



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE DURANGO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

“Eliminación de hierro y neutralización de drenajes ácidos por los métodos de tratamiento químico y por electrólisis”

TESIS

Como parte de los requisitos para obtener el grado de

MAESTRO(A) EN SISTEMAS AMBIENTALES

Presenta

IBQ. Dania Araceli Valles Peralta

Victoria de Durango, Dgo.

Diciembre, 2021



“Eliminación de hierro y neutralización de drenajes ácidos por los métodos de
tratamiento químico y por electrólisis”

Por

Dania Araceli Valles Peralta

COMITÉ TUTORIAL

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Jaime Cristóbal Rojas Montes

CO-DIRECTOR

Dr. Simón Bello Teodoro

ASESORES

Dra. Diana Cristina Martínez Casillas

Dr. Félix Alonso Alcázar Medina

Dr. Víctor Jesús Martínez Gómez



Victoria de Durango, Dgo., a **02 / Diciembre / 2021.**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
DEPI / C / 319 / 21.

ASUNTO: Autorización de Impresión de Tesis de Maestría.

C. DANIA ARACELI VALLES PERALTA
No. DE CONTROL G14041525
P R E S E N T E .

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 Maestra en Sistemas Ambientales**, esta División de Estudios de Posgrado e Investigación le autoriza la impresión del mismo, cuyo título es:

“Eliminación de hierro y neutralización de drenajes ácidos por los métodos de tratamiento químico y por electrólisis”

Sin otro particular de momento, quedo de Usted.

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

Excelencia en Educación Tecnológica®
“La Técnica al Servicio de la Patria”

C. ADRIANA ERÉNDIRA MURILLO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN



SEP INSTITUTO TECNOLÓGICO
de Durango
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN

AERM'ammc.



Fecha de emisión: 2016.12.21
Fecha de última actualización: 2019.12.21
Fecha de renovación: 2021.01.20
Fecha de terminación: 2021.12.31
ASGC 957

Av. Felipe Pescador 1830 Ote. Col. Nueva Vizcaya,
C.P. 34080, Durango, Dgo. Tel. (618) 8-29-09-00
email: dir_itdurango@tecnm.mx
tecnm.mx | itdurango.edu.mx





Victoria de Durango, Dgo., a **02 / Diciembre / 2021.**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
DEPI / C / 318 / 21.

ASUNTO: Autorización de Tema de Tesis de Maestría.

C. DANIA ARACELI VALLES PERALTA
No. DE CONTROL G14041525
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 Maestra en Sistemas Ambientales** cuyo título es:

“Eliminación de hierro y neutralización de drenajes ácidos por los métodos de tratamiento químico y por electrólisis”

CONTENIDO:

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Sin otro asunto en particular, quedo de Usted.

ATENTAMENTE .

Excelencia en Educación Tecnológica®
"La Técnica al Servicio de la Patria"

C. ADRIANA ERÉNDIRA MURILLO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN



SEP INSTITUTO TECNOLÓGICO
de Durango

DIVISION DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACION

AERM'ammc.



Fecha de Inicio: 2015.10.21
Fecha de Cierre Ciclo: 2018.10.21
Fecha de Terminación: 2017.01.20
RSCG 957

El área educativa que comprende la unidad de estudios de posgrado del Instituto Tecnológico Nacional de México y sus dependencias, así como sus dependencias.

Av. Felipe Pescador 1830 Ote. Col. Nueva Vizcaya,
C.P. 34080, Durango, Dgo. Tel. (618) 8-29-09-00
email: dir_tdurango@tecnm.mx
tecnm.mx | itdurango.edu.mx



Resumen

La minería es una actividad valiosa para el desarrollo económico en países con grandes reservas, sin embargo, esta tiene el inconveniente de tener un impacto negativo en el medio ambiente: la generación de drenaje ácido, ya que se produce un efluente con un pH ácido (≤ 3), debido principalmente a la oxidación de sulfuros presentes en la mena o en la ganga. Estos contienen altos niveles de metales y metaloides que exceden los estándares de calidad del agua y resultan en efectos tóxicos para el entorno a su alrededor, siendo el hierro (Fe) es el de mayor interés, porque favorece reacciones de oxidación que dan como resultado la generación de iones de hidrógeno que aumentan la acidez del efluente y promueve la lixiviación de dichos metales y metaloides.

Este proyecto propone el uso de un método químico utilizando hidróxido de sodio y un método electroquímico de electrólisis para lograr la neutralización y remoción del Fe en soluciones equivalentes a los drenajes ácidos producidos en la industria minera. Para el caso del tratamiento químico, los resultados indicaron una remoción de hierro superior al 80% y con un pH final de 6.2 realizando las pruebas a un tiempo de 60 minutos, concentración de NaOH de 0.200 M, concentración inicial de hierro de 300 ppm, pH_i de 2.5, sin velocidad de agitación y a una temperatura inicial de 30°C. En el caso del tratamiento por electrólisis, el mayor porcentaje de remoción de hierro fue de aproximadamente del 100% y un pH final de 6.5 bajo las siguientes condiciones de operación: tiempo de 60 minutos, densidad de corriente de 19 A/m², concentración inicial de Fe de 300 ppm, pH inicial de 2.5, sin agitación y a una temperatura inicial de 25°C, destacando que desde el minuto 20 de la prueba, la remoción de Fe era superior al 80%, lo que disminuye el tiempo de la prueba y los costos que este proceso conlleva.

Finalmente, con base en las diferentes coloraciones y a los difractogramas de los precipitados obtenidos, en ambos métodos se identificaron como productos óxidos, hidróxidos y/u oxihidróxidos de hierro al relacionar estos con los precipitados obtenidos en los diagramas de especiación y Pourbaix a través del pH final del efluente.

Abstract

Mining is a fundamental activity for economic development in countries with great reserves of minerals; however, its harm to the environment is considerable: the generation of acid drainage, generating an effluent with an acidic pH (≤ 3) due to the oxidation of sulfides present in ore or gangue. These effluents contain high levels of metals and metalloids that exceed water quality standards, resulting in toxic effects on the environment. The iron present in the gangue is one of the main causes of acid drainage; this metal favors oxidation reactions resulting in the generation of hydrogen ions. That causes the acidity of the effluent and promote the leaching of these metals and metalloids.

This investigation proposes the applying a chemical method using sodium hydroxide and an electrochemical electrolysis method to acid neutralization and Fe removal in solutions equivalent in concentration to acid drains produced in the mining industry. In the case of chemical treatment, the results indicated an iron removal higher than 80% and with a final pH of 6.2, performing the tests at a time of 60 minutes, a NaOH concentration of 0.200 M, an initial iron concentration of 300 ppm, pH_i of 2.5, without stirring speed and at an initial temperature of 30°C. In the case of the electrolysis treatment, the highest percentage of iron removal was approximately 100% and a final pH of 6.5 under the following operating conditions: time of 60 minutes, current density of 19 A/m², initial Fe concentration of 300 ppm, initial pH of 2.5, without agitation and temperature of 25°C, that from minute 20 of the test, the removal of Fe was higher than 80%, which reduces the time of the test and the costs that this process entails.

Finally, based on the different colorations obtained from the precipitates, in both methods, iron oxides, hydroxides and oxyhydroxides were identified as products by relating these to the precipitates obtained in the speciation and Pourbaix diagrams through the effluent's final pH.