

PROCESO DE CONVERSIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS EN COMBUSTIBLE

Valdez Cervantes, Oscar Daniel (1) Riesco Avila, José Manuel (2)

1 Ingeniería Mecánica, División de ingenierías, Campus Irapuato- Salamanca, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: od.valdezcervantes@ugto.mx

2 Departamento de Ingeniería Mecánica, División de ingenierías, Campus Irapuato- Salamanca, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: riesco@ugto.mx

Resumen

En este trabajo presentan los resultados obtenidos de la conversión termoquímica de residuos plásticos de polipropileno, en hidrocarburos líquidos, mediante el proceso de pirólisis. El combustible obtenido mediante este proceso fue caracterizado para obtener sus propiedades físico-químicas y se analizó su efecto en las prestaciones de un motor de combustión interna cuando se usa mezclado en diferentes proporciones con diesel normal. Se demuestra que es posible usar combustibles derivados de la pirólisis de desechos plásticos, mezclados con diesel regular, en motores de combustión interna, sin deterioro en las prestaciones de estos motores.

Abstract

This paper presents the results of the thermochemical conversion of waste plastics polypropylene, to liquid hydrocarbons by means of pyrolysis. The fuel obtained by this process was characterized for obtain their physical-chemical properties, and its effect in the performance of an internal combustion engine, when used in different proportions mixed with regular diesel, was analyzed. It is shown that is possible to use fuels derived from the pyrolysis of plastic waste mixed with regular diesel in internal combustion engines, without deterioration in the performance of these engines.

Palabras Clave

Pirólisis; Residuos plásticos; Polipropileno.

INTRODUCCIÓN

Los plásticos suponen una grave amenaza para el medio ambiente por dos motivos principales; su utilización masiva en todo tipo de productos y su lenta degradación. Se estima que tarda unos 180 años en descomponerse, aunque este periodo varía en función del tipo de plástico. Los plásticos representan más del 12% de la cantidad de residuos sólidos urbanos, un aumento espectacular desde 1960, cuando los plásticos fueron menos del 1% del flujo de residuos. En México, los estados con mayor generación de plástico son el estado de México, con 22.6%; Puebla, con 10.8%; Guanajuato, con 9.7% y Jalisco, con 9.0%.

Los residuos plásticos son uno de los recursos más prometedores para la producción de combustible debido a su alto poder calorífico y a su creciente disponibilidad.

Los combustibles derivados de basuras plásticas, poseen una pureza alta, ya que su materia prima “el petróleo” pasó por un proceso de refinación en el que se eliminaron impurezas, metales pesados y en gran proporción componentes químicos como azufre, bromo, cloro, flúor, fósforo y nitrógeno; por lo cual se asume que la contaminación generada por estos combustibles al ser utilizados en motores de combustión interna debería estar dentro los parámetros admisibles por las normas que rigen las emisiones de gases y material particulado, como lo son la NOM-085-SEMARNAT-2011 (fuentes fijas) [1] y la NOM-045-SEMARNAT-2006 (fuentes móviles) [2], para el caso de México.

La producción de combustibles vehiculares líquidos, tales como gasolina, queroseno y diesel a partir de residuos plásticos, mediante el proceso de pirólisis, es una tecnología emergente que brindará una solución alternativa para la disminución de los residuos plásticos existentes, así como para el uso de combustibles alternativos.

La pirólisis de plástico es un proceso mediante el cual se produce la despolimerización térmica de los residuos en ausencia de oxígeno/aire. Sirve para la eliminación/transformación de los desechos de plástico, a la vez que permite la recuperación de una amplia gama de hidrocarburos. Durante la pirólisis, los materiales poliméricos se calientan a altas temperaturas, en presencia de un catalizador apropiado, de manera que sus estructuras

macromoleculares se descomponen en moléculas más pequeñas, dando lugar a una amplia gama de hidrocarburos líquidos y gaseosos [3].

En este trabajo presentan los resultados obtenidos de la conversión termoquímica de residuos plásticos de polipropileno, en hidrocarburos líquidos, mediante el proceso de pirólisis y se analiza el efecto del uso de este combustible en las prestaciones de un motor de combustión interna cuando se usa mezclado en diferentes proporciones con diesel normal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El combustible generado en esta investigación se obtuvo del proceso de pirólisis de polipropileno (PP) usando un reactor cerrado tipo “batch reactor”. En la Figura 1 se muestra el prototipo una fotografía del prototipo utilizado.



Figura 1.- Prototipo de pirolizador utilizado para la obtención de combustible a base de desechos plásticos de polipropileno.

El pirolizador semidiscontinuo es un contenedor de acero inoxidable aislado, que contiene dos resistencias eléctricas que aumentan la temperatura en el interior del mismo y dos termopares que registran dichas temperaturas. Incluye además, un cilindro de condensación donde se recupera el producto líquido y un filtro para gases no condensables. En este equipo se calienta el PP hasta una temperatura de 400°C en ausencia de oxígeno y los vapores se pasan por una tubería que los descarga en un baño de agua donde se condensan, como se muestra en el diagrama esquemático de la Figura 2.

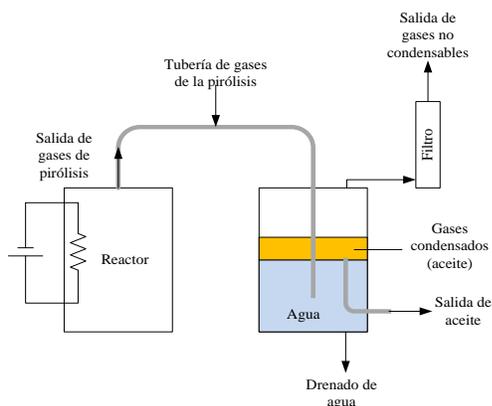


Figura 2.- Diagrama esquemático del pirolizador.

Para las pruebas en el motor de combustión interna, se utilizaron tres mezclas de diesel regular con combustible obtenido del polipropileno (CPP), las cuales se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Mezclas utilizadas en las pruebas.

Mezcla	Diesel [%]	CPP [%]
Mezcla 80-20	80	20
Mezcla 60-40	60	40
Mezcla 40-60	40	60

Posteriormente se utilizó un picnómetro y una bomba calorimétrica marca IKA Werke modelo C2000 para determinar la densidad y el poder calorífico de las muestras de combustible.

El banco utilizado para las pruebas de las mezclas de combustible, fue un GUNT HAMBURG CT159, equipado con un motor monocilíndrico de cuatro tiempos de encendido por compresión (MEC). En la Tabla 2 se presentan sus principales características.

Tabla 2: Especificaciones del motor utilizado en las pruebas.

Tipo de motor	MEC
No. Cilindros	1
Diámetro	69 mm
Carrera	62 mm
Cilindrada	232 cm ³

Las pruebas fueron realizadas a velocidades de 1000, 1500, 2000 y 2500 rpm. Los parámetros estudiados fueron la potencia (N) en kW, par (M) en N-m y consumo específico de combustible (g_{ef}) en g/kWh. Como combustible fue utilizada una muestra de diesel regular como patrón de comparación, así

como mezclas de diesel con el combustible derivado de los residuos de polipropileno. Para la medición de cada parámetro se hicieron 5 pruebas para cada rpm, obteniéndose como resultado final el promedio de estas mediciones.

La medición del gasto de combustible se realizó mediante el método volumétrico. A través de este método se determina el volumen de combustible (V) que se consume en un tiempo determinado, luego con estos valores de gasto de combustible se estima el consumo específico mediante la siguiente ecuación:

$$g_{ef} = \frac{(V/t)\rho}{N} \quad (1)$$

donde:

V = Volumen de combustible consumido.

t = Tiempo que tarda en consumirse el volumen de combustible.

ρ = Densidad del combustible utilizado.

N = Potencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3 se muestran los productos obtenidos de la pirólisis de los residuos de polipropileno, a partir de una masa inicial de 1 kg.

Tabla 3: Productos obtenidos de la pirólisis de los residuos de polipropileno.

Residuo plástico	Líquido	Cera	Carbón	Gases
	[%]			
PP	76.8	8.0	0.0	15.2

En la Tabla 4 se presentan los valores de densidad y poder calorífico de las muestras de combustible probadas en el motor de combustión interna.

Tabla 4: Poder calorífico superior, inferior y densidad del diesel y de las mezclas utilizadas.

Muestra	Densidad [kg/ m ³]	Poder Calorífico [kJ/kg]
Diesel	816	46 294
CPP	762	46 872
Mezcla 80-20	806	46 392
Mezcla 60-40	796	46 600
Mezcla 40-60	783	46 679

Como se puede observar en la Tabla 4, el poder calorífico del combustible obtenido a partir de desechos plásticos es mayor al del diésel, también se puede observar una densidad menor lo cual pareciera prometedor, aunque se necesitaría caracterizar por completo dicho combustible para poder discutir su factibilidad empleándolo en motores de combustión interna de encendido por compresión o incluso en motores de combustión interna de encendido por chispa.

Utilizando el banco de pruebas se obtuvieron los resultados mostrados en las Figura 3, Figura 4 y Figura 5 para par, potencia y consumo específico de combustible, respectivamente.

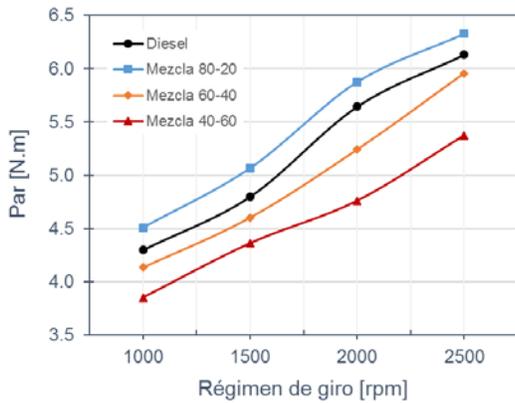


Figura 3.- Resultados obtenidos para el par en N-m para las diferentes mezclas

Como se puede apreciar en la Figura 3 el comportamiento del par (N-m) que ofrece el motor para el diésel y las diferentes mezclas con combustible a base de polipropileno es muy parecido. También se puede apreciar que la mezcla 80-20 brinda un mayor par, incluso comparándolo con el diésel.

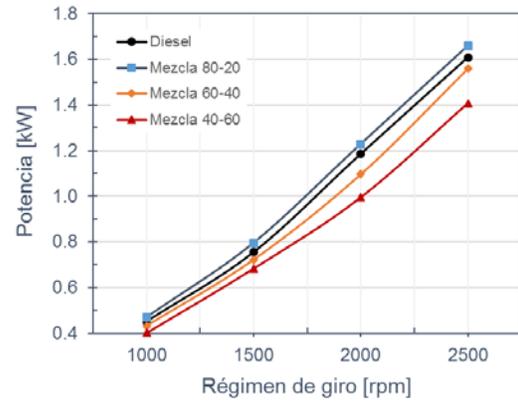


Figura 4.- Resultados obtenidos para la potencia en kW para las diferentes mezclas

En la Figura 4 se puede apreciar que la potencia brindada por el motor es mayor para el caso de la mezcla 80-20, también se observa que el comportamiento de las mezclas se asemeja al comportamiento del diésel.

El comportamiento para el desarrollo de par y potencia es mayor únicamente para el caso de la mezcla 80-20 con respecto al diésel; sin embargo, al aumentar el porcentaje del combustible a base del polipropileno el desempeño de par y potencia disminuye, lo cual puede indicar que para el uso de este combustible sería mejor encontrar la mezcla óptima para obtener el mayor desempeño, lo cual indica que el uso de combustible a base de polipropileno en una mezcla 100% del mismo puede no ser factible en motores de encendido por compresión.

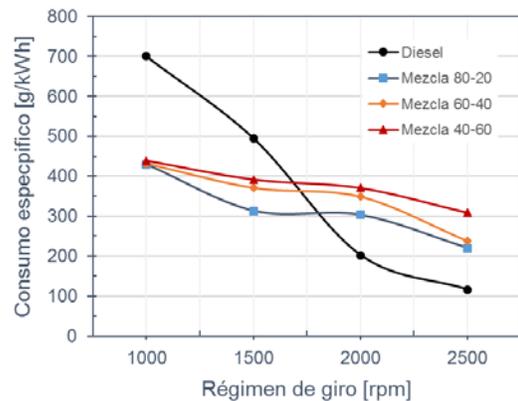


Figura 5.- Resultados obtenidos para el consumo específico en g/kWh para las diferentes mezclas

Como se observa en la Figura 5, el comportamiento del consumo específico de combustible es muy errático, debido al sistema de medición utilizado en el banco, por lo que esta medida no es muy confiable. De acuerdo con estos resultados, parecería ser que a mayor densidad se inyecta más combustible, lo que se refleja en una mayor potencia, con un consumo específico de combustible (flujo másico de combustible por unidad de potencia) menor.

CONCLUSIONES

Es importante continuar con el estudio de combustibles generados a base de desechos plásticos, para encontrar las condiciones óptimas de operación y mejorar el proceso de obtención agregando catalizadores para acelerar la descomposición, reducir el tiempo requerido para la obtención, encontrar las condiciones requeridas para generar un mejor combustible. También es importante caracterizarlo por completo, y determinar su factibilidad para su uso puro o mezclas con combustibles convencionales y/o en su defecto encontrar el método para convertir los desechos plásticos en materia prima, con esto se podrían disminuir los residuos plásticos y obtener un mejor proceso de reciclaje para estos residuos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Ana Gabriela García Paramo por motivarme a participar en el verano de investigación, apoyarme y alentarme en todo momento, a María Aguilar Mendoza, Juan Manuel García Guendulain, América Eileen Mendoza Rojas y al Dr. José Manuel Riesco Ávila por su colaboración y apoyo durante la investigación de verano.

REFERENCIAS

- [1] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (México). Norma Oficial NOM-085-SEMARNAT-2011.
- [2] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (México). Norma Oficial NOM-045-SEMARNAT-2006.
- [3] A. Kumar-Panda, Studies on process optimization for production of liquid fuels from waste plastics, 2012.
- [4] A. Adrado, I. de Marco, B.M. Caballero, A. López, M.F. Laresgoiti, A. Torres. (2012). Pyrolysis of plastic packaging waste: A comparison of plastic residuals from material recovery facilities with simulated plastic waste. *Journal of Waste Management*, 826 (1).