

## INTEGRACIÓN DE PROCESO BATCH DE ÁCIDO CARMÍNICO APLICANDO TECNOLOGÍA PINCH

Raymundo Erazo E., Jorge L. Cárdenas R. y Juan C. Woolcott H.

Facultad de Química e Ingeniería Química. Universidad Nacional Mayor de San Marcos

### RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló con la finalidad de aplicar la tecnología PINCH en la integración de proceso batch para ácido carmínico. El método utilizado consistió en la aplicación de los conceptos de cuellos de botella total del proceso (OPB) juntamente con los modelos de tiempo medio (TAM) y tiempo fraccional (TSM). Se identificó la operación de secado como la etapa de velocidad limitante del proceso identificándolo como un OPB de capacidad de planta. El rendimiento de extracción fue del 95% p/p de ácido carmínico con un ahorro de energía aproximado del 60% del requisito convencional.

**Palabras claves:** Proceso batch, Integración de procesos, Acido carmínico, flexibilidad.

### ABSTRACT

The present work was developed with the purpose to apply PINCH technology in the batch process integration for carminic acid. The used method together consisted of the application of the overall plant bottleneck (OPB) concepts, combined with the use of time average (TAM) and time slice (TSM) models. The operation of drying was identified as the rate limiting operation of the process identifying it as a OPB of plant capacity. The extraction yield was of 95% p/p of carminic acid with an approximated saving of energy of 60% of the conventional requirement.

**Keywords:** Batch process, Process integration, carminic acid, flexibility.

### INTRODUCCIÓN

Los procesos batch son extensamente utilizados para escalas pequeñas de producción en donde las operaciones de flexibilidad son importantes, debido a que su operación se basa en una serie de etapas que pueden ser operados independientemente. Por lo general, se disponen de un amplio rango para un buen control de calidad y rendimiento de los productos. El proceso batch nos permite también programar el funcionamiento de los equipos, tales como bombas y tanques. El mismo equipo puede ser utilizado para diferentes operaciones o para fabricar múltiples productos. Es también ventajoso frente a los procesos continuos por su flexibilidad a posibles cambios en el comportamiento del

mercado así también a los cambios en la tecnología.

Aspectos tales como los costos de materia prima, rendimiento y control de calidad del producto tienden a dominar la estructura de costos de los procesos batch, sin embargo, los costos de capital y de energía son usualmente de menor importancia que en los procesos continuos<sup>1,2,3</sup>.

Con el fin de mejorar el análisis integral de los procesos batch, se desarrollaron métodos que básicamente consideraban solo la integración térmica. El objetivo moderno es evaluar los incentivos económicos entre la capacidad de planta, rendimiento de producto, disposición de desechos, costos de fabricación, costos de energía y costos de capi-

tal, los cuales se constituyen en factores de análisis, siendo la energía el factor menos importante.

La integración de procesos, inicialmente aplicado a procesos continuos, se ha extendido para procesos batch<sup>4,5,6,7</sup>, cuyos procedimientos están basados en la aplicación del concepto de los cuellos de botella total del proceso (OPB), juntamente con los modelos de tiempo medio (TAM) y el tiempo fraccional (TSM).

El objetivo de este trabajo es aplicar las herramientas de la tecnología PINCH para el análisis de integración del proceso batch para la producción de ácido carmínico, el cual está basado en estudios realizados para procesos continuos<sup>8,9</sup>.

### MARCO TEÓRICO

En cualquier producción batch la línea de operación a máxima capacidad normalmente es una operación en el cual no hay tiempo libre entre batch. Esta es la velocidad de operación limitante con un factor de tiempo disponible (t) de 1,0, dado por:

$$t = \frac{\text{Tiempo total de ciclo} - \text{tiempo libre}}{\text{Tiempo total de ciclo}} \quad (1)$$

La identificación de esta velocidad, puede determinar que condiciones del proceso deberían modificarse para reducir el tiempo requerido en dicha operación. Si esto no es posible, debe considerarse la posibilidad de invertir en un equipo nuevo.

Ahora, no es suficiente considerar la operación de velocidad limitante para una línea, sino que debe observarse sus interacciones entre distintas líneas a través de sus componentes ya sea por el uso de facilidades de sistema, operaciones de fabricación, sistemas de manejo de alimentación al proceso, etc.

Cuando todas las interacciones son tomados en cuenta, podemos identificar cual de los cuellos de botella impide que la planta alcan-

ce su rendimiento deseable. Estos tienen que estar en la forma de OPBs, cada uno limitando algún parámetro los cuales tienen influencia en el costo total de operación. Entonces, una planta batch cualquiera puede tener OPBs relacionados con capacidad de planta, rendimiento, flujo de efluentes, requisitos de fabricación y costos de energía. En la figura 1 se muestra un esquema de la filosofía del procedimiento de integración de procesos basado en el concepto OPB<sup>10</sup>.

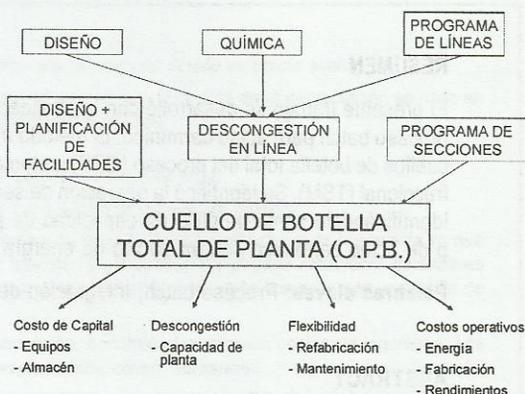


Fig. Nº 1. Técnicas de integración de procesos con base en el concepto OPB.

Cuando todos los OPBs son identificados, los beneficios se pueden tomar usualmente como el incremento de capacidad de planta, reducción de costos de capital, mejora en la flexibilidad o reducción de los costos de operación. Para esto es fundamental analizar los flujos de energía para identificar los OPBs de energía y el análisis se realiza con los modelos compuestos que son obtenidos en una forma similar a las curvas compuestas para procesos continuos<sup>11,12</sup>.

### MÉTODOS Y RESULTADOS

Para desenvolver el análisis de integración de procesos batch se disponen de dos modelos tipo fuente/sumidero: el modelo de tiempo promedio (TAM) y el modelo de tiempo fraccional (TSM).

El TAM supone que toda la operación batch puede ser representado a cualquier tiempo y en cualquier orden, de modo que ninguna cantidad es tomado del programa de tiempo

de funcionamiento de los equipos o de los tiempos disponibles. En otras palabras, este modelo considera que el tiempo no es una restricción, y los valores de fuentes y sumideros son un promedio en todo un periodo elegido.

El TSM, por otro lado, hace incorporación de asunciones a cerca del tiempo, como tiempo de ciclo y tiempo disponible. El tiempo es entonces fraccionado en periodos durante el cual los flujos de energía del proceso son analizados y para cada fracción se calcula un modelo separado. Siguiendo la metodología para análisis de integración de procesos batch, en la tabla N° 1 se ha listado los resultados para el desarrollo de los modelos antes mencionados.

Tabla N° 1. Datos para análisis de integración de proceso batch de ácido carmínico.

ACTIVIDAD	TIPO	POTENCIAL INICIAL, °C	POTENCIA L FINAL, °C	ENERGÍA Kw	TIEMPO INICIAL, h	TIEMPO FINAL, h
Extracción	Sumidero	20	100	1,5	0	1
Precipitación	Sumidero	30	60	0,6	1	1,5
Evaporación	Fuente	90	40	1,2	1,5	2,0
Secado	Fuente	70	40	0,9	2,0	6,0

Considerando los datos de la tabla N° 1 y conforme a los modelos TAM y TSM, en la Fig. N° 2 se presenta los resultados del modelo de tiempo fraccional.

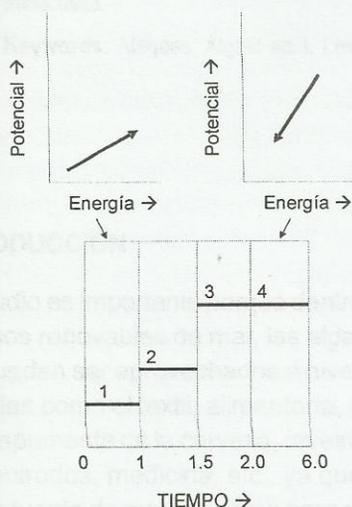


Fig. N° 2. Modelo de tiempo fraccional para proceso batch de ácido carmínico.

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La interpretación del TAM y de TSM permite identificar los OPBs relacionados a energía en el proceso de ácido carmínico, del cual se determina que el secado del producto final representa el cuello de botella, es decir, estamos frente a un OPB de capacidad de planta. La práctica común de esta etapa es el uso de secadores en bandejas por flujo en contracorriente con aire caliente. Existen dos alternativas para superar el cuello de botella, la primera es que la planta debe operar una batería de secadores en paralelo y la segunda alternativa es implementar un secado al vacío con un mínimo equipamiento. Ambas alternativas representan en incrementos tanto en costo de capital como costo de operación por lo que la primera alternativa es más viable.

El análisis de flujos de materiales y de energía para todo el proceso reporta un rendimiento de extracción del ácido carmínico en un 95% p/p, mientras que los niveles de consumo de energía como calor han representado un ahorro significativo respecto del requisito convencional hasta en un 60%.

Por lo general, en los procesos batch siempre existirá el temor que una mejora por integración de proceso afecte la flexibilidad de la planta. Sin embargo, esto se disipa cuando lo análisis se desarrollan basados en el concepto de OPBs conjuntamente con el análisis de flujos de energía usando los modelos de tiempo medio y de tiempo fraccional de toda la planta.

## CONCLUSIONES

En el análisis de integración de procesos batch, se pueden observar dos aspectos importantes: 1) la complejidad del tiempo de procesamiento como variable y 2) el temor de que la integración afecte la flexibilidad del proceso.

Por otro lado, existe la percepción de que de que los costos de energía son el objetivo prin-

cial. Sin embargo, esto no necesariamente es cierto, por cuanto los incentivos económicos por mejoras en la capacidad de planta, reducción de los costos de operación u otro beneficio son más impactantes como resultado del análisis.

El rendimiento mínimo para extracción fue del 95%, así como el ahorro de energía estuvo siempre dentro del 60% de los requisitos convencionales.

### AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento al Consejo Superior de Investigación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por el financiamiento de este trabajo de investigación.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Atkinson, B. *Biochemical reactors*. Pion Limited, London, 1974.
2. Levenspiel, O. *Chemical reaction engineering*. Jhon Wiley, London, 1972.
3. Vaselenak, J., Grossman, I. E., Westerberg, A. W. *Ind. Eng. Chem. Process Dev.* 25, 357, 1986.

4. Minnich, T. M. «Use process integration for plant modernization». *Chem. Eng.*, aug. 70, 2000.
5. Oben and Ashton. *Chem. Eng. Res. Des.* may, 1988.
6. Linnhoff, B. et al. *User guide on process integration for the efficient use of energy*. Gulf Publishing Co. Houston, 1994.
7. Amidpour, M. Applications of Problem Decomposition in Process Integration. Ph D Thesis. Univ. of Manchester Institute of Science and Technology. Manchester U. K., 1997.
8. Erazo, R. y otros. *Rev. Per. Quím. e Ing. Quím.* 7. 51, 2004
9. Erazo, R. y otros. *Rev. Per. Quím. e Ing. Quím.* 8. 68, 2005.
10. Tjaan, N. and Linnhoff, B. «Using pinch technology for process retrofit». *Chem. Eng.*, april 28, 1986.
11. Linnhoff, B. «Use pinch analysis to knock down capital cost and emission». *Chem. Eng. Prog (CEP)* 99, 8, 32, 1994.
12. Grendi, E. y Romero, L. *Rev. Ing. Quím. Esp.*, mayo, 2001.