

# ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN DE UN REACTOR DE LECHO FLUIDIZADO PARA POLIMERIZACIÓN DE OLEFINAS USANDO COMPUESTOS EVAPORABLES

Raúl A. Bortolozzi, Mario G. Chiovetta  
INTEC (UNL - Conicet) Güemes 3450 - 3000 Santa Fe - Argentina  
E-mail: rabor@santafe-conicet.gov.ar

## INTRODUCCIÓN

El consumo creciente de poliolefinas -y de polietileno en particular- entre los termo-plásticos de uso más difundido en el mundo, hace que sea conveniente aumentar en forma permanente los niveles de producción de estos polímeros. Su relativamente bajo precio de mercado implica que se deben mejorar continuamente los procesos de fabricación, incrementando la eficiencia de los mismos a través de distintas variantes operativas introducidas en el proceso en sí o actuando sobre las características químicas y morfológicas de los catalizadores utilizados. Es así como la irrupción de los catalizadores metalocénicos (Kou *et al.*, 2005) ha significado un salto cualitativo importante en el proceso de fabricación en reactores de lecho fluidizado, aunque ello ha devenido en un aumento significativo de la evolución energética asociada, debido a la fuerte exotermia de la reacción de polimerización.

En este trabajo se realiza un análisis del impacto que se puede esperar sobre la producción de un reactor típico, cuando se agregan evaporables en la corriente gaseosa de alimentación. Este análisis preliminar se lleva a cabo con el objeto de establecer los rangos de trabajo en los cuales se aplicarán luego los balances que permiten determinar las distribuciones de temperatura y concentración en el lecho reaccionante.

En primer lugar se plantea un balance global de energía en el reactor, considerando algunas hipótesis simplificadoras para obtener valores aproximados de las variables calculadas. Las simplificaciones consisten en desprestigiar la energía que egresa del reactor con el producto sólido, considerar que el caudal de gas se mantiene constante a lo largo del reactor (se debe recordar que la conversión es del orden del 2%), y tomar valores promedio estimados para el calor de reacción ( $\Delta H_R$ ) y el de vaporización ( $\Delta H_v$ ) del compuesto agregado. Bajo estas hipótesis, la ecuación de balance de energía permite obtener la siguiente expresión:

$$T^s = T^o + \frac{m_p(-\Delta H_R) - m_v \Delta H_v}{u_o A_T \sum_i \rho_i^o C_{Pi}}$$

Esta ecuación se puede utilizar para estimar la temperatura de salida de los gases del reactor ( $T^s$ ), fijando el caudal ( $u_o A_T$ ) y la temperatura de la corriente que ingresa al mismo ( $T^o$ ) y conociendo las propiedades físicas y termodinámicas del sistema. También se puede calcular el aumento de producción que es posible lograr de acuerdo a la cantidad agregada ( $m_v$ ) del compuesto evaporable elegido y teniendo en cuenta que la temperatura de salida de los gases no supere el valor máximo admisible.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la primera etapa del trabajo, utilizando las ecuaciones deducidas a partir del balance global de energía y fijando la temperatura máxima de salida de la corriente gaseosa en 368 K, se obtuvieron los siguientes valores de aumento de la producción de polietileno según el evaporable agregado: a) 2875 ton/año por cada kg/s de isopentano, b) 3086 ton/año por cada kg/s de n-hexano, c) 3561 ton/año por cada kg/s de ciclopentano.

En la segunda parte del trabajo se utilizó el modelo matemático presentado en Chiovetta and Bortolozzi (2009), para simular la operación del reactor empleando como parámetros principales  $N$  (número de secciones en las que se divide la altura del reactor),  $m_v$  (caudal de ciclopentano inyectado, en kg/s),  $f_C$  (factor cinético) y  $f_A$  (factor de arrastre), todos ellos de acuerdo a las definiciones de Bortolozzi y Chiovetta (2011). Cuando se manipulan evaporables, se producen fenómenos de interés, tal como se muestra en la Fig.1. En ella se grafican los valores de la temperatura máxima del sólido en el reactor, para factores cinéticos  $f_C$  variando entre 0,30 y 0,35, para distintos caudales de ciclopentano adicionados en el ingreso de reactivos al lecho fluidizado (entre 0 y 30 kg/s en total). Todas las corridas fueron efectuadas para un esquema en el que el lecho del reactor se considera dividido en  $N = 15$  secciones, con un factor de arrastre  $f_A = 1$ . El efecto sobre las temperaturas máximas es inmediato, observándose para los catalizadores más activos ( $f_C = 0,35$ ) una disminución de la temperatura máxima del orden de los 25 K para un caudal de evaporables de 30 kg/s. Esta capacidad de extraer del reactor una mayor cantidad de energía en la forma de vapor de ciclopentano, a partir del calor latente de este último puesto en juego en el balance de energía dentro del reactor, se traduce en un incremento notorio de productividad.

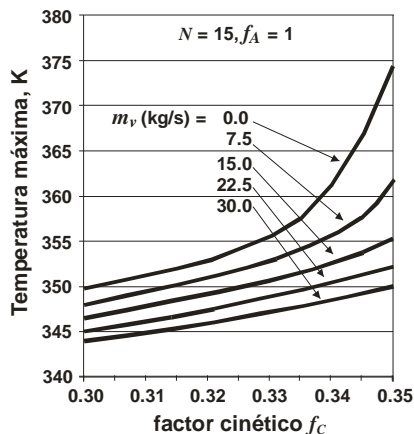


Figura 1: Temperatura máxima en la fase sólida en función de  $f_C$  para diferentes valores de  $m_v$ .

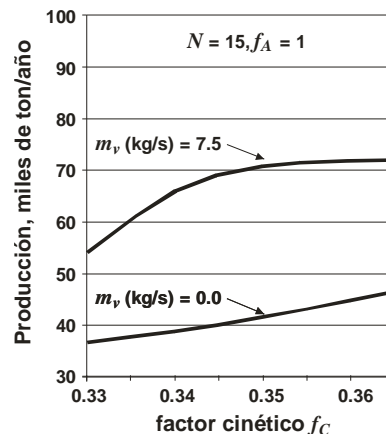


Figura 2: Producción en miles de ton/año en función de  $f_C$  para dos valores de  $m_v$ .

En la Fig. 2 se presentan estos resultados. La gráfica muestra las curvas de crecimiento de la producción de etileno del reactor, en toneladas métricas por año (8000 horas de tiempo en línea), en función de la actividad del catalizador, representada por  $f_C$ . El lecho del reactor se considera, nuevamente, dividido en 15 secciones, con un factor de arrastre  $f_A = 1$ .

## CONCLUSIONES

La primera conclusión es que el agregado de evaporables genera un importante aumento de la productividad. Para valores del factor cinético de 0,365 el modelo predice, con el agregado de 7,5 kg/s de ciclopentano, un incremento en la producción del orden del 54%.

Una segunda conclusión primaria está asociada con el hecho de que se observa una tendencia al achatamiento de la curva a medida que se incrementa el valor de  $f_C$ , posiblemente debido a que la temperatura máxima alcanzada es menor y esto se traslada a la exponencial de Arrhenius de la ecuación cinética, afectando la productividad total.

## REFERENCIAS

BORTOLOZZI, R.A. y CHIOVETTA, M.G. *IX Simposio Argentino de Polímeros, SAP 2011*, Bahía Blanca, Argentina. Resumen T-046. Trabajo en CD (Proceedings del Simposio), pp. 37-41, 2011.

CHIOVETTA, M.G. and BORTOLOZZI, R.A. *8th World Congress of Chemical Engineering*, Montreal, Canadá. Resumen 9O2FL8. Trabajo 00000923 en CD (Proceedings del Congreso), 2009.

KOU, B., McAULEY, K., HSU, C.C., BACON, D.W. and YAO, K.Z. *Ind. Chem. Eng. Res.*, 44, 2428-2436, 2005.