

# Obtención de combustible por cracking térmico de plásticos

Lilian Cejas<sup>1</sup>

Héctor Beck<sup>2</sup>

Alejandro Torres<sup>3</sup>

Gabriel Cerda<sup>4</sup>

Raúl Espinosa<sup>5</sup>

Daiana Lizarrondo<sup>6</sup>

Gabriela Shell<sup>7</sup>

Daniela Vázquez<sup>8</sup>

<sup>1</sup>E-mail: lcejas@frn.utn.edu.ar

<sup>2</sup>E-mail: hbeck74@gmail.com

<sup>3</sup>E-mail: leoneltorres@copelnet.com.ar

<sup>4</sup>E-mail: gabrielfernandocerda@gmail.com

<sup>5</sup>E-mail: spinozautn@gmail.com

<sup>6</sup>E-mail: day.l\_19@hotmail.com

<sup>7</sup>E-mail: gas0882@gmail.com

<sup>8</sup>E-mail: danielavazquez91@gmail.com

Universidad Tecnológica Nacional . Facultad Regional del Neuquén

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación se desarrolla en el ámbito de la Facultad Regional del Neuquén (FRN) de la Universidad Tecnológica Nacional, (UTN) sito en la ciudad de Plaza Huinca de la provincia del Neuquén, bajo la dirección de la Mg. Ingeniera Química Lilian Cejas y un equipo investigativo constituido por docentes investigadores, estudiantes y becarios.

Se apunta a la obtención de energía por la reconversión de residuos plásticos; específicamente combustibles (nafta y gasoil) promoviendo la diversificación de la matriz energética del país e impulsando el uso del cracking

térmico de polímeros de alto peso molecular. Lo que le confiere un alto valor agregado a los residuos, con una visión hacia un país industrializado, con profesionales que poseen responsabilidad social y ambiental. El proceso implica el reciclado de polímeros sintéticos, formados por largas cadenas de moléculas derivados del petróleo. Su desecho es una de las mayores amenazas para el medio ambiente debido a su baja degradabilidad y al hecho de que anualmente se producen cientos de toneladas que no tienen un fin específico. Se ha tomado como antecedente, el proceso desarrollado por la empresa japone-

sa Blest Company que ha implementado una máquina denominada la Caja Mágica con una conversión aproximada de 1 kilogramo de plástico por litro de combustible, reduciendo en un 80% las emisiones de dióxido de carbono.

## DESARROLLO

En el presente trabajo investigativo se aborda un proceso de obtención de combustible, mediante craqueo térmico en el cual se plantean una serie de reacciones, a las que serán sometidos los residuos plásticos. Se plantean como principales variables operativas el control de la temperatura y el tiempo de residencia. Se diseñaron e implementaron reacciones químicas que tienen lugar a través de un mecanismo en cadena, en las que interviene los radicales libres - grupos de átomos que tienen electrones desapareados - que además sufren procesos en simultáneo de 3 tipos de a saber: reacciones de iniciación de cadena, de propagación de cadena, de terminación de cadena. Se conoce que los enlaces C-H presentan mayor energía de enlace (95, 89 y 85 cal/mol), según como sea el átomo de carbono.

Por otro lado, existen otras reacciones en cadena, donde se promueven por la presencia de los radicales libres muy reactivos que dan lugar a las reacciones de propagación, de activación, donde una especie radicalaria puede crear además otro radical libre distinto. En otro sentido, se presentan las reacciones de fisión  $\beta$ , son aquellas en las que el enlace C-C que se encuentra en posición  $\beta$  respecto al radical libre, el cual es un enlace débil y fácil de romper. La ruptura produce una olefina más un radical libre nuevo (que se estabiliza produciendo otra olefina). En las reacciones de terminación de cadena, se estabilizan las especies radicalarias mediante diferentes reacciones: reacciones de saturación con hidrógeno, reacciones de saturación mutua, reacciones de desproporción. Además se producen, en menor, la extensión de reacciones de deshidrogenación, que

producen naftenos insaturados y reacciones secundarias, donde se obtienen compuestos bencénicos. El resultado global del craqueo térmico es la obtención de compuestos de menor peso molecular, que muestran gran insaturación y donde se aumenta la proporción de aromáticos.

El equipo investigativo, logró en el transcurso del año 2016, el montaje y la puesta en marcha, a escala de planta piloto, donde se realizaron distintas pruebas, empleando los plásticos de tipo 1 y 2, según la clasificación estandarizada de los termoplásticos. Posteriormente, las muestras de combustible obtenidas fueron analizadas en el laboratorio de la FRN de UTN, de acuerdo a las normas estándar de destilación a presión atmosférica ASTM, planificándose análisis cromatográficos de los líquidos y los gases producidos. Se pudo constatar que los cortes obtenidos de gasoil y nafta, se asemejan a un gasoil convencional y la nafta a un complemento de moto naftas. Esto se determinó mediante la realización de destilaciones de la muestra bruta. A los cortes se le realizaron los análisis de laboratorio siguiendo la metodología planificada.

Actualmente, el grupo de investigación se encuentra trabajando en el re-diseño de los equipos a fin de reconvertirlos a un proceso continuo y en paralelo, con un reactor a escala de laboratorio, para posteriormente diseñar y calcular todo el proceso a escala industrial.

## OBJETIVO GENERAL

Generar conocimientos que permitan abordar la problemática de la contaminación por plásticos, convirtiéndolo en combustible. Se propone una alternativa válida a través de un proceso de cracking térmico continuo, para la conversión de residuos en una nueva fuente energética y su correspondiente valor agregado.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este trabajo de investigación y desarrollo

propone los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar los diversos tipos de plásticos por espectrofotometría infrarrojo.
- Diseño, implementación y puesta a punto del reactor de laboratorio que permita en una primera fase, trabajar a pequeña escala.
- Evaluar el comportamiento reactivo del polietileno de alta densidad (HDPE) y polietileno tereftalato (PET) en el reactor a escala laboratorio.
- Identificar los productos de reacción para cada caso, separar los componentes producidos e identificarlos mediante cromatografía gaseosa.
- Utilizar el combustible obtenido para abastecer un quemador de combustible líquido y un generador diesel.
- Analizar la magnitud y la aplicabilidad de los residuos del proceso.
- Otorgar valor agregado a los residuos convirtiéndolos en otros productos, de acuerdo a lo establecido por la Gestión integral de residuos sólidos urbanos (GIRSU).

alta densidad, en la segunda y tercer carga se trató de una mezcla de polietileno de alta densidad y polietileno tereftalato, mientras que la última carga fue de polietileno tereftalato. Se utilizó un reactor batch con agitador a una temperatura de 350°C y 500 g/cm<sup>2</sup> de presión. El calentamiento del plástico se llevó a cabo por medio de gases de combustión generados por un quemador de combustible líquido. Es importante destacar que dicho quemador se abasteció, posteriormente, con el mismo combustible generado durante el proceso de cracking térmico. El aumento de temperatura, provocó la fundición del plástico y posterior, ruptura de los enlaces químicos, produciéndose gases y líquidos; los gases ingresaron a un condensador y luego a un separador líquido-vapor; allí se separaron por la parte superior los gases incondensables, que fueron tomados por una bomba de vacío, con descarga a la atmósfera; mientras que por la parte inferior se recogió el producto, combustible líquido, que se bombeo hacia un tanque para su recolección y posterior, almacenamiento.

Las muestras de combustible obtenidas, se sometieron a una destilación ASTM (Método de prueba estándar para la destilación de productos del petróleo a presión atmosférica) en donde se separaron los cortes de nafta, gasoil y un fondo reducido. Los análisis que se le realizaron al gasoil fueron: determinación de curva de destilación ASTM D-86, determinación del punto de inflamación ASTM D-93, determinación de la densidad a 15°C ASTM D-1298, determinación del punto de escurrimiento ASTM D-97, determinación del punto de enturbiamiento ASTM D-975, determinación del índice de cetanos ASTM D-613, y determinación de la viscosidad ASTM D-445. Los análisis realizados a la nafta fueron: PIONA, determinación de la densidad a 15°C ASTM D-1298, determinación de curva de destilación ASTM D-86. De acuerdo a los resultados que se han obtenido en el laboratorio, se puede concluir que el gasoil se asemeja a un gasoil de tipo comercial y la nafta a

## METODOLOGÍA

La metodología de trabajo apunta a promover la obtención de combustible a través del cracking térmico eficaz de los desechos plásticos. Es un proceso químico que consiste en la ruptura molecular de un compuesto de alto peso molecular por acción del calor, produciendo uno más simple y liviano. El resultado global es la obtención de compuestos de menor peso molecular que muestran gran insaturación y donde se aumenta la proporción de aromáticos. Las variables involucradas en el proceso son el tiempo de residencia, la temperatura y la presión.

En el presente proceso de construcción de conocimiento del equipo investigativo se pueden diferenciar tres fases sucesivas a saber: de laboratorio, de planta piloto y etapa industrial. Sin embargo, en algunas instancias de planificación e implementación, en las dos etapas iniciales, se han dado en paralelo. Se procesaron 200 kg de plástico, en la primera carga se utilizó polietileno de

un complemento de una moto nafta.

En base a los datos obtenidos en el presente trabajo de investigación, en las fases de laboratorio y/o planta piloto, los pasos subsiguientes de desarrollo, consisten en optimizar los procesos de las reacciones, determinar el rendimiento de cada tipo de plástico y trabajar con el reactor a escala, lo que permitirá obtener la información necesaria para retoolimentar, optimizar y desarrollar un proceso continuo y eficiente para la fase de planta piloto con el objetivo posterior de poder pasar a la fase industrial, en la cual ya se está trabajando de forma paralela en el diseño y cálculo del flow sheet correspondiente.

## CONCLUSIONES

Con este proyecto se busca, por un lado, reducir la contaminación ocasionada por los desechos plásticos y por otro, la diversificación de la matriz energética del país, dado que se promueve y favorece la obtención de combustibles a través de un desarrollo sustentable, partir de otras fuentes de energía. Dado la importancia que tiene el reciclado, a fin de preservar las materias primas que se emplean para la obtención de los plásticos, se puede observar que también se logra reducir la energía primaria necesaria para su fabricación.

Los principales beneficios de este trabajo investigativo es el desarrollo de nuevas tecnologías para la obtención de combustibles, el cual puede ser utilizado dentro del mismo proceso, ya que se encuentra libre de azufre, porque este elemento no forma parte de la composición molecular de los plásticos con los que se trabaja. Por otro lado, se logra la apertura de nuevas fuentes de energía, donde el 85% proviene de petróleo, mientras que el resto proviene de energías renovables. Con respecto del reciclado de los polímeros, se produce la disminución de los volúmenes de desechos plásticos, con la consecuente reducción de la contaminación. Además, es importante destacar que uno de los subproductos del presente proyecto es el

ácido tereftálico, que en el proceso diseñado se captura con un solvente adecuado, esto permite una posterior comercialización apuntando a la sustitución de su importación.

En síntesis, se sabe que todas las actividades humanas tienen inevitablemente incidencias positivas y/o negativas, lo que afecta indefectiblemente a todo el ecosistema. Los conceptos de diversificación de la matriz energética y el de reciclado de residuos urbanos son temas de suma importancia para el medio ambiente, para los recursos naturales renovables y no renovables, que favorecen el desarrollo de un país. Por lo tanto, es primordial para la obtención de combustible a través de los residuos plásticos, tomarlos como un recurso valioso, que permiten el desarrollo de una actividad sustentable beneficiosa para la sociedad toda.

## REFERENCIAS

- Froment, G.; Bischoff, K.; De Wilde, J. (2011). *Chemical Reactor Analysis and Design*. Wiley.
- Nobuyuki, M.; Takahari, T.; Shigeru, H.; Hideo, N. (1996). *Research in Thermal Cracking Properties of Waste Plastics*.
- Organización Panamericana de la Salud. (2011). Obtenido de Análisis sectorial de residuos sólidos Ecuador: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsars/e/fulltext/analisis/ecuador.pdf>
- Perry, R. (1999). *Manual del Ingeniero Químico*, sexta edición. Mc Graw-Hill.
- Quirola, A.; Saltos, V.; Centeno, V. (2010). Proyecto de producción y comercialización de perfiles plásticos a base de materia prima reciclada para compañías exportadoras de banano en la ciudad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.cladea.org/bitstream/123456789/242/1/D-43080.pdf>
- Rpp.pe, (2015). Científicos logran convertir desechos plásticos en combustible. [online] Available at: <http://rpp.pe/tecnologia/mas-tecnologia/cientificos-logran-converter-desechos-plasticos-en-combustible-noticia-788732>

Sedrán, U. (2016). Revista Petroquímica. Obtenido de Reciclado energético de plásticos: con-procesamiento en refinerías y craqueo térmico: <http://revistapetroquimica.com/reciclado-energetico-de-plasticos-co-procesamiento-en-refinerias-y-craqueo-termico/>

