

Contribución de la integración energética a la producción limpia en una planta de derivados del furfural del Centro de Bioactivos Químicos

Autores: MSc. Lizet Rodríguez Machín¹

MSc. Prof. Titular Rubén Espinosa Pedraja²

Dr. Oscar Miguel Cruz Fonticiella³

¹ Centro de Bioactivos Químicos. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

Categoría docente: Profesor Instructor.

Dirección postal: Carr. a Camajuaní Km. 5½ , C.P. 54830, Santa Clara, V.C. Cuba.

Dirección particular: Edificio Multifamiliar, Apto. 101, Carr. a Camajuaní Km. 6 , C.P. 54830, Santa Clara, V.C. Cuba.

E-mail: lizetr@uclv.edu.cu Teléfono: 281254

²Fac. Química-Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

³Fac. Ing. Mecánica. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

RESUMEN

En este trabajo se aplican principios de la integración energética a una tecnología por lotes (batch) de producción de principios activos, a partir del furfural, en el Centro de Bioactivos Químicos (CBQ) lo que contribuye a una producción limpia en la planta de producción minimizando las emisiones de residuos gaseosos. Se determina la cantidad de gases de combustión que no se genera producto de la reducción del consumo de combustible a causa de una mejor integración lo cual mejorara notablemente las condiciones medioambientales de los locales de producción y las zonas aledañas.

Palabras clave: integración energética, gases de combustión, producción limpia.

Contribution of the energy integration to the clean production in a furfural's byproducts plant of Chemical Bioactive Center

ABSTRACT

In this work there are applied energy integration principles to a particular technology, per production lots (batch), employed in the Center of Chemical Bioactive (CBQ) for producing active pharmaceutical ingredients from furfural. This strategy contributes to a clean production in the production plant because it minimizes the emission of gaseous wastes. In this context, it is determined he quantity of combustion gases not generated by concept of the net reduction of fuel consumption, which is the result of a better integration process. The results achieved are promising because the conditions of the production workshops as well as surrounding areas will notably improve.

Key words: energy integration, combustion gases, clean production

INTRODUCCION

Las plantas de derivados de la caña de azúcar ocupan un lugar importante en la economía de la industria azucarera. En la planta de producción del CBQ se obtienen dos productos químicos sintetizados por vía orgánica a partir del furfural producido en el Central azucarero Amancio Rodríguez. El proceso tecnológico que se lleva a cabo utiliza además del agua, el aceite térmico como fluido de transferencia de calor, por lo que las emisiones de gases afectan la salud de los trabajadores.

La producción limpia es una estrategia de carácter preventivo que las empresas pueden aplicar a sus procesos productivos con el objetivo de minimizar los residuos y emisiones en el origen, reduciendo los riesgos para la salud humana y el ambiente y elevando la productividad de la empresa. El principio de la producción limpia es aumentar la eficiencia global del proceso, previniendo las pérdidas de materiales y energéticas. Si bien los procesos de protección del ambiente proporcionan algunos beneficios, las oportunidades para reducir los riesgos al ambiente, a la salud y los costos que conlleva son mayores en las primeras opciones de la jerarquía para la gestión de la contaminación.

El uso más racional y eficiente de la energía permite a las industrias reducir sus costos de producción, lo que se traduce en una mayor productividad por unidad de energía consumida. Al mismo tiempo, favorece el cuidado del medio ambiente al reducir el consumo de combustibles fósiles, generar menores emisiones atmosféricas y usar mejor los recursos renovables².

Las técnicas de avanzada para la integración de procesos y en particular las basadas en el análisis Pinch, proporcionan una metodología con fuertes bases termodinámicas y económicas para garantizar la integración y de esta manera asegurar que se estén obteniendo los beneficios energéticos y económicos, además reducen el impacto ambiental debido al ahorro de energía primaria que implica. Si tenemos en cuenta que para producir una unidad eléctrica por medios convencionales se necesitan tres unidades térmicas mientras que en cogeneración se necesitan 1,5 unidades^{3,8}.

En años recientes se ha incrementado el interés de los procesos químicos que operan discontinuamente, los cuales elaboran especialmente productos químicos. Esos procesos contienen generalmente pasos complejos y grandes tiempos de reacción; de tal manera son más bien adecuados para productos con demandas cambiantes y para pequeñas capacidades. Los procesamientos continuos son poco prácticos económicamente para tales procesos.

Entre los factores más importantes que caracterizan cualquiera de los modos de operación (discontinuo/continuo), se encuentra la integración energética con almacenamiento de calor. A través de la integración energética se puede obtener ahorro en las utilidades.

La integración de energía de los procesos a batch permite ahorrar el 36 % de la utilidad caliente y el 37 % de la utilidad fría. Las técnicas de integración energéticas hacen posible encontrar las cargas mínimas de calentamiento y enfriamiento para el proceso¹.

En el presente trabajo se hace una evaluación de las condiciones energéticas en la planta de producción del CBQ para una producción limpia utilizando la integración de procesos como método general y sistemático para el diseño de sistemas de producción integrados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como contabilidad energética se cuentan con los datos de consumo de electricidad mensual desde el año 1996 al 2004⁶.

Balance de energía en la planta de producción en las condiciones actuales

La planta de producción utiliza dos medios de calentamiento fundamentales para el desarrollo de las operaciones con transferencia de calor: el agua y el aceite térmico. Se realizan los balances energéticos en cada equipo teniendo en cuenta el fluido para la transferencia de calor.

- Balances de energía en los equipos que utilizan agua

Tabla 1 Balance de energía en cada equipo que emplea agua en la planta de producción (Q_{ag}).

Equipo	A(m ²)	Vol. (m ³)	W(kg)	Q(kJ)	Q(kW)	Cant. Equipos	ΣQ (kW)	q (kW/m ²)
Baño 1 plaza	0,384	0,154	150,612	25 242,471	7,012	1	7,012	18,260
Baño 2 plazas	0,621	0,203	198,534	33 274,298	9,242	1	9,242	14,882
Baño 4 plazas	0,619	0,242	236,676	39 666,897	11,018	2	22,036	35,599
Baño 30 L	0,0915	0,03	29,34	13 245,249	3,679	6	22,074	241,24
$\Sigma Q_{ag} = 60,369 \text{ kW}$								

- Balance de energía en los equipos que utilizan aceite

El aceite que se emplea en la planta es el Purolub 22 de la firma Maraven⁴.

Tabla 2 Balance de energía en los equipos que emplean aceite en la planta de producción (Q_{ac}).

Equipo	T.salida (°C)	ΔT (°C)	A (m ²)	C_p (kJ/kg.K)	Vol. (m ³)	W (kg)	Q (kJ)	Q (kW)	q (kW/m ²)
Baño 3 plazas	140	110	0,691	2,333	0,242	190,502	48 888,527	13,580	19,652
Baño 5 plazas	125	95	1,152	2,279	0,380	299,136	64 764,439	17,990	15,616
Baño 1 plaza	115	85	0,207	2,242	0,076	59,827	11 401,231	3,167	15,299
$\Sigma Q_{ac} = 34,737 \text{ kW}$									

Por tanto la cantidad de calor entregada al proceso (Q) es:

$$Q = \sum Q_{ag} + \sum Q_{ac} \quad (1)$$

$Q = 95,101 \text{ kW}$, asumiendo un 5% de pérdidas. $\implies Q = 101,106 \text{ kW} = 101,106 \text{ kWh}$

Se utilizó el software Target II para la integración del proceso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propuesta de mejora al Sistema:

El medio más comúnmente empleado para proporcionar los requerimientos térmicos de las máquinas y procesos industriales es el vapor generado en calderas².

Partiendo de la revisión bibliográfica y de acuerdo a la caracterización y contabilidad energética realizada a la planta de producción se propone la variante de una caldera con motor alternativo para sustituir las condiciones actuales.

Para aplicar el análisis pinch es necesario calcular los datos de cada corriente.

- Características del combustible (Gas oil (Diesel))⁷:

C^a = contenido de carbono = 85,5 %, H^a = contenido de hidrógeno = 13,0 %, S^a = contenido de azufre = 0,8 %, O^a = contenido de oxígeno = 0,3 %, N^a = contenido de nitrógeno = 0,4 %, A^a = contenido de cenizas = 0, W^a = contenido de humedad = 0,1 % y Q_i^a = poder calorífico inferior = 41,7 MJ/kg combustible

- Volumen de aire teóricamente necesario:

$$V^o = 0,089C^a + 0,226H^a + 0,033(S^a - O^a) \quad (2)$$

$V^o = 10,564 \text{ m}^3 \text{ N/kg}$ combustible

- Cantidad de calor que se aprovecha para calentar el agua de alimentación a la caldera:

$$Q_a = mC_p \Delta T \quad (3)$$

$$Q_a = 0,0514 \times 4,19 \times (95 - 30) = 50\,400 \text{ kJ/h}$$

- Cálculo de la temperatura de salida de los gases cuando se precalienta el agua (30 a 95 °C):

$$Q_a = Q_g = m_g C_{pg} \Delta T$$

$$Q = 50\,400 \text{ kJ/h}$$

Calor latente vapor = 2 120 kJ/kgv, generación de vapor = 50 400/2 120 = 23,77 kgv/h, índice de generación = 12 kgv/kgc, B = cantidad de combustible

$$B = 23,77/12 = 1,98 \text{ kgc/h} = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ kgc/s}$$

Tabla 3 Datos de las corrientes tomados de la tesis de maestría de Rodríguez Machín⁶.

Corriente	Flujo (kg/s)	Cp (kJ/kg °C)	t ₁ (°C)	t ₂ (°C)	ΔH(kJ/kg)
Gases	0,127	1,396	1 417	280	-
Agua	0,0514	4,19	110	179	-
Vapor	0,049	-	179	179	2 024

Se aplicó el método de integración a la caldera propuesta, con ayuda del software Target II.

Tabla 4 Datos de las corrientes del sistema integrado.

Corriente	Flujo (kg/s)	Cp (kJ/kg °C)	t ₁ (°C)	t ₂ (°C)	ΔH(kJ/kg)
Gases	0,127	1,396	1 417	280	-
Agua	0,0514	4,19	110	179	-
Vapor	0,049	-	179	179	2 024
Agua	0,0514	4,19	95	110	-

- Datos de la caldera:

Caldera serie VAP, masa de vapor = 250 kgv/h, potencia =176 kW, sistema de tratamiento de tratamiento de agua con una producción de 4,8 m³/día.

- Volumen de los gases triatómicos:

$$VR_{O_2} = 0,0187(C^a + 0,375S^a) \quad (4)$$

$$VR_{O_2} = 1,604 \text{ m}^3\text{N/kgc}$$

- Volumen de los gases biatómicos:

$$V_{N_2}^o = 0,79V^o + \frac{0,8N^a}{100} \quad (5)$$

$$V_{N_2}^o = 8,349 \text{ m}^3\text{N/kgc}$$

- Volumen de los gases secos:

$$V_{g.s} = VR_{O_2} + V_{N_2}^o + (\alpha - 1)V^o \quad (6)$$

α - coeficiente de exceso de aire según Orsat = 1,6

$$V_{g.s} = 16,24 \text{ m}^3\text{N/kgc}$$

- Flujo volumétrico de los gases quemados que se dejan de emitir:

$$V_g' = nB_{cal}V_g \left[\frac{(t_1 + 273)}{273} \right] \quad (7)$$

Donde: n= número de calderas =1, B_{cal}= gasto de combustible en la caldera (kg/s), t₁= temperatura de salida de los gases = 201 °C, V'_g = 1x5,5 10⁻⁴x16,24x[(201+273)/273], densidad de los gases quemados = 1,322 kg/m³N, V'_g = 1,55 10⁻² m³N/kgc

- Principales gases contaminantes que se dejan de emitir:

$$V_{CO_2} = 2,69 \text{ m}^3\text{N/h} = 5 696,5 \text{ m}^3\text{N/año}$$

$$V_{SO_2} = 9,46 10^{-3} \text{ m}^3\text{N/h} = 20 \text{ m}^3\text{N/año}$$

$$V_{RO_2} = 2,71 \text{ m}^3\text{N/h} = 5 725 \text{ m}^3\text{N/año}$$

Metodología para el diagnóstico energético en plantas de derivados de la caña de azúcar.

1. Contabilidad energética.

2. Cálculo de la energía que se aporta al sistema a través de balance térmico.
3. Análisis de los resultados.
4. Propuesta de mejoras al sistema a través de métodos de punta y que contribuya a una producción más limpia.
5. Cálculo económico y selección de la opción más rentable.

CONCLUSIONES

- 1.- La alternativa propuesta de integrar el proceso con el empleo de una caldera de vapor significa sustituir el aceite térmico utilizado en los equipos de transferencia de calor, eliminando la emisión de residuos gaseosos tóxicos provenientes del aceite.
- 2.- Se propone el aprovechamiento de los calores residuales de combustión en la caldera para precalentar el agua de alimentación significando un ahorro de combustible del 14 %, propuesta que puede ser aplicada a las calderas de nuestros centrales azucareros.
- 3.- Con el combustible ahorrado se dejan de emitir a la atmósfera 5 696,5 m³ N de CO₂, 20 m³ N de SO₂ y 5 725 m³ N de gases triatómicos, durante un año de producción, contribuyendo a una producción limpia en la planta de producción.
- 4.- Se obtuvo una metodología la cual puede ser aplicada a cualquier planta de derivados de la caña de azúcar.

BIBLIOGRAFÍA

- ¹Gorsek, A; Glavic, P: Design of batch versus continuous processes, Part I, Single-Purpose Equipment, Trans IChemE, 1997, Oct.; 75 (Pt A), pág. 709-717.
- ²http://www.produccionlimpia.cl/medios/ProduccionLimpia/Cap_1_Tecnicas.pdf, 12 Apr., 2007.
- ³Institut Catalá d' Energia: Departament d' Industria i Energia. Fomento de la Cogeneración, Genralitat de Catalunya, 1992.
- ⁴Maraven, Boletín técnico # 13, 1998.
- ⁵Pankratov, G: Problemas de Termotecnia, Editorial MIR, Moscú, 1987.
- ⁶Rodríguez Machín, Lizet: Análisis de las posibles variantes termoenergéticas en el Laboratorio de Producción de Bioactivos Químicos, Tesis para optar por el título de Master en Análisis de Procesos, Fac. Química, 2000.
- ⁷Roque, P.D: Combustión. Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas, 1990, pág. 22-27.
- ⁸Velázquez Alonso, D; Moreno Sosa, J. M: Ahorro energético en planta de refino de aceite mediante análisis pinch point, Alimentación, equipos y tecnología, ISSN 0212-1689, Año n° 25, N° 214, 2006, pág. 58-63.