

# SISTEMA EXPERIMENTAL PARA TRATAR AGUAS RESIDUALES DE LA CURTIDURÍA EMPLEANDO COLUMNAS CON ADSORCIÓN QUÍMICA ASISTIDAS CON ENERGÍA SOLAR

Vallejo Blancas David (1), Martínez García Martín Trinidad (2), del Ángel Soto Julio (3)

1 [Licenciatura en Ingeniería Química, Universidad de Guanajuato]

2 [Departamento de Ingeniería Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [garciamt@ugto.mx]

3 [Departamento de Ingeniería Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [jasoto@ugto.mx]

## Resumen

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en el tratamiento de las aguas residuales del proceso del curtido. Este tratamiento se realiza en dos etapas, en la primera se realiza la separación de los sólidos utilizando un concentrador parabólico solar, en la cual se obtiene un porcentaje de recuperación del agua tratada del 75 %. Con este primer tratamiento se elimina el mal olor del agua residual, la concentración de  $\text{Cr}^{+3}$  se reduce de 117 ppm a 0.1 ppm, y se cumple con los parámetros de descarga para la DQO, DBO y sólidos totales. En la segunda etapa se trató el agua destilada mediante pruebas batch con aglomerados de alúmina, en donde el cromo residual (0.1 ppm) es reducido a límites por debajo de 0.05 ppm. Los resultados obtenidos indican que el agua tratada puede reusarse en el proceso de curtido.

## Abstract

This work presents the results obtained of wastewater treatment of the leather tanning process. This treatment is carried out in two stages, in the first one the separation of the solids is carried out using a parabolic trough solar concentrator, in which a percent recovery of effluent treated of 75% was obtained. The odor problem present in wastewater are eliminated in this first treatment, the concentration of  $\text{Cr}^{+3}$  decreased from 117 ppm to 0.1 ppm, and also the discharge limits for COD,  $\text{BOD}_5$  and total solids are fulfilled. In the second stage the recovered water of effluent was treated by batch tests with alumina agglomerates, where the residual chromium concentration values (0.1 ppm) decreased to limits below 0.05 ppm. Analysis of the results indicate that the treated water can be reused in the leather tanning process

## Palabras Clave

Efluente residual, Tratamiento de aguas residuales, Reúso de agua, Energía solar; Concentrador parabólico.

## INTRODUCCIÓN

La industria curtidora es una de las industrias que más consume agua en sus procesos y sus aguas residuales contienen una gran concentración de contaminantes orgánicos (Demanda biológica de oxígeno, DBO y demanda química de oxígeno, DQO) e inorgánicos (sólidos disueltos y suspendidos, sulfatos, nitratos, cromo y otros metales pesados). [1]. El efluente residual de las tenerías constituye el 90% del agua utilizada en el proceso de curtido [2]. La descarga de aguas residuales que no cumplen con las normas ambientales es un gran problema en la actualidad. Existen diversos métodos para tratar las aguas residuales de la industria curtidora como lo son la coagulación química, precipitación, reducción, adsorción, osmosis inversa, nanofiltración, biodegradación, etc., sin embargo, es necesario combinar dos o más procesos para tratar los efluentes de las tenerías, lo que incrementa el costo del tratamiento [3].

El uso de la energía solar para el tratamiento de efluentes industriales ha despertado gran interés por la comunidad científica debido a que es sustentable, económica y fácil de implementar [4]. Uno de los métodos solares utilizados para el tratamiento de las aguas residuales industriales es la destilación solar. La mayoría de los trabajos realizados en este campo consiste en concentrar las aguas residuales para recuperar cromo u otras sales y reincorporarlas al proceso [5].

En nuestro caso la selección del colector solar se aplica considerando las condiciones climáticas en el municipio de Guanajuato, Gto, El que se compone de vastas llanuras y colinas, rodeado de montañas. El clima es de cálido a semi-cálido, subhúmedo con lluvias de verano. La densidad de flujo de la energía solar global media, que en la localidad de Guanajuato es de las más altas en el país con un valor de entre 5-6 kW/m<sup>2</sup>, junto con la distribución diaria de la irradiancia, los datos de temperatura ambiental y velocidad del viento permiten considerar como opción el sistema de calentamiento solar térmico.

Estos datos se han considerado partiendo de mediciones sistemáticas de las condiciones climáticas durante un período de varios años para

lograr lo que se conoce como un año climático típico o condición climática normal.

El uso de concentradores parabólicos para el tratamiento de efluentes de la industria curtidora es muy poco conocido, por lo que el objetivo de este trabajo de investigación es tratar agua residual del proceso de curtido empleando dos procesos: el primero se enfoca en realizar una destilación solar de la muestra mediante un concentrador parabólico, el segundo es un proceso de adsorción, el cual consiste en tratar el agua destilada en una columna empacada con alúmina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se caracterizó el agua residual de una tenería situada en la ciudad de León, Guanajuato, utilizando un espectrómetro de masas (Agilent 7900 ICP-MS) para determinar la concentración de Cr presente.

El pH de la solución fue medido usando un potenciómetro Orion 4 Plus Thermo Scientific, las muestras fueron analizadas para los siguientes parámetros de acuerdo con la metodología de los métodos estándar (APHA 1998): demanda química de oxígeno (DQO) por el método colorimétrico de reflujo cerrado 5220 (C); demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de acuerdo con el método de cinco días 5210 (B); sólidos suspendidos totales (SST) por el método seco 2540 (D); sólidos suspendidos volátiles (SSV) por el método de ignición 2540 (E);

Para realizar la destilación solar se utilizó un concentrador solar parabólico de construcción propia (véase la figura 1), la superficie colectora del concentrador es una placa de acero inoxidable de 1.8 m de longitud, con eje focal situado a 32 cm, en el cual se colocó un par de tubos concéntricos, el tubo exterior es de vidrio al vacío y el interno de cobre de ¾ de pulgada con el que se logra incrementar la eficiencia del sistema. La experimentación se llevó de las 11 am a las 4 pm. El agua condensada fue tratada en un sistema batch utilizando alúmina como adsorbente.



Figura 1: Montaje experimental de la destilación solar

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización fisicoquímica promedio de 3 efluentes residuales del proceso de curtido se muestra en la Tabla 1. El promedio de DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos totales, se encuentra por encima del reglamento para las descargas de aguas residuales en la red de alcantarillado industrial establecido por el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León (SAPAL, 2017), Guanajuato.

Tabla 1: Caracterización del efluente residual

Parámetro	Concentración (mg/L)	SAPAL 2017 (mg/L) promedio diario
Turbidez	1564 NTU	N.R
Cromo	117.3 (Cr <sup>3+</sup> )	10.0 (total) 0.5 (Cr <sup>6+</sup> )
DBO <sub>5</sub>	1932	350
DQO	1836.25	500
pH	5	6 a 10
Sólidos totales	3000	360

La concentración de Cr<sup>3+</sup> está por arriba de lo establecido para su descarga de 10.0 ppm de cromo total. El cromo debe eliminarse de las

aguas residuales debido a que en contacto con ciertos agentes el Cr<sup>3+</sup> se puede oxidar a Cr<sup>6+</sup>, en esta última forma el cromo es mutagénico y carcinógeno; en el ser humano puede causar daño en los riñones, edemas pulmonares, irritación en la piel y cáncer [6].

- Destilación solar del efluente

Las temperaturas alcanzadas en el sistema mostrado en la Imagen 1 oscilan entre 100°C y 130°C en un día soleado. En el sistema experimental de destilación se colocó un litro de agua residual del proceso de curtido con las características fisicoquímicas descritas en la Tabla 1.

El volumen recuperado promedio del agua tratada es de 750 ml, con un pH de 6 y una concentración de Cr<sup>3+</sup> de 0.1 ppm, alcanzando un porcentaje de remoción del 99.91%, por otro lado, no se detectó Cr<sup>6+</sup> por ICP masas. Las características fisicoquímicas del agua tratada en esta etapa se muestran en la Tabla 2. Todos los parámetros evaluados están por debajo de lo establecido por SAPAL para su descarga en el drenaje.

Tabla 2: Caracterización del efluente destilado

Parámetro	Concentración (mg/L)	SAPAL 2017 (mg/L) promedio diario
Turbidez	30.9 NTU	N.R
Cromo	0.1029 (Cr <sup>3+</sup> )	10.0 (total) 0.5 (Cr <sup>6+</sup> )
DBO <sub>5</sub>	203	350
DQO	291	500
pH	6	6 a 10
Sólidos totales	90	360

La DBO<sub>5</sub> disminuye de 1932 ppm a 203 ppm, mientras que la DQO pasa de 1836.25 ppm a 291 ppm, logrando un porcentaje de remoción de

89.5% y 84.1% respectivamente. Los sólidos totales presentes como sólidos disueltos en el efluente tratado alcanzan un porcentaje del 97% de remoción.

- *Tratamiento del agua recuperada con alúmina*

En la segunda etapa del tratamiento, el agua recuperada por evaporación-condensación fue tratada en una columna de adsorción (véase la figura 2). El volumen de agua tratada con aglomerados de alúmina en un proceso batch muestra Cr residual con una concentración de 0.045 ppm. Lo anterior nos indica que el 55% del cromo presente en el agua destilada es removido por adsorción con aglomerados de alúmina. La Tabla 3, muestra los parámetros fisicoquímicos alcanzados del efluente tratado con la metodología propuesta en este estudio.

Por otro lado, con este segundo tratamiento el valor de la DBO<sub>5</sub> alcanza un valor de 92 ppm, siendo que el valor máximo permisible es de 350 ppm, con lo que se alcanza un valor que nos permite descargar el agua residual sin ningún problema al sistema de alcantarillado especial de SAPAL, permitiendo considerar que esta agua residual puede ser reusada para riego de áreas verdes o bien reintegrarse al proceso de curtido.

**Tabla 3: Caracterización del efluente tratado con alúmina**

Parámetro	Concentración	SAPAL 2017 (mg/L) promedio diario
Turbidez	49.7 NTU	N.R
Cromo	0.045 (Cr <sup>+3</sup> )	10.0 (total) 0.5 (Cr <sup>+6</sup> )
DBO <sub>5</sub>	92	350
DQO	203	500
pH	6.5	6 a 10
Sólidos totales	50	360



**Figura 2: Columna de adsorción.**

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a nivel laboratorio muestran que la destilación solar asistida con una etapa de adsorción utilizando aglomerados a base de alúmina constituye una alternativa efectiva y viable para el tratamiento de aguas residuales provenientes del proceso de curtido. Con esta propuesta se reduce el cromo (Cr<sup>+3</sup>) en el agua residual que va al alcantarillado de 117 ppm a límites inferiores establecidos para su descarga.

Se logra una disminución importante de la DBO<sub>5</sub> y DQO por lo que el agua tratada podría emplearse nuevamente en alguna etapa del proceso de curtido.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo le queremos agradecer al Ing. Arnulfo García gerente de calidad del agua del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado L, por su valioso apoyo para el análisis de las muestras antes y después de su tratamiento.

## REFERENCIAS

[1] Song, Z., Williams, C. J., Edyvean, R.G.J. (2004). Treatment of tannery wastewater by chemical coagulation. *Desalination* 164, 249-259.

[2] Chowdhury, M., Mostafa, M. G., Biswas, T. K., Saha, A. K. (2013). Treatment of leather industrial effluents by filtration and coagulation processes. *Water Resources and Industry* 3, 11–22

[3] Sivakumar, D., Murugan N., Rajeshwaran, R., Shobana, T., Soundarya, C., Vanitha, V. S. (2014). Role of Rice Husk Silica Powder for removing Cr (VI) in a Tannery Industry Wastewater. *Int.J. ChemTech Res.* 6(9),4373-4378.

[4] Manchanda H., Kumar M. Performance analysis of single basin solar distillation cum drying unit with parabolic reflector, *Desalination*, 416 (2017) 1–9

[5] Srithar K., Mani A. (2007). Open fibre reinforced plastic (FRP) flat plate collector (FPC) and spray network systems for augmenting the evaporation rate of tannery effluent (soak liquor). *Solar Energy*, 81, 1492–1500

[6] Attia A. A., Khedr S. A & Elkholy S. A. (2010). ADSORPTION OF CHROMIUM ION (VI) BY ACID ACTIVATED CARBON. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 27 ( 01), 183 - 193