

Remoción de lubricantes industriales en aguas residuales por electrocoagulación.



A. Soto Vázquez¹, P. Sánchez Galindo¹, J. A. Barraza Madrigal^{1*}, J. I. Guzmán Castañeda¹, Y. V. Sánchez Sánchez¹, X. Juárez Ángeles¹

¹Academia de Física, Instituto Politécnico Nacional, ESIQIE-IPN, Ciudad de México, México

Teléfono (55) 5729-6000 Ext. 54220 E-mail: jabarraza@ipn.mx

RESUMEN

En la presente investigación, son definidas las condiciones de operación óptimas para el tratamiento por electrocoagulación de un análogo de agua residual contaminado con aproximadamente 1 ml de residuos de lubricantes industriales quemados. Para definir las condiciones de operación óptimas se realizaron pruebas de caracterización en un reactor tipo batch de geometría rectangular fabricado en vidrio donde se instalaron dos pares de electrodos de aluminio 6061 conectados en un arreglo en paralelo. Las pruebas se llevaron a cabo a una densidad de corriente de 40 A/m² variando el tiempo de operación (10-50 min), el pH del medio y el uso de un electrolito soporte (100 ml de solución de NaCl a 2 g/L).

INTRODUCCIÓN

El incremento en el uso de diversos aceites lubricantes a nivel industrial ha implicado un aumento en la generación de residuos peligrosos [1]. A pesar de que la disposición de estos residuos peligrosos debe realizarse de conformidad con la normatividad mexicana (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos) [2], es posible que su manejo sea inadecuado y sean descargados directamente en los sistemas de drenaje y cuerpos acuáticos.

La presencia de lubricantes industriales en las aguas residuales representa un serio problema debido a que es un vector de contaminación que, por su toxicidad e inflamabilidad, amenaza la vida de los organismos acuáticos, seres humanos y el medio ambiente.

Por ello, es preciso desarrollar técnicas para el tratamiento de aguas aceitosas que resulten efectivas, asequibles y con bajo impacto ambiental [3] [4]. Los tratamientos de remoción a través de métodos electroquímicos, como la electrocoagulación, han mostrado resultados efectivos para la eliminación de grasas, aceites, biodiesel y microplásticos en aguas residuales provenientes de diferentes industrias [5]. Estos antecedentes fundamentan el estudio de la electrocoagulación como un tratamiento eficiente de remoción de lubricantes industriales. En consecuencia, la presente investigación experimental estará orientada a la definición de las condiciones de operación óptimas de la técnica de electrocoagulación para eliminar cantidades significativas de aceites lubricantes industriales presentes en aguas residuales.

METODOLOGÍA

Se realizaron un total de diez pruebas con el objetivo de definir las condiciones de operación óptimas bajo las que un sistema de electrocoagulación es capaz de remover la mayor cantidad de aceite lubricante industrial de un agua análoga contaminada con residuos de lubricante industrial (Figura 1.).

Las variables que fueron manipuladas durante el proceso de electrocoagulación se basan en los parámetros principales que controlan este fenómeno electroquímico:

- Densidad de corriente
- Conductividad del medio
- Tiempo de operación

Los rangos de los intervalos correspondientes a cada parámetro se propusieron de acuerdo con lo reportado en investigaciones anteriores del fenómeno enfocadas en diferentes contaminantes. Las condiciones se muestran en las Tablas I y II.

TABLA I. CONDICIONES DE OPERACIÓN SIN ELECTROLITO SOPORTE					
Prueba (No.)	Condiciones de operación sin electrolito soporte				
	pH	Conductividad (μS/cm)	Voltaje (V)	Intensidad de corriente (mA)	Tiempo de operación (min)
1	6.97	2566	9.55	240	10
2	8.1	2180	11.86	240	20
3	8.18	2182	11.86	240	30
4	6.96	2182	11.86	240	40
5	8.15	2328	11.57	240	50

TABLA II. CONDICIONES DE OPERACIÓN CON ELECTROLITO SOPORTE					
Prueba (No.)	Condiciones de operación con electrolito soporte				
	pH	Conductividad (μS/cm)	Voltaje (V)	Intensidad de corriente (mA)	Tiempo de operación (min)
1	7.7	3048	8.3	240	10
2	7.7	3056	8.4	240	20
3	8.1	2920	8.7	240	30
4	8.1	2896	8.7	240	40
5	7.7	3142	8.2	240	50

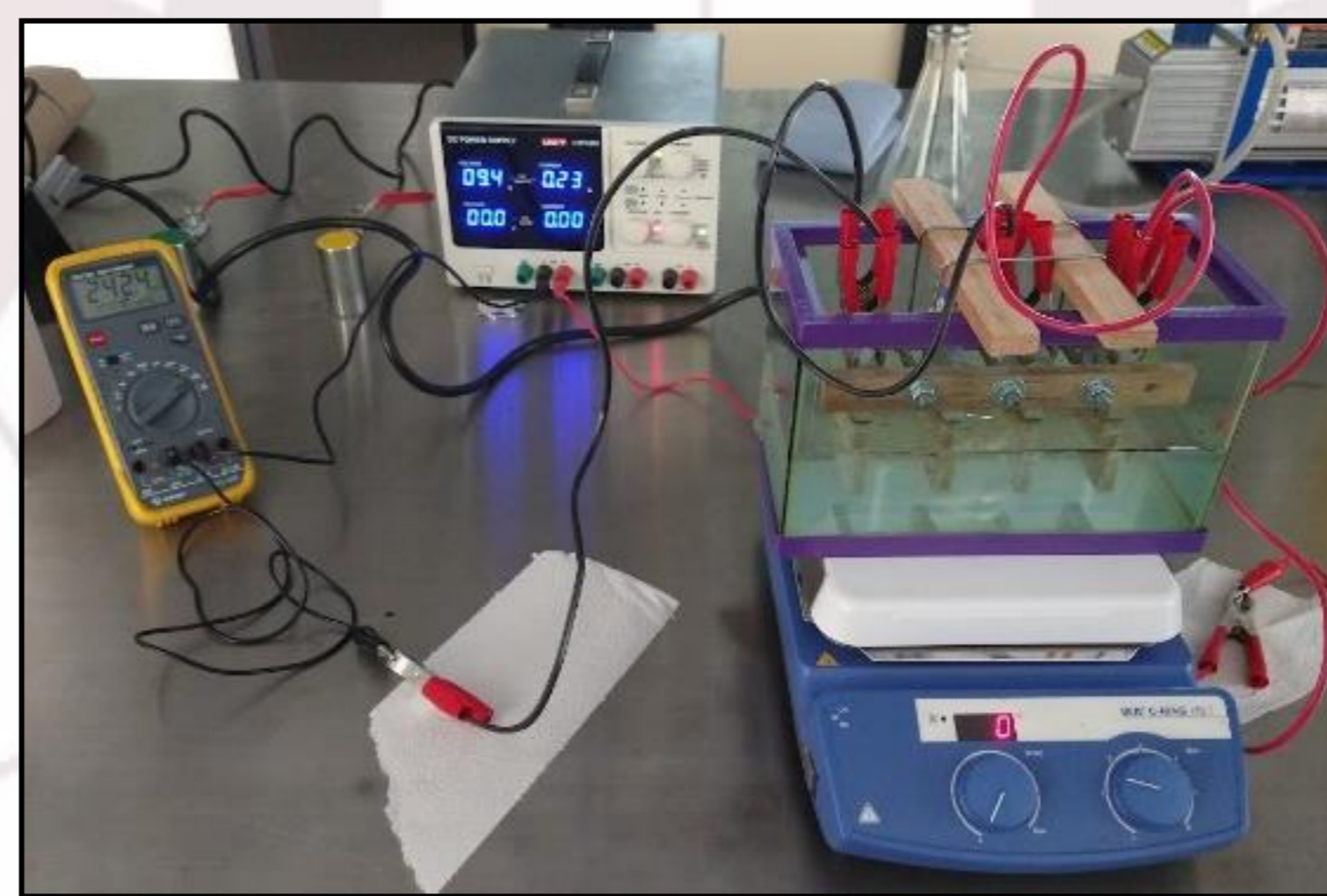


Figura 1. Sistema experimental de electrocoagulación

RESULTADOS

Al final de cada prueba se cuantificó el porcentaje de aceite removido de la matriz de agua contaminada respecto a la cantidad inicial presente (Figura 2), empleando un método gravimétrico fundamentado en la extracción de grasas utilizando hexano como disolvente.

Porcentaje de remoción de aceite contaminante

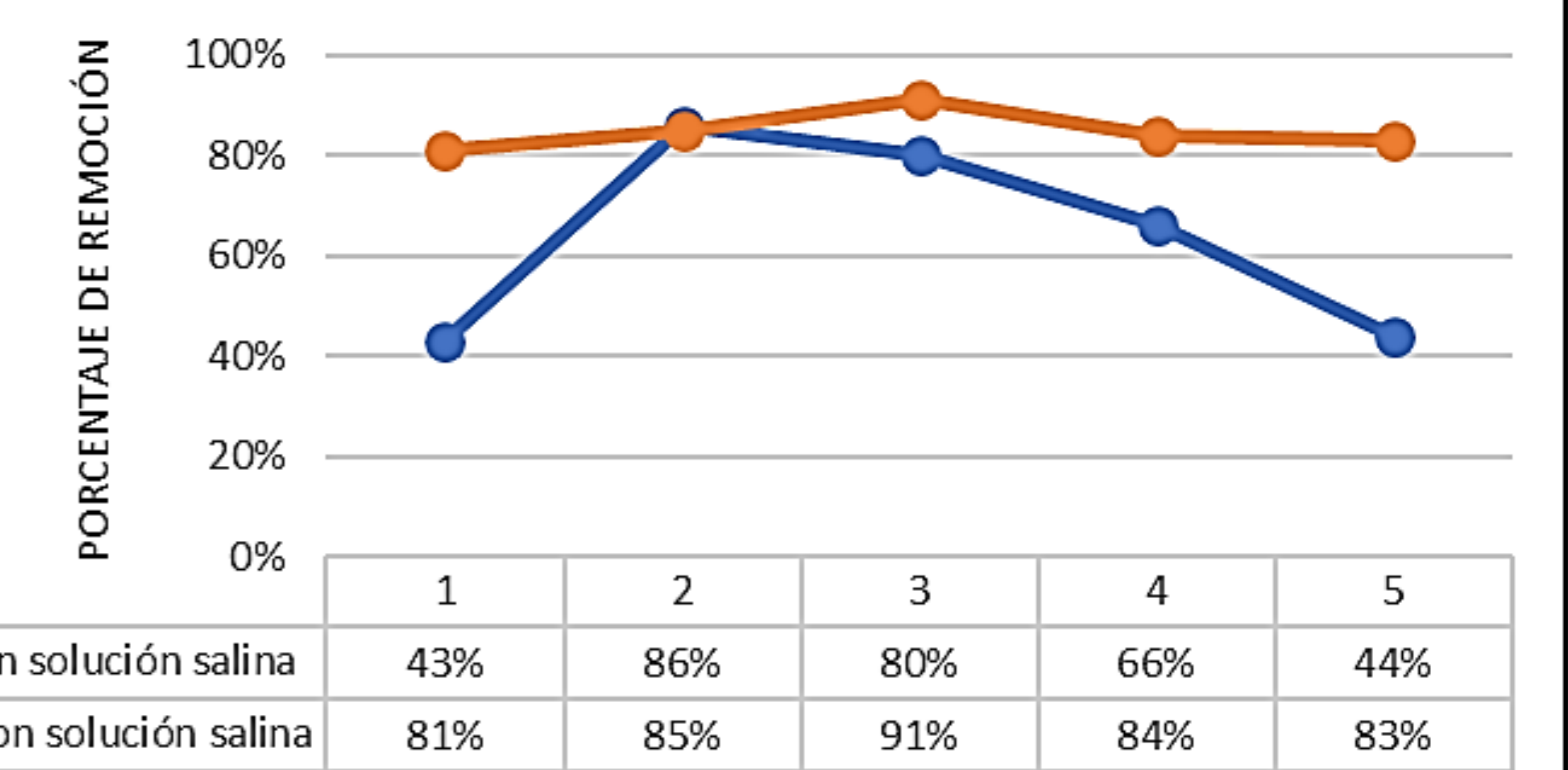


Figura 2. Gráfico del porcentaje de remoción de aceite contaminante

DISCUSIÓN

- Posterior al tratamiento por electrocoagulación, el agua análoga presentó flóculos suspendidos, además de una capa de coágulos en su superficie. Estas partículas fueron separadas mediante una filtración a vacío favoreciendo la transparencia del agua (Figura 3).
- Los requerimientos energéticos del tratamiento por electrocoagulación fueron considerablemente reducidos gracias al aumento de la conductividad derivado de la adición de una solución de cloruro de sodio como electrolito soporte.
- Los mayores porcentajes de remoción ocurren a los 20 y 30 minutos sin electrolito soporte y con electrolito soporte, respectivamente. Este intervalo de tiempo de operación se considera como el valor óptimo. Más allá de ese tiempo, el fenómeno de floculación llega a un límite dejando de aglutinar las partículas de aceite e incrementando el consumo de energía.



Figura 3. Análogo de agua tratada antes (derecha) y después de la filtración a vacío (izquierda).

CONCLUSIONES

- Las condiciones de operación óptimas para lograr la mayor remoción de aceite lubricante industrial presente en un agua análoga preparada corresponden a un pH de 8.1 unidades, conductividad de 2920 μS/cm, voltaje de 8.7 V, intensidad de corriente de 240 mA y tiempo de operación de 30 minutos.
- Bajo estas condiciones, el sistema de electrocoagulación logró eficiencias de remoción de aceite lubricante de hasta un 91% de la cantidad inicial presente en la matriz de agua contaminada.
- Los tiempos de operación relativamente cortos y un aumento en la conductividad del agua mediante la adición de solución salina implican un menor requerimiento energético del sistema.
- El tratamiento de aguas contaminadas con residuos de aceites lubricantes industriales mediante electrocoagulación, bajo las condiciones adecuadas de operación, resulta ser un método eficiente y funcional, pudiendo implementarse en alguna de las etapas que conforman el tratamiento de aguas residuales.

REFERENCIAS

- [1] Asociación Nacional de Ingeniería Química, «Anuario Estadístico de la Industria Química,» 2019. [En línea]. Available: <https://aniq.org.mx/anuario/2019/Capitulo16/aceites-industrial-lubricantes.html>. [Último acceso: 23 Septiembre 2021].
- [2] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, «Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos,» 8 Octubre 2003. [En línea]. Available: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lpggir/LGPGIR_orig_08oct03.pdf. [Último acceso: 20 Septiembre 2021].
- [3] R. K. Gupta, G. J. Dunderdale, M. W. England y A. Hozumi, «Oil/Water Separation Techniques: A review of recent progresses and future directions,» Journal of Materials Chemistry A, vol. 5, nº 31, pp. 16025-16058, 5 Mayo 2017.
- [4] Conдорchem Envitech, «Tratamiento de emulsiones (Aguas Residuales Aceitosas),» [En línea]. Available: <https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-de-emulsiones/>. [Último acceso: 10 Septiembre 2021].
- [5] M. Shen, B. Song, Y. Zhu, G. Zeng, Y. Zhang, Y. Yang, X. Wen, M. Chen y H. Yi, «Removal of microplastics via drinking water treatment: Current knowledge and future directions,» Chemosphere, vol. 251, nº 126612, pp. 1-13, 30 Marzo 2020.