



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1426>

Ciencias técnicas y aplicadas

Artículo de revisión

Auditoría y plan de ahorro energético en la planta Parsons de la refinería La Libertad

Audit and energy saving plan at the Parsons plant of the La Libertad refinery

Auditoria e plano de economia de energia na planta Parsons da refinaria La Libertad

Eduardo Santiago Cazar-Rivera ^I
ecazar@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6081-1804>

William Estuardo Carrillo-Barahona ^{II}
estuardo.carrillo@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-1432-9638>

Rogelio Estalin Ureta-Valdez ^{III}
rogelio.ureta@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8756-8982>

Correspondencia: ecazar@epoch.edu.ec

***Recibido:** 20 de julio de 2020 ***Aceptado:** 20 de agosto de 2020 *** Publicado:** 07 de septiembre de 2020

- I. Magíster en Gestión de Operaciones, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Máster Universitario en Cambio Global Recursos Naturales y Sostenibilidad, Ingeniero en Biotecnología Ambiental, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- III. Magíster en Gestión de la Producción, Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales, Ingeniero en Industrias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Resumen

Este artículo tiene el objetivo de desarrollar una auditoría y proponer un plan de ahorro energético en el HORNO PH1 (300189) de la planta Parsons de la Refinería La Libertad. Se declara la asunción del método del método propuesto por el Manual de Auditoría Energética del centro para el Ahorro y Desarrollo Energético y Minero (CADEM) de México, en el horno PH-1 (300189) y algunas precisiones metodológicas propuesto por la Agencia Andaluza de la Energía (2011), la cual propone el desarrollo de las siguientes fases a saber: Fase 1: análisis de la estructura energética, Fase 2 análisis de la eficiencia energética, Fase 3 evaluación de medidas de ahorro energético, realización del informe final de la auditoría, diagnóstico, consideración de aspectos referidos a sistemas de aire comprimido, a la combustión, la masa y cálculos en términos de costo-beneficio y de ahorro energético, elaboración de la propuesta. Basándose en experiencias de varias auditorías energéticas, al igual que bibliografía especializada, para mejorar el rendimiento del horno se puede ejecutar las siguientes acciones: trabajar a carga de diseño, ajustar combustión, optimizar el exceso del aire, para alcanzar un significativo ahorro de combustible. Se ha observado el estado crítico en algunas áreas, lo que conlleva una pérdida de energía de 2084804.419 Btu/h = 610.9635 KW, pudiéndose disminuir a 1182365.528 Btu/h = 346.5 KW, si el aislante térmico fuera cambiado.

Palabras Claves: Auditoría; ahorro; energía; hidrocarburos; economía.

Abstract

This article has the objective of developing an audit and proposing an energy saving plan in the PH1 OVEN (300189) of the Parsons plant of the La Libertad Refinery. The assumption of the method of the method proposed by the Energy Audit Manual of the Center for Energy Savings and Development and Mining (CADEM) of Mexico, in the furnace PH-1 (300189) and some methodological clarifications proposed by the Andalusian Agency of la Energía (2011), which proposes the development of the following phases, namely: Phase 1: analysis of the energy structure, Phase 2 analysis of energy efficiency, Phase 3 evaluation of energy saving measures, completion of the final report of the audit, diagnosis, consideration of aspects related to compressed air systems, combustion, mass and calculations in terms of cost-benefit and energy savings, preparation of the proposal. Based on experiences from various energy audits, as well as specialized bibliography, to improve furnace performance the following actions can be carried out: work at

design load, adjust combustion, optimize excess air, to achieve significant fuel savings. The critical state has been observed in some areas, which entails an energy loss of 2,084,804,419 Btu / h = 610.9635 KW, being able to decrease to 1182365,528 Btu / h = 346.5 KW, if the thermal insulation were changed.

Keywords: Audit; saving; Energy; hydrocarbons; economy.

Resumo

Este artigo tem o objetivo de desenvolver uma auditoria e propor um plano de economia de energia no PH1 OVEN (300189) da planta Parsons da Refinaria La Libertad. A suposição do método do método proposto pelo Manual de Auditoria Energética do Centro de Economia e Desenvolvimento e Mineração de Energia (CADEM) do México, no forno PH-1 (300189) e alguns esclarecimentos metodológicos propostos pela Agência Andaluza de la Energía (2011), que propõe o desenvolvimento das seguintes fases, nomeadamente: Fase 1: análise da estrutura energética, Fase 2 análise da eficiência energética, Fase 3 avaliação das medidas de poupança energética, conclusão do relatório final do auditoria, diagnóstico, consideração de aspectos relacionados com sistemas de ar comprimido, combustão, massa e cálculos em termos de custo-benefício e economia de energia, elaboração da proposta. Com base em experiências de várias auditorias de energia, bem como bibliografia especializada, para melhorar o desempenho do forno, as seguintes ações podem ser realizadas: trabalhar na carga projetada, ajustar a combustão, otimizar o excesso de ar, para obter economia de combustível significativa. O estado crítico foi observado em algumas áreas, o que acarreta uma perda de energia de 2.084.804.419 Btu / h = 610,9635 KW, podendo diminuir para 1182365.528 Btu / h = 346,5 KW, caso o isolamento térmico seja alterado.

Palavras-chave: Auditoria; economia; Energia; hidrocarbonetos; economia.

Introducción

Los profesionales ecuatorianos que se desempeñan en el ámbito de las refinerías y el manejo de energías y combustibles están conminados a aportar con investigaciones para solucionar la gran problemática del consumo indebido de energía. De allí que, se presenta esta investigación, la cual en el marco del convenio suscrito entre la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y

Petroecuador, se llevan a efecto las prácticas pre-profesionales, en cuyo contexto, se tiene conocimiento de la relación del proceso que realiza la Refinería del cantón La Libertad.

Al hacer revisión de la bibliografía especializada, se encuentra que: “Del total de energía utilizada en una refinería, la partida más importante -80 a 90 % del total- procede de combustibles líquidos y gaseosos quemados en hornos de proceso. Además, este es el proceso con mayor nivel térmico y, por lo tanto, con mayores pérdidas de energía. Cualquier mejora introducida en el diseño de estos equipos produce sustanciales ahorros de energía”. (Castillo, 2003).

Siguiendo esta premisa se realiza previamente la auditoria energética del horno PH-1 (300189). “Se denomina auditoria energética a la recolección de datos sobre el suministro y consumo de todas las formas de energía con el propósito de evaluar las posibilidades de ahorro de energía y la cuantificación de las mismas, así como para determinar la conveniencia de la oportunidad económica de ejecutarlas”. (Ministerio de Energía y Minas, 2000) El análisis de la auditoria energética del horno da como referencia tres principales causas de pérdida energética, las mismas son: Pro sobre carga, deficiente combustión y deterioro del aislante térmico en las paredes del horno. De allí que el objetivo de esta investigación radica en desarrollar una auditoria y proponer un plan de ahorro energético en el Horno PH1 (300189) de la planta Parsons de la Refinería La Libertad.

Materiales y métodos

Generalidades sobre hornos

Los hornos modernos están divididos, de acuerdo a su empleo, en tres clases:

- i. Hornos en los cuales sólo se desea calentar el material con el objeto de destilarlo, sin que se pretenda producir su descomposición o cracking. En ellos, el efecto destructivo del tiempo de calentamiento, tan importante en el cracking, se trata de reducir al mínimo compatible con la temperatura que es necesario alcanzar.
- ii. Aquellos en que, además del calentamiento, se desean una descomposición química de los productos por un elevado nivel térmico. Este tipo se diseña para dar el máximo efecto "temperatura - tiempo" a las altas temperaturas de operación en unidades de cracking de destilados livianos, en las que no se utiliza una cámara de reacción. Se construye de modo

que se obtenga una sección de reacción en el horno, donde se produce muy poco o ningún aumento de temperatura.

- iii. Los hornos en que se desea obtener sólo una descomposición parcial del producto, efectuándose el resto en una cámara de reacción, generalmente no calentada exteriormente. Estos hornos son de diseño y construcción más difíciles, porque se tratan en ellos productos que muchas veces son extraordinariamente sensibles a las variaciones de las condiciones en que se efectúa el cracking. Se construyen para un efecto "temperatura - tiempo" que permita una temperatura de salida que asegure el funcionamiento efectivo de las cámaras de reacción, sin una descomposición excesiva en el Horno y el consiguiente depósito de coque en los tubos.

En la mayor parte de las plantas petroquímicas o refinerías, el suministro de energía necesaria para los distintos procesos se realiza mediante hornos de caldeo directo, en los cuales el calor que se libera en la combustión proviene generalmente de gases residuales de elaboración o de aceites combustibles pesados, se transmite, a través de mecanismos bien conocidos, a los fluidos que han de calentarse y que circulan a gran velocidad por las tuberías instaladas sobre las paredes (hornos de serpentín o pipe-stille).

En una refinería han de perseguirse, entre otros, los siguientes objetivos:

- Calentamiento del fluido, sin evaporación (por ejemplo, el caldero de un aceite de baja volatilidad que alimenta un circuito con varios cambiadores en serie o en paralelo, que ceden el calor a otros fluidos).
- Calentamiento del fluido con evaporación parcial (es la operación más difundida, ya que constituye la base del proceso de destilación de distintas fracciones de petróleos y crudos); los hornos que lo realizan son en general de grandes dimensiones.
- Calentamientos de fluidos con reacción química (es el caso de los hornos de cracking y de reforming térmico; los productos se calientan hasta la temperatura deseada en hornos de serpentín, y se arrastran a determinadas zonas del horno, donde, circulando en haces tubulares llamados zona de soaking o de reacción, se absorbe el calor necesario para las reacciones endotérmicas que han de producirse; en cualquier caso las mencionadas operaciones tienen lugar en presencia de catalizadores, que se encuentran en reactores situados fuera del horno).

Composición de los gases de combustión, por el estudio realizado por el laboratorio de la Refinería “La Libertad”:

Fig1. Toma de datos de los gases de chimenea del horno PH1 (300189).



Fig. 2 Equipo electrónico (TESTO), para el análisis de gases en la chimenea del horno PH1 (300189).



Fig. 3 Equipo (LAPES), analiza sólidos en los gases de chimenea del horno PH1



Fig. 4. Equipo (LAPES), para análisis de los sólidos, en los gases de chimenea del horno PH1 (300189).



Metodología

Se declara la asunción del método propuesto por el Manual de Auditoría Energética del centro para el Ahorro y Desarrollo Energético y Minero (CADEM) de México, en el horno PH-1 (300189) y algunas precisiones metodológicas de la Agencia Andaluza de la Energía (2011), la cual propone el desarrollo de las siguientes fases a saber: Fase 1: análisis de la estructura energética, Fase 2 análisis de la eficiencia energética, Fase 3 evaluación de medidas de ahorro energético, realización del informe final de la auditoría, diagnóstico, consideración de aspectos referidos a sistemas de aire comprimido, a la combustión, la masa y cálculos en términos de costo-beneficio y de ahorro energético, elaboración de la propuesta basada en el trabajo a carga de diseño, ajustes de combustión, optimización del exceso del aire, entre otros.

Discusión

Propuestas de mejoramiento en la eficiencia energética

Los hornos son equipos industriales en los que se entrega el calor generado por la oxidación de un combustible, a una carga de crudo que circula por dentro de unos tubos de una manera similar a una caldera.

Basándose en experiencias de varias auditorías energéticas, al igual que bibliografía especializada, para mejorar el rendimiento del horno se puede ejecutar las siguientes acciones:

Trabajar a carga de diseño.-

Como ya se ha analizado, tenemos que el Horno al trabajar a sobre carga del 1.1658 veces mayor a la que se lo hacía en el año 1971 (con la empresa ANGLO), se determina una pérdida del 10%

de su eficiencia, debido a que en la zona de radiación, la transmisión térmica bajan significativamente, ya que a mayor flujo de carga que pasa en menor tiempo por los tubos, afecta la eficiencia en la transferencia de calor; causando un aumento en el consumo de combustible. Si se operara el horno a una carga de 20000 barriles/día, la eficiencia se incrementaría el 10%, lo que equivale a un ahorro de combustible, proporcional a la carga de:

$$576.6677609 \frac{\text{lb}}{\text{h}} \text{ de ahorro de combustible} = 77.81 \frac{\text{galon}}{\text{h}} .$$

Con este ahorro de combustible, a más de mejorar la eficiencia del horno en un 10%, es obligación trabajar a carga de diseño, que es 20000barriles/día.

Ajuste de combustión

Sabiendo que la eficiencia de la combustión está ligada, al exceso de aire comburente, y al funcionamiento correcto de los atomizadores, las pérdidas de combustión se pueden minimizar:

- ✓ Reduciendo al mínimo el exceso de aire. Para el caso de los combustibles líquidos (Kérex, diesel y bunker), se aconseja que el exceso de aire no sobrepase el 20%.
- ✓ Manteniendo los quemadores en buen estado de operación, mediante una revisión periódica, realización una correcta limpieza como indica el fabricante, “limpieza a base de vapor, sin estropear los orificios atomizadores” (Universal Oil Products, 1997)
- ✓ Manteniendo libre de suciedades las superficies de intercambio de calor. En el lado de fuego, remover periódicamente las incrustaciones de in-quemados sólidos (hollín), y en el lado del elemento que se quiere calentar, remover incrustaciones de coque.
- ✓ En el caso de los combustibles líquidos pesados, precalentarlos hasta obtener una viscosidad adecuada para lograr su óptima atomización.

Análisis y discusión de resultados

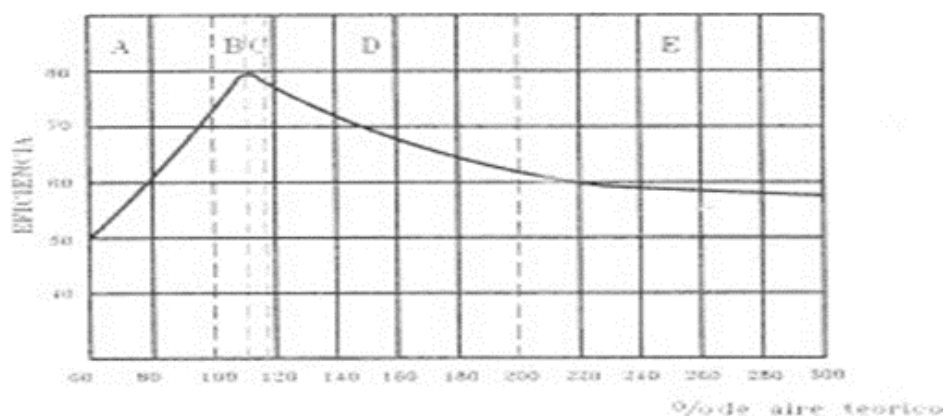
Optimización del exceso de aire.

El exceso de aire comburente debe ser el mínimo indispensable para lograr una combustión completa. Para combustibles líquidos se recomienda que el exceso de aire no exceda el 20%. El

Auditoría y plan de ahorro energético en la planta Parsons de la refinería La Libertad

exceso de aire comburente es un parámetro muy importante para obtener una eficiente combustión. En la figura N° 5. Se indica el efecto sobre la eficiencia de combustión de un elevado o un insuficiente exceso de aire, además de la coloración del humo de chimenea de acuerdo a que región de exceso de aire se encuentra la combustión. En la región A se tiene humo negro denso y el color de la llama es rojizo. El combustible no es quemado totalmente, lo que provoca gran producción de monóxido de carbono y hollín. La región B se caracteriza por el color negro del humo. La llama tiene un color anaranjado. Los gases de combustión tienen un alto contenido de dióxido de carbono, existiendo un porcentaje bajo de monóxido de carbono

Fig. N° 5 – Efectos del % del aire teórico sobre la eficiencia de la combustión.



En la región C, el combustible se quema en su totalidad. El color de la llama es dorado y los gases de escape prácticamente son transparentes. En la región D, la llama tiene color amarillo y los gases de escape tienen un color blanco. El combustible se quema totalmente, aunque la concentración de este gas disminuye por la dilución que existe en el aire.

En la región E, los gases de combustión son de color blanco. El color de la llama es blanco opaco. Los gases de escape se caracterizan por un bajo contenido de bióxido de carbono y un elevado contenido de oxígeno. Se observa que si se trabaja con un exceso $\alpha = 140$, la eficiencia de la combustión se estaría en un 72%. Se pierde entonces el 6% de la combustión, si se trabajara con un $\alpha = 120$. Se podría calibrar la combustión observando el color del humo, pero la variedad de los parámetros que intervienen en el proceso de combustión no se pueden analizar de esta manera.

Las consecuencias de trabajar con un elevado exceso de aire son las siguientes:

Disminución de la temperatura de la llama

Como la transmisión de calor en el hogar se efectúa predominantemente por radiación, que es una función de la cuarta potencia de la temperatura de la llama, al disminuir la temperatura de esta como consecuencia del aumento del exceso de aire, disminuye el calor radiado en una proporción mucho más importante.

i) Aumento de las pérdidas por chimenea.

Al trabajar con elevados excesos de aire, aumenta la cantidad de calor que se va al exterior del equipo térmico con los gases de combustión. En el siguiente ejemplo, se comparan las pérdidas por gases a la misma temperatura para dos excesos de aire distintos:

Tabla N°1 Ejemplo de pérdidas por gases

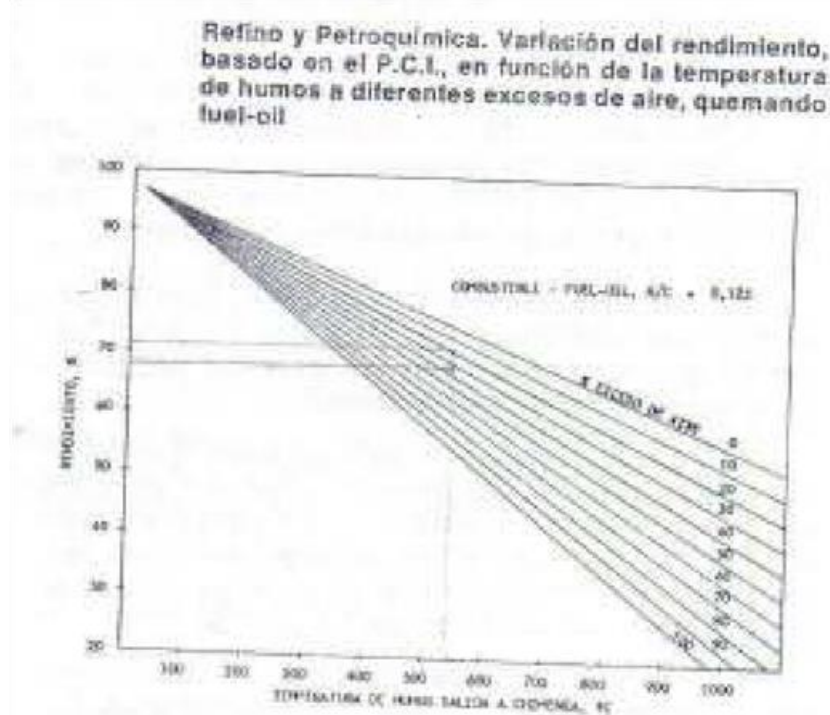
Exceso de aire α	1.2	1.4
Temperatura (°C)	300	
Volúmenes	13.14	15.23
Relaciones	15.23 / 13.14 = 1.16	

En efecto, la mayor dilución con aire de los gases calientes hace que, por un lado, baje la temperatura adiabática de llama, con lo cual disminuye la fracción de calor absorbido en la zona radiante, que depende fundamentalmente de la cuarta potencia de la temperatura de esta, más que de la cantidad de gases. Por otro lado, en la zona convectiva aumenta el rendimiento, por ser mayor la temperatura y el caudal de humo; pero este aumento de rendimiento en la zona de convección no compensa las pérdidas en la zona de radiación además, los humos salen a la chimenea con más temperatura; el rendimiento neto, por tanto disminuye.

Se presenta en la figura N° 6, los rendimientos de cualquier horno o caldera en función de los mismos parámetros de temperatura de humos y exceso de aire, para combustibles típicos de refinería.

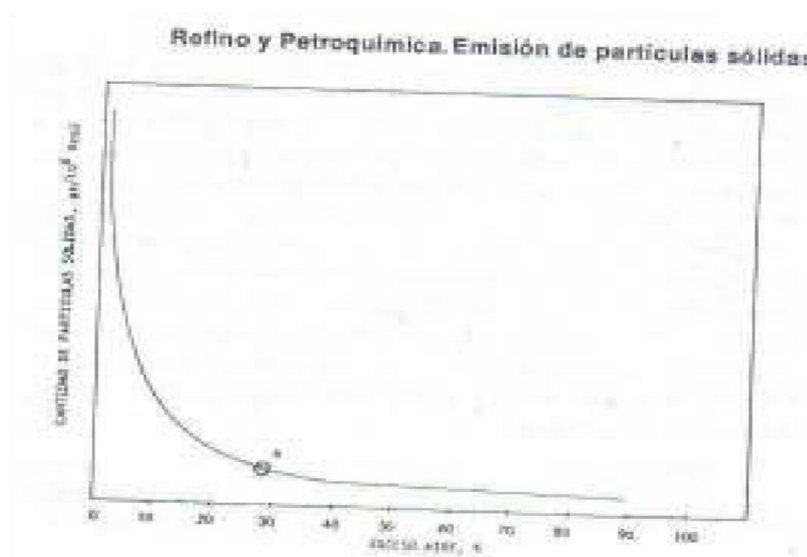
Auditoría y plan de ahorro energético en la planta Parsons de la refinería La Libertad

Figura N.º 6. Rendimiento de la combustión con relación al exceso de aire comburente [Referencia 7]



Se recomienda, operar con valores mínimos de exceso de aire. Sin embargo, la disminución de éste tiene un límite, ya que por debajo de un cierto valor del caudal de aire (propio para cada quemador) las emisiones de monóxido de carbono y partículas sólidas crecen muy rápidamente (figura N° 7); estas emisiones tienen el doble inconveniente: son contaminantes de la atmósfera, y provocan el ensuciamiento de las zonas de convección. Siendo más afectados los hornos de tiro inducido, ya que el ensuciamiento de la zona de convección, hace que, al disminuir el tiro, se reduzca el caudal de aire comburente, lo que a su vez, implica una mayor emisión de partículas sólidas; haciendo necesario, con mayor frecuencia, una limpieza exterior de los tubos de la citada zona, cuyo ensuciamiento se pone de manifiesto al aumentar progresivamente la temperatura de salida de los humos como consecuencia de la disminución del intercambio térmico. Para ajustar el exceso de aire al mínimo es conveniente instalar analizadores de in-quemados que permitan establecer la curva característica (figura N° 7.), para los quemadores instalados y determinar así el punto óptimo de funcionamiento (A).

Figura N° 7. Relación de partículas sólidas y exceso de aire [Referencia 7]



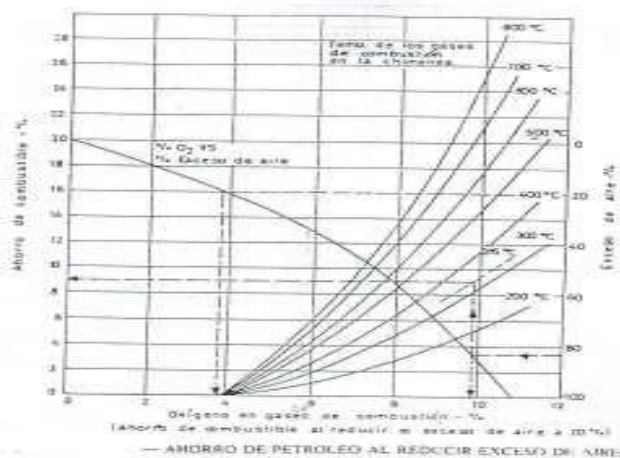
Otro límite en la reducción del exceso de aire es la duración de los tubos del serpentín de la zona de radiación, como es sabido, el flujo de calor que reciben los tubos no es uniforme, presentándose valores máximos en la generatriz que ve la llama (<<flujo frontal>>); el reparto de este flujo frontal recibe un valor máximo de temperatura, cuya localización está en función de la altura y forma de la llama, este valor puede verse incrementado hasta en un 50% si el exceso de aire típico (30%) se reduce a la mitad; y si el material del serpentín del horno en cuestión ha sido diseñado en base a una tasa de transmisión media apreciablemente inferior al valor local máximo de este flujo térmico, puede llegar a sobrepasarse el límite superior de temperatura admisible para el metal de los tubos, con la consiguiente reducción en la vida de los mismos, por ello son aconsejables la utilización de equipos de medida como pirómetros para controlar la temperatura de la llama y no sobrepasar del dimensionamiento térmico de los tubos.

Porcentaje de ahorro de combustible, al reducir el exceso de aire:

El ahorro de combustible que al disminuir el exceso de aire, aumenta la eficiencia de la combustión, lo que la podemos apreciar en la figura N° 8., en donde con el exceso de aire del 36%, se proyecta en el gráfico una horizontal hasta interceptarla con la curva % O₂ Vs % exceso de aire, bajamos una vertical hasta interceptarla con las curvas de temperatura de gases de combustión en la chimenea (en este caso 550°C); desde este punto se traza una horizontal al porcentaje de ahorro de

combustible, con lo que se obtiene un ahorro de 4% de combustible, esto corresponde a un ahorro de 23.86 galones/hora, al trabajar con un exceso de aire comburente del 20%.

Figura N° 8. Ahorro del combustible al reducir el exceso de aire



$$\% \text{ Ahorro de combustible} = 4 \% = A_{\text{Caire}}$$

$$A_{\text{Caire}} = 0.04 * 4421.12 \frac{\text{lb}}{\text{h}} = 176.8448 \frac{\text{lb}}{\text{h}} = 23.86151 \frac{\text{Galones}}{\text{h}}$$

Por tanto, se mejoraría la combustión si se tiene presente:

- Más rápida y eficiente será la combustión cuanto mayor sea el volumen de contacto entre el combustible y el aire comburente, esto se lo consigue mediante una pulverización eficiente, lo que provoca una mezcla adecuada entre el aire comburente y el combustible pulverizado.
- Mantenimiento periódico de los quemadores, que consiste básicamente en una limpieza regular.
- Manejo adecuado del combustible con la eliminación de sólidos, agua, etc; en el caso de combustibles pesados, debido a su viscosidad, se hace necesario su calentamiento a temperaturas adecuadas, de lo contrario, la atomización será deficiente. Atomización que puede ser facilitada por la adición de dispersantes al combustible ya que reducen la tensión superficial, facilitando la formación de gotas.

Auditoría y plan de ahorro energético en la planta Parsons de la refinería La Libertad

- Suministro del combustible, del vapor de pulverización y del aire de combustión a las presiones y temperaturas indicadas por los fabricantes de los quemadores. Debiendo ser controlados por la lectura de los manómetros y termómetros, que deben estar siempre en buen estado y calibrados.
- Carga de operación de los quemadores: la carga de operación de los quemadores indicada por el fabricante debe ser compatible con la demanda térmica real del equipo, en sus condiciones usuales de operación.
- Se debe notar que la pulverización deficiente exige normalmente mayores excesos de aire, con los efectos ya comentados anteriormente.

Tabla N°2. Medidas y él % de ahorro de combustible

Consumo actual de Combustible	%	Combustible (lb/h)	Galones/ hora
“ “	100	4421.1195	596.54124
Causa de Ahorro	% de ahorro	Combustible ahorrado	Ahorrado (galones/h)
* Trabajar a carga de diseño	13.04	-576.6677609	-77.81
*Ajustar la combustión	4	-176.8448	-23.862
* Reparación del refractario	1.457157	-64.4226838	-8.7
Total de Ahorro:	18.497157	-817.9352447	-110.372
Consumo de combustible con las mejoras M_{cmb1};	81.50282843	3603.123911	486.1688716

- Si el aire de combustión es precalentado. Este aporta con su calor sensible directamente a la combustión al igual que el poder calórico inferior (P.C.I.) del combustible.

$$q_a = 1110.3116 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ de comb} ; \text{P.C.I.} = 10198.819 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ de comb}$$

Auditoría y plan de ahorro energético en la planta Parsons de la refinería La Libertad

Por esta razón el ahorro del combustible es del 10.9% del consumo al precalentar el aire comburente a 250°C;

- Se tiene que el consumo de combustible, con las mejoras debidas del

$$\text{horno es: } m_{\text{cmb1}} = \frac{\text{lb}}{\text{h}} = \frac{\text{galones}}{\text{h}}$$

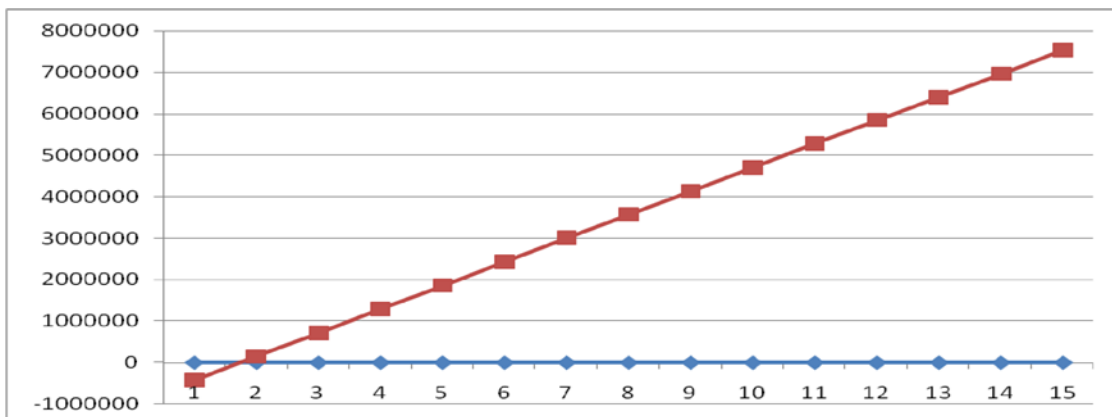
$$3603.123911 = 486.1688716$$

□ La utilización de aire comburente calentado a 250°C, el consumo final de combustible será:

$$m_{\text{Cmb2}} = \frac{\text{lb}}{\text{h}} = \frac{\text{galones}}{\text{h}}$$

$$3206.780281 = 433.1764646$$

Grafica N° 1. Recuperación de capital. Se determina que el capital es recuperado a los 9.5 meses, esto se representa en la gráfica:



Por el periodo de recuperación del capital relativamente corto 9.5 meses, garantiza la rentabilidad de la implementación del pre-calentador de aire comburente, además de apaiar la gran problemática de la alta temperatura en los gases de chimenea, energía que en la actualidad no se la aprovecha, y de no implementarse el pre-calentador, esta se desperdicia y contamina.

Conclusiones

Habiéndose realizado la auditoria aplicando el método que sugiere el Manual de Auditoria Energética del centro para el Ahorro y Desarrollo Energético y Minero (CADEM) de México, en

el horno PH-1 (300189) y, realizados los cálculos técnicos para solucionar los problemas que se detectaron en una investigación anterior a esta, se concluye que las principales causas de pérdida de energía en el horno se debe básicamente a tres problemas:

Sobre carga de crudo, actualmente el horno trabaja con una sobrecarga de 3000 barril/día más que lo sugerido en los diseños de fábrica que dice que el horno debe trabajar con una carga máxima de 20000 barril/día, esto afecta el rendimiento del horno en un 10% además, de disminuir su vida útil.

2. Defectuosa combustión producida por:

- a) Los quemadores del horno (boquillas atomizadoras), presentan daños y problemas en la atomización del combustible lo que deforma la llama causando un impacto de ésta contra los tubos deteriorando los mismos.
- b) El problema de impacto de llama contra los tubos se controla manipulando la entrada de aire comburente, trabajando con exceso de aire de combustión de $\alpha = 136$, lo que causa una pérdida del 4% en el consumo del combustible, pudiéndose solucionar al disminuir el exceso de aire comburente a $\alpha = 120$ 179 180
- c) Al trabajar con excesos de aire elevado 0.36% aumenta las pérdidas por chimenea, ya que incrementa el volumen de gases que salen a 550°C, lo que corresponde una pérdida energética de 21572716.35 Btu/h = 6322 KW.

3. El deterioro del aislamiento térmico en las paredes: se ha determinado por termo-grafía, y comprobado en un paro de planta, el estado crítico en algunas áreas, lo que conlleva una pérdida de energía de 2084804.419 Btu/h = 610.9635 KW, pudiéndose disminuir a 1182365.528 Btu/h = 346.5 KW, si el aislante térmico fuera cambiado.

Referencias

1. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (2000) Eficiencia Energética. Quito: Mariscal. 2000. pp. 39 – 95.
2. BORROTO, A. (2005) Ahorro de Energía en Sistemas de Vapor. Cuba: Universidad de Cienfuegos. 2005. pp. 61 – 75.
3. ALARCON, J. (1979). Energía Y Tecnología En La Industria, “Elementos para un análisis crítico”, Madrid.

4. BESCANSA, J., GOMIS, A., y PRIETO, J. (1976) Posibilidades De Ahorro De Energía En Hornos De Refinería, Madrid 1976.
5. WUITHIER, P. (1986) El Petróleo Refino Y Tratamiento Químico, Barcelona, Plaza & Janés.
6. H. L. FRANZEI, Reducción De Los Consumos De Energía En Las Refinerías, Oil-Gas, 1976.
- 7.
8. WASHINGTON STATE UNIVERSITY. Energy Audit Workbook. United States of America: CEEP. 2003. pp. 1 – 4.
9. BORROTO, A. Gestión Energética Empresarial. Cuba: Universidad de Cienfuegos. 2002. pp. 53 – 56, 87 – 98.
11. DIAZ Rodrigo. Motores de combustión interna. Editorial Pedagógica Freire. Riobamba 1987.
12. HOLMAN J. P. Transferencia de calor. Editorial continental, México 1991.
13. INE, Folletos y recopilaciones del instituto nacional de energía.
14. KREITH Frank, Principios de transferencia de calor. Herrera Hermanos, S. A. México 1978.
15. MARKS, Manual del ingeniero mecánico, Volumen I. 5ta.Ed. Mc Graw-Hill, México 1999.
16. MASANA Tardá José, Ventiladores y turbocompresores. Marcombo, Barcelona, 1966.
17. MATAIX Claudio. Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Cámara Nacional de la Industria, México 1982.
19. MISSEEV M. A., MISEEVA I. M., Fundamentos de termo trasferencia. Mir Moscú 1979.
20. PERRY Jhon H., Manual del ingeniero químico Tomo I, 4ta. Ed. McGraw-Hill Book Company, Inc U.S.A. 1974.
21. POMERAUSEV V., Fundamentos prácticos de la teoría de la combustión. Mir. Moscú.

22. SALVI Giuliano, La combustión teoría y aplicaciones. Dossat, S.A.
23. UOP, (Universal Oil Products), Engineering Design Seminar, Fired Heaters, 1997.
24. CASTILLO Percy, Ahorro de energía en procesos de refinación, Exposición 2003.
25. INTERNACIONAL ENERGY AGENCY. Energy Statistics Manual. 2da. Ed. Francia: OECD. 2000. pp. 18 – 23.
26. BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET
27. Poder calórico del bunker # 6 <http://www.elpetróleo.com> 2007 – 01 – 10
http://www.anam.gob.pa/Fomin/Anexos_PDF/CEMEX%20PML%202006.pdf
28. 2007 – 01 – 10 http://html.rincondelvago.com/petroleo_27.html 2007 – 01 – 10
29. Calentadores en la industria petroquímica
http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_401_antecedentes__genera
30. 2007 – 01 - 25 <http://www.untcip.net/alfredo/Daniel/GEIP/12/Glosario.pdf>
2007 – 01 – 25
31. Pre-calentadores de aire comburente para la industria
32. <http://www.howden.com/es/Products/HeatExchangers/default.htm> 2007 – 06 – 20
<http://www.by-cast.com/bycast-s.htm#INTRO> 2007 – 06 - 20
33. Quemadores para calentadores de carga en la industria petroquímica
<http://www.pemex.com/index.cfm?action=content§ionID=4&catID=10015>
34. 2007 – 02 – 10
<http://www.quiminet.com.mx/pr3/Quemadores+de+petr%F3leo.htm#m-info>
35. 2007 – 02 - 10
36. Plan de Ahorro y Eficiencia Energética
http://www.aven.es/pdf/guia_hoteles.pdf 2006 – 04 – 17
37. Consejos para Ahorrar Energía <http://socialgas.com> 2006 – 04 – 21
38. Ahorro de Energía
<http://www.monografias.com/trabajos12/ahorener/ahorener.shtml> 2006 – 04 – 21
39. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía <http://www.conae.gob.mx> 2006 – 04 – 17

Auditoría y plan de ahorro energético en la planta Parsons de la refinería La Libertad

40. Ahorro Energético <http://www.energuia.com> 2006 – 03 – 09
41. CASTILLO, N (2003) Ahorro de energía en procesos de refinación. Año 2003, p.p. 26.
42. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS: Eficiencia Energética, año 2000, p.p. 89.

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).