



EXPERIENCIAS EN LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UNA PLANTA PILOTO DE BIODIESEL EN TABASCO

E. Custodio García, José F. Córdova Gómez, José A. Irineo Mijangos, W. Montiel Reyes, Gustavo M. Gutiérrez León

Tecnología Ambiental de la Universidad Tecnológica de Tabasco, Grupo DG-APSA

e_custodio2000@yahoo.com.mx

gulg@autospopulares.com.mx

El iniciarse en el desarrollo de un proyecto que tenga como fin la construcción de una planta a nivel piloto para fabricar biocombustible, siempre representa un reto. Primero, por la poca experiencia que pudiéramos tener en la construcción, y otra, en lo que es la selección del equipo o material para su construcción, ya que se debe contar con estándares de calidad en los materiales y suele suceder que en ocasiones no se encuentren en el mercado por su especialización. En este trabajo, los autores utilizan su experiencia en el diseño y construcción de la primera planta piloto para producción de biodiesel en el estado de Tabasco, así como en el uso del biocombustible en los autobuses y plantas de emergencia donde se ha probado el biodiesel. La planta piloto para biodiesel está diseñada para producir 400 litros por hora, cada

Bach, tiene una capacidad de almacenamiento de 2400 litros y cuenta con un sistema de filtros y tanque de lavado con agua para eliminar agua y materias sólidas que estén contaminando el proceso. Para la producción del biodiesel se utiliza metóxido, que es una mezcla de hidróxido de sodio y alcohol metanol para que reaccione con el aceite y se forme el biodiesel. La planta se encuentra trabajando con aceite vegetal usado como materia prima, mismo que se recolecta de los hoteles y restaurantes de la zona. Las críticas han servido para ir mejorando el proceso, pues en ocasiones no todo se ha escrito sobre el biodiesel. Este trabajo es el producto conjunto entre la unión de la iniciativa privada (Grupo DG) y la Universidad Tecnológica de Tabasco.



INTRODUCCIÓN

El biodiesel es un combustible alternativo a los fósiles, fabricado a partir de aceite vegetal o grasa animal. Un estudio llevado a cabo por el departamento de energía y agricultura de los Estados Unidos (USDOE/USDA), concluyó que el biodiesel reduce las emisiones de bióxido de carbono netas en 78% comparado con el diesel proveniente de petróleo ^{1,2}, debido a su mayor contenido de oxígeno en él, lo que ayuda a alcanzar un punto de combustión más alto; además, es básicamente libre de azufre, por lo tanto, los óxidos y sulfatos del biodiesel son esencialmente eliminados cuando se comparan con el diesel común ^{3,4,5}.

Actualmente, los últimos informes emitidos por el Panel Inter-gubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) han sido contundentes frente al tema, incrementándose la preocupación y el interés por el desarrollo de biodiesel como una alternativa al diesel de petróleo, principal causante del efecto invernadero.

En México, en el Diario Oficial de la Federación del 25 de abril del 2005, aparece el acuerdo por el que se crea con carácter permanente la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), con el objeto de coordinar en el ámbito de sus respectivas competencias las acciones de las dependencias y entidades de la administración pública federal, relativas a la formulación e instrumentación de las políticas nacionales para la prevención y mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero ⁶.

Todo esto sugiere que los temas sobre nuevas alternativas de generación de energéticos está teniendo nuevos impulsos para evitar los desperdicios y contaminaciones al medio ambiente, como es el caso de los aceites vegetales usados (AVU) generados por los diferentes usuarios y que por lo general se vierten a la red de agua de desecho

municipal, en la tierra o se llevan a un relleno sanitario.

El presente proyecto busca participar del avance en investigación y desarrollo (I+D) en México en el tema del biodiesel con el diseño y desarrollo de una planta para la producción de biodiesel y ensayar distintas posibilidades de funcionamiento con aceites vegetales y grasas animales, así como también con aceites vegetales usado por su alta contaminación a los cuerpos de agua. Esta idea surge a partir de la necesidad de aprender el proceso de producción del biodiesel y su uso en los motores.

Proceso de producción del biodiesel

La transesterificación, es la transformación de un tipo de éster en otro tipo de éster y en donde la viscosidad de los aceites es drásticamente reducida, haciendo esta propiedad muy semejante a la del diesel del petróleo.

La reacción de esterificación se lleva a cabo a temperaturas que van desde los 50 y 60 °C, con una relación volumétrica de metanol a aceite de 1:5 y 4.375 g de hidróxido de sodio por litro de aceite. En el caso de utilizar etanol, la relación de aceite a alcohol se incrementa a 1:7.5, así como la cantidad de hidróxido de sodio aumentaría 5.0 gramos por litro de aceite. Se transfiere a un recipiente el volumen de metanol proporcional al volumen de aceite que se vaya a transesterificar, se agrega la proporción necesaria de hidróxido de sodio al alcohol metanol, se agita por el tiempo necesario hasta que se disuelva la sosa (reacción exotérmica). A la mezcla de metanol-sosa, se le conoce como metóxido. Al reactor, se transferirá el volumen del aceite a transesterificar para calentarlo a 60 °C, se agita y se añade lentamente el volumen preparado de metóxido, manteniendo la agitación por una hora.

Se detiene la agitación y se deja reposar por el tiempo



necesario para que la mezcla obtenida de biodiesel y glicerina se separe en dos fases, pudiendo decantar la glicerina por la parte del fondo del recipiente.

El diseño de la planta se definió luego de analizar la tecnología existente tanto a nivel comercial como de investigación.

Experiencia de instalación de la planta en Tabasco

El impulsor principal de la idea para investigar el método de fabricación de biodiesel fue el Lic. Gustavo M. Gutiérrez León, quien es el director de Grupo DG-APSA, y es muy importante decir que gracias a él, tenemos la primer planta de su tipo dedicada a la investigación del proceso de fabricación del biodiesel en Tabasco.



Figura 1.

En los primeros inicios de la planta, se compraron materiales y reactivos para iniciar las primeras pruebas, también se utilizaron algunos recipientes que se tenían disponibles, los que fueron modificados para adaptarlos a lo que se necesitaba. En la figura 1 se muestran los diferentes utensilios utilizados para elaborar las primeras muestras de biodiesel, estas muestras fueron hechas con



Figura 2.

aceite de soja virgen.

Para una segunda etapa se planteó el incremento de capacidad de producción, por lo que se incorporaron tanques de plástico de mayor capacidad para el lavado del biodiesel y secado (Ver figura 2).

El bajo precio del aceite usado en comparación con el precio del diesel, en ocasiones permite amortiguar el costo de producción del biodiesel, ya que no se está fabricando con fines de negocio. En un análisis de costo de producción que se realizó usando los datos de este proyecto, el biodiesel tiene un costo de 9.20 pesos por litro, lo que es mayor al precio del diesel que se expende en las gasolineras de PEMEX, por lo que es siempre confortante que en un principio no sea con fines de lucro este proyecto.

También nos preocupamos en saber con exactitud donde estábamos parados en materia de calidad del producto. Si bien los motores marchan aparentemente bien, se debe asegurar de que no se producirán daños en un uso a largo plazo de este combustible, por lo que se recurrió a los laboratorios de diversas universidades como la UNAM, UJAT y la propia UTTAB para poder analizar parámetros tales

**Tabla 1.** Especificaciones establecidas para el biodiésel y el método de ensayo correspondiente.

Propiedad	Unidad	Límites		Método de Ensayo
		Mínimo	Máximo	
Contenido en éster	% (m/m)	96,5	-	EN 14103
Densidad a 15°C	kg/m ³	860	900	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Viscosidad a 40°C	mm ² /g	3,50	5,00	EN ISO 3104
Punto de inflamación	°C	120	-	EN ISO 3679
Contenido de azufre	mg/kg	-	10,0	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Residuo de carbón (en 10% de residuo destilado)	% (m/m)	-	0,30	EN ISO 10370
Índice de cetano		51,0		EN ISO 5165
Contenido de cenizas sulfatadas	% (m/m)	-	0,02	ISO 3987
Contenido en agua	mg/kg	-	500	EN ISO 12937
Contaminación total	mg/kg	-	24	EN 12662
Corrosión de la tira de cobre (3h a 50°C)	Clasificación	Clase 1		EN ISO 2160
Estabilidad a la oxidación 110°C	Horas	6,0	-	EN 14112
Índice de ácido	mg KOH/g		0,50	EN 14104
Índice de yodo	g de yodo/100g		120	EN 14111
Éster de metilo de ácido linoléico	% (m/m)		12,0	EN 14103
Ésteres de metilo poli-insaturados (> = a 4 dobles enlaces)	% (m/m)		1	
Contenido de metanol	% (m/m)		0,20	EN 14110
Contenido en monoglicéidos	% (m/m)		0,80	EN 14105
Contenido en diglicéidos	% (m/m)		0,20	EN 14105
Contenido en triglicéidos	% (m/m)		0,20	EN 14105
Glicerol libre	% (m/m)		0,02	EN 14105 EN 14106
Glicerol total	% (m/m)		0,25	EN 14105
Metales del grupo I (Na+K)	mg/kg		5,0	EN 14108 EN 14109
Metales del grupo II (Ca+Mg)	mg/kg		5,0	prEN 14538
Contenido de fósforo	mg/kg		10,0	EN 14107



como densidad, viscosidad, punto de inflamación, número de cetano, agua libre, entre otros parámetros que marca la norma de la ASTM. Los primeros lotes no cumplían con lo establecido en las normas pues, por ejemplo, la cantidad de agua libre en el biodiesel la norma marca que el mínimo debería de ser 500 mg/kg y nuestra muestra contenía 800 mg/kg. (Ver la tabla 1) La falta de equipos para el análisis en la calidad de las muestras se pudo solventar con la ayuda ofrecida por colegas de otras universidades que cuentan con equipos y que se encuentran trabajando en la misma línea.

Por otra parte, la planta se planeó y construyó para una producción de 1600 litros por día por la técnica de Bach.

Se trabajó primero en el sistema de elaboración de metóxido, luego la transesterificación, la separación por decantado continuo y el lavado del biodiesel y la parte de control de toda la planta. Para mantener la temperatura en las distintas etapas, todo el sistema de calentamiento es asistido por cinco resistencias de 1000 watts cada una en acero inoxidable. Las temperaturas empleadas son controladas en la forma más económica y sencilla (termómetro y válvulas solenoides). Debe tenerse en cuenta que en esta etapa no se recurrió a la electrónica debido a que se trata de una planta piloto experimental y el control de gastos de investigación obligaban racionalizar la utilización de recursos.

Durante los comienzos se tuvieron innumerables dificultades, muchas de ellas de ajustes y modificaciones de los equipos diseñados por nosotros mismos.

Otras provenientes de la falta de experiencia con proveedores inescrupulosos al momento de suministrar calidad del aceite usado que se requiere, ya que en ocasiones se recolectó aceite usado tratado con un gel que ocasionaba una pérdida muy grande a la hora de estarse



Figura 3.

llevando a cabo la esterificación. Este aceite contenía un gel que impedía que la grasa quedase libre para la producción de biodiesel; dicho método de empaquetamiento del aceite lo encontramos en los aceites que provenían de restaurantes de comida rápida, y así como ese problema, muchos fueron saliendo, por lo que vimos que el aceite usado en particular su calidad es muy variable. Además de la variabilidad en la calidad del sebo y la dificultad que se presentó a la hora de derretirlo.

Una sola descarga sin control, nos produjo un inconveniente que nos mantuvo demorados y en limpieza de toda la planta durante 15 días. Eso nos alertó de no cargar el sebo al reactor por los ductos, y que era mejor hacerlo manualmente en tanto no se tuviese el control de un baño maría por toda la tubería.

De cada 1000 kg de aceite vegetal usado que se procesaba se obtienen unos 700 lts de biodiesel, la glicerina que se obtiene se almacena y se está buscando recuperarla para darle un mayor valor agregado como lo es en la producción de jabón decorativo. En la actualidad no tenemos ni tecnología ni capacidad de refinación, por lo que es simplemente almacenada.



Figura 4.

En cuanto al sebo, se logran reacciones del 96%. Modificamos el reactor transesterificador para lograr más agitación y más permanencia y logramos aumentar al 98%

de biodiesel sobre el total del sebo. Pero aun así el 2% del sebo no reaccionado es un problema serio, por el alto punto de niebla del producto obtenido. A temperaturas por debajo de los 30°C, se forman partículas en toda la masa del biodiesel, las que tienen una muy similar densidad con el biodiesel por lo que no decantan, y si se usa en motores produce el tapado de los filtros de combustible.

Debemos tener en claro que nuestro negocio no es la fabricación del biodiesel, sino la investigación y desarrollo de la mejor tecnología posible para su fabricación a gran escala con tecnología propia, partiendo de la asimilación de otras tecnologías y mejorándolas.

La planta que se diseñó cuenta con un reactor y tanque



Figura 5.



de metóxido que se encuentra soportado por un rack con capacidad para dos reactores; este rack se diseñó así con el fin de seguir creciendo según se vea la necesidad. Más adelante, en otra etapa del proyecto se instalará una recuperadora de metanol y otro tanque de lavado. Toda la estructura es tubular y de rejillas Irving como se puede ver en la figura 3.

La construcción se hizo en las instalaciones de la nave industrial de la Universidad Tecnológica de Tabasco, esto por razones de espacio y por la necesidad de contar con los

servicio de laboratorio ahí ofrecidos.

Otros de los componentes importantes en la planta son los filtros para eliminar todas las impurezas en el biodiesel; estos filtros son marca Idimex con capacidad de filtración de 600 litros por segundo. Es importante saber que cuando los filtros están sucios su sistema de seguridad emite una señal luminosa y auditiva; filtrar el biodiesel es fundamental, porque se evita que suciedades como restos de basura y alimentos puedan dañar el motor (Figura 4).



Otra innovación que tiene la planta es un sistema de resistencias que permite derretir el sebo de res para que pueda fluir libremente por la tubería, se trata de dos resistencias eléctricas que se introducen en el tanque de sebo hasta que se derrite por completo. El sebo tiene un punto de fusión de 60 °C, pero el problema citado antes este sistema solo se puede usar para calentar el sebo y no para hacerlo fluir por las tuberías de la planta (Figura 5).

La producción de biodiesel en su totalidad está siendo probada en un automóvil Bora 2008, marca VW con motor a diesel y en un autobús marca Mercedes-Benz de la universidad, los resultados que se han obtenido son muy interesantes: el efecto del biodiesel en el auto es la disminución tanto del ruido producido por el motor, y en la cantidad de kilometraje por litro en un 5% comparado con el gasto que tiene con diesel. En el autobús se disminuyó el ruido y las emisiones de humo; la mezcla usada en el auto y en el autobús es de B15, lo que quiere decir que por cada litro el 15% es de biodiesel y el 85% restante es diesel.

Conclusión

La planta de producción de biodiesel se encuentra actualmente en operación; se produce de forma escalonada debido a que el consumo de la planta está destinado para el gasto interno; se están haciendo las primeras evaluaciones en las plantas de emergencias de energía eléctrica, en el autobús de la escuela y en el automóvil, se lleva una bitácora en donde se registran los kilómetros.

Ha sido un poco complicado poder convencer al gobierno y a otras instituciones para que usen este biocombustible, pero creemos que en la medida que vayan saliendo los resultados de las pruebas que estamos realizando en los autobuses y en las plantas de generación eléctrica, podrán

ir sentándose las bases para continuar con éxito este proyecto.

Nuestra recomendación para todos aquellos que desean hacer biodiesel es que pueden hacerlo y les aseguramos que no les costará mucho trabajo, pues existe un gran número de literatura en el internet y revistas, ya que este proceso está bien estudiado y el equipo para fabricarlo es una licuadora gigante, sin embargo no recomendamos que lo usen en sus motores al menos que estén seguros que no contiene sustancia alguna que sea corrosiva con los pistones y demás materiales de goma, pues para hacer uso de este biocombustible primero hay que caracterizar su calidad y esto solo se puede hacer con equipo especializado y en laboratorios que cumplan con una norma establecida por las ASTM para biodiesel.

Referencias

- [1] Ajila, V.; Chiliquinga. "Análisis de legislación sobre biocombustibles en América Latina". 2007. [En línea] (<http://www.olade.com>) [Consulta: 20 de septiembre, 2007].
- [2] McCormick, A. Williams, J. Ireland, Brimhall, and R.R. Hayes. "Effects of biodiesel blends on vehicle emissions". Milestone Report NREL/MP-540-40554: October 2006.
- [3] Freedman, B.; Pryde, E.; Mounts, T. "Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils". J Am Oil Chem Soc. pp. 38-43. Vol. 61. 1984.
- [4] Schmidt, K.; Van Gerpen, J. "The effect of biodiesel fuel composition on diesel combustion and emissions". Soc Automot Eng. SP-1181. pp. 113-24. 1996
- [5] <http://rambiocom.wordpress.com/2008/02/07/ley-de-promocion-desarrollo-de-los-bioenergeticos-mexico/> (acceso mayo 19, 2009).
- [6] Carlos David Zapata, Iván Darío Martínez, Erika Arenas Castiblanco, Carlos Andrés Henao Uribe. "Biodiesel production from crude palm oil: 1. Design and simulation of two continuous processes", Dyna, Vol., 151 pp. 71-82. 2007. ●