



Seguimiento energético de hornos de proceso

Por **Leandro Ariel Costa** (YPF),
Eduardo Dias Castrillon (ANCAP),
Sebastián Biset (Oil Combustibles) y
Juan Pablo L. Bosani (Axion Energy)



En este trabajo se pone en ejercicio la práctica recomendada desarrollada por las refinerías de YPF La Plata, ANCAP Uruguay, Oil San Lorenzo y Axion Energy Campana en el marco del IAPG para contribuir al alcance de la eficiencia energética en el área del *downstream*.

En Refinerías de petróleo crudo, plantas químicas y petroquímicas, los hornos representan los equipos que suministran aproximadamente más del 90% de la totalidad de la energía requerida para los procesos de separación y conversión química de los productos. Desde este punto de vista, la eficiencia energética de cada horno es una variable crítica para optimizar a fin de reducir el consumo de combustibles quemados, minimizar las emisiones de gases de combustión que, finalmente, se traducen en menores costos operativos.

En el marco del IAPG y, en conjunto con las Refinerías de YPF La Plata, ANCAP Uruguay, Oil San Lorenzo y Axion Energy Campana, se desarrolló la práctica recomendada de “Seguimiento Energético de Hornos de Proceso” para hornos de proceso instalados en refinerías, plantas químicas y petroquímicas, que se adaptaron a cada caso particular. En este artículo se agrupan en forma ordenada y sistemática

los indicadores clave para la optimización energética, los parámetros de diseño y los objetivos de operación, con su seguimiento por medio de auditorías de campo. El documento consta principalmente de una planilla en la que se carga la información auditada y se documentan las observaciones, las anomalías encontradas y un registro fotográfico. La planilla se encuentra respaldada por un manual que incluye una explicación punto por punto, recomendaciones y pruebas particulares para establecer objetivos y evaluar reparaciones. De este modo, periódicamente se podrán emitir informes que revelen el estado y el rendimiento de estos equipos, alertar a los responsables de cada área y planificar las acciones necesarias de mejora.

El desarrollo

Inspección operativa periódica

La buena práctica en la operación de hornos recomienda el monitoreo de ciertos parámetros para determinar si el equipo funciona de acuerdo con la performance de diseño u objetivo.

a- **Carga total (Caudal total del fluido de proceso)**

El caudal total circulado y las temperaturas de entrada y salida indican cuál es el requerimiento térmico puntual que se demanda al horno.

En el caso de que el equipo posea más de un paso y no tenga medición individual, se tomará la carga total, con la precaución de observar que la distribución sea uniforme.

b- **Temperatura entrada/salida de carga total**

Las temperaturas de entrada y salida de la corriente que es calentada en el horno determinan la carga térmica del mismo. El duty del horno se determina haciendo un balance térmico basado en el caudal másico circulado y las entalpías calculadas a las temperaturas y las presiones de entrada y salida de la corriente.

Ambas temperaturas, de entrada y salida de la carga, deben tener registro continuo para saber si el horno está operando de acuerdo con los parámetros de diseño.

En caso de que el equipo tenga más de un paso, se tomará la temperatura de un punto único de salida total, con la precaución de observar que la distribución sea uniforme.

c- **Presión entrada/salida de carga**

La caída de presión de cada paso debe monitorearse en conjunto con los caudales parciales circulados y con las temperaturas de salida, para detectar en forma temprana cualquier bloqueo del paso que con el tiempo terminaría dañando los tubos. Es importante notar si alguno de ellos exhibe mayor pérdida de carga (ΔP), ya que podría estar obstruido parcialmente por carbón o excesiva vaporización.

d- **Caudal consumo combustibles**

El caudal de combustible consumido por el horno es un parámetro de control que debe registrarse continuamente. El caudal de combustible, junto con el poder calorífico (relacionado con la composición), determina el calor liberado en el equipo y la eficiencia térmica del mismo, considerando el *duty* (efecto útil) y las pérdidas de calor a través de los gases de combustión y la estructura del horno.

El monitoreo del consumo de combustible le indica al operador qué cambios están ocurriendo en el equipo.

e- **Presión de combustibles en el quemador**

Se toma en la entrada misma al quemador y no en el colector general, aguas arriba de la válvula de control, ya que se utiliza para verificar si el valor medido está dentro de los límites de mínima y máxima capacidad del quemador, establecidos en la curva de capacidad entregada por el fabricante.

f- **Temperatura de combustibles líquidos**

Verificar a qué temperatura debe calentarse el combustible líquido para alcanzar la viscosidad recomendada por el fabricante de quemadores y obtener así una buena atomización y combustión.

No solo es necesario que el combustible líquido tenga la temperatura acorde para alcanzar la viscosidad recomendada, sino que también se requiere que el vapor o el aire de atomización sea de la calidad recomendada. Siempre el vapor debe ser seco o sobrecalentado.

g- **Diferencial de presión vapor/aire de atomización a quemadores**

Se toma en la entrada misma al quemador y no en el colector general de vapor/aire aguas arriba de la válvula de control, ya que se utiliza para verificar con la curva de capacidad de combustible líquido del fabricante, si el valor medido es el indicado por el fabricante del quemador.

h- **Temperatura de piel de tubos**

Los valores de referencia estarán basados en el diseño o serán indicados por un especialista en materiales.

Se verificarán todos los puntos disponibles de medición, observando que estén por debajo de la máxima temperatura admisible.

Se deben detectar, en forma temprana, errores de medición debido al mal funcionamiento de termopares. Si los termopares no funcionan bien o se duda de su funcionamiento, se recomienda realizar el monitoreo de la temperatura de piel de tubos a través de termografías.

i- **Exceso de O₂ en combustión**

Una manera de maximizar la eficiencia térmica es controlando el exceso de O₂ de la combustión.

El punto de muestreo óptimo más recomendable es la salida de gases de la zona radiante, debido a que es posible que ingresen corrientes de aire "parásito" (no participan de la combustión) a través de la zona convectiva. De esta manera, se minimiza que la interpretación del análisis de oxígeno sea errónea, concluyendo en un mayor exceso de O₂ falso.

Si no se monitorea este parámetro, se reduce el nivel de seguridad operativa del equipo de las personas y del medio ambiente, ya que se podría estar generando una combustión incompleta (exceso de O₂ nulo o muy bajo). Además, se elimina la posibilidad de realizar una sintonía fina del lazo de combustión para obtener el

mínimo exceso de O₂ recomendado en los gases de combustión y optimizar el consumo de combustible.

j- **Presión en el hogar - Tiraje en tope sección radiante**

El tiraje debe medirse en la zona de mínimo tiraje, donde tiende a ser cero y antes del punto donde el horno pudiera presurizarse.

El tiraje mínimo admisible en el punto de mínimo tiraje (tope de zona radiante) debe ser -2,5 mmCA (valor de diseño recomendado por la norma API 560). Igualmente, el valor de referencia debe ser el indicado en la hoja de datos del horno y definido por el diseñador/fabricante.

El tiraje en el tope de zona radiante y el porcentaje de O₂ en la zona de combustión son los principales parámetros para el control de la operación de un horno y, por lo tanto, requieren mediciones y registros continuos.

k- **Temperatura de arco**

La temperatura de "bridgewall" o temperatura del "arco" es la temperatura de los gases de combustión que salen de la zona radiante. Esta temperatura está en función principalmente de la densidad promedio de calor radiante, el promedio de la temperatura de metales de la zona radiante y la forma básica del horno. También es función del tipo de combustible, el exceso

de aire, la temperatura del aire de combustión y el espaciado de los tubos radiantes.

Temperaturas de arco por arriba del máximo permitido podrían conllevar problemas mecánicos en tubos, soporte de tubos y excesiva transferencia de calor en tubos del escudo radiante, como así también, pueden dar aviso de presencia de poscombustión y/o largos de llama excesivos. Impacta directamente en la confiabilidad del equipo

l- **Temperatura de gases de chimenea**

Esta temperatura indica el contenido entálpico de los gases de combustión del horno. Es una variable crítica para medir la eficiencia del equipo dado que representa una gran parte del calor que se pierde. Cuanto mayor sea la misma, menor será la eficiencia y viceversa.

Conviene compararla regularmente con el valor de diseño para investigar los motivos de un eventual incremento en el consumo de combustible, así como para prever algunos problemas que podrían ocurrir en el equipo, por ejemplo:

- Ensuciamiento externo de tubos en zona convectiva.
 - Ensuciamiento interno de tubos.
 - Cambio de alguna variable del proceso (mayor ΔT en carga).
 - Operación de horno con mucho tiraje.
- El monitoreo y el análisis de la temperatura de



chimenea proporciona información útil para mantener/incrementar la eficiencia operativa y asegurar una buena operación del equipo.

m- CO (monóxido de carbono) en gases en chimenea

Si hay suficiente O_2 y un mezclado eficiente, el carbono y el oxígeno reaccionan formando dióxido de carbono (CO_2), de modo que si se detecta la presencia de CO, existe en el quemador un defecto de oxígeno y/o un mezclado deficiente.

La medición de CO se realiza comúnmente en la chimenea del horno, cumpliendo con las disposiciones legales, en base a exigencias de organismos de control.

De todos modos, los valores límites que no deben superarse son los definidos por los organismos de control (generalmente establecidos según el tipo de combustible).

n- Dámper de chimenea

Se chequeará el % de apertura.

También se deberá consultar al personal de operaciones sobre el funcionamiento del Dámper (bueno, malo, regular, con problemas, etc.) y se asentará en observaciones. Con el tiempo suelen quedar bloqueados/avariados (por problemas de corrosión, suciedad, entre otros), lo cual llevará a un mal funcionamiento general del horno.

o- Patrón de llama

Se deberá observar los siguientes aspectos:

- altura de la llama,
- ancho de llama,
- inclinación,
- estabilidad,
- distancia entre llama y tubos,
- uniformidad de llama entre quemadores.

p- Boquillas (gas y/o combustible líquido)

Se observará que las boquillas produzcan la uniformidad y/o distribución de llama en todas ellas, con una correcta dirección y sin obstrucción en sus orificios, que puedan generar daños sobre alguna parte del quemador o del horno. Además de revisar el estado superficial de las mismas.

q- Pilotos

Se debe asegurar que estén siempre encendidos (cuando el quemador este en servicio), con una llama firme, intensa y uniforme (similar a un soplete).

El piloto es el primer elemento de seguridad en el quemador.

r- Registros de aire del quemador

Los registros de aire del quemador sirven para regular el aire de la reacción de combustión y, por ende, para realizar el ajuste fino del exceso de O_2 de la combustión.

Se debe verificar que todos los registros de aire de todos los quemadores estén abiertos de igual forma con el mismo tipo y flujo de combustible. También se deberá verificar operabilidad de los mismos.

s- Muflas

Se debe verificar el estado de los bloques, prestando especial atención a las juntas de unión entre estos y la posición.

Es importante observar la uniformidad en la coloración de los bloques refractarios, ya que se puede identificar, por ejemplo, si las boquillas no están correctamente posicionadas o si se encuentran obstruidas.

t- Estado de los tubos

Es importante observar la presencia de suciedad o cascarillas. Se debe observar la uniformidad del color o existencia de puntos calientes, como así también las deformaciones.

u- Estado de soportes de tubos

Debe observarse uniformidad en su color, lo que indica una buena distribución del calor, que a elevadas temperaturas va del color rojo oscuro al rojo brillante o anaranjado.

990°F / 532°C	Rojo muy oscuro / rojo sangre oscuro / Marrón Black red / dark blood red
1050°F / 566°C	Rojo oscuro / rojo sangre Black red / blood red / low red
1175°F / 635°C	Rojo cereza oscuro Cherry red
1375°F / 750°C	Rojo cereza / carmín Light cherry red / Light red
1550°F / 850°C	Rojo cereza claro / rosa Light cherry red / Light red
1650°F / 900°C	Anaranjado Orange
1725°F / 950°C	Anaranjado claro Light orange
1825°F / 1000°C	Amarillo Yellow
1975°F / 1080°C	Amarillo claro Light yellow
2200°F / 1200°C	Blanco White

v- Aislación

El estado de la aislación reviste importancia, debido a las pérdidas de calor que se producen en todo el cuerpo del equipo.



Se debe verificar el estado general de la aislación interior (refractario, manta cerámica, etc.) y exterior (principalmente en acometidas al horno).

La presencia en el exterior del horno de pintura quemada da indicios de que la aislación interna se deterioró y se debe corroborar con mediciones puntuales de temperatura (utilizando pirómetro o por medio de termografías).

En zonas de acceso frecuente del personal es importante que este en buenas condiciones por cuestiones de seguridad.

w- **Aire parásito**

Observar que se minimice el ingreso de aire dentro del horno en localizaciones por las cuales no debería, ya que desde el punto de vista energético, estas influyen en el valor medido de exceso de O₂ en la combustión (resulta una medición errónea) y, por ende, en el cálculo de eficiencia del equipo. También puede llevar al ajuste erróneo del lazo de combustión con posibilidad de generar una situación no segura (defecto de O₂)

Se deben verificar: puertas contraexplosión, mirillas, acometidas al horno, entre otros.

x- **Carcasa (cubierta exterior)**

Observar deformaciones y posibles daños en chapas de coberturas y/o puntos calientes, que denoten un daño prematuro en la aislación del interior/exterior del equipo.

KERUI

MÁS EFICIENTE EN LA EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO Y GAS

CONOZCA MÁS DE NUESTRAS UNIDADES DE NEGOCIO QUE DESDE HACE 4 AÑOS FUNCIONAN EN ARGENTINA



LOGÍSTICA Y SERVICIOS DE MANTENIMIENTO



QUÍMICOS



EQUIPOS DE TORRES



EQUIPAMIENTO PARA BOCA DE POZO



EPC



COMPRESORES



AGENTES DE SOSTEN

KERUI PETROLEUM ARGENTINA

Av. Carlos Pellegrini 1363, 1 piso, Capital Federal, Argentina.
 federicomiller@keruigroup.com 0054 11 4394 5452
 marcelo@keruigroup.com

[HTTP://WWW.KERUIGROUP.COM/](http://www.keruigroup.com/)

Una Industria Argentina para el Mercosur



En Compañía Mega modernos procesos tecnológicos permiten aprovechar los componentes ricos del gas natural. El etano producido constituye la principal materia prima de la industria petroquímica argentina. El propano, butano y gasolina natural, por su parte, son exportados a diferentes mercados.



BUENOS AIRES

San Martín 344, 10 piso
(CP1004AAH)
Ciudad de Buenos Aires
Tel.: (54-11) 5441-5876/5746
Fax: (54-11) 5441-5872/5731

PLANTA NEUQUÉN

Ruta Provincial 51, Km. 85
(Q8300AXD) Loma La Lata
Pcia. de Neuquén
Tel.: (54-299) 489-3937/8
Fax: int. 1013

PLANTA BAHÍA BLANCA

Av. del Desarrollo Presidente Frondizi s/n
(Q8300AXD) Puerto Galván
Provincia de Buenos Aires
Tel.: (54-291) 457-2670
Fax: (54-291) 457-2471





y- **Sopladores de hollín**

Se relevará la cantidad de equipos instalados en funcionamiento y se comparará con la cantidad de equipos que deberían estar instalados y operables.

Pruebas particulares

a- **Test para determinación de mínima capacidad de O₂ en hornos**

Alcance

Esta práctica aplica a todos los hornos que posean analizador de oxígeno continuo.

Objetivos

- Establecer un nuevo *target* de O₂ basado en el mínimo nivel de O₂ llevado a cabo en el test y en la variación histórica del O₂.
- Cuantificar incentivos por llevar a cabo el nuevo objetivo.
- Cuantificar incentivos por facilidades adicionales.
- Confirmar que el analizador se encuentra en la posición correcta y que no está influenciado en exceso por infiltraciones de aire o mala distribución de flujo.

Guía operativa del test

Importante: el test debe ser realizado por un especialista con experiencia en la materia, prever los procedimientos que se deben emplear en el caso de ahogo del horno.

1- Confirmar las siguientes condiciones:

- Quemadores en buenas condiciones mecánicas y de limpieza.
- Correcto funcionamiento de instrumentos asociados al test.
- Tiraje al mínimo y estable posible (en zona del Arco -2,5 mm CA).
- Condiciones de proceso estable, CIT, COT, alimentación.
- Condiciones de quemado estable.
- Nivel "típico" de oxígeno estable.
- Operación de quemadores balanceada.
- Inspección visual de la zona radiante para determinar una combustión aceptable.

Cuando se asuma el cumplimiento de estas condiciones se debe tomar nota del horario y comenzar con las mediciones de emisiones gaseosas en entrada a zona convectiva con equipo de medición portátil de al menos oxígeno, monóxido de carbono y temperatura (analyzer de gases de combustión tipo Testo o equivalente).

- 2- Comenzar a bajar el porcentaje de exceso de O₂ en el analizador fijo en intervalos de 0,5% (corrija el tiraje al valor objetivo, esto también modificara el valor de oxígeno), esperar entre 15-30 minutos la estabilización del horno. Tomar nota de los datos y las mediciones de emisiones y realizar una inspección visual del estado de la combustión en el horno. Tener presente las características de cada combustible para definir el exceso de aire mínimo.

- 3- Repetir el paso descrito anteriormente disminuyendo el O₂ en escalones más pequeños hasta llegar a 1,5% de oxígeno o “breakthrough” (ver notas) y/o aparición de llamas erráticas, inestables o tamaños inaceptables en quemadores. Si la combustión y las llamas son aceptables y no hay combustibles en los gases de chimenea con 1,5% de O₂, repetir los pasos anteriores 3 a 4 veces bajando a intervalos de 0,2% hasta llegar a la “breakthrough” y/o aparición de llamas erráticas e inaceptables en quemadores.
- 4- Por arriba del “breakthrough” y/o aparición de llamas erráticas, inestables o tamaños inaceptables en quemadores, aumentar el O₂ en 0,5%. Continuar monitoreando la performance de la combustión mediante el analizador portátil e inspección visual para verificar que no se produzca “ruptura de la combustión” y llamas inaceptables.
- 5- Luego de 30 minutos sobre esta condición, documentar todas las condiciones incluyendo la lectura del analizador portátil. Esto establece la mínima capacidad de O₂ en esta razón de quemado.
- 6- Retornar el equipo a las condiciones normales de operación.
- 7- Para establecer el objetivo de exceso de O₂ de operación, al mínimo de O₂ nombrado anteriormente se le suma la variación histórica, todo basado en el analizador permanente.

Notas de los autores: se llama “combustible *breakthrough*” al rápido incremento del contenido de combustibles no quemados en los gases de combustión, para quemado de gas aproximadamente sobre las 150 ppmv y para quemado de combustible líquido aprox. o combinado sobre las 500 ppmv. Como regla general, y sin ser absoluta, el valor de % de O₂ para el cual se produce el “breakthrough” es inferior cuando se quema un combustible gaseoso, que cuando se quema un combustible líquido.

b- Determinación de entradas parásitas de aire con el horno en operación

Muchas veces es dificultoso realizar una prueba de humos para detectar las filtraciones de aire parásito por las siguientes cuestiones:

- Tamaño del equipo.
- Falta de estanqueidad.
- Dificultad para generar presión positiva.

- Tiempos de parada.
- Costos asociados a los tiempos de parada, entre otros.

Generalmente, las mayores infiltraciones surgen en la zona convectiva debido a la cantidad de juntas y entradas y salidas pasa tubos. Como medida inicial se puede tomar de guía la medición con un analizador portátil del O₂ en la entrada de la zona convectiva y a la salida, si la diferencia es mayor a 1% se considera que es necesario realizar una inspección de filtraciones en la zona convectiva.

Es recomendable que se lleve a cabo con personal de inspección de equipos, verificando en forma visual las entradas de aire a través de juntas, fisuras, agujeros y pasa tubos con la ayuda de un plumón (sacado de un plumero). Al acercar el plumón a una zona con infiltración de aire enseguida mostrará su inclinación hacia la corriente. De esta forma se identifican todas las zonas con aerosol de color, se sacan fotos y se realiza un informe para su reparación con las recomendaciones que se consideren oportunas.

Para la zona radiante se puede realizar el mismo procedimiento pero no tendremos disponible la diferencia de medición de O₂.

También se puede identificar zonas de entradas parásitas de aire a través de la realización de termografías externas del equipo.

c- Determinación de entradas parásitas de aire con el horno F/S

Alcance

Esta práctica aplica a todos los hornos.

Objetivos

Identificar entradas parásitas de aire utilizando granadas de humo de señalización.

Consideraciones sobre salud, seguridad y medio ambiente

Las granadas de humo son latas fabricadas de aluminio con la protección del disparador de plástico, deben ser descartadas como material reciclable después de su uso.

En caso de que sea necesario el órgano ambiental deberá ser comunicado sobre la realización del test. Es importante aclarar que se trata de un test con producto no tóxico (humos de señalización). El humo anaranjado (u otro color) puede causar extrañeza en el vecindario.

Aunque el humo generado no sea tóxico, se debe evitar el contacto intenso a fin de prevenir posibles irritaciones de las vías respiratorias superiores o sofocamiento.

El disparo de las granadas debe ser realizado por personal capacitado utilizando los elementos de seguridad correspondientes. Al detonar la granada de humo, esta deberá estar lejos del rostro de la persona que la dispara y con la salida de humo dirigida en sentido opuesto.

Procedimiento para la realización del Test de humo

1- Frecuencia

Deberán realizarse dos pruebas en los períodos de parada programada de planta para mantenimiento:

- La primera será realizada apenas el horno haya sido puesto fuera de operación, antes de su liberación para mantenimiento, con el objetivo de

identificar los puntos de entrada de aire que deberán ser reparados.

- La segunda se deberá realizar después de que los servicios de mantenimiento hayan concluido, para garantizar la eficacia de los mismos.

La programación de las pruebas, así como el tiempo y los recursos necesarios para las reparaciones identificadas en ellas, deberán integrar las Listas de Servicios de la Parada, elaboradas por los responsables de la Coordinación de Paradas Programadas de planta.

Pequeñas paradas eventuales deberán ser aprovechadas para la realización de Test de humos, buscando detectar infiltraciones que puedan ser reparadas sin necesidad de entrar al equipo.

2- Recomendaciones

- Realizar antes de la parada del horno una evaluación de la existencia de entradas parásitas según lo indicado en el punto b. Determinación de entradas parásitas de aire con el horno en operación.
- Iniciar el Test de humo preferentemente por la mañana, para asegurar las mejores condiciones de luminosidad natural para identificación de las fisuras.
- El equipo del test deberá estar previamente familiarizado con los procedimientos y accesorios que se utilizarán.
- Los accesos al horno deberán estar limpios y con su libre acceso asegurado, de manera de garantizar un rápido y seguro desplazamiento del equipo que realizará el test.

3- Ejecución

A continuación están representados los pasos para realizar el Test de humos:

- El horno deberá estar con los registros de aire de los quemadores (tiraje natural) y mirillas de inspección totalmente cerradas.
- En hornos con múltiples quemadores prever tapas provisionales en los mismos (tiraje natural).
- Encender el ventilador de aire de tiro forzado (si la instalación del horno lo posee) y regular la presión de aire dentro del hogar hasta que las ventanas de explosión se abran. Actuar sobre el dâmpner del horno (cerrarlo).
- Reducir la presión del hogar hasta el punto de inminente apertura de las ventanas de explosión.
- A la orden del coordinador, los detonadores deberán disparar al mismo tiempo sus granadas dentro de la cámara de radiación.
- Los observadores deberá identificar en los diseños y en el propio lugar, si fuera posible, el punto exacto de la fisura. Cada observador deberá identificar solamente los puntos de su área de actuación, de acuerdo con la definición previa.
- Los observadores que estuvieran con máquina fotográfica deberán ubicarse de manera que el escape de aire quede claramente evidenciado con respecto a un punto claro de referencia, registrando así cada punto de fuga de humo o del máximo de puntos que fuera posible.
- En el caso de que el horno sea de tiraje natural, se podrá utilizar un ventilador de campo (normalmente usado como exhaustor en paradas) para ga-

rantizar que el circuito de humos esté con presión levemente superior a la presión atmosférica. En este caso será esencial cerrar los registros de aire de los quemadores y el dâmpner de control/sofocación.

- Para la instalación del ventilador se deberá retirar un quemador, ubicado al centro del hogar, aprovechando el período en que el horno se estuviera preparando para mantenimiento, apenas haya parado. En caso de que esta localización no sea viable, el soplador podrá ser adaptado en una entrada de hombre o ventana de explosión, de acuerdo con las características de cada equipo, considerando que el resultado del test será perjudicado en la pared en que sea instalado el soplador.

4- Características de la granada de humo

Las siguientes son las especificaciones y los rendimientos de la granada de humo:

- Señal fumígena fluctuante.
- Humo de color anaranjado, denso y no tóxico.
- Tiempo de retardo de 2 a 3 segundos.
- Tiempo de humareda superior a 3 minutos.
- Número de granadas (1 para cada 200 m³ de volumen del circuito de humos).

d- Test de largo de llamas

A simple vista se observa aproximadamente 2/3 del largo real de las llamas. Para observar el tercio restante se utiliza una técnica muy sencilla: liberar pequeñas cantidades de bicarbonato de sodio en el registro de aire del quemador, generalmente de a uno por vez. Esto permite visualizar restos de poscombustión, inclinación en llamas, interacciones llama-llama y circulación de los gases de combustión, entre otros.

Documentos de referencia

API Standard 560
API Standard 530
API RP 535
API RP 573
API RP 556

Responsabilidades

La persona que realice la inspección del horno aplicando como guía este instructivo debería dar una devolución de los principales hallazgos al personal operativo o responsable directo del equipo in situ.

Luego deberá realizar un informe detallado con el análisis de los datos relevados y distribuirlo a:

- Responsables de Operación: gerentes, jefes, coordinadores y/o supervisores.
- Responsables de Mantenimiento: gerentes, jefes, ingenieros y/o técnicos.
- Responsables de Inspección de Equipos: gerentes, jefes, ingenieros y/o inspectores.

Registros

Los registros de las verificaciones se realizarán con la planilla de relevamiento que se muestra en la página 30.

Planilla de relevamiento

Fecha:		Hoja 1/1	Empresa/Refinería	
Equipo:		Carga		Best Practices /APG
Unidad:		Responsable Auditor:		Planilla 01 V.5-10/2015

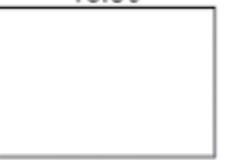
DATOS

Item	Variable	Unidad	Diseño/ Objetivo	Datos Pantalla	Inspección Visual	Observaciones
1	Carga Total	m3/hr				
2	Temp. Entrada Carga Total	°C				
3	Temp. Salida Carga Total	°C				
4	Presión Entrada Carga Total	Kg/cm2g				
5	Presión Salida Carga Total	Kg/cm2g				
6	Temp. de Arco	°C				
7	Temp. Máxima Tubos	°C				
8	Temp. Chimenea	°C				
9	Exceso de O ₂	%v				
10	Concentración de CO	mg/Nm3				
11	Eficiencia del horno	%				
12	Apertura Damper	%			A	
13	Tiro en Arco	mm H2O				
14	Tiro en piso	mm H2O				
15	Tiro en convección (salida)	mm H2O				
16	Presión Combustible Gas	Kg/cm2g				
17	Caudal Combustible Gas	Sm3/hr				
18	Presión Gas Piloto	Kg/cm2g				
19	Presión Combustible Líquido	Kg/cm2g				
20	Caudal Combustible Líquido	Sm3/hr				
21	Temp. Combustible Líquido	°C				
22	ΔP Vapor/Aire Atomización	Kg/cm2g				
23	Temp. Vapor Atomización	°C				
24	Control Combustible Gas	A/M (A: Automático/ M: Manual) ó F/S			A	
25	Control Combustible Líquido				M	
26	Vapor a Quemadores				F/S	

DETALLE VISUAL DE FUNCIONAMIENTO

Item	Variable	Unidad	Quemadores																								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
27	FG/FO/(F/S) ó N/P (No posee)		FG	GN	FO	F/S	N/P	-																			
27	Presión de combustible	Kg/cm2g																									
28	¿Valvulas estranguladas?	SI / No	SI	No																							
B: Bien - R: Regular - M: Malo			Observaciones																								
29	Patrón de llama	B																									
30	Estabilidad de llama	R																									
31	Estado de Boquillas	M																									
32	Estado de Piloto																										
33	Registros de Aire-Quem.																										
34	Estado de Muñas																										
35	Estado de Tubos																										
36	Soporte de Tubos																										
37	Estado de Aislación																										
38	Aire Parasito																										
39	Estado Carcaza /Casing																										
40	Estado Sopladores																										
41	Otros																										

REGISTRO FOTOGRÁFICO

				
FOTO 1	FOTO 2	FOTO 3	FOTO 4	FOTO 5
				
FOTO 6	FOTO 7	FOTO 8	FOTO 9	FOTO 10