

Destilación solar para la recuperación del catalizador KOH del agua de lavado de biodiesel y el subproducto agua destilada

Solar distillation for the recovery of the KOH catalyst from the biodiesel washing water and the by-product distilled water

PÉREZ-BRAVO, Sheila Genoveva†, DELGADO-HERNÁNDEZ, Xochitl Samantha, BAUTISTA-VARGAS, María Esther* y HERNÁNDEZ-SANCHEZ, Adán

Universidad Politécnica de Altamira, Nuevo Libramiento Altamira KM3 Santa Amalia, Altamira, Tamaulipas, México. CP 89602

ID 1^{er} Autor: *Sheila Genoveva, Pérez-Bravo* / ORC ID: 0000-0001-5333-3763, Researcher ID Thomson: I-5924-2018, CVU CONACYT ID: 728001

ID 1^{er} Coautor: *Xochitl Samantha, Delgado-Hernández* / ORC ID: 0000-0001-6103-1650, Researcher ID Thomson: L-1143-2018, CVU CONACYT ID: 828822

ID 2^{do} Coautor: *María Esther, Bautista-Vargas* / ORC ID: 0000-0002-0857-3888, Researcher ID Thomson: K-8125-2018, CVU CONACYT ID: 380282

ID 3^{er} Coautor: *Adán, Hernández-Sánchez* / ORC ID: 0000-0001-6431-5229, Researcher ID Thomson: S-7967-2018, CVU CONACYT ID: 176275

Recibido 23 de Junio, 2018; Aceptado 12 de Agosto, 2018

Resumen

En la búsqueda de la implementación de biocombustibles tales como el biodiesel, la principal limitante es un precio competitivo con el petrodiesel, una alternativa a la reducción de los costos de producción de dicho biocombustible es la recuperación del catalizador alcalino KOH utilizado en el proceso por su alto rendimiento de conversión, la desventaja de esta catálisis homogénea, es su arrastre en los productos al término de la conversión, es necesaria la etapa de purificación para evitar la corrosión de los vehículos automotores, generalmente se hace mediante lavados con agua destilada, el método propuesto es la destilación solar como alternativa al tratamiento del efluente, mediante un prototipo de doble vertiente se demuestra que es posible la recuperación diaria de 0.95 gr del álcali y 1.13 L del agua destilada, significando un doble ahorro económico en los costos de las materias primas requeridas en el proceso de producción del biodiesel.

Biodiesel, Recuperación, Destilación

Abstract

In the search for the implementation of biofuels such as biodiesel, the main limitation is a competitive price with the petrodiesel; An alternative to reducing the production costs of this biofuel is the recovery of the alkaline KOH catalyst used in the process due to its high conversion efficiency, the disadvantage of this homogeneous catalysis, is its drag on the products at the end of conversion. The stage of purification is necessary to avoid the corrosion of the automotive vehicles, generally it is done by means of distilled water washes, the proposed method is the solar distillation as an alternative to the treatment of the effluent, by means of a prototype of double slope it is demonstrated that it is possible the daily recovery of 0.95 gr of the alkali and 1.13 L of the distilled water, meaning a double economic saving in the costs of the raw materials required in the biodiesel production process.

Biodiesel, Recovery, Distillation

Citación: PÉREZ-BRAVO, Sheila Genoveva, DELGADO-HERNÁNDEZ, Xochitl Samantha, BAUTISTA-VARGAS, María Esther y HERNÁNDEZ-SANCHEZ, Adán. Destilación solar para la recuperación del catalizador KOH del agua de lavado de biodiesel y el subproducto agua destilada. Revista del Diseño Innovativo. 2018, 2-4: 25-30

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: esther.bautista@upalt.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En la actualidad la demanda energética aumenta cada día más, así como el precio de los combustibles fósiles, la alternativa químicamente viable a la sustitución del diésel es el biodiesel, las principales desventajas por las cuales no es competitivo económicamente es su mayor precio, el cambio climático es otro tema de gran importancia en nuestra sociedad. Una manera de lograr satisfacer la demanda energética sin emisiones de gases de efecto invernadero, es por medio de la utilización de fuentes de energía renovable, como la energía solar y los biocombustibles. Sin embargo, durante cualquier actividad o proceso que realice el ser humano, es imposible no dejar una huella ecológica.

El biodiesel es una alternativa sustentable para reemplazar el combustible diésel de los motores de auto ignición ya sea usado total o parcialmente sin requerir una modificación sustancial de los mismos; este biocombustible es considerado como amigable para el medio ambiente (Avellaneda F., 2010).

Se define como los ésteres monoalquílicos de aceites vegetales o grasas animales. Las propiedades de los aceites varían con la ubicación donde se cultiva la semilla oleaginosa, otras fuentes tales como aceites reciclados están ganando continuamente interés, es importante poseer datos sobre cómo los diferentes perfiles de ácidos grasos de las diferentes fuentes pueden influir en las propiedades del combustible final.

Las propiedades de los diversos ésteres grasos individuales que comprenden los aceites determinan las propiedades globales del biodiesel final (Knothe G., 2005).

A nivel químico la obtención del Biodiesel se realiza básicamente mediante una reacción de transesterificación a partir de un aceite vegetal junto con un alcohol de cadena corta, principalmente metanol, en presencia de catalizador, ácido o básico según la tecnología empleada, obteniéndose como productos de la reacción los ésteres metílicos y el glicerol (utilizable como producto secundario).

Posteriormente, se realiza un proceso de separación donde se forman dos fases: la superior (biodiesel) y la inferior (glicerol); finalmente se realiza el lavado o purificación de la fase éster, en la cual se arrastran las trazas de metanol y de catalizador para pasar a ser un desecho. (López L., 2015). Siendo este paso muy importante para evitar los depósitos no deseables, en el proceso de combustión en los motores diésel.

El catalizador hidróxido de potasio (KOH, potasa cáustica), de grado industrial, en escamas o en perlas es el catalizador preferido, ya que presenta ventajas al momento de disolverlo en el alcohol: favorece una transformación más completa del aceite en biodiesel, en caso de que se desee purificar la glicerina para su venta. Usualmente el agua de lavado residual es almacenada en contenedores para evitar su contacto con el medio ambiente, sin embargo, es posible el tratamiento de esta agua con diversos métodos como fitorremediación, algunos procesos químicos o incluso destilación solar. La destilación constituye el método más frecuente para la purificación de líquidos (Molina *et.al.*, 1991).

La cantidad por aplicar de catalizador depende de la acidez del aceite a tratar. Tanto el NaOH como el KOH son corrosivos para diversos materiales, y resultan irritantes para la piel y las mucosas nasales (Acosta F., 2008).

La etapa de purificación del biodiesel es esencial para la eliminación del catalizador, otra técnica es lavar el biodiesel con el 5% en volumen de agua a 60°C por medio de un sistema de burbujeo de aire, se deja separar por 24 horas y se decanta; se repite este lavado hasta que el pH del agua descartada sea cercano al neutro para garantizar principalmente la remoción del catalizador (Hincapié-Mejía G., 2011).

La cantidad de catalizador que se debiera encontrar en el agua de lavado es una proporción de 3.5gr por cada 3L de agua de lavado, cuando el biodiesel es producido por la transesterificación de aceite nuevo, cuando se utiliza aceite vegetal usado se utiliza mayor cantidad en el proceso.

Evidentemente el agua con que se lava el biocombustible es agua destilada, la cual se obtiene utilizando generalmente energía convencional en destiladores eléctricos, y en algunos casos condensando vapor de agua obtenido directamente de calderas, proceso que se realiza consumiendo gran cantidad de energía, ya sea eléctrica en los destiladores o petróleo en las calderas, esta etapa de purificación involucra un gasto más en el proceso de producción del biodiesel.

El agua obtenida de este tratamiento, es decir, el agua de lavado de biodiesel puede utilizarse para la recuperación de catalizador (KOH) y agua destilada utilizando destiladores solares, ya que estos tienen la cualidad de evaporar el agua que se encuentra almacenada en la superficie del contenedor y condensar en forma de gotas por las paredes.

Los destiladores multietapa son capaces de producir agua potable con un consumo energético inferior, pero involucran la utilización de tecnologías relativamente complicadas y de considerable costo. En general, el uso a nivel mundial de sistemas de destilación a pequeña escala se ha centrado en los equipos de tipo invernadero, dado por la sencillez de construcción y operación de estos destiladores solares, consisten en una bandeja oscura, usualmente de poca profundidad, donde se coloca el agua a destilar expuesta a la radiación solar. Ésta se absorbe en dicha bandeja, calienta y evapora el agua, quedando las sales concentradas en el fondo. El agua evaporada se condensa en la cubierta de vidrio, escurre por ella y se recoge en canales que la llevan al exterior donde se colecta (Fonseca-Fonseca S., 2009).

Es necesario tener en cuenta que el Sol, para un observador situado en la Tierra, sigue una trayectoria circular a través del firmamento, alcanzando su punto más alto al mediodía y su posición en el firmamento queda descrita mediante dos variables angulares: la altura solar y el acimut solar. El cálculo preciso de estas variables depende fundamentalmente de tres parámetros: la latitud del lugar, la declinación y el ángulo horario. La declinación define la posición angular del Sol al medio día solar, es decir, en el momento en que el Sol está más alto en el firmamento con respecto al plano del Ecuador (Huezo F., 2013).

El tener en cuenta esto es de gran relevancia cuando se requiere del aprovechamiento de la radiación solar ya que dependiendo del lugar y de donde sea localizado el destilador solar, el potencial de radiación varía. En Tamaulipas se cuenta con una radiación solar promedio de 4.8 kWh/m².

El producto principal a obtener, partiendo del agua de lavado de biodiesel, es el catalizador (KOH) potasa, este producto al utilizar el destilador solar es contenido en el fondo del contenedor, una vez que se ha evaporado el agua se observa un polvo blanco, al mismo tiempo que se obtiene agua destilada, obteniendo así el ahorro en dos reactivos utilizados en el proceso de producción de biodiesel, gracias a la irradiación solar que existe de la zona, la radiación solar es muy importante ya que determinara la fiabilidad del uso de destiladores solares.

Esta es la fuente de energía básica para procesos tales como evaporación, transpiración, calentamiento del suelo y capas bajas de la atmosfera, crecimiento y producción en vegetales, y formación de vientos locales. (Fonseca-Fonseca S., 2009).

En la zona de Altamira, Tamaulipas, la irradiación solar promedio es 5.18 kWh/m²*día, siendo la mínima de 3.327 kWh/m².día en el mes de diciembre y la máxima 6.782 kWh/m²*día en el mes de mayo.

La destilación solar es uno de los mejores métodos de purificación del agua, la presente investigación plantea usar la destilación para recuperar el catalizador KOH del agua de lavado de biodiesel, en un destilador solar, obteniendo así dos productos en el mismo proceso sin incrementar el gasto económico, y disminuyendo la huella ecológica del proceso de producción del biocombustible.

La principal barrera para el uso de los bioenergéticos es su falta de competitividad económica, es necesario reducir los costos de producción, sin perder el sentido de la prevención de la contaminación ambiental, en esta investigación demostramos la hipótesis de que es posible recuperar el catalizador del agua de lavado de biodiesel mediante destilación solar, el prototipo diseñado tiene un periodo corto de recuperación de la inversión.

Metodología a desarrollar

Diseño y fabricación

Se construye el prototipo de destilador solar de doble vertiente, con cuatro canaletas de recolección de agua destilada, de 50 cm x 80 cm, con una bandeja de 5 cm de altura., una de las vertientes tiene la característica de una ventana, diseñada para abrirse completamente con la intención de servir para la carga del agua de lavado y descarga del catalizador KOH recuperado.



Figura 1 Destilador solar
Fuente: Elaboración propia

Destilación

La materia prima agua de lavado del biodiesel se obtiene lavando biodiesel producido anteriormente en otra investigación, en una relación 1:3, biodiesel: agua destilada, se realiza un pre-tratamiento, utilizando un filtro de algodón como trampa de ésteres para prevenir el arrastre de estos en la etapa de destilación.

Se realiza la carga diaria de 3 litros de agua de lavado de biodiesel filtrada para su exposición a la radiación solar en el transcurso del día, el destilador está ubicado en el área de Laboratorios y Talleres 2, de la Universidad Politécnica de Altamira, Tamaulipas.

Resultados

En esta investigación se comprueba que la zona cuenta con un potencial solar suficiente para destilar la carga de 3 L alimentada al prototipo, los resultados se presentan en la Tabla 1.

En el cual se observa que en tres ocasiones no fue necesario alimentar agua de lavado de biodiesel, esto debido a las condiciones climatológicas presentes en la zona, que evitaron la evaporación total de la carga anterior.

Prueba	Carga (L)	Agua destilada (L)	Catalizador (gr)
1	3	1.4	0.9876
2	3	1.5	0.9965
3	3	1.5	0.9020
4	3	0.8	0
5	0	0.745	0.8782
6	3	1.4	0.8965
7	3	0.6	0
8	0	0.835	0.9541
9	3	0.92	0
10	0	0.5	0.8763
11	3	1.6	1.1865
12	3	1.4	0.8436
13	3	1.5	0.9823

Tabla 1 Recuperación
Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la investigación muestran que es posible la recuperación del catalizador KOH y Agua Destilada, obteniendo en promedio 0.95 gr del catalizador y 1.13 L de agua destilada.

El KOH obtenido es un polvo blanco higroscópico con densidad de 2.09 g/cm³, correspondiente a las características fisicoquímicas del producto original, sólido blanco en escamas, higroscópico con densidad de 2.04 g/cm³, al agua destilada se le midió el pH, siendo 7 el resultado, indicador de agua neutra, es decir, libre de catalizador, sus propiedades organolépticas son líquido incoloro e inodoro.

El precio de 500gr de KOH es de \$374 +IVA, y el precio de 20 L de agua destilada es de \$270 +IVA cotizado con un conocido proveedor de reactivos de laboratorio en Tampico, México.

Considerando los resultados promedio y el costo de los productos, el ahorro diario de KOH es de \$0.82 y \$17.70 M.N en agua destilada. El prototipo de destilador solar tuvo un costo de \$1, 600 M.N. Se determina el periodo de recuperación con la ecuación 1.

$$P. R. = \frac{\text{costo del equipo}}{\text{ahorro de productos}} \quad (1)$$

Donde se tiene un periodo de recuperación inferior a 3 meses. (Ecuación 2)

$$P.R. = \frac{1600}{(0.82+17.70)*365} = 0.236 \text{ años} \quad (2)$$

Agradecimiento

Al Laboratorio de energías renovables de la Universidad Politécnica de Altamira, a los colaboradores Sánchez Benavides Carlos Osvaldo y Hernández Hernández Bryan Azael.

Conclusiones

Se comprueba que la destilación solar es un método de obtención de agua destilada y recuperación del catalizador KOH utilizado en el proceso de transesterificación de triglicéridos, y desechado en la etapa de purificación del biodiesel obtenido, es un método limpio ya que utiliza el recurso renovable solar térmico, y una excelente alternativa al tratamiento del efluente agua de lavado de biodiesel, previniendo un impacto ambiental, permitiendo doble ahorro económico en el costo del catalizador y agua destilada, el periodo de recuperación es una herramienta que permite evaluar la viabilidad de un proyecto, es este caso, se demuestra que es viable económicamente, el periodo de recuperación es de 0.236 años, el cual es inferior a los tres meses.

El prototipo diseñado y fabricado es capaz de recuperar el catalizador KOH y producir agua destilada a partir de un desecho, con sólo un aporte de energía solar, la cual es abundante y gratuita, el uso de esta técnica contribuiría a la disminución de costos y disminución de impacto ambiental en la producción del biodiesel, contribuyendo al beneficio social, es decir, al desarrollo sustentable.

Recomendaciones

Se observó una pérdida de volumen de agua, posiblemente debido a fugas en la parte superior que no fueron detectadas a tiempo, al incrementar la superficie del destilador solar se concentraría una mayor energía radiante para obtener mejores resultados, o bien, utilizar un destilador multiefecto a pesar de requerir una mayor inversión.

Referencias

Acosta, F. C. (2008). Manual de construcción y uso de reactor para producción de biodiésel a pequeña escala. *Soluciones practicas*, 54.

Avellaneda, F. (2010). Producción y caracterización de biodiesel de palma y de aceite reciclado mediante un proceso batch y un proceso continuo con un reactor helicoidal. Ph.D. Thesis, Departament d'Enginyeria Química, Universitat Rovira i Virgili.

Armendáriz, S. I.-G.-M. (2003). Comportamiento isotérmico de la precipitación salina en un destilador solar experimental. *Revista de la Sociedad Química de México*, 47(3), 287-294.

Bravo, J. L. (2000). Relaciones entre la magnitud del valor máximo de ozono, la radiación solar y la temperatura ambiente en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 16(2), 45-54.

Chavez, S., (2015), Diseño, construcción y evaluación experimental y exergética de un destilador solar, D.F., México, Instituto Politécnico Nacional.

Fonseca Fonseca, S. B. (2009). Andión Torres, R., Perdomo Miranda, E., & Fernandez Parra, M. I. (2009). Análisis Exergetico del destilador solar de bandeja de fibra de vidrio. *Tecnología Química*, 29(3).

Fuentes Díaz, M. G. (2006). Destilación solar tubular una opción para obtener agua potable a partir de aguas salobres para comunidades rurales. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: investigación, desarrollo y práctica*, 1(3).

García Noriega Nieto, F. (1998). *Diseño y fabricación de dos calentadores solares autocontenidos y un destilador solar*. Mexico: Secretaria de desarrollo urbano y ecología/ Instituto SEDUE.

García Pérez, J., García Lara, C., Nájera Aguilar, H., Vera Toledo, P., & Vázquez Sánchez, R. (2017). Desarrollo y caracterización de un destilador solar para su aprovechamiento en el tratamiento de agua contaminada. *Lacandonia*, 4(2), 71-78.

Garrido, S. L. (2010). Instalación de destiladores solares en el noreste de la provincia de Mendoza—transferencia vs. adecuación socio-técnica. En S. L. Garrido, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* (págs. 14, 33-39).

Hincapié-Mejía, G. M. (2011). Fotocatálisis heterogénea y foto-Fenton aplicadas al tratamiento de aguas de lavado de la producción de biodiesel. En G. M. Hincapié-Mejía, *Información tecnológica* (págs. 33-42).

Huezo F. R., Morán J.I. (2013). Diseño, construcción y validación de un destilador solar para uso en los laboratorios de la planta piloto de la escuela de ingeniería química, San Salvador, El Salvador, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

Knothe, G. (2005). Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. En G. Knothe, *Fuel processing technology* (págs. 86(10) 1059-1070).

López L., Bocanegra J. y Malagón-Romero D., (2015), Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado, Bogotá, Colombia, Universidad Santo Tomás.

Marchesi, J. D. (2007). Sistematización de las mediciones de producción y temperaturas de destiladores solares en la UNRC. En *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* (págs. 11, 3-123.).

Marín, S. S. ((2001). *Caracterización del clima en el norte de Tamaulipas y su relación con la agricultura*. Tamaulipas.

Molina P., Lorenzo A., Velasco M.D., Tárraga A., Alejarin M., Lidon J. y Guirado A., (1991). *Prácticas de química orgánica*, Universidad de Murcia.

Moustafa, S. M. (1979). Direct use of solar energy for water desalination. En H. Zheng, *Solar Energy* (págs. 141-148). Elsevier.

Rivera, M. E., Murillo, C. A., & 3, H. G. (2009). Prevención del riesgo por desabastecimiento de agua en agricultura ante el cambio climático. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 62.

Vicente A.C.D., (2012), Obtención de biodiesel por transesterificación de aceites vegetales: nuevos métodos de síntesis, Badajoz, España, Universidad de Extremadura.