

## DEGRADACIÓN HIDROLÍTICA DEL POLIETILEN-TEREFTALATO (PET)

Alejandro Vásquez<sup>1</sup>, Elbert Contreras<sup>1\*</sup>, Andrés Felipe Sánchez<sup>1</sup>, John Rober Muñoz<sup>1</sup>,  
Alejandro Hoyos<sup>1</sup>, Carmiña Gartner<sup>2</sup>

1. Estudiante de Ingeniería de Materiales. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.
2. Docente de Ingeniería de Materiales. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

\*Contacto: econtreras0516@outlook.com

### RESUMEN

El uso masivo del polietilen-tereftalato (PET) genera gran cantidad de residuos sólidos; es por ello que se han propuesto diversas maneras para su reciclaje. En el presente trabajo se estudió la degradación hidrolítica de PET reciclado en medio básico, como investigación del curso de Materiales Poliméricos de Ingeniería de Materiales. Se degradó PET de botella fragmentado, en hidróxido de sodio etanólico 2 M a 80°C por dos horas. Se cuantificó el porcentaje de degradación por gravimetría y los subproductos obtenidos fueron identificados por espectroscopía infrarroja (FTIR). Se alcanzó un porcentaje de degradación entre 84 y 90%, para tres tamaños de partícula utilizados, de lo cual se concluye que no es necesario fragmentar muy finamente el material de partida. Como subproducto de la hidrólisis se obtuvo uno de los monómeros de partida. Los resultados obtenidos permiten concluir la viabilidad del método implementado, el cual emplea condiciones menos drásticas que las reportadas en la literatura.

**Palabras clave:** *PET, Hidrólisis alcalina, Degradación química, Reciclaje*

### ABSTRACT

The extended use of Polyethylene Terephthalate (PET) has generated large amounts of solid waste. To overcome this problem several methods for PET recycling have been proposed. In this work we carried out the alkaline hydrolysis of recycled PET, as a research during the course of Polymeric Materials. The method consists in grinding PET from discarded bottles followed by a two hours hydrolysis in ethanolic 2M sodium hydroxide at 80° C. The degradation percentage was quantified gravimetrically and the by-products obtained were characterized by infrared spectroscopy (FTIR) and one of them was identified as the initial monomers. The method yielded a degradation percentage between 82 and 90, for the three particle sizes that were studied. This results lead us to conclude that it is not necessary to finely grind the PET to perform the degradation process. These results showed the feasibility of the proposed method, using milder conditions than those found in literature.

**Keywords:** *PET, Alkaline hydrolysis, Chemical degradation, Recycling*

## 1 INTRODUCCIÓN

El PET es un polímero lineal termoplástico con una amplia gama de propiedades, lo cual lo hace apto para ser procesado mediante múltiples procesos de transformación y le confiere una vasta aplicabilidad [1-2]. Pero su uso desmedido ha devenido en la contaminación ambiental, debido a la inadecuada disposición de sus residuos. Como ejemplo, tenemos los envases utilizados en la industria de los refrescos. Según la ONU, cuatro de cada cinco botellas de PET utilizadas van directamente a los basureros; esto significa, que solamente el 20% del PET utilizado se recicla lo cual se cumple en países con alta conciencia ecológica como Alemania. En países como el nuestro, donde se estima que sólo se recicla del 7 a 9%, surge la necesidad de exhortar a una conciencia ecológica para promover soluciones técnicas e innovadoras que posibiliten reintegrar nuevamente este material a la cadena productiva, luego de ser utilizado.

En la actualidad, el proceso de reciclado más utilizado es el mecánico, en el cual, después de un proceso de selección y adecuación del material, se tritura para mezclarlo con PET virgen y producir piezas nuevas. Las piezas obtenidas tienen propiedades inferiores a las fabricadas con PET virgen [3-4].

El proceso de reciclado químico ha llegado a ser una opción viable. Se han desarrollado así distintos procesos, de los cuales la metanólisis y la glicólisis se llevan a cabo a escala industrial. Otros procesos químicos son: hidrólisis, aminólisis y la oxidación, entre otros [5]. En general el PET puede en teoría degradarse con el fin de obtener los monómeros utilizados en su síntesis: un diácido y un dialcohol. De los procesos mencionados, la degradación por hidrólisis en un intervalo de temperatura de 100°C hasta 120°C es 5000 veces más rápido que el proceso de degradación por oxidación y 10000 veces más rápido que el proceso de degradación térmica [6].

El proceso de hidrólisis puede llevarse en medio neutro, ácido o alcalino, siendo más rápida la hidrólisis alcalina, para iguales condiciones de degradación del PET. En el presente trabajo se llevó a cabo la hidrólisis alcalina de PET reciclado, con el objetivo de simplificar los métodos con miras a la adaptación en nuestro medio.

## 2 MATERIALES Y METODOS

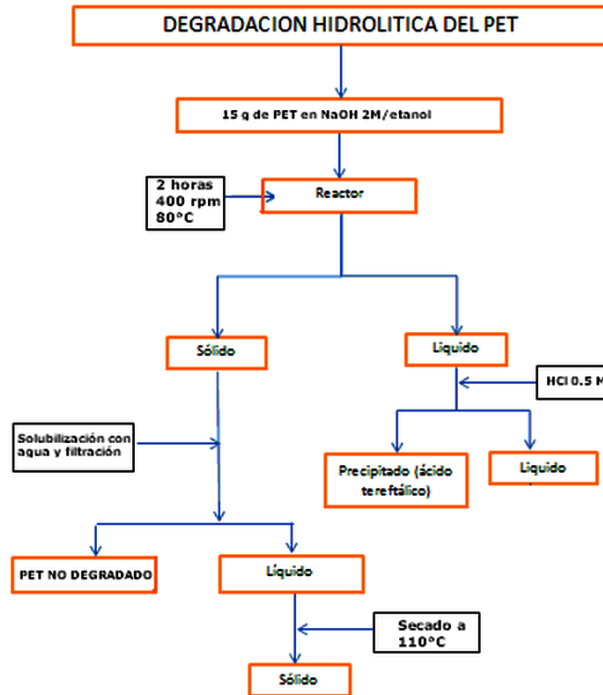
### 2.1 Materiales

PET de botella desechado en diferentes tamaños de partícula: finamente pulverizado aproximadamente 0.4 mm, malla (-40 +50), laminas 2x2 mm y 10x10 mm; etanol comercial, hidróxido de sodio y ácido clorhídrico.

### 2.2 Hidrólisis alcalina

Las hidrólisis se realizaron en 100 ml de solución 2M de NaOH en etanol usando 15 g de PET. Se llevó a cabo en un sistema de calentamiento al baño maría de glicerina usando un condensador. Se usó una agitación de 400 rpm a 80°C y un tiempo de dos horas. Los productos obtenidos de esta degradación se separaron por filtración al vacío. Se obtuvieron dos fases. La

fase líquida se neutralizó posteriormente con HCl 0.5M obteniéndose un precipitado y un sobrenadante. En la figura 1 se ilustra el diagrama de flujo del proceso.



**Figura 1.** Diagrama de flujo del proceso

### 2.3 Caracterización

El producto de la hidrólisis se filtró para separar la fase sólida, que posteriormente fue diluida en agua. El sólido no disuelto en agua se considera como PET no degradado, que se cuantificó para determinar el porcentaje de degradación. El líquido restante se secó a 110°C, obteniéndose un sólido como resultado de la evaporación; cada uno de los productos del filtrado se secó a 50°C por 4 horas. Todos los subproductos fueron caracterizados por espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), Perkin Elmer Spectrum 1.

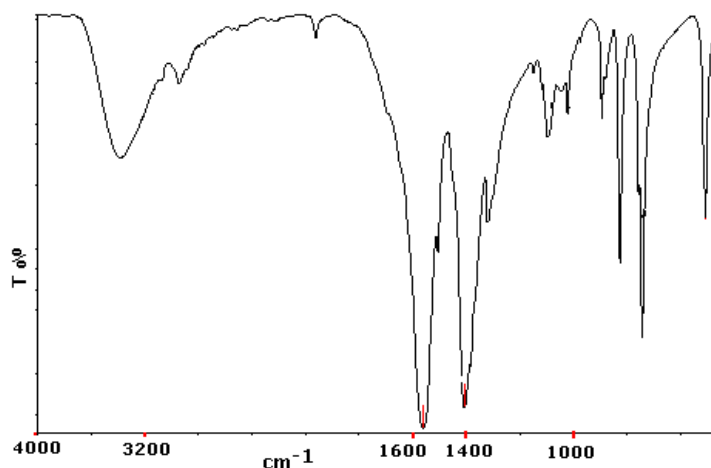
## 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de rendimiento de la degradación para los tres tamaños de partícula usados se ilustran en la tabla 1. En general se obtuvieron altos porcentajes de degradación, mostrando que no es necesario una reducción muy fina del material para una reacción eficiente.

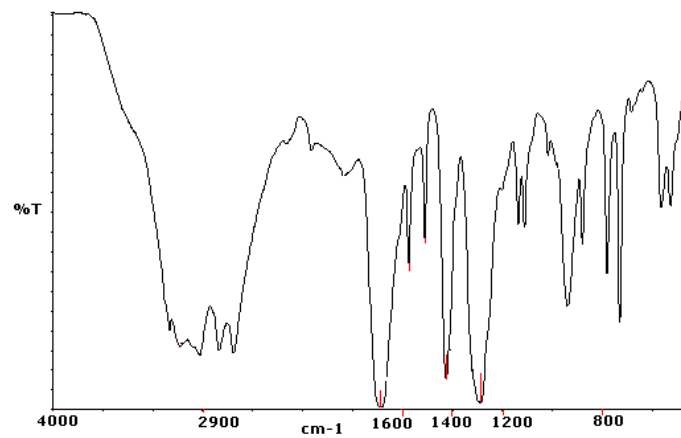
**Tabla 1.** Porcentaje de degradación para los diferentes tamaños de partícula usados.

Tamaño de partícula de PET	PET no degradado (g)	Porcentaje de degradación (%)
Malla 40	1.5	90.0
2x2 mm	2.1	85.3
10x10 mm	2.2	84.6

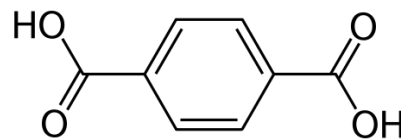
En la figura 2 se observa el espectro del sólido soluble que fue separado del PET no degradado. Se resaltan las extensiones asimétricas y simétricas de los iones carboxilato en  $1560$  y  $1407$   $\text{cm}^{-1}$ , respectivamente, lo cual coincide con una sal del ácido tereftálico, posiblemente su sal sódica.

**Figura 2.** Espectro de la fase sólida solubilizada en agua.

En la figura 3 se observa el espectro del sólido obtenido después de neutralizar con HCl la fase líquida. Se puede observar la presencia del grupo carbonilo aromático con la extensión  $\text{C}=\text{O}$  en  $1690$   $\text{cm}^{-1}$  y la banda de extensión  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$  en  $1285$   $\text{cm}^{-1}$ . En  $1574$  y  $1510$   $\text{cm}^{-1}$  se observan las bandas de estiramiento de  $\text{C}=\text{C}$  aromático, corroboradas con las pequeñas bandas de doblamiento  $\text{C}=\text{C}$  alrededor de  $731$   $\text{cm}^{-1}$ . También se observan las bandas típicas de extensión  $\text{OH}$  por encima de  $3000$   $\text{cm}^{-1}$ . Al comparar este espectro con el del ácido tereftálico se ve una clara similitud, concluyéndose así que la sustancia obtenida coincide con el ácido tereftálico, uno de los monómeros de partida para la obtención del PET, cuya estructura se muestra en la figura 4.

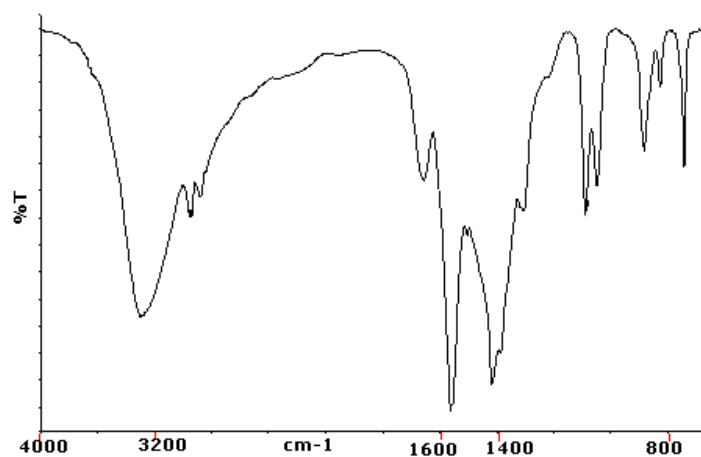


**Figura 3.** Espectro del precipitado obtenido después de neutralizar con HCl 0,5M.



**Figura 4.** Estructura del ácido tereftálico

El espectro de la fase líquida que se separó luego de la adición del HCl, presenta las bandas típicas de un alcohol, debidas al etanol y posiblemente al etilen-glicol pero se observan otras señales debidas a impurezas (ver figura 5).



**Figura 5.** Espectroscopía FTIR líquido luego de precipitar con HCl 0,5M.

Se hace necesario la purificación posterior de esta sustancia para comprobar que el producto extraído corresponde al etilen glicol.

#### **4 CONCLUSIONES**

No se observó influencia significativa con estos dos tamaños de partícula en la degradación hidrolítica del PET.

Se pudo obtener el monómero de partida a partir de PET reciclado, abriendo entonces la posibilidad de degradar PET usando reactivos de bajo costo y procedimiento simples.

Se hace necesaria la purificación de la solución luego de la última precipitación, en la cual debería estar presente el etilen glicol.

#### **5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. D.Spaseska, M.Civkarosk. “Alkaline Hydrolysis of Poly(EthyleneTerephthalate) Recycled from the Post consumer Soft-Drink Bottles”, Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy, 45, 4, pp. 379-384, 2010.
2. A.Ramírez, L.Navarro, J.Conde., “Degradación Química del Poli(etilentereftalato)”, Revista Colombiana de Química, 39, 3, pp. 321-329, 2010.
3. C. Sammon, J. Yarwood, N. Everal., “An FT–IR study of the effect of hydrolytic degradation on the structure of thin PET films”, Polymer Degradation and Stability, 67 (1), pp. 149-158, 2000.
4. D. Kint, A. Martínez de Harduya, S. Muñoz-Guerra., “Hydrolytic Degradation Of Poly(ethyleneterephthalate) Copolymers Containing Nitrated Units”, Departamentd Enginyeria Química, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain, pp. 273- 358, 2002.
5. D. Paszun, T.Spychaj., “Chemical Recycling of Poly(ethyleneterephthalate)”, Industrial & Engineering Chemical Research, 36, pp.1373-1383, 1997.
6. G. Güçlü,T.Yalçınyuva, S.Özgümü,M.Orbay., “Hydrolysis of Waste Polyethylene Terephthalate and Characterization of Products by Differential Scanning Calorimetry”, Department of Chemical Engineering, Engineering Faculty, Istanbul University, Istanbul, Turkey, pp. 194-205, 2003.