

# ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DE COMBUSTIBLES OBTENIDOS A PARTIR DE DESECHOS PLÁSTICOS

González Lozano Francisco Arturo (1), Riesco Ávila José Manuel (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: fagl.1992@gmail.com]

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

## Resumen

En el presente trabajo se muestran los resultados del análisis cromatográfico realizado al combustible obtenido a partir de la pirólisis de desechos plásticos. El combustible analizado en se obtuvo del proceso de pirólisis de polipropileno (PP). Para las pruebas se utilizó un cromatógrafo de gases Varian CG-450, que para generar los cromatogramas, cuenta con el software "Galaxie". El cromatógrafo fue usado con una columna de 100 m de largo con un diámetro de 0.25 mm, que sirvió para la correcta separación de los analitos de la muestra. Se desarrolló el método de análisis empezando con una temperatura de 60°C en la entrada del analito, la cual se mantuvo por un minuto y posteriormente se hace una rampa de 10°C/min hasta llegar a los 270°C, que es la temperatura máxima que soporta la columna. Se realizaron varias pruebas usando estándares de sustancias con 99% de pureza como el benceno, tolueno, etilbenceno, naftaleno y otros hidrocarburos.

## Abstract

In this work the chromatographic analysis of fuel made from plastic waste pyrolysis is given. Fuel analyzed was obtained from pyrolysis of polypropylene (PP). For the test, a gas chromatograph Varian CG-450, which to generate the chromatograms, the chromatograph uses the "Galaxie" software. The chromatograph was equipped with a column of 100 m long with a diameter of 0.25 mm for correct separation of the analytes of the sample. The analysis method was made starting with a temperature of 60°C into the chromatograph, maintained for one minute and then becomes a ramp of 10°C/min up to 270°C, which is the maximum temperature is developed supporting column. Several tests using standard substances with 99% purity as benzene, toluene, ethylbenzene, naphthalene, and other hydrocarbons.

## Palabras Clave

Cromatografía; Pirólisis; Polipropileno (PP); Hidrocarburos.

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con datos del 2011 de la Asociación Nacional de Industrias del Plástico, A.C. (ANIPAC), al año en México se generan aproximadamente 3.8 millones de toneladas de basura plástica, y tan sólo 1.3 millones de toneladas es rescatada para reciclamiento, exportación y otros usos. Se puede contribuir con el medio ambiente y generar combustible de desechos plásticos utilizando la pirólisis (del griego piro, 'fuego' y lisis, 'rotura') que es la descomposición química de materia orgánica y todo tipo de materiales (excepto metales y vidrios), causada por el calentamiento a altas temperaturas en ausencia de oxígeno, es decir, es un proceso de craqueo térmico en el cual una molécula se rompe por la acción del calor, en moléculas más pequeñas para producir una gran gama de hidrocarburos. Estos productos pirólíticos se pueden dividir en una fracción líquida (aceite de pirólisis) y residuos sólidos (carbones). El aceite de pirólisis consiste en parafinas, olefinas, naftenos, aromáticos, oxígeno, azufre y compuestos que contienen nitrógeno en función del material utilizado [1]. En este proyecto se realiza un análisis cromatográfico del combustible obtenido a partir de la pirólisis de desechos de polipropileno (PP).

La cromatografía es un proceso mediante el cual se separan físicamente sustancias complejas con la finalidad de estudiar su composición y lograr su caracterización detallada. Para conseguirlo, se volatiliza la muestra y se inyecta en la cabeza de una columna cromatográfica que haría de fase estacionaria, y que comúnmente se encuentra dentro de un horno. La muestra avanza dentro de dicha columna por el flujo de una fase móvil de gas inerte que no reacciona con las moléculas del analito. Los componentes de la muestra interaccionan con la fase estacionaria en distinta forma a distintas velocidades por lo que se van separando, de modo que los primeros componentes del analito en separarse son los primeros en llegar al final de la columna, donde se encuentra un detector de ionización de llama (FID), que quema la muestra y genera una señal eléctrica que posteriormente es enviada al software. En el programa Galaxie se observan éstas señales en un cromatograma, donde se grafica tiempo- $\mu$ volts.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La pirólisis del polipropileno se llevó a cabo de la siguiente manera: se pesó exactamente 1.25kg del plástico, y se introdujo en un reactor cerrado a presión atmosférica donde se calentaba hasta 400°C.

Para este trabajo se utilizó un cromatógrafo de gases Varian CG-450, con inyector capilar 1177 y detector de ionización de llama (FID), una columna capilar CPSIL PONA CB, de dimetil-polisiloxano no polar, de 100 metros de longitud enrollada, con un diámetro interno de 0.25mm y un diámetro externo de 0.35mm.

Para diluir las muestras se utilizó cloruro de metileno ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) y aproximadamente 2 ml de cada uno de los estándares de tolueno, etilbenceno, benceno, M-Xileno, P-Xileno, O-Xileno, una mezcla de tetradecano, pentadecano, hexadecano diluido en hexano y unos microgramos de naftaleno.

Para realizar las inyecciones se utilizaron 6 jeringas de 10  $\mu\text{l}$  de capacidad. Al momento de mezclar las sustancias se utilizó una pipeta de 1000  $\mu\text{l}$  de absorción, 4 matraces aforados de 10 ml y varios viales de 1.5 ml.

Con base en los resultados obtenidos por Onwudili, et al. [2], se desarrolló el método de análisis empezando con una temperatura de 60°C en el cromatógrafo, la cual se mantuvo por un minuto y posteriormente se hace una rampa de 10°C/min hasta llegar a los 270°C, que es la temperatura máxima que soporta la columna. En la Tabla 1 se muestran las características del método sujeto.

**Tabla 1: Características del método utilizado.**

Inyector Capilar	Temperatura [°C]	270
	Relación Split	20
	Presión [psi]	40
	Flujo en columna [ml/min]	1.4
Columna	60°C por 1 min y rampa de 10°C/min hasta 270°C	
Detector FID	Temperatura [°C]	280
	Rango	11
Gases de arrastre	Flujo de hidrógeno [ml/min]	30
	Flujo de aire [ml/min]	300
	Flujo de helio [ml/min]	27

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la determinación de los tiempos de retención de los analitos, se analizó la mezcla de cada estándar diluido con cloruro de metileno ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) a diferentes concentraciones, dependiendo del ancho del pico del cromatograma. Se analizó la muestra del combustible obtenido a partir de la pirólisis de desechos de polipropileno (PP-Vn), diluida con cloruro de metileno (1:10).

Se realizaron disoluciones de los estándares en matraces aforados de 10 ml, en altas concentraciones para el tolueno y el etilbenceno, y en bajas concentraciones para el benceno con base en el porcentaje del área que tienen. La concentración con mayor exactitud es aquella donde el área de los estándares es cercana al área de la muestra.

Después de realizar la cromatografía, el programa Galaxie arrojó los resultados, basándose en los datos de los estándares previamente cargados de tolueno, etilbenceno, estireno, y cumeno. En la Imagen 1 se observará el cromatograma que mostró el software.

En la tabla 2 se muestra un resumen por grupos de hidrocarburos para el aceite de pirólisis del PP.

**Tabla 2: resumen por grupos de hidrocarburos para el aceite de pirólisis del PP.**

Grupo	% Peso	% Vol	% Mol	Área
Aromáticos	12.968	11.47	13.166	13950.93
I-Parafinas	12.225	13.50	14.544	12364.00
Naftalenos	27.235	16.85	29.414	28057.55
Olefinas	0.677	0.74	0.678	694.84
Parafinas	1.525	1.62	1.449	1548.33
Oxigenados	0.000	0.00	0.000	0.000
N.I.	45.369	45.80	40.749	50892.58

## CONCLUSIONES

Como parte de un proyecto integral cuyo objetivo general es determinar la factibilidad técnico-económica de la conversión termoquímica de desechos plásticos en hidrocarburos líquidos mediante un proceso de pirólisis, en este trabajo se presentan los resultados obtenidos de la caracterización del combustible obtenido a partir de residuos de polipropileno.

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a la Universidad de Guanajuato por ofrecer estas oportunidades a los alumnos de poder desarrollarse en la investigación, que es lo que hace esta escuela mejor a las demás. Agradezco al Dr. José Manuel Riesco Ávila por confiar en mí y permitirme trabajar en este proyecto que me dejó MUCHA experiencia. Gracias a la Q. Amparo Romero por otorgarnos su tiempo y ayudarnos a aprender del uso de los cromatógrafos y el desarrollo del método de análisis. Gracias a mi familia y amigos por el apoyo eterno e incondicional.

## REFERENCIAS

[1] Toraman, H.E., Dijkmans, T., Djokic, M.R., Van Geem, K.M., Marin, G.B. (2014). Detailed compositional characterization of plastic waste pyrolysis oil by comprehensive two-dimensional gas-chromatography coupled to multiple detectors. *Journal of Chromatography A*, 1359, 237-246.

[2] Onwudili, J.A., Insura, N. & Williams, P.T. (2009). Composition of products from the pyrolysis of polyethylene and polystyrene in a closed batch reactor: Effects of temperature and residence time. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 86, 293-303.

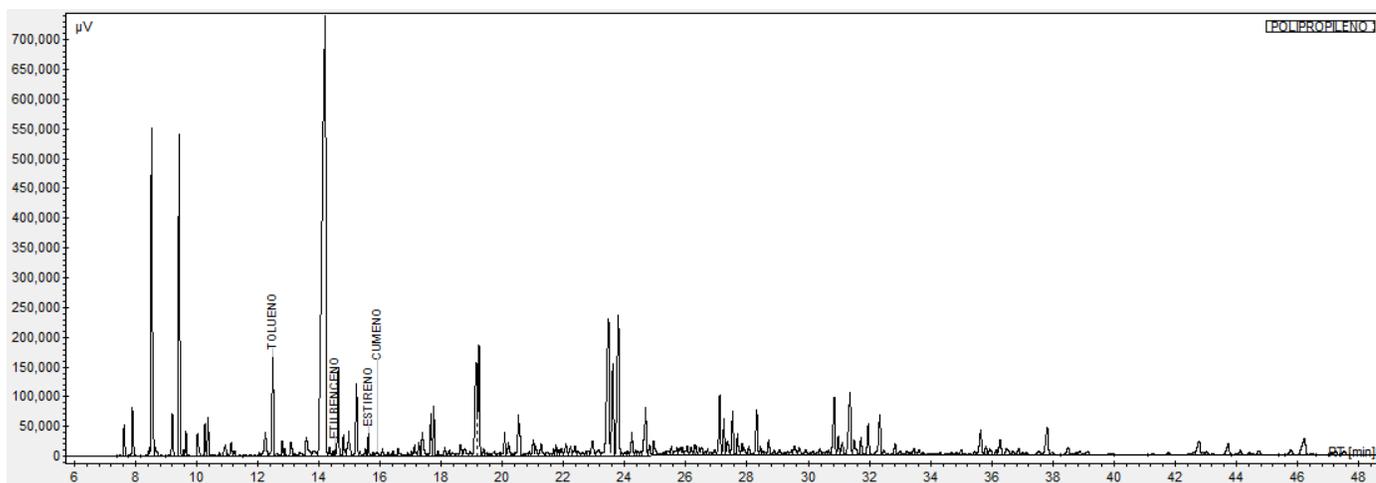


IMAGEN 1: Cromatograma del aceite combustible obtenido mediante pirolisis de residuos de polipropileno.