

NOTAS SOBRE CALDERAS DE INGENIOS AZUCAREROS.

William A. Manso

Desarrollo de Proyectos e Ingeniería en Crompton International, (www.crompton.com)
Baton Rouge, Louisiana, Propietario de Soluciones Técnicas Corp. En Panamá.

I. INTRODUCCIÓN:

Sin calderas no se puede producir azúcar. Como se diseñan y fabrican con factores de seguridad apropiados a los parámetros elevados con que operan tienen una robustez considerable que contribuye a su prolongada vida útil, esto facilita, a la hora de reducir presupuestos, que los trabajos menos indispensable queden “*para el próximo año*” lo cual a la larga implica deterioro acumulado y pérdida de eficiencia obligando a grandes reparaciones, o la baja de la caldera.

Por la liberación de calor y gases al ambiente las calderas constituyen en principal factor de contaminación ambiental en un ingenio Azucarero en niveles inversamente proporcionales a su eficiencia. El presente trabajo discute la influencia de la eficiencia en el medio ambiente, su relación con las oportunidades de mejoras y premisas que deben cumplirse al considerar mejorar una caldera.

II. EFICIENCIA:

En ocasiones se escucha una falsa consideración que asocia la habilidad de la caldera para “*soportar*” malos tratos y sobrecarga con su eficiencia está. La eficiencia “bruta” de una caldera se evalúa como:

$$\text{Eficiencia bruta} = (100 - \text{pérdidas de calor}) = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6) \text{ en } \%$$

La eficiencia “neta” considera, las necesidades propias de la caldera:

$$\text{Eficiencia neta} = (100 - \text{pérdidas de calor} - \text{calor utilizada por la caldera}) \text{ en } \%$$

La energía utilizada por la caldera es el equivalente en calor de la potencia de ventiladores bombas de alimentación, conductores, alimentadores y cualquier otro auxiliar.

Las pérdidas de calor son:

q2: Calor con los gases de chimenea, depende del volumen y temperatura de los gases.

Cada 14-15°C de temperatura indica la pérdida aproximada de un punto de eficiencia con un exceso de aire al horno alrededor de 1,3. Para reducir esta pérdida se debe disminuir la humedad del combustible, las entradas de aire a la caldera y la temperatura de los gases.

q3: La combustión incompleta desde el punto de vista químico, es apenas una fracción de punto porcentual, depende del diseño y la aerodinámica del horno en el movimiento de flujos de gases y partículas para que cada átomo de combustible pueda coincidir espacialmente con los átomos de oxígeno que requiere para su oxidación completa.

q4: Una fracción del combustible se pierde por causas mecánicas como derrames en la alimentación, extracción con las cenizas o arrastrado con los gases, etc. Su valor puede oscilar de 1,5 a 6 puntos porcentuales dependiente de la operación y estado de la caldera.

Se reduce al eliminar los derrames en la alimentación, mejorar la combustión y la extracción de ceniza.

q5: Es la pérdida de calor al ambiente que rodea la caldera ya sea por radiación o convección, a través de las superficies o “envoltura”. Su valor normalmente, en calderas selladas y aisladas, es menor de 1%.

q6: Es la pérdida de calor asociada a la extracción de cenizas o escorias calientes, esta se tiene en cuenta con contenido gravimétrico de cenizas mayor a 10%.

III. RELACIÓN ENTRE EL AMBIENTE Y LA EFICIENCIA:

La caldera bagacera afecta negativamente al ambiente por:

1. Caudal de gases: Es claro que mientras menos combustible se queme se libera menos cantidad de gases. Si aumenta la eficiencia se reduce el volumen de gases emitidos a la atmósfera.
2. Temperatura: Mientras más calientes salen los gases, mayor la contaminación térmica del medio y consecuentemente el planeta.
3. Partículas emitidas que son de dos tipos: 1) Combustible parcialmente quemado -- hollín-- y 2) cenizas.

Se puede hablar de dos “reducciones” de concentración de partículas:

1. La ocurrida antes de cualquier dispositivo de limpieza de gases, depende del diseño, el estado y la operación de la caldera, también, de la humedad y granulometría del combustible.
2. La concentración después del dispositivo de limpieza de gases que se tenga instalado.

Es fácil de entender que una caldera eficiente genera menos gases a menos temperatura y con menos partículas.

IV. LIMPIEZA DE GASES:

Los sistemas de limpieza de gases son:

1. Húmedos. Proveen niveles aceptables de emisiones. Requieren un volumen de agua en circulación aproximadamente igual, en metros cúbicos, a la cifra de toneladas de vapor generadas por la caldera, alrededor de 7% se evapora y debe reponerse.
2. Secos (diferentes aplicaciones de ciclones) tiene menos eficiencia, consumen más potencia y generalmente requieren costosos mantenimientos por erosión.
3. Precipitadores electrostáticos. Actualmente son los más eficientes para captar partículas emitidas. Su costo relativamente alto y el consumo de energía frenan su difusión en la industria azucarera aunque últimamente han aparecido algunos de menos costo. Solamente captan partículas, no posibilitan absorción o eliminación de gases como los lavadores húmedos.

V. COMBUSTIBLES AUXILIARES:

Cuando el balance de calor del ingenio o el estado técnico de los equipos es pobre se utilizan combustibles auxiliares, generalmente derivados del petróleo o gases, a veces leña u otros residuos combustibles. En algunos países se usa carbón mineral.

Además del efecto económico que implica el abastecimiento y manejo de estos combustibles auxiliares se debe considerar que una caldera bagacera se diseña para bagazo, un combustible de bajo poder calórico con humedad relativamente alta que requiere hornos voluminosos y superficies de transferencia convectivas. Mientras, los combustibles de mayor poder calórico (derivados del petróleo, gases, carbón) son más apropiados para la

transferencia por radiación en hornos más pequeños. Es decir, deberían quemarse en calderas diferentes.

Al quemar combustibles de alto poder calórico en una caldera bagacera la distribución de calor y esfuerzos son diferentes, el tamaño relativamente grande de la caldera bagacera y sus superficies convectivas se subutilizan. Cuando ihay que quemar combustibles auxiliares, es recomendable, alteanalizar la adquisición de una caldera compacta diseñada para el combustible auxiliar. La complejidad de la instalación y operación y la reducción del deterioro de la caldera bagacera probablemente serán razones válidas para la inversión.

VI. MANTENIMIENTO:

Es tan evidente la influencia del mantenimiento en el estado técnico de los equipos que probablemente no debe mencionarse en este espacio. Vale, sin embargo, recordar que en las calderas:

- La eficiencia se reduce cuando hay entradas de aire, pérdidas de calor radiante o convectivo al medio, inestabilidad de la operación, etc.
- La capacidad cae cuando hay baja eficiencia, ventiladores en mal estado, superficies sucias, perforadas u obturadas, deterioro de los refractarios, etc.
- La eficiencia del ciclo cae si la caldera tiene baja eficiencia, la temperatura del vapor es baja o si las purgas son excesivas.

Al pensar en estos aspectos se evidencia que reducir el mantenimiento de la caldera por austeridad económica puede implicar grandes gastos.

VII. CAUSAS PARA CONSIDERAR LAS MEJORAS DE UNA CALDERA:

La mayoría de las calderas instaladas en ingenios azucareros son susceptibles de recibir mejoras, muchas tienen diseños de más de 20, 25, 35 años de servicio relativamente “quedados atrás” Frecuentemente el ingenio se ha modernizado o se han instalado nuevos consumidores y las calderas son las mismas y deben operar con cargas altas por las nuevas demandas lo que trae consigo, deterioro, roturas frecuentes, condiciones de trabajo incompatibles con las normas de seguridad e higiene, consumo de combustible auxiliar, alta contaminación ambiental, etc.

En estos casos se plantea la necesidad de nuevas calderas, un ejercicio costoso y lento, poco atractivo en épocas de crisis económicas en que la austeridad gobierna a los buenos deseos y la empresa toma la decisión de acostumbrarse a los problemas, reducir molido o hacer mejoras (Rediseños) que pueden resolver muchos problemas con efectividad y menos costo en dependencia del alcance del rediseño y la proporción de elementos que se mantienen o cambian, así:

- Aumento de capacidad se logra con incremento o modificaciones de las superficies de transferencia de calor y mejoras de combustión.
- Para aumentar la eficiencia la vía más sencilla es reducir la temperatura de los gases con superficies recuperativas de calor. Las dos superficies clásicas son el calentador de aire y el economizador. En dependencia del objetivo y aspectos de diseño de la caldera se instala uno de estas dos o diferentes combinaciones de economizadores y calentadores de aire.

Hace algunos años estuvieron “de moda” los secadores de bagazo, si bien el bagazo es más fácil de quemar mientras más seco, las dificultades de operación, sellado, costos, mantenimiento y otros temas fuera de alcance de este trabajo, han convertido, excepto contados y honrosos casos, a la mayoría de los secadores instalados, en grandes monumentos metálicos de paternidad anónima.

- Los cambios de temperatura del vapor –subir o bajar-- están relacionados con la superficie del sobrecalentador o el diseño del horno, especial atención debe darse al material utilizado y la separación de vapor dentro del domo para evitar fallos catastróficos.

También son causas válidas para rediseñar una caldera la necesidad de modernización para automatizar, aumentar el confort de operación, reducir contaminación ambiental, mejorar la extracción de cenizas, reducir la humedad y arrastres del vapor, reducir la frecuencia de roturas o a complejidad de piezas a comprar o adecuarse a nuevos combustibles.

Rediseñar una caldera es como diseñar una nueva, manteniendo tantos elementos originales como sea posible. Cada estudio, aunque sea para un simple objetivo debe obedecer a un análisis integral de la caldera y sus equipos auxiliares, esto implica hacer el cálculo completo de combustión y transferencia de calor; comportamiento hidrodinámico del circuito de agua y vapor; Verificación de la capacidad de separación de vapor del domo de vapor; El comportamiento aerodinámico del lado gases y aire y verificar las especificaciones de los equipos auxiliares. Rehacerlas si fuese necesario;

VIII. CONDICIÓN ESENCIAL PARA REDISEÑAR UNA CALDERA:

Conocer el estado y la vida útil remanente de las partes a presión y elementos que se mantienen mediante un estudio de integridad. No tiene sentido hacer una inversión que tarde más en recuperarse que la vida remanente de las partes.

IX. BIBLIOGRAFIA

Birkett, H., A Short Course on Bagasse Boilers Operations, F. C. Schaffer &

Associates, Inc. Baton Rouge, La. 1996.

Manso, W. Redesigning boilers solves problems and saves Money, Presentado al Congreso

de la West Indies Sugat Techn. Asson, Trinidad & Tobago, Abril de 2001

Manso, W. Experiencias en el Rediseño de Generadores de Vapor, Congreso de la ATAVE

(Asson de Técnicos Azucareos de Venezuela) Yaritagua, Venezuela, 1998

Manso, W. Brief Notes on Removal of Particulate Matter from Bagasse Flue Gases,

Reporte para F. C. Schaffer & Associates. Sept de 2007

Manso, W., Instalación de Quemadores para Derivados del Petróleo en Calderas Bagaceras.

Notas. Reporte para Clientes, Consulta y Diseño, Enero de 2007

McBurney, B. and McBurney, J. C., Designing bagasse fired boilers for low emissions,

ISJ., 1997, Vol. 99, No. 1179.