



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE DURANGO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

“Electrodialisis aplicada a la remoción de iones de hierro en un efluente sintético”

TESIS

Como parte de los requisitos para obtener el grado de

MAESTRO EN SISTEMAS AMBIENTALES

Presenta

Maximiliano Arreola Castro

Victoria de Durango, Dgo.

Enero, 2021



“Electrodiálisis aplicada a la remoción de iones de hierro en un efluente sintético”

Por

Maximiliano Arreola Castro

COMITÉ TUTORIAL

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Jaime Cristóbal Rojas Montes

CO-DIRECTOR

Dr. Roberto Pérez Garibay

ASESORES

M.I. María Dolores Josefina Rodríguez Rosales

Dr. Víctor Jesús Martínez Gómez



"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

Victoria de Durango, Dgo., a **14 / Enero / 2021.**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
DEPI / C / 007 / 21.

ASUNTO: Autorización de Impresión de Tesis de Maestría.

C. MAXIMILIANO ARREOLA CASTRO
No. DE CONTROL G10040625
PRESENTE.

De acuerdo al reglamento en vigor y tomando en cuenta el dictamen emitido por el jurado que le fue asignado para la revisión de su trabajo de tesis para obtener el **Grado de Maestro en Sistemas Ambientales**, esta División de Estudios de Posgrado e Investigación le autoriza la impresión del mismo, cuyo título es:

"Electrodialisis aplicada a la remoción de iones de hierro en un efluente sintético"

Sin otro particular de momento, quedo de Usted.

ATENTAMENTE.

"La Técnica al Servicio de la Patria"

DRA. LUZ ARACELI OCHOA MARTÍNEZ
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN



LAOM'ammc.





"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

Victoria de Durango, Dgo., a **14 / Enero / 2021.**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
DEPI / C / 006 / 21.

ASUNTO: Autorización de Tema de Tesis de Maestría.

C. MAXIMILIANO ARREOLA CASTRO
No. DE CONTROL G10040625
P R E S E N T E .

Con base en el Reglamento en vigor y teniendo en cuenta el dictamen emitido por el Jurado que le fue asignado, se le autoriza a desarrollar el tema de tesis para obtener el **Grado de Maestro en Sistemas Ambientales** cuyo título es:

"Electrodiálisis aplicada a la remoción de iones de hierro en un efluente sintético"

CONTENIDO:

CAPÍTULO I.	INTRODUCCIÓN
CAPÍTULO II.	MARCO TEÓRICO
CAPÍTULO III.	MATERIALES Y MÉTODOS
CAPÍTULO IV.	RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN
CAPÍTULO V.	CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Sin otro asunto en particular, quedo de Usted.

A T E N T A M E N T E .

"La Técnica al Servicios de la Patria"

DRA. LUZ ARACELI OCHOA MARTÍNEZ
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



LAOM'ammc.



Resumen

El hierro es uno de los principales metales producidos por la industria minera en México, actividad que a pesar de su gran importancia para el país, también es responsable actualmente de un gran consumo de agua y de la generación de efluentes con altas concentraciones de diferentes compuestos. Debido a esto, resulta necesario dar un tratamiento al agua residual para disminuir riesgos ambientales, a la salud humana y para obtener agua que pueda reutilizarse. En este trabajo se plantea la electrodiálisis como un proceso que, por sus características, permite remover iones metálicos de hierro en una solución mediante el uso de una membrana de intercambio catiónico. Para esto, es necesario conocer las mejores condiciones de densidad de corriente aplicada en el sistema, pH y concentración, así como la influencia de estas variables en la remoción de hierro en una solución análoga en concentración a las encontradas en el procesamiento de minerales de este metal. Las pruebas de electrodiálisis se ejecutaron en una celda particionada en dos compartimentos con una membrana de intercambio catiónico, para posteriormente determinar su concentración mediante análisis químico. A partir de los datos obtenidos se calcularon porcentajes de remoción, cantidades de masa removida, velocidades de remoción, eficiencias de corriente y consumos de energía, para analizar y sustentar los mejores parámetros de operación que se obtuvieron. También se hace una discusión desde una perspectiva de la termodinámica, que involucra la especiación que existe de hierro en este tipo de procesos electroquímicos. El porcentaje máximo de remoción de hierro alcanzado fue de 98.93%, con una densidad de corriente de 390 A/m^2 , concentración inicial de hierro (C_{Fe}) de 40 mg/L, valor de pH inicial (pH_i) de 4, velocidad de agitación (v) de 500 rpm y temperatura (T) de 25°C . Además, se logró tener una eficiencia de corriente de 15.63% con un consumo de energía de 12.86 Wh/L, resultados que son relevantes, pues reflejan la importancia que tienen cada una de las diferentes variables estudiadas.

Abstract

Iron is one of the main metals produced by the mining industry in Mexico, despite being an activity of great importance for the country, it is also currently responsible for a large consumption of water and the generation of effluents with high concentrations of different compounds. Due to this, it is necessary to treat the wastewater to reduce environmental risks, human health and to obtain water that can be reused. In this work, electrodialysis is proposed as a process that, due to its characteristics, allows removing iron metal ions in a solution using a cationic exchange membrane. For this, it is necessary to establish the best conditions of current density applied in the system, pH and concentration, as well as the influence of these variables in the removal of iron in a solution analogous in concentration to those found in the processing of ores of this metal. The electrodialysis tests were performed in a cell partitioned into two compartments with a cation exchange membrane, to later determine its concentration by chemical analysis. From the data obtained, removal percentages, mass quantities removed, removal rates, current efficiencies and energy consumption were calculated to analyze and support the best operating parameters obtained. A discussion is also made from a thermodynamic perspective, which involves the speciation that exists of iron in this type of electrochemical processes. The maximum percentage of iron removal reached was 98.93%, with a current density of 390 A/m^2 , initial iron concentration (C_{Fe}) of 40 mg/L , initial pH value (pH_i) of 4, stirring speed (v) of 500 rpm and temperature (T) of 25°C . Besides, it was achieved a current efficiency of 15.63% with an energy consumption of 12.86 Wh/L , results that are relevant, because they reflect the importance of each one of the different studied variables.