



ESTUDIO CINÉTICO DE LA REACCIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE LA RESINA TEREFTÁLICA UTILIZANDO EL ANHÍDRIDO MALEICO

Ing. Tonny Coloma Coloma MSc

Docente Facultad de Ingeniería Química

Ing. Enrique Tandazo Delgado, MSc

Docente Facultad de Ingeniería Química
Universidad De Guayaquil.

Ing. Jairo Baque Mora

Facultad de Ingeniería Química

Universidad De Guayaquil.

Ing. Emilio Quezada

Facultad de Ingeniería Química
Universidad De Guayaquil.

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Tonny Coloma Coloma, Enrique Tandazo Delgado, Jairo Baque Mora y Emilio Quezada (2017): "Estudio cinético de la reacción para la obtención de la resina tereftálica utilizando el anhídrido maleico", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (junio 2017). En línea: <http://www.eumed.net/rev/caribe/2017/06/resina-tereftalica.html>

RESUMEN

La obtención de la resina tereftálica utilizada y PET como material reciclable contaminante (sólido no degradable) con indicadores superiores a 1500000 toneladas métricas distribuidas en el planeta. El método activo y los procedimientos para la degradación del PET (contaminante activo mundial) se realizó mediante la reacción cinética de aditivos anhídrido maleico para la obtención de una resina tereftálica con viscosidad de 320 cps y una acidez de PH 2.8 para múltiples aplicaciones en la industria naval, mueble, detalles.

Se realizó este estudio para contribuir en lo que es poder minimizar en gran parte la contaminación que se produce a diario debido a este tipo de material (Pet). Por lo cual con la ayuda de este prototipo de reactor tipo batch se pudo realizar la degradación del Pet, se espera que dicho proceso sea implementado en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil. Como sabemos que el Pet es un material que tarda años en degradarse, provocando así un gran impacto ambiental por su excesiva utilización en todo el planeta, y por lo cual es de

mucha importancia este estudio para la realización de este tipo de proceso para la población estudiantil. El equipo se armó con acero inoxidable, con un sistema de agitación que consta con (un motor de 0.5 Hp y un eje transmisión de 3 paletas), un tanque de 2.75 lts., y utilizando una fuente de energía de 110V. Los principales métodos utilizados dentro de esta investigación es la degradación por medio de Glicólisis para así obtener el ácido tereftálico y etilen glicol como residuo, el otro método a seguir es una reacción en cadena del producto obtenido en el primer método con algunos aditivos para así obtener la resina tereftálica. Los resultados obtenidos dentro de esta investigación fueron satisfactorios ya que se obtuvo la resina tereftálica, con olor, color, textura con viscosidad de 320 cps y una acidez de 28, las cuales son características propias de esta resina.

Palabras Claves: Glicólisis Reacción reversible Resina

KINETIC STUDY OF THE REACTION TO THE OBTAINING OF THE RESIN TEREFTÁLICA USING MALEIC ANHYDRIDE.

SUMMARY

Obtaining terephthalic PET resin used as a pollutant and recyclable material (solid non-degradable) with greater than 1500000 metric tons distributed on the planet indicators. The active method and procedures for the degradation of PET (global active contaminant) was performed using kinetic reaction of maleic anhydride additives obtaining a terephthalic resin with viscosity of 320 cps and an acidity of pH 2.8 for many applications in industry naval, furniture, details.

This study was conducted to contribute to what is to minimize the pollution that occurs daily due to this type of material (Pet) largely. Therefore with the help of this prototype batch type reactor could be performed Pet degradation, it is expected that this process is implemented in the Laboratory of Unit Operations of the Faculty of Chemical Engineering at the University of Guayaquil. As we know that PET is a material that takes years to degrade, causing a major environmental impact due to its excessive use around the world, and so it is very important this study to carry out this type of process for the population student. The team was assembled with stainless steel, with a stirring system consisting with (0.5 Hp engine and transmission shaft 3 pallets), a tank of 2.75 liters., and using a 110V power source. The main methods used in this research is the degradation by means of glycolysis to

obtain terephthalic acid and ethylene glycol as a residue, other method to follow is a chain reaction of the product obtained in the first method with some additives to obtain the terephthalic resin. The results obtained in this research were satisfactory since the terephthalic resin was obtained, with odor, color, texture with viscosity of 320 cps and an acidity of 28, which are characteristic of this resin features. The main methods used in this research is the degradation by means of glycolysis to obtain terephthalic acid and ethylene glycol as a residue, other method to follow is a chain reaction of the product obtained in the first method with some additives to obtain the terephthalic resin. The results obtained in this research were satisfactory since the terephthalic resin was obtained, with odor, color, texture with viscosity of 320 cps and an acidity of 28, which are characteristic of this resin features. The main methods used in this research is the degradation by means of glycolysis to obtain terephthalic acid and ethylene glycol as a residue, other method to follow is a chain reaction of the product obtained in the first method with some additives to obtain the terephthalic resin. The results obtained in this research were satisfactory since the terephthalic resin was obtained, with odor, color, texture with viscosity of 320 cps and an acidity of 28, which are characteristic of this resin features.

Keywords:

glycolysis

reversible reaction

Resin

INTRODUCCION

El Pet como elemento contaminante activo con volúmenes

Este tema de investigación se basa en aportar en el cuidado del medio ambiente, a través de la degradación de los residuos del PET, proceso que es empleado en algunos países del mundo, para así disminuir el impacto ambiental que producen este tipo de contaminación que viene hacer una de las principales causas de contaminación, por su alto tiempo que toma en degradarse este componente.

Estudios realizados por otras investigadores sobre este tema, nos llevaron a poder también realizar este tipo de estudio, para así aportar en la disminución de la contaminación dentro del país, creando así un equipo que nos permita realizar este proceso investigativo, para la realización de este tipo de pruebas y experimentaciones,

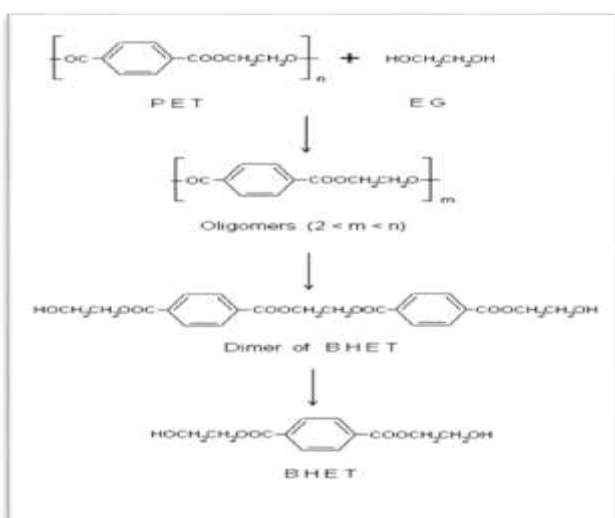


Figura 1. Glicólisis del PET.
Fuente: (Mariano, 2011)

que conllevan a realización de la investigación que requiere realizar.

Con este tipo de investigación que vamos a realizar esperamos que sea de gran aporte para el medio ambiente, sino que también para poder contribuir con el desarrollo de la matriz productiva del país.

MATERIALES Y METODOLOGIA

Descripción del Área de Estudio

En la investigación se seguirá método de desarrollo, experimentación y elaboración, como lo es para la realización del estudio de la obtención de la resina tereftálica, realizando diversas prácticas y pruebas para la elaboración de esta resina utilizando como materia prima los residuos del Pet, con sus principales características y a la vez aportando al mejoramiento dando mayor resistencia a los materiales que se vaya a recubrir como pueden ser barcos, tuberías subterráneas. Se van a realizar los diferentes análisis para la realización de este proyecto por medio de un reactor, donde vamos a tener en cuenta los parámetros de control que se debe seguir para la utilización de este equipo, como para el producto que se vaya a obtener, este proyecto va a garantizar una buena calidad del producto que vayamos a obtener.

Material experimental 1

Se realiza dependiendo de las fases correspondientes, tiempos de residencia, temperatura, presión, agitación,

resistencia a la humedad, etc.,
empleando cuatro tipos básicos:

tanques agitados, tubos largos vacíos, columnas cortas rellenas y lechos fluidizados, para compaginar las necesidades de la reacción con los reactores adecuados (tipo de flujo, volumen, relación de aspecto y número de tubos, superficie de transmisión y materiales).



Figura2. Equipo de trabajo para realizar las experimentaciones.

Para un diseño preliminar no es necesaria la cinética o mecanismo de la reacción, pero debe determinarse con un experimento las condiciones de reacción, geometría del reactor, conversión y rendimiento.

Debe calcularse el calor de reacción por unidad de tiempo o volumen del reactor para estimar la capacidad necesaria de intercambio de calor.

Según la reacción y la transferencia de masa o calor, la mezcla deseada puede ser intensa o nula, en cuyo caso se

requieren dispositivos mecánicos y materiales más o menos complejos.

Los materiales constructivos pueden ser convencionales (acero), salvo si existen problemas de corrosión importantes (cerámicos, con mayores limitaciones de forma, tamaño y transmisión de calor). (Universidad Politécnica de Madrid, 2008)

Materiales

Reactor:

- Acero Inoxidable SS 304
- Termómetro
- Manómetro
- Brida
- Válvulas de bola
- Condensador
- Hornilla Eléctrica
- Tanque separador
- Agitador
- Motor de 110V
- Válvula reguladora

Ácido Tereftálico:

- Pet
- Etilen Glicol
- Catalizador

Resina Tereftálica:

- Etilen Glicol
- Estireno
- Anhídrido Maleico
- Solveso
- CO₂

Proceso para armar el Reactor

1. Luego de hacer investigaciones sobre el proceso para elaborar resina Tereftálica, se concluye que el diseño del reactor más apropiado para este proceso sería un reactor de forma esférica, ya que al utilizar el PET como materia prima, toda su carga se asentaría en la parte inferior del reactor. Así al calentar con el serpentín de la hornilla, el calor se concentraría desde abajo y la transferencia de calor sería uniforme.

2. El reactor se lo diseñó con una tapa grande con forma de brida para que al momento de limpiarlo sea fácil su manipulación.

3. En la parte inferior del reactor se le colocó una llave de bolas para sacar muestras durante el proceso, y al finalizar poder descargar el producto terminado.

4. En la tapa del reactor se le realizaron cinco orificios, para el agitador, la entrada del CO₂, el manómetro, el termómetro, y para conectar al condensador, respectivamente.

5. El reactor fue construido de Acero Inoxidable tipo 304, ya que es fácil de formar, soldar y tiene resistencia a la corrosión. Es muy utilizado en la industria porque resiste bien al calor hasta 400 °C.

6. El condensador y el tanque de separación también fueron construidos de Acero Inoxidable tipo 304.

7. Al condensador se lo diseñó para que quede ubicado de forma vertical, así pueda haber un reflujo del Solveso (aditivo) liberado en la destilación, solo el agua obtenida de la reacción es retirada por medio de una llave de salida en la parte inferior del tanque de separación. Este proceso se lo controla con el visor puesto en el tanque de separación, donde se puede observar la división del Solveso con el Agua obtenida.

Método experimental 2

Para obtener este producto se va a realizar el proceso de la Glicólisis a los residuos del PET.

En este proceso se va a emplear una pequeña cantidad de Etilen Glicol, incluido un catalizador el cual nos va a permitir acelerar el proceso de reacción de la Glicólisis dentro del reactor, se deja transcurrir el tiempo necesario hasta obtener una reacción inversa, esto nos va a indicar el final del proceso. Donde se va a obtener como producto el ácido tereftálico mezclado con pequeñas cantidades de etilen glicol. Cabe indicar que la relación de esta mezcla de producto será de 2 a 1.

Diagrama de proceso de la Glicólisis

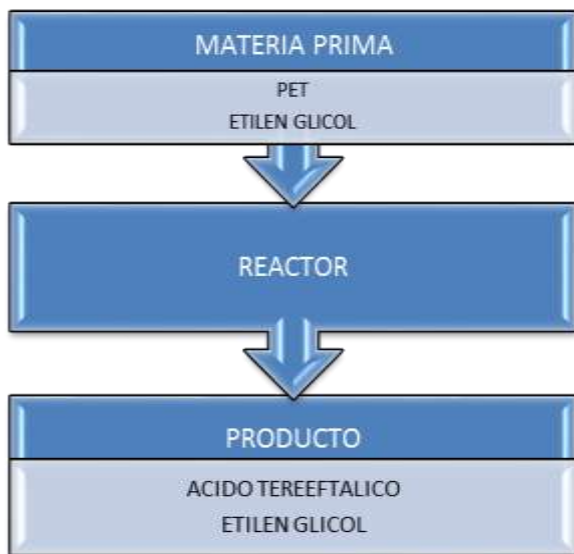


Figura 3. Diagrama del proceso de la Glicólisis.

Proceso para la producción de la Resina Tereftálica.

El ácido tereftálico obtenido en la Glicólisis de los residuos del PET, se lo va a utilizar como materia prima para la elaboración de la resina tereftálica, en donde vamos a emplear otros productos químicos como materia prima que se van a mezclar y reaccionar dentro del proceso, las sustancias a utilizar son: etilen glicol, anhídrido maleico, solveso y estireno monómero.

La obtención de la resina tereftálica va estar dividida en dos proceso. En el primer proceso se va hacer reaccionar en el reactor las siguientes sustancias:

- Ácidotereftálico.
- Etilen glicol.
- Anhídrido maleico.
- Solveso.

Estos se lo lleva a un proceso de calentamiento dentro del reactor hasta alcanzar una temperatura aproximadamente de 220 °C, el producto de esta reacción se lo deja enfriar hasta una temperatura de 110 °C. Una vez alcanzada la temperatura de enfriamiento indicada se vierte en el reactor el estireno, el cual se procede a mezclar hasta obtener una mezcla homogénea de los productos y como resultado de este proceso tendremos el producto final que es la resina Tereftálica.

Diagrama de proceso de la resina.

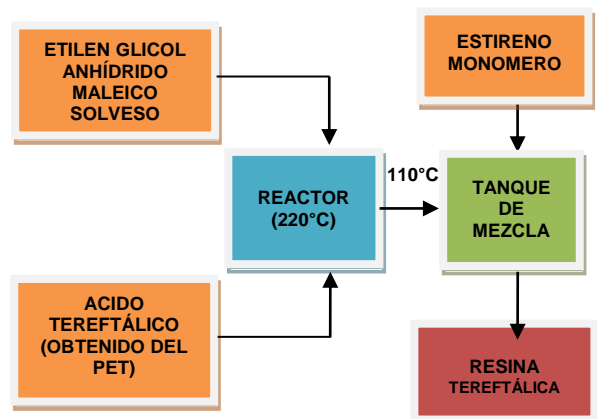


Figura 4. Diagrama de proceso de la resina.

Método experimental 3

- 1) Se pesa valores de 1:2 p/p de Pet y etilenglicol.
- 2) Se agrega el catalizador Status.
- 3) Agregar pequeña cantidad de agua en el condensador, esto permitirá realizar una mejor experimentación.
- 4) Luego se agita la mezcla antes de proceder a realizar el calentamiento, para tener completamente mezclados los reactivos.

- 5) Comenzamos a realizar el calentamiento respectivo, este se comienza a baja temperatura y se va incrementando de apoco para evitar así el cambio brusco de temperatura.
- 6) En el trascurso de calentamiento se toma la temperatura cada 10min.
- 7) Anotar la temperatura precisa de destilación que esta entre 188°C a 190°C, que viene hacer la primera gota que cae.
- 8) Tomar la temperatura de fusión del PET que esta entre 189°C A 191°C, aquí ya tendremos una mezcla homogénea.
- 9) Obtenida esta mezcla homogénea, esperaremos llegar a una temperatura que permanezca casi constante.



Figura 5. Realización Del Proceso De La Glicólisis.

- 10) Teniendo una temperatura exacta sacamos la primera muestra, para observar si ya tenemos la reacción correspondiente.

- 11) Dejamos la muestra por varios minutos para que se enfríe al ambiente, sino toma un color como lechoso, esto quiere decir, que ya tenemos la reacción inversa de la Glicólisis.
- 12) Si no se ha obtenido todavía la reacción correspondiente, se debe realizar el paso 11 y 12 respectivamente, hasta obtener la reacción indicada.

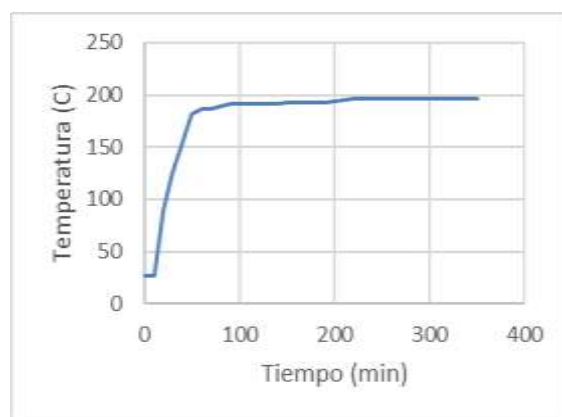


Gráfico 1. Curva de 3era prueba de Ácido Tereftálico.

Método experimental 4

1. Prender la hornilla.
2. Calentar la solución de la 1era Parte (Glicólisis).
3. Prender el agitador del Reactor.
4. Realizar la cargar el reactor con el Anhídrido Maleico.
5. Abrir el paso del CO₂ al reactor.
6. Observar el visor del tanque de separación, cuando la división del Solveso con el agua empiece a aumentar su nivel nos indica que la destilación a iniciado.
7. Anotar la temperatura del reactor cada 10 minutos luego de que inicia la destilación.

8. En un matraz ir sacando poco a poco el agua que sale de la reacción en el tanque de separación, para luego anotar la cantidad de agua obtenida del proceso.
9. Calentar hasta alcanzar una temperatura de 235°C. A esta temperatura la reacción ya ha sido completada.

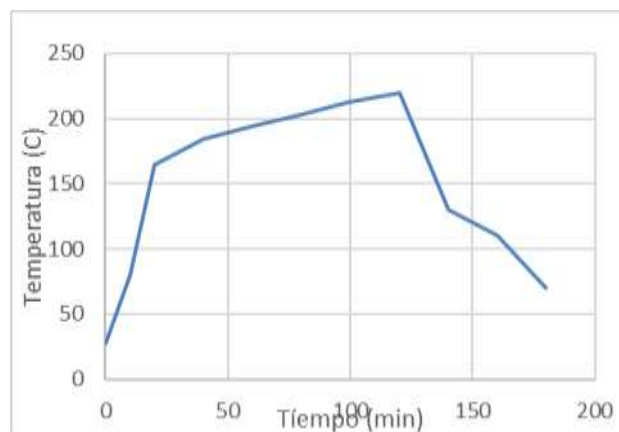


Gráfico 2. Prueba de Resina Tereftálica.



Figura 6. Realización Del Proceso De la Resina Tereftálica.

10. Apagar la hornilla.
11. Se deja enfriar, a los 140°C se agrega la Hidroquinona.
12. A los 125°C se mezcla la solución con el Estireno Monómero.
13. Dejar la mezclar por 30 minutos.
14. Apagar el Agitador del Reactor.
15. Cerrar la entrada del CO₂.
16. Cuando haya alcanzado la temperatura de 75°C descargar la Resina Tereftálica obtenida en un envase metálico o de vidrio.
17. Fin del proceso.

Anhídrido Maleico (NA)											
500	457.7	400	300	200	100	75	50	40	30	20	10
Temperatura (°C)											
173	174	175	176	180	185	190	195	200	220		

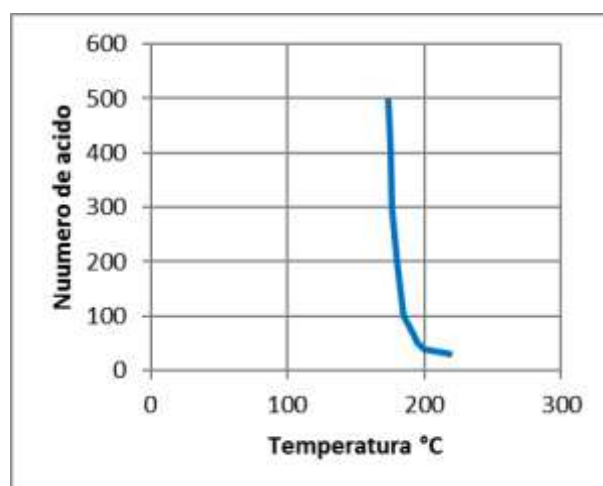


Gráfico 3. Curva de Concentración de Anhídrido Maleico.

Calculo para la concentración del Anhídrido Maleico.

Numero de ácido inicial

$$N^{\circ} \text{ácido inicial} = \frac{56.100 (\text{Eq. COOH})}{w_o}$$

$$w_o = 2.5 \text{ Kg}$$

$$Eq = \frac{P_{\text{muestra}}}{PM}$$

$$Eq = 10.2 \times 2 (\text{valencia})$$

$$Eq = 20.4$$

$$N^{\circ} \text{ácido inicial} = \frac{56.100 (20.4)}{2.5}$$

$$N^{\circ} \text{ácido inicial} = 457.77 \%$$

Numero de ácido final

$$N^{\circ} \text{ácido} = \frac{5.61 \times \text{ml conc. KOH}}{wt}$$

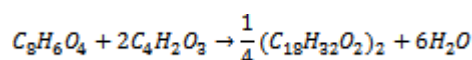
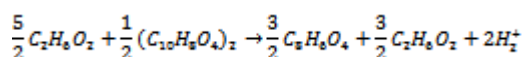
$$N^{\circ} \text{ácido} = 30,06\%$$

Datos de experimentación

Inicio de destilación 178°C

Fin de reacción 235°C

Balance de la Reacción



Balance de Materia de la Reacción Ácido		Balance de Energía de la Reacción Ácido	
	Resultados (gmol)		Resultados ΔHf (kcal)
Reactivo	6,51 C2H6O2	Reactivo	1'146,257
	2,604 C10H8O4		
Producto	3,906 C8H6O4	Producto	1'182,927
	3,906 C2H6O2		
	5,208 H2	Reacción	36.67

Tabla 1. Balance de materia y energía del Ácido Tereftálico.

Balance de Materia de la Reacción Resina		Balance de Energía de la Reacción Resina	
	Resultados (gmol)		Resultados ΔHf (kcal)
Reactivo	3,906 C8H6O4	Reactivo	1'372,607
	7,812 C4H2O4	Producto	1'802,042
Producto	0,976 C18H32O2	Reacción	429.435
	23,43 H2O		

Tabla 2. Balance de materia y energía de la Resina Tereftálica.

Tiempo de reacción

$$t = \int \frac{dNA}{(-ra) * V}$$

$$t = \frac{0.0147 \text{ mol}}{(1.656 \text{ mol/m}^3 \text{ h}) \times (1.567 \times 10^{-3} \text{ m}^3)}$$

$$t = 5.665 \text{ hr}$$

Eficiencia o rendimiento de la reacción

$$\%R = \frac{\text{Volumen Real}}{\text{Volumen Teórico}} \times 100$$

$$\%R = \frac{1.18 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{1.567 \times 10^{-3} \text{ m}^3} \times 100$$

$$\%R = 75.3 \%$$

Características y propiedades de la resina obtenida

Prueba de la acidez

Reactivos

- 1.5g Resina
- 45g Resinol
- 15 ml de COH
- Titulante KOH

Procedimiento:

Se mezcla los 1.5g de resina con los 45g de resinol, donde se genera una mezcla de xileno, que después se le agrega un 14 ml de COH, pasar realizar la titulación

con el KOH que nos da como resultado una acidez máxima de 28.

Tiempo de gel

Reactivo

100 g de resina

0.5 g de Cobalto

4 g de Mek (Secante)

Procedimiento:

Se mezclan los 100g de resina con 0.5g de cobalto y 4g De Mek, se toma el tiempo con un cronometro y la temperatura con el termómetro dándonos, un tiempo de gel de 4.20 minutos y una temperatura de 40.7 °C. el cual este mismo análisis nos da el valor del pico exotérmico de la resina con un valor de 5.8 min y una temperatura de 173.1°C.

Resina Tereftálica	Propiedades Físicas	Propiedades Químicas
Textura	Ligeramente denso	
Color	Marrón	
Olor	Etero	
Tiempo de Gel		4.20 min.
Pico Exotérmico		173.1 °C
Viscosidad		320 cps
Índice de Acidez		28 Máx.

Tabla 3. Resultados de la Resina
Fuente: Datos de la Investigación

Análisis de Resultados

A partir de los resultados obtenidos tanto en las experimentaciones, como en los cálculos realizados, cabe destacar que se obtuvieron muy buenos resultados, como el tipo de resina que se obtuvo cumple todo los parámetros establecidos ya sea

físico y químico, esto quiere decir que se obtuvo una resina similar o casi igual a las obtenidas por otros estudios realizados en otras investigaciones.

También podemos analizar que los resultados dados en los cálculos correspondientes del número de ácido del anhídrido maleico y reacción cinética, son óptimos para la realización de este estudio en otras experimentaciones, ya que estos parámetros establecidos son necesarios para realizar este tipo de pruebas de la resina.



Figura 7. Muestra De Producto Terminado.

CONCLUSIONES

Determinado los parámetros de control del equipo dado en la experimentación con una temperatura alcanzada de 220°C y una presión de 1atm., se pudo verificar que el reactor es factible para realizar el proceso de la resina, por lo cual, puede servir para realizar otros tipos de experimentos a estas condiciones.

Se puede establecer los métodos empleados para la obtención de la resina

realizando una reacción inversa del PET
donde se produjo una ruptura de la

cadena de los esteres para obtener el primer componente (ácido tereftálico) de la resina, que mezclado con otras sustancias como es el estireno monómero y el anhídrido maleico, obteniendo como producto final lo que es la resina tereftálica.

Determinada su calidad de resina obtenida con una viscosidad de 320 cps. Una acidez de 28 como máx., colores y olores respectivos de una resina insaturada. Se concluyó que esta resina cumple con los mismas características de otras situadas en el mercado internacional.

BIBLIOGRAFIA

- **Borzacconi, L., López, & I. (2009).** *INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE REACTORES*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2015, de Universidad de la República - Uruguay: <http://www.fing.edu.uy/iq/maestrias/DisenioReactores/materiales/notas1.pdf>
- **CHILUIZA, M., & TACLE, C. (2013).** *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA EL LAVADO ÁCIDO O BÁSICO DE LOS GRÁNULOS DE PLÁSTICO RECICLADO PET*. Recuperado el 15 de DICIEMBRE de 2015, de Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/3111/1/96T00230.pdf>
- **CUNILL, F., IBORRA, M., & TEJERO, J. (14 de Mayo de 2010).** *Reactores Químicos*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2015, de Dipòsit Digital de la Universitat de Barcelona: <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/12703/1/APUNTS%20DE%20REACTORS%20QU%20C%20DMICS.pdf>
- **CUNILL, F., IBORRA, M., & TEJERO, J. (30 de Octubre de 2012).** *REACTORES MULTIFÁSICOS*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2015, de Depòsit Digital de la Universitat de Barcelona: <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/33262/1/APUNTES%20RM.pdf>
- **Gómez, M., Fontalvo, J., & Osorio, W. (24 de Julio de 2012).** *Elementos para el Análisis y Diseño de Reactores Químicos*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2015, de Universidad Nacional de Colombia.
- **Levenspiel, O. (2004).** *Ingeniería de las reacciones químicas* (3era ed.). México : LIMUSA WILEY. Recuperado el 17 de Diciembre de 2015, de <https://reaccionesunefa.files.wordpress.com/2012/03/levenspiel3edespanol.pdf>
- **Levenspiel, O. (2005).** *Ingeniería de las reacciones químicas*. España: REVERTÉ. Recuperado el 17 de Diciembre de 2015, de https://books.google.com.ec/books?id=jF_1vse6AKoC&pg=PA108&lpg=PA108&dq=La+condici%C3%B3n+necesaria+y+suficiente+para+que+exista+flujo+en+pist%C3%B3n+es+que+el+tiempo+de+residencia+en+el+reactor+sea+el+mismo+para+todos+los+elementos+del+fluido.&source=bl&
- **López, I., & Borzacconi, L. (21 de Agosto de 2009).** *INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE REACTORES*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2015, de Facultad de Ingeniería - Universidad de la República - Uruguay: <http://www.fing.edu.uy/iq/maestrias/DisenioReactores/materiales/notas1.pdf>

- **Mansilla, L., & Ruiz, M. (2009).** Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster. *Ingeniería Industrial* , 27. Recuperado el 17 de Diciembre de 2015, de Ingeniería Industrial : <http://www.redalyc.org/pdf/3374/337428493008.pdf>
- **Mariano. (6 de Julio de 2011).** *Reciclado químico de PET*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2015, de Tecnología de los Plásticos: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/07/reciclado-quimico-de-pet.html>
- **Padilla, A. (Julio de 2014).** *Diseño del proceso para la obtención de resina poliéster insaturada mediante el reciclaje químico de desechos de polietilentereftalato*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2015, de Escuela Politécnica Nacional: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7493/1/CD-5612.pdf>
- **Perry, G. D. (2001).** *Manual del Ingeniero Químico* (7ma ed., Vol. IV). On - Line. Recuperado el 17 de Diciembre de 2015, de http://www.libinter.com/libro.php?libro_id=5732
- **Ramírez, H. A. (s.f.).** *Estudio de la Depolimerización del Politereftalato de Etileno*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2015, de Universidad de Guanajuato: <http://www.dcne.ugto.mx/Contenido/revista/numeros/9/politereftalato.htm>
- **Ramírez, R. (2015).** *Diseño de Reactores Homogéneos*. . México: CENGAGE. Recuperado el 17 de Diciembre de 2015, de http://issuu.com/cengagelatam/docs/reactores_homog__neos_issuu
- **Revista Iberoamericana de Polímeros. (2005).** *Selección de Reactores Químicos*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2015, de Fundación Dialnet: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=5883>
- **Universidad Politécnica de Madrid. (04 de Junio de 2008).** *INGENIERIA DE LA REACCION QUIMICA*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2015, de OpenCourseWare - Universidad Politécnica de Madrid: <http://ocw.upm.es/ingenieria-quimica/ingenieria-de-la-reaccion-quimica/contenidos/OCW/LO/cap1.pdf>

Ing. Tonny Coloma ColomaMSc.
 Docente Facultad de Ingeniería Química
 Universidad De Guayaquil.

Ing. Enrique Tandazo Delgado.
 Docente Facultad de Ingeniería Química
 Universidad De Guayaquil.

Ing. Jairo Baque
 Facultad de Ingeniería Química
 Universidad De Guayaquil.
 e-mail: jairobm02@gmail.com

Ing. Emilio Quezada
 Facultad de Ingeniería Química
 Universidad De Guayaquil.
 e-mail: jeqa_85@hotmail.com.