

Disminución del impacto ambiental por reducción del consumo de energía eléctrica y agua

Yaima Izquierdo-González*, José Alberto Pérez-Hernández, Yohana de la Hoz-Izquierdo

Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (Icidca).

Vía Banca 804 y Carretera Central. San Miguel del Padrón, La Habana, Cuba.

* yaima.izquierdo@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

La disminución en el consumo de energía eléctrica y agua en los procesos de fabricación de azúcar, es uno de los principales retos que enfrenta la industria azucarera cubana con vista a lograr su crecimiento y sostenibilidad económica y medio ambiental. En los últimos años se han venido instalando en esta industria condensadores de alta eficiencia, es decir, condensadores de bajo consumo de agua, sin embargo, se han mantenido las mismas instalaciones de bombeo sin modificaciones por lo que no se ha experimentado ahorros económicos, siendo estas instalaciones altas consumidoras de electricidad y de agua. En este trabajo se exponen algunas consideraciones para realizar el cambio de condensadores de alta eficiencia junto a las modificaciones de las bombas de inyección y reducir el consumo de potencia, lo que trae aparejado la disminución del agua de recirculación al condensador y así se reduce también el consumo de agua de aportación al enfriadero. Estas modificaciones que se proponen realizar son de baja inversión y no requieren de talleres especializados para ejecutarlas, sin embargo su efecto económico es sustancial.

Palabras clave: energía, electricidad, agua, industria azucarera.

ABSTRACT

The decrease in the electric energy consumption and it dilutes in the manufacturing processes of sugar, it is one of the main challenges that faces the Cuban sugar industry with view to achieve their growth and economic and half environmental sustainability. In the last years one has come installing in this industry condensers of high efficiency, that is to say, condensers of under consumption of water, however, they have stayed the same facilities of pumping without modifications for what has not been experienced economic savings, being these facilities high electricity consumers. In this work some considerations are exposed that should be harnessed to the change of condensers of high efficiency to also modify the injection pumps to reduce the consumption of power. Jointly with the reduction of the consumption of power like it diminishes the recirculation water to the condenser also decreases the consumption of contribution water to the enfriadero. These modifications that intend carry out they are of low investment and they don't require of specialized shops to execute them, however their economic effect is substantial.

Key words: energy, electricity, water, sugar industry.

INTRODUCCIÓN

Los nuevos diseños de condensadores que se comienzan a emplear en la industria azucarera permiten una reducción en el consumo de agua para su operación óptima (1). Una reducción en el consumo de agua trae aparejado una reducción proporcional en el consumo de energía eléctrica al reducirse el caudal de agua manejado por las bombas de inyección. Conjuntamente una menor velocidad del fluido por las instalaciones existentes produce una reduc-

ción de la carga dinámica, elemento este asociado a las pérdidas por fricción del fluido. Esta es la razón por la cual se debe tener bien concebido y diseñado el sistema para reducir al mínimo el consumo de potencia.

Los condensadores existentes en la mayoría de los centrales llevan muchos años de explotación y algunos van llegando a su vida útil de operación, esto ha permitido que en múltiples centrales se encuentren realizando inversiones con el objetivo de sustituir los condensadores actuales por otros más

eficientes que consuman menos volúmenes de agua para realizar de forma eficiente la misma operación.

En muchos de los casos se realiza la inversión de cambio de los condensadores y se mantiene sin ningún cambio o transformación las bombas de inyección. Esto provoca que la instalación opere correctamente, pero no se produce ningún ahorro energético en el sistema. Por lo que los nuevos condensadores siguen trabajando con el mismo caudal del diseño anterior.

DESARROLLO

Desde el punto de vista de diseño, el consumo de agua de los condensadores, es decir, el caudal de agua que manipulan las bombas de inyección oscila alrededor de 4500 galones/min para centrales de 1000 toneladas de caña molida. En los nuevos diseños de condensadores, estos volúmenes de agua se reducen hasta 3500 galones/min, lo que representa una disminución en el caudal de agua de aproximadamente 1000 galones (22 %).

Analizando lo anterior y conociendo (2) que:

$$P = (\rho * g * Q * H) / 1000 * \eta \quad (\text{Ecu. 1})$$

Donde:

P = Consumo de potencia en (kW)

ρ = Densidad del fluido (kg/m³)

g = Gravedad específica (9.8 m/s²)

Q = Caudal de agua de inyección (m³/s)

H = Carga del sistema, carga estática y dinámica (m)

η = Eficiencia del conjunto bomba – motor (%)

Se puede deducir que la reducción en el consumo de agua de un 22 %, reportará una disminución en ese mismo orden en el consumo de potencia, es decir, menor consumo de electricidad.

Cálculo aproximado del ahorro producido

Empleando la ecuación 1, se puede determinar el ahorro producido al modificar la bomba de inyección cuando se montan los nuevos condensadores.

Influencia sobre el medio ambiente (3)

La disminución en el consumo de electricidad en la industria, si se realizan las modificaciones en las bombas de inyección, se elevaría hasta 365 472 kWh/año. Esto significa un ahorro de 87.713 t de combustible fósil en las termoeléctricas, suponiendo un índice de generación de 240 g/kWh. Esto permite una reducción aproximada de 247 t de CO₂, principal gas de efecto invernadero, considerando un índice de emisiones de 2.82 t CO₂/combustible fósil (4, 5). Informaciones oficiales reflejan valores record de emisión de CO₂ en la atmósfera de 400 ppm (6). Las personas que respiren aire con una concentración de sólo 700 ppm, morirán en pocas horas. La concentración máxima en el puesto de trabajo es 50 ppm (7).

Tabla 1. Comparación de los parámetros de una bomba antes y después de la modificación

Elemento	Bomba de inyección sin modificar	Bomba de inyección modificada
Densidad del fluido.	1 000 kg/m ³	1 000 kg/m ³
Gravedad específica.	9.81 m/s ²	9.81 m/s ²
Caudal de agua de inyección total, incluyendo todos los condensadores del proceso.	30 000 galones/min (136.38 m ³ /min) (2.27m ³ /s)	21 000 galones/min (95.46 m³/min) (1.59m³/s)
Carga del sistema (estática y dinámica).	15 m	15 m (*)
Eficiencia de la instalación.	0.71 %	0.71%
Consumo de potencia.	470 kWh	329 kWh
Precio del kWh(**).	0.15 \$	0.15 \$
Horas de operación en una zafra.	2 592 h/ anuales	2 592 h/anuales
kWh consumido.	1 218 240 kWh	852 768 kWh
Pago de electricidad por consumo.	182 736 \$/anuales	127 915.2 \$/anuales
Ahorro monetario por reducción en el consumo de electricidad.	-	54 820.8 \$/anuales

*En realidad este valor también se reduce pues al disminuir el caudal en la misma instalación, el elemento de la carga dinámica que forma parte de la carga del sistema se reduce.

**Se tomó el precio de venta al sistema eléctrico nacional, pues cada kWh ahorrado en el proceso industrial puede ser vendido.

Esta energía ahorrada en la industria, generada con biomasa puede ser vendida a la red eléctrica, siendo una energía limpia y renovable. Incrementando los beneficios económicos para el central por concepto de venta de esta energía eólica.

¿Qué hacer para realizar las modificaciones tecnológicas?

Estos equipamientos son muy costosos por su robustez y tamaño, pues el conjunto bomba-motor son de grandes capacidades. Además el mecanismo motriz (motor eléctrico) es de baja velocidad de rotación por lo que suelen ser equipos muy caros.

Las bombas pueden ser modificadas a los nuevos parámetros de operación de caudal y carga estática y dinámica sin ser sustituidas; estas modifica-

ciones pueden ser realizadas en el propio taller del central azucarero.

Las modificaciones consisten en maquinar el impelente siguiendo las ecuaciones de semejanza hasta alcanzar los parámetros de operación deseados. Estas ecuaciones son:

$$Q_2/Q_1 = N_2/N_1 = D_2/D_1 = (H_2/H_1)^2 = (P_2/P_1)^3 \quad (\text{Ecu. 2})$$

Donde:

Q = Capacidad

N = Revoluciones de la bomba

H = Carga estática y dinámica

P = Potencia

Como se observa la relación caudal, revoluciones, diámetro es una relación directa, sin embargo la carga tiene una influencia cuadrática y la relación con la potencia es cúbica.

A continuación se realizará un ejemplo ilustrativo para mostrar cómo se debe realizar la modificación propuesta.

Ejemplo:

Se calcula cuál debe ser el diámetro final de una bomba centrífuga de doble succión, utilizada para el bombeo de agua a los condensadores de vapor de un central azucarero. Si el caudal a la que operan es de 30000 gpm, esta bomba tiene un diámetro de 950 mm. Después de ser sustituido los condensadores actuales por condensadores de mayor eficiencia, los caudales de agua de operación serán de 21000 gpm.

Datos:

$Q_1 = 30\ 000\ \text{gpm}$

$Q_2 = 21\ 000\ \text{gpm}$

$D_1 = 950\ \text{mm}$

$D_2 = ?$



Figura 1. Instalación de bomba de inyección.

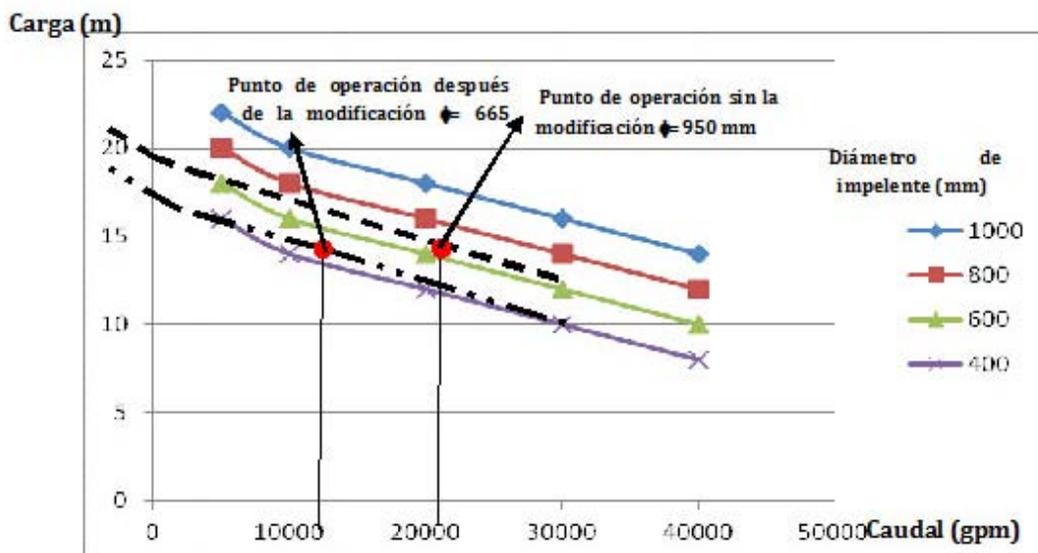


Figura 2. Curva de caudal vs carga para diferentes impelentes de una bomba.

Para el cálculo del nuevo diámetro que garantice los volúmenes de agua que requiere el proceso se utilizarán las ecuaciones de semejanzas conocidas:

$$Q_1/Q_2 = D_1/D_2 \quad (\text{Ecu. 3})$$

$$D_2 = (D_1 * Q_2) / Q_1 \quad (\text{Ecu. 4})$$

$$D_2 = (950 * 21\ 000) / 30\ 000$$

$$D_2 = 665 \text{ mm}$$

Si el impelente se maquina hasta el diámetro de 665 mm, el nuevo caudal de la bomba será de 21000 gpm con el consiguiente ahorro de energía eléctrica del proceso.

La figura 2 muestra el ejemplo gráfico de caudal vs carga de la bomba anterior.

CONCLUSIONES

1. El proceso de cambio de los sistemas de condensadores a sistemas más eficientes debe estar aparejado a modificaciones en el sistema de las bombas de inyección para reducir el consumo de potencia de estos motores y del propio proceso.

Esto permitirá disponer de un excedente de energía eléctrica que puede utilizarse para la venta al sistema energético nacional.

2. Las modificaciones a realizar por la sencillez y facilidad técnica pueden ser calculadas por el departamento técnico y orientadas a que el mantenimiento se ejecute en los talleres de los centrales.
3. El ahorro de electricidad por estas modificaciones fue de 365 472 kWh, representando un monto económico de 54 820.8 \$/ anuales.
4. La venta de energía eléctrica generada con biomasa (energía limpia), a la red nacional, permite una reducción en la emisiones de CO₂ y SO₂, al dejar de consumir combustibles fósiles en la generación de esta energía.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que se modifiquen los sistemas de condensadores de los centrales a fin de tener menores índices de consumo por tonelada de caña molida y reducir los volúmenes de agua que se emplean en el proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Díaz, E. Manual de diseñados de equipos para la industria azucarera, ICINAZ, 2da edición, 2008, pag 26.
 2. Karassik, I.J.; Krutzsch, W.C.; Fraser, W.H. and Messina, J.P. Pump Handbook, segunda edición, 1993, pág 2.31.
 3. Marrero, Y. Soluciones prácticas para mejorar la eficiencia del sistema de tratamiento de residuales líquidos en la industria azucarera "Antonio Sánchez". Trabajo de Diploma, Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", Facultad de Ciencias Agrarias, 2013, pag 16 -19.
 4. Colt Industries, Fairbanhs Morse Pump Division. Hydraulic Handbook, seventh edition, 1973, pp. 27-33.
 5. Paulino, *et al.* Bioeléctrica de bagazo "Héctor Molina", Mayabeque, Cuba, 2009.
 6. Órgano oficial del Comité Central del Partido Comunista de Cuba. Periódico Granma, martes 27 de mayo 2014, edición única.
 7. Gases de combustión, Argentina SA. (Consultado el 20 de marzo del 2014, <http://www.academiatesto.com.ar/cms/?q=gases-de-combustion-1>).
-