



La gerencia del combustible como elemento clave en centrales térmicas a vapor

Alberto Fuentes

Recibido: Octubre del 2008
Aprobado: Diciembre del 2008

Resumen/ Abstract

En el presente trabajo se muestran las experiencias obtenidas del proyecto "Gerencia del Combustible" de las unidades térmicas a vapor de 460 MW de La Planta Ampliación Tocoa perteneciente a la C.A. La electricidad de Caracas. Este proyecto abarcó desde la instalación un sistema de monitoreo en tiempo real del Heat Rate en cada una de la unidades, hasta la capacitación del personal.

Palabras claves: costo, combustibles energía, heat rate

The present paper shows the experiences obtained from the project "Management of Fuel" in three 460MW Thermal Units in Ampliación Tocoa Power Plant which is currently owned by AES electrician de Caracas. The project includes the monitoring in real time of the Heat Rate on each of the units.

Key words: cost, energy, fuel, Heat Rate

INTRODUCCIÓN

La electricidad de Caracas (EDC), es una empresa de servicio eléctrico, cuya área servida es la ciudad de Caracas y sus alrededores y conforma en consumo de energía, aproximadamente del 15% del consumo total Venezolano y su demanda máxima diaria es de aproximadamente 2000 MW. En su sistema de Generación Térmica a Vapor posee 3 Plantas, Arrecifes, con una capacidad instalada de 120 MW, Tocoa con una capacidad instalada de 344 MW y Ampliación Tocoa con una capacidad instalada de 1460 MW. También es

dueña y opera una Planta de 450 MW con turbinas a gas.

Los altos costos de los combustibles a nivel mundial y la aparición de los mercados desregulados en muchos países, han llevado a las Empresas de Generación de Energía Eléctrica (incluyendo la EDC), con Plantas Térmicas a Vapor, a Gerenciar sus costos por concepto de combustible y esto se debe principalmente a que uno de los factores que mas afecta el costo de producción (\$/kWh) lo constituye el precio del combustible. Como puede verse en la figura 1 en

algunas Plantas este costo puede llegar a representar hasta un 85% del costo total de producción.

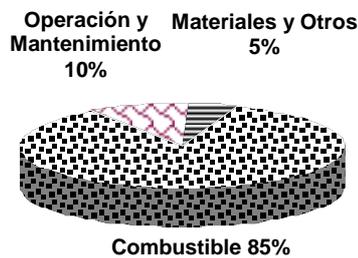


Fig. 1. Factores del Costo de Producción.

Este trabajo se concentra en el proyecto la Gerencia del Combustible. En este proyecto un equipo de trabajadores conscientes de la importancia de la reducción de costos, realizó un estudio con la finalidad de:

- Identificar las variables que afectan el Heat Rate de las unidades de generación.
- El grado de conocimiento de los Trabajadores (operadores, mecánicos, electricistas e instrumentistas) en los procesos de procura, almacenamiento, distribución y quema de los combustibles y así como también en los procesos de operación de las unidades de generación.
- Equipos instalados para la medición del Heat Rate.

Los resultados de este estudio fueron los siguientes.

Los factores más importantes que afectan el Heat Rate son:

1. Factor de Capacidad de la Planta.
2. Exceso de Oxígeno en la Caldera. (alto o bajo)
3. Temperatura y Presión del Vapor Principal y Recalentado
4. Presión de escape del Condensador.
5. Precalentadores de Agua de Alimentación.
6. Pureza de Hidrógeno en el Generador.
7. Resistencias Térmicas en Superficies de Transferencias de Calor.
8. Instrumentación.
9. Fugas de Agua y Vapor.

- Habilidades y Conocimientos del Personal de la Planta

El personal no poseía una cultura de costos ni tenía bien desarrolladas las competencias en el área de eficiencia de las unidades y algunos de ellos no sabían acerca de las diferentes etapas

del proceso desde la recepción del combustible hasta el quemado en las calderas.

- Instrumentación

La instrumentación instalada no ofrecía una buena confiabilidad de las lecturas y el valor oficial del Heat Rate era reportado mensualmente.

Con la información obtenida y teniendo siempre presente de que "Todo lo que se pueda medir, se puede Gerenciar", se definieron un conjunto de acciones a seguir:

A. MONITOREO EN TIEMPO REAL DEL HEAT RATE DE CADA UNIDAD

La centralización en computadoras de las señales de la energía generada de cada unidad, así como también del flujo de combustible y el poder calorífico (solo gas natural) permiten mediante un algoritmo matemático, Ec. 1 calcular y mostrar en tiempo real el Heat Rate de cada unidad. Esta información le permite a los operadores de unidad realizar los ajustes y operaciones necesarias a fin de optimizar el consumo de combustible y de esta manera reducir las pérdidas. Otra bondad que ofrece este sistema, es la de facilitar la realización de un despacho económico de carga con las diferentes unidades de generación en línea, ya que al conocer segundo a segundo las eficiencias de las máquinas los operadores pueden efectuar variaciones en la carga de las unidades para obtener el mejor valor de eficiencia del conjunto, y de esta manera se puede suplir la demanda de energía eficientemente. En la figura 2 se muestra un diagrama esquemático del sistema.

$$\text{Heat Rate (Btu/kWh)} = V \cdot \text{HHV} \cdot \text{EG} \quad (1)$$

Donde el Heat Rate es la relación entre la energía de entrada y la energía de salida.

V . = Volumen o masa de Combustible (Ft^3 ó Lbm)

HHV . = Poder Calorífico Alto. (Btu/ Ft^3 ó Btu/Lbm)

EG . = Energía Generada (kWh) = $P_i \cdot \text{FC}$ *

P_i . = Potencia Instalada de la Unidad KW

FC = Factor de Capacidad de la Unidad %

HP = Número de horas del período considerado

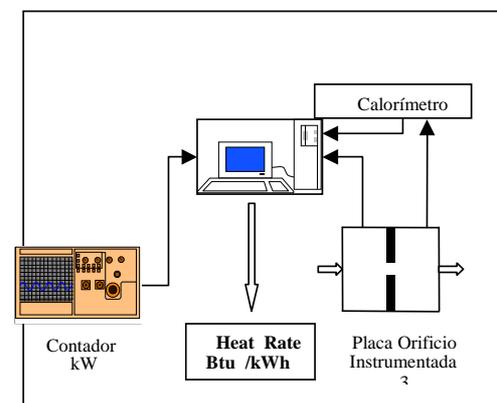


Fig. 2 . Medición del Heat Rate.

B. SUPERVISIÓN CONTINUA DE LA PRESIÓN DE ESCAPE DEL CONDENSADOR

Mejorando la presión de escape del condensador, se logra mejorar la eficiencia de la turbina. En la figura 3 se puede observar como un aumento de 20 mmHg en la presión de escape en el condensador de una máquina, puede causar un incremento del Heat Rate hasta de un 2 %, lo que es equivalente a un aumento del consumo de combustible en ese mismo orden. El aumento en la presión de escape del condensador es evitado o corregido por medio de un plan de limpieza de los tubos, a través de maniobras operativas, y ajustes en el sistema de agua de refrigeración.

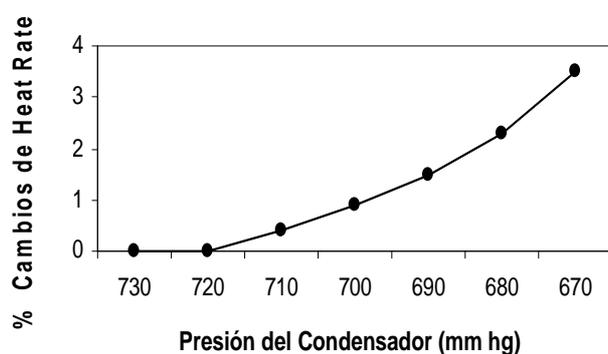


Fig. 3. Presión de escape del condensador Vs cambios de Heat Rate.

C OPERACIÓN EFECTIVA DE LOS PRECALENTADORES DE AGUA DE ALIMENTACIÓN

Manteniendo en servicio continuo los precalentadores de agua de alimentación, asegurarse que sus drenajes no sean conducidos al condensador y que las válvulas controladoras de nivel funcionen bien, permite reducir el consumo de combustible.

D. REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE HEAT BALANCE Y DE EFICIENCIA

Efectuar pruebas de Heat Balance y de eficiencia a diferentes porcentajes de carga (95, 75, 85 y 100%) de cada unidad de generación y comparar los valores obtenidos con los valores de diseño. Con estas pruebas, se puede determinar el estado operativo de los diferentes equipos de las unidades de generación. Con toda la data obtenida se pueden realizar las acciones correctivas pertinentes, con la finalidad de llevar las máquinas a su valor de diseño, mejorando así el consumo de combustible.

Es recomendable que estas pruebas sean realizadas trimestralmente y una semana antes de cada parada para mantenimiento. Los reportes de las pruebas de heat balance y de eficiencia son utilizados como material de soporte para pruebas

futuras. En la figura 4 se muestra una gráfica de Heat Rate de una unidad de 460 MW.

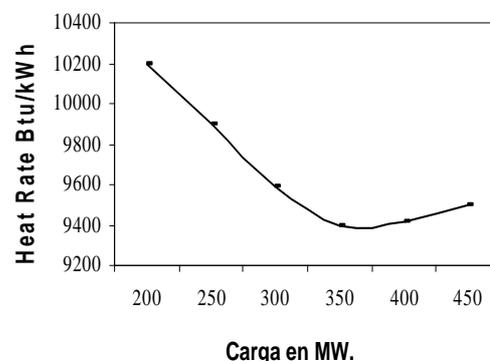


Fig. 4. Curva típica de Heat Rate Vs. Carga.

E. ADIESTRAMIENTO DEL PERSONAL

La capacitación a todas las personas que tienen dentro de sus responsabilidades el control de la operación y el mantenimiento de las unidades permitirá a los trabajadores identificarse más con el proceso de generación de energía eléctrica, así como también entender la importancia que tiene el control del consumo de combustible en el costo de producción. Dentro de este adiestramiento se debe considerar la parte de termodinámica básica, combustibles y combustión, transferencia de calor y control de costos entre otros.

F. CONTROL DE LA PUREZA DE HIDROGENO

Mantener la pureza de hidrógeno en los generadores por encima del 98%, para reducir la pérdida de potencia como producto de la fricción dentro del generador por el aumento de densidad del gas. En la figura 6 se puede observar que con una variación de un 5% en la pureza de hidrógeno por debajo de la pureza normal de operación en un generador eléctrico que opera con una presión de Hidrógeno de 60 lbf/in² puede ocasionar una pérdida de potencia hasta de 1700 kW.

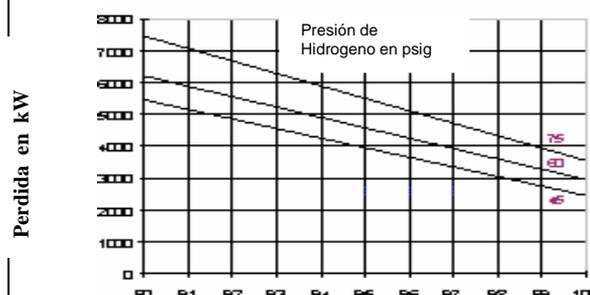


Fig. 6. % Pureza de H2.

G. AFERICION DE INSTRUMENTOS DE MEDICION DE COMBUSTIBLE

Aferir periódicamente los instrumentos de medición del flujo de combustible, nos permitirá minimizar la posibilidad de incurrir en gastos por combustible no suministrado y tener una medición de Heat Rate mas confiable.

H. ELABORACIÓN DE INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN

El conocimiento de las variables que afectan el Heat Rate de una unidad de generación, permite elaborar un manual de practicas que ayude a identificar las anomalías, igualmente a conocer las acciones a seguir para su corrección. De esta manera podríamos reducir el tiempo en el cual una unidad opera fuera de los parámetros óptimos.

RESULTADOS

Como resultado de la aplicación de las acciones mencionadas anteriormente, con el Proyecto “ La Gerencia del Combustible”, se logró mejorar el Heat Rate de las 3 Unidades de la Planta Ampliación Tocoa en un 7 % , esto representó un ahorro por concepto del combustible en el orden de 6.000.000 US dollar en 2 años.

CONCLUSIONES

El monitoreo en tiempo real del Heat Rate, permite la inmediata corrección de cualquier anomalía que pudiera afectar esta variable y proporciona un método adicional para mejorar la eficiencia de la Planta. La habilidad para corregir rápidamente una condición fuera de rango puede proveer una operación mas eficiente de la unidad, con un mínimo de pérdidas debido a la condición de ineficiencia observada. Adicionalmente este sistema hace posible el monitorear las condiciones de los parámetros de las unidades y tomar acciones correctivas rápidamente.

- Dentro de los elementos que afectan más la eficiencia de la unidad, se identificó la variable exceso de oxígeno como la más influyente; en pruebas de combustión realizadas en las diferentes calderas se pudo observar que el exceso de oxígeno puede ocasionar variaciones en el consumo de combustible hasta de un 10%.
- La optimización de los costos de producción de la energía generada, como producto de una mejora en el consumo de combustible, permite alcanzar precios competitivos dentro de mercados desregulados.
- Toda variable que pueda ser cuantificada, puede ser Gerenciada.
- El costo de un proyecto para la medición del Heat Rate en tiempo real incluyendo, computadoras, medidores de energía generada, calorímetro, medidores de flujos de combustibles e instalación, puede estar aproximadamente en unos 150.000 \$.

- En la tabla número 1 se muestran los incrementos anualizados en dolares para una unidad de 400.000 KW, que tiene un Heat Rate de diseño de 9.800 Btu/kWh (poder calorífico alto) y que opera con un factor de capacidad de 75%. En esta tabla se puede observar que con una variación del Heat Rate del 1 % y con un costo de la energía de 1\$/MM Btu el costo anual por concepto de combustible se incrementa en 257.544,00. Esto nos dice que un proyecto como este, tiene un retorno de la inversión en menos de un año.

La ecuación número 2 muestra como calcular el incremento de costo.

$$IC = EG \times (HRa - HRd) \times CE \quad (2)$$

Donde IC es el Incremento del costo de combustible

EG = Pi *CF*HP= Energía Generada(kWh)

CF = Factor de Capacidad (%)

HRa= Heat Rate Actual (Btu/kWh)

HRd= Heat Rate de Diseño (Btu/kWh)

CE = Costo de la Energía (\$/MMBtu)

Pi = Potencia Instalada (kW)

HP = Número de horas del periodo considerado

Tabla. 1

		Costo de Combustible \$/MMBtu				
		1	2	3	4	5
% Cambios del Heat Rate	1%	257.544	515.088	772.632	1.030.176	1.287.720
	2%	515.088	515.088	1.545.264	2.060.352	2.575.440
	3%	772.632	1.030.176	2.317.896	3.090.528	3.863.160
	4%	1.030.176	1.545.264	3.090.528	4.120.704	5.150.880
	5%	1.287.720	2.060.352	3.863.160	5.150.880	6.438.600

REFERENCIAS

[1] Lou B. Mehl : “Option to Reduce the Operating Costs at Fossil Power Stations”.

[2] Handbook for Thermal and Nuclear Power , Engineering Society.

AUTOR

Alberto Fuentes

Ingeniero Mecánico en la Universidad Central de Venezuela. Actualmente labora en la C.A La Electricidad de Caracas. Categoría Docente Instructor, con 29 años de experiencias.

e-mail alberto.fuentes@laedc.com.ve