

Efecto de la electrocoagulación en la concentración de materia orgánica de aguas residuales de la Universidad Nacional de Trujillo

Effect of electrocoagulation on the concentration of organic matter in wastewater of Universidad Nacional de Tujillo

Nilton Mecola Guadamos ^{1,*}

¹Escuela de Posgrado, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

*Autor correspondiente: niltitomecola@hotmail.com (N. Mecola)

RESUMEN

En este estudio se plantea construir un reactor de electrocoagulación para disminuir la materia orgánica y comprobar su eficiencia mediante la remoción de la DQO (Demanda Química de Oxígeno) de las aguas residuales provenientes del campus universitario de la Universidad Nacional de Trujillo; así como determinar el efecto de la intensidad de corriente, tipo de electrodos, distancia de espaciamiento entre electrodos, y el pH. En base a los resultados obtenidos al realizar el tratamiento del efluente con electrocoagulación, se determinó una eficiencia promedio del 66% en la remoción de la DQO. Estos valores óptimos de operación se obtuvieron con una intensidad de corriente $I = 6$ amperios, con el pH natural del efluente de 7,00 y un tiempo de tratamiento de 30 minutos, con lo cual se cumple la normativa ambiental vigente en el país. Otro aspecto importante observado en este estudio fue la calidad del lodo producido en el tratamiento, de aspecto mucho más compacto que un lodo físico químico o biológico.

Palabras clave: electrocoagulación; intensidad de corriente; electrodos; materia orgánica; pH; DQO.

ABSTRACT

In this study it was proposed to construct a reactor of electrocoagulation to reduce organic matter and verify its efficiency by removing the COD (Chemical Oxygen Demand) of the wastewater coming from the university campus of the National University of Trujillo; as well as to determine the effect of current, type of electrodes, spacing distance between electrodes, and pH. Based on the results obtained in the treatment of the effluent with electrocoagulation, an average efficiency of 66% was determined in the removal of the COD. These optimum operating values were obtained with current $I = 6$ amps, with the natural pH of the effluent of 7.00 and a treatment time of 15 minutes, which complies with the environmental regulations in force in the country. Another important aspect observed in this study was the quality of the sludge produced in the treatment, much more compact than a chemical or biological physical sludge.

Keywords: electrocoagulation; current intensity; electrodes; organic matter; pH; COD.

1. INTRODUCCIÓN

El uso indiscriminado del agua ha generado escasez de este vital líquido, entre otros factores debido al aumento de la población, a los contaminantes y su utilización en los procesos industriales (Prieto *et al.*, 2012). Por consiguiente ésta se debe recuperar para satisfacer las necesidades de la población (Monforte y Cantú, 2009).

En general las plantas de tratamiento de agua en el país operan basadas en tecnologías convencionales como el tratamiento fisicoquímico con coagulantes primarios (Andía, 2000) como el sulfato de aluminio o sales de hierro y polímeros sintéticos, entre las cuales se encuentra la acrilamida, para luego optimizar la purificación combinándolas con las demás sustancias químicas añadidas al agua durante su tratamiento, como tal es el caso del ozono y del cloro, generando sustancias peligrosas para la salud (Pérez, 1992; Banco Interamericano de Desarrollo y ANDI, 1997).

Otro tipo de tratamiento muy difundido en el tratamiento de agua, es el biológico (lodos activados). Si bien es cierto es eficiente presenta un elevado costo de operación y mantenimiento, las cuales dependen fundamentalmente de determinadas condiciones de pH y carga orgánica (Alpírez *et al.*, 2017). Es por ello la necesidad de buscar nuevas tecnologías que permitan tratar los efluentes industriales, domésticos u otro tipo y puedan después de su tratamiento cumplir la normativa ambiental vigente en el país “Valores Máximos Admisibles”

D.S. N° 021-2009-VIVIENDA para los desagües industriales, la cual reglamenta y sanciona a las industrias que incumplan esta norma (El Peruano, 2009).

La electrocoagulación es un proceso electroquímico muy utilizado en el tratamiento de aguas residuales, por medio del cual se desestabilizan las partículas de contaminantes que se encuentran suspendidas, emulsionadas o disueltas en un medio acuoso, induciendo corriente eléctrica en el agua a través de placas metálicas paralelas de diversos materiales, en los que el hierro y el aluminio son los más utilizados (Arango, 2005; Restrepo *et al.*, 2006; Mohammad *et al.*, 2004; Holt *et al.*, 2005).

El objetivo de este estudio es reducir el contenido de materia orgánica de agua residual generada en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo mediante el proceso de electrocoagulación usando electrodos de aluminio y hierro.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El objeto de estudio fue el agua residual generada en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Se recolectó 20 litros de muestra y se almacenó a 4 °C en el laboratorio de Química Física de la misma Universidad.

Se determinó las características fisicoquímicas (DQO, DBO5, pH, conductividad, sólidos totales disueltos, sólidos suspendidos, aceites y grasas) del agua residual muestreada utilizando métodos de análisis estandarizados (APHA, AWWA y WPCF, 1992) (Tabla 1).

Tabla 1. Caracterización del agua residual de la ciudad universitaria de la UNT. (DBO5, DQO, pH, Conductividad eléctrica, Sólidos, Aceites y grasas)

Análisis	Resultado	Método
DBO ₅	657,2 ppm	Winkler
DQO	842,5 ppm	Dicromato de Potasio
pH	8,02	Potenciómetro - <u>APHA - AWWA - WPCF 4500 H</u>
Conductividad eléctrica	3421,8 μ S/cm	Conductímetro
Sólidos Totales	2190 ppm	Por evaporación, secado a 105°C - <u>APHA - AWWA - WPCF2540, C</u>
Sólidos Suspendidos	158 ppm	Por evaporación, secado a 105°C - <u>APHA - AWWA - WPCF2540, C</u>
Sólidos Disueltos	2032 ppm	Por evaporación, secado a 105°C - <u>APHA - AWWA - WPCF2540, C</u>
Aceites y grasas	154 ppm	<u>APHA - AWWA - WPCF 5520</u>

En la construcción de la celda de electrocoagulación se usaron electrodos de aluminio en láminas de 30 cm x10 cm x 0,3 cm en número de dos ánodos y tres cátodos en diseño monopolar en paralelo.



Figura 1. Celda de electrocoagulación y componentes.

Los electrodos se conectaron al amperímetro, voltímetro y fuente de poder, y se reguló la intensidad de corriente necesaria para el ensayo respectivo de acuerdo al área de los electrodos usados como ánodos, previa fijación de la densidad de corriente. La celda tiene una capacidad de 20 litros con sistema para evacuación de lodos, espuma y agua tratada (Figura 1).

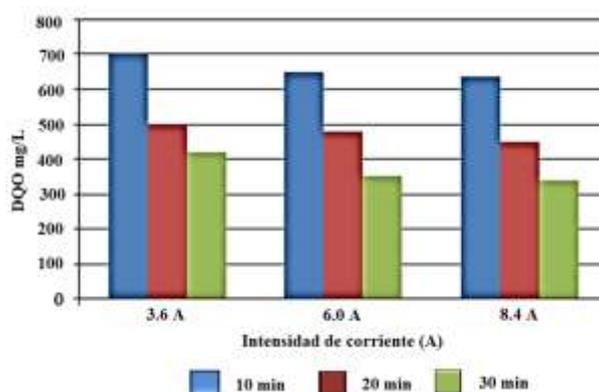
Se medirán 15 litros de agua residual previamente filtrada y se someterá a electrocoagulación tomando cada 10 minutos alícuotas en viales de 15 ml para sus observaciones. Al cabo de este tiempo, se separa la espuma

generada debido a la formación de gases, y el agua procesada conteniendo los flóculos suspendidos de mayor peso, para su posterior filtración. Las pruebas fueron repetidas usando electrodos de aluminio. También se varió la intensidad de corriente, distancia de espaciamiento entre electrodos y el pH. Y se midió la eficiencia mediante el DQO.

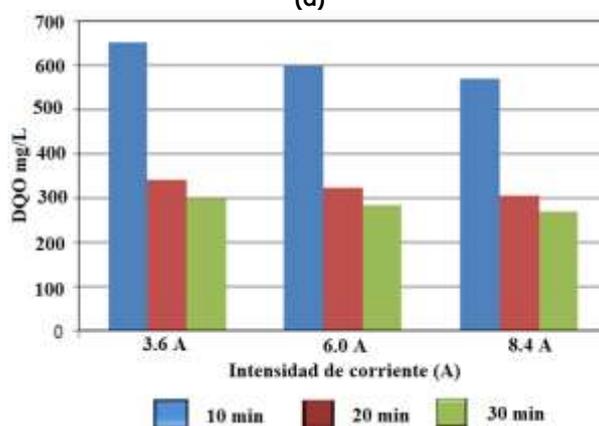
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El agua residual sometida a electrocoagulación presentaba un DQO inicial de 842,5 mg/l, este valor se reduce por debajo de los 700 mg/l en todos los tratamientos tal como se observa en la figura 2(a, b, c), esto coincide con Martínez (2007) quien manifiesta que para tener una electrocoagulación exitosa de aguas residuales las variables más importantes son la concentración de aluminio suministrada y el pH del medio. También se observa que el valor mínimo de DQO, tal como se observa en la figura 2c, se alcanza a mayor tiempo (30 min), con la intensidad mas alta (8,4 A) y un pH de 10. Esto se contradice con Martínez (2007) quien utilizó cargas eléctricas bajas y pH ácido para residuos industriales y cargas eléctricas elevadas para emulsiones de aceite en agua con pH entre 5 y 9.

Tomando en cuenta la eficiencia y costos se puede manifestar que el mejor tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Trujillo es a un pH natural del agua de 7 una intensidad de corriente de 6 amperios y un tiempo de tratamiento de 30 minutos; con los que se obtiene en promedio una eficiencia del 66%.



(a)



(b)

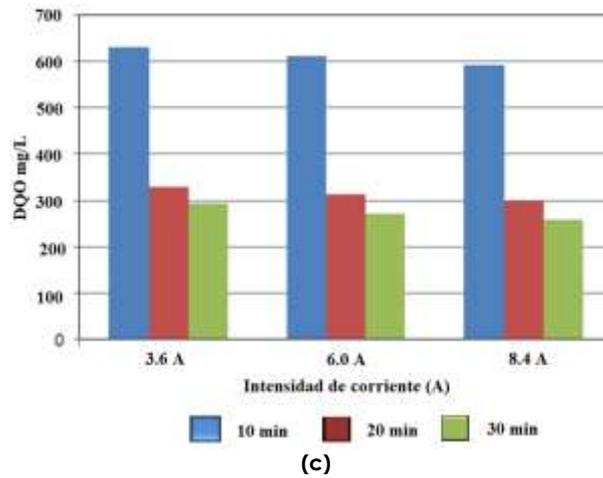


Figura 2. a) Intensidad de corriente vs DQO a un pH=4. b) Intensidad de corriente vs DQO a un pH=7. c) Intensidad de corriente vs DQO a un pH=10. Conductividad 3421.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

4. CONCLUSIONES

El tratamiento de aguas residuales industriales con electrocoagulación es un proceso efectivo para la remoción de contaminantes como la materia orgánica, siendo una alternativa viable para su aplicación en el país. Se determinó que las variables de mayor incidencia en el proceso son la intensidad de corriente, tipo de electrodos, espaciado entre las placas, pH y tiempo de retención. Con respecto a la conductividad estuvo en un valor óptimo, permitiendo una buena densidad de corriente en el efluente tratado.

Las pruebas realizadas en laboratorio nos permiten concluir que las mejores condiciones para obtener una alta eficiencia en la remoción de DQO en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional de Trujillo son a un pH natural del agua de 7, una intensidad de corriente de 6 amperios y un tiempo de tratamiento de 30 minutos; con los que se obtiene en promedio una eficiencia del 66%.

Es importante señalar que al utilizar intensidades de corriente de 8 amperios con pH =7 y pH= 4 se observó una eficiencia 68% y siendo esta diferencia mínima; se descartó ya que influiría en un aumento de costos por el gasto de energía y aditivos para disminuir el pH.

Otro aspecto importante de este estudio fue la calidad de los lodos producido en el tratamiento, confirmándose lo dicho en la bibliografía que son muchos más compactos y secos que un lodo físico químico o biológico, permitiendo así una mejor disposición de los mismos.

El costo para tratar un efluente por el proceso de electrocoagulación es bajo por el menor consumo de energía y la reposición de los electrodos de sacrificio por su desgaste se realiza generalmente dos veces al año.

El pH del agua residual de la Universidad Nacional de Trujillo incrementa levemente conforme incrementa el tiempo de electrocoagulación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- APHA; AWWA; WPCF. 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas residuales y potables. Ediciones Díaz de Santos, Edición 17. Madrid, España.
- Alpírez, J.; Avilés, K.; Castillo, H.; Pinzón, I.; Poveda, R.; Vallester, E. 2017. Evaluación de un sistema biológico de lodos activados a escala laboratorio. *Revista de Iniciación Científica* 3: 50-57.
- Andía, C. 2000. Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico. Tratamiento De Agua: Coagulación Floculación. SEDAPAL, Lima.
- Arango, A. 2005. La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales. *Revista La-sallista de Investigación* 1(2): 49-56.
- Banco Interamericano de Desarrollo; ANDI. 1997. Manual de caracterización de aguas residuales industriales. 2da edición. Editrial Ideas gráficas Ltda. Medellín, Colombia.
- El Peruano. 2009. Decreto Supremo N° 021-2009-Vivienda. Disponible en: http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/DS_2009_021.pdf
- Holt, P.K.; Barton, G.W.; Mitchell, C.A. 2005. The future for electrocoagulation as a localised water treatment technology. *Chemosphere* 59(3): 355–367.
- Mohammad, M.; Morkovsky, P.; Gomes, J.; Kesmez, M.; Parga, J.; Cocke, D. 2004. Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials* 114(1-3): 199-210.

- Martínez, N. 2007. Tratamiento de Aguas Residuales Industriales Mediante Electrocoagulación y Coagulación Convencional. Tesis Ingeniería Química, Universidad De Castilla La Mancha.
- Monforte, G.; Cantú, P. 2009. Escenario del agua en Mexico. CULCyT 6(30): 31-40.
- Perez, J. 1992. Programa Regional HPE/OPS/CEPIS de mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano.
- Prieto, F.; Callejas, J.; Reyes, V.; Marmolejo Y. 2012. Electrocoagulación: una alternativa para depuración de lactosuero residual. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales 5(3): 51-77.
- Restrepo, A.; Arango, A.; Garcés, L. 2006. La Electrocoagulación: retos y oportunidades en el tratamiento de aguas. Producción + Limpia 1 (2): 58-77.