento, las proyecciones de largo plazo avalan esta estrategia de pretratamiento para reducir la potencial precipitación de aluminio a la entrada de un sistema industrial de NF. Por su parte, el yeso sería el principal ensuciante a la salida de este sistema y podría ser controlado con el uso de anti-incrustantes. Por último, se corrobora la idoneidad de la NF de DAM, en particular para la membrana NF270.