

SEGUIMIENTO ENERGÉTICO DE HORNOS DE PROCESO

Leandro Ariel Costa, YPF, leandro.costa@ypf.com

Eduardo Dias Castrillon, ANCAP, edias@ancap.com.uy

Sebastián Biset, Oil Combustibles, sbiset@oilcombustibles.com

Juan Pablo L. Bosani, Axion Energy, juan.pablo.luis.bosani@axionenergy.com

Sinopsis

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. Bajo este punto de vista, la eficiencia energética de cada horno es una variable crítica a optimizar para reducir el consumo de combustibles quemados, minimizar las emisiones de gases de combustión que finalmente se traduce en menores costos operativos.

En el marco del IAPG y en conjunto con las Refinerías de YPF La Plata, ANCAP Uruguay, Oil San Lorenzo, 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, pudiendo adaptarse a cada caso particular. El Objetivo de este documento es agrupar en forma ordenada y sistemática los indicadores claves para la optimización energética, sus parámetros de diseño y objetivos de operación, realizando su seguimiento a través de auditorías de campo. El documento consta principalmente de una planilla donde se carga toda la información auditada documentando observaciones, anomalías encontradas e incluso un registro fotográfico. La planilla se encuentra respaldada por un manual que incluye explicación punto por punto, recomendaciones y pruebas particulares para establecer objetivos y evaluar reparaciones. De este modo, podrán ser emitidos periódicamente reportes que revelen el estado y rendimiento de estos equipos, alertar a los responsables de cada área y planificar las acciones necesarias de mejora.

Desarrollo

1- Inspección Operativa Periódica

La buena práctica en la operación de hornos recomienda el monitoreo de ciertos parámetros para determinar si el equipo está funcionando de acuerdo a 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 nos dicen cuál es el requerimiento térmico puntual que se demanda al horno.

En caso 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 buscadas a las temperaturas 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 a los parámetros de diseño.

En caso que el equipo posea más de un ramal, 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 a la larga terminaría por dañar los tubos. Es importante notar si alguno de ellos exhibe mayor 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 y las pérdidas de calor.

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

e- Presión de combustibles en el quemador

Deberá tomarse en la entrada misma al quemador y no en el colector general, aguas arriba de 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 combustibles líquidos

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

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

g- Diferencial de presión vapor atomización a quemadores

Deberá tomarse en la entrada misma al quemador y no en colector general de vapor aguas arriba de 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 piel de tubos

Los valores de referencia serán en base al diseño o 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 de buena manera 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 sería 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 la posibilidad de que la interpretación del análisis de oxígeno sea errónea, concluyendo en un mayor exceso de O₂ falso.

El no monitorear éste parámetro reduce el nivel de seguridad operativa del equipo de las personas y del medio ambiente.

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 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 tanto merecen medición y registro 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 espaciamiento de los tubos radiantes.

Temperaturas de Arco por arriba del máximo permitido pueden acarrear problemas mecánicos en tubos, soporte de tubos y excesiva transferencia de calor en tubos del escudo radiante, como así también, puede dar aviso de presencia de post combustión 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 por la chimenea. 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.
- Otros.

El monitoreo y análisis de la temperatura de chimenea proporciona información útil para mantener/incrementar la eficiencia operativa y asegurar una buena operación del equipo.

m- CO 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 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/averiados (por problemas de corrosión, suciedad, etc.) lo cual llevará a un mal funcionamiento general del horno.

o- Patrón de llama

Se deberá observar:

- 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 mismas produzcan la uniformidad y/o distribución de llama en todas ellas, con una correcta dirección, observando que no exista obstrucción en sus orificios, y el estado superficial de las mismas, y que puedan generar daños sobre alguna parte del quemador o del horno.

q- Pilotos

Deberá asegurarse 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 deberían estar abiertos de igual forma con igual 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 juntas de unión entre estos y posición.

Es importante observar la uniformidad en la coloración de los bloques refractarios, ya que se puede identificar, por ejemplo, si las boquillas no estuvieran correctamente posicionadas o estuvieran 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 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 color rojo brillante o anaranjado.

990°F / 532°C	<i>Rojo muy Oscuro / rojo Sangre oscuro / Marrón Black Red / Dark blood Red</i>
1050°F / 566°C	<i>Rojo Oscuro / rojo Sangre Dark Red / blood Red/ low red</i>
1175°F / 635°C	<i>Rojo Cereza Oscuro Dark Cherry Red</i>
1375°F / 750°C	<i>Rojo Cereza / carmín Cherry Red</i>
1550°F / 850°C	<i>Rojo cereza Claro / rosa Light Cherry Red / Light Red</i>
1650°F / 900°C	<i>Anaranjado Orange</i>
1725°F / 950°C	<i>Anaranjado Claro Light Orange</i>
1825°F / 1000°C	<i>Amarillo Yellow</i>
1975°F / 1080°C	<i>Amarillo claro Light Yellow</i>
2200°F / 1200°C	<i>Blanco White</i>

v- Aislación

El estado de la misma reviste importancia, por 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).

Si se observa en el exterior del horno pintura quemada, esto da indicios que la aislación interna se deterioró y se debe corroborar con mediciones puntuales de temperatura (utilizar pirómetro o hacer termografías).

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

w- Aire parásito

Observar que se minimice el ingreso de entradas 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 O_2 en la combustión (resulta una medición errónea) y por ende en el cálculo de eficiencia del equipo.

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

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.

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.

2- Pruebas Particulares

a- Test para determinación de mínima capacidad de O_2 en Hornos

Alcance

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

Objetivos

- Establecer un nuevo target de O_2 basado en el mínimo nivel de O_2 llevado a cabo en el test y en la variación histórica del O_2 .
- 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 no está influenciado excesivamente por infiltraciones de aire o mal distribución de flujo.

Guía operativa del Test

Importante: *el test debe ser llevado a cabo por un especialista con experiencia en la materia, prever los procedimientos a emplear en caso de ahogo del horno.*

1- Confirmar las siguientes condiciones:

- Quemadores en buenas condiciones mecánicas y de limpieza
- Asegurar 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 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.

- 2- Comenzar a bajar el porcentaje de exceso de O_2 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 O_2 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 O_2 , 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 O_2 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 O_2 en esta razón de quemado.
- 6- Retornar el equipo a las condiciones normales de operación.
- 7- Para establecer el objetivo de exceso de O_2 de operación, al mínimo de O_2 nombrado anteriormente se le suma la variación histórica, todo basado en el analizador permanente.

Nota:

Combustible breakthrough se llama 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.

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 varias cuestiones:

- Tamaño del equipo
- Falta de estanqueidad
- Dificultad para generar presión positiva
- Tiempos de parada
- Costos asociados a los tiempos de parada
- Etc.

Generalmente las mayores infiltraciones surgen en la zona convectiva debido a la cantidad de juntas y entradas y salidas para tubos. Como medida inicial se puede tomar como lineamiento guía medir con un analizador portátil el O_2 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 acercarse el plumón a una zona con infiltración de aire enseguida mostrará su inclinación hacia la corriente. De esta forma se van identificando todas estas zonas con aerosol de color, se sacan fotos y finalmente se realiza un informe para su reparación con todas las recomendaciones que se crean oportunas.

Para la zona radiante se puede realizar el mismo procedimiento pero no tendremos disponible la diferencia de medición de O_2 .

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 y la protección del disparador de plástico, debiendo ser descartadas como material reciclable después de su uso.

Donde sea necesario el órgano ambiental deberá ser comunicado sobre la realización del test. Se debe 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 muy intenso para evitar 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, la misma deberá estar lejos del rostro de la persona que la dispara y con la salida de humo dirigida en sentido opuesto al mismo.

Procedimiento para la realización del Test de Humo

1- Frecuencia

Deberán ser hechos 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, teniendo como objetivo identificar los puntos de entrada de aire que deberán ser reparados.
- La segunda, deberá ser hecha 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 las mismas, 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 relativa a la existencia de entradas parásitas siguiendo 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 serán usados.
- Los accesos al horno deberán estar limpios y con su libre acceso asegurado, de manera de garantizar el rápido y seguro desplazamiento del equipo que irá a realizar 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 cerradas.
- En hornos con múltiples quemadores prever tapas provisionales en los mismos (tiraje natural).
- Encender el ventilador de aire 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 dämper 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 deberán 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 a la definición previa.
- Los observadores que estuvieran con máquina fotográfica deberán ubicarse de tal manera que el escape de aire quede claramente evidenciado con respecto a un punto claro de referencia, registrando entonces cada punto de fuga de humo o del máximo de puntos que fuera posible.
- En caso de que el horno sea de tiraje natural, se podrá utilizar un ventilador de campo (normalmente usado como exhaustor en paradas) para garantizar 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 dämper 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 estuviera siendo preparado 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 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 poder observar el tercio restante se utiliza una técnica muy sencilla, que es 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 post combustión, inclinación en llamas, interacciones llama-llama, circulación de los gases de combustión, etc.

3- DOCUMENTOS DE REFERENCIA

API Standard 560

API Standard 530

API RP 535

API RP 573

API RP 556

4- 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 debería 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 Mto: Gerentes, jefes, ingenieros y/o técnicos.

Responsables de Insp. de Equipos: Gerentes, jefes, ingenieros y/o inspectores.

5- REGISTROS

Los registros de las verificaciones se realizaran con las planillas de relevamiento adjunta en ANEXOS.

6- ANEXOS

Planilla relevamiento: ver archivo Check-list_rev04.xls

		Hoja 1/1		Empresa/Refinería	
Equipo:		Carga		Best Practices /IAPG	
Unidad:		Responsable Auditor:		Planilla 01	V.4-5/2015

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	%				
13	Tiro en Arco	mm H2O				
14	Tiro en piso	mm H2O				
15	Tiro out convección	mm H2O				
16	Presión FG	Kg/cm2g				
17	Caudal de FG	Sm3/hr				
18	Presión Gas Piloto	Kg/cm2g				
19	Presión FO	Kg/cm2g				
20	Caudal de FO	Sm3/hr				
21	Temp. FO	°C				
22	ΔP Vapor Atomización	Kg/cm2g				
23	Temp. Vapor Atomización	°C				
24	Control FG	A/M (A: Automático/ M: Manual) ó F/S				
25	Control FO					
26	Vapor a Quemadores					

DETALLE VISUAL DE FUNCIONAMIENTO DE QUEMADORES																										
		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)																									
27	Presión de combustible	Kg/cm2g																								
28	¿Valvulas estranguladas?	SI / No																								
B: Bien - R: Regular - M: Malo		Observaciones																								
29	Patrón de llama																									
30	Estabilidad de llama																									
31	Estado de Boquillas																									
32	Estado de Piloto																									
33	Registros de Aire-Quem.																									
34	Estado de Muffas																									
35	Estado de Tubos																									
36	Soporte de Tubos																									
37	Estado de Aislación																									
38	Aire Parasito																									
39	Estado Careaza /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

7- Autores

Leandro Ariel Costa

Ingeniero Mecánico UTN FRLP.

- Actividad Docente
 - Docente de la Cátedra Tecnología del Calor, en la UTN FRLP (2011 - actualmente).
 - Instructor en cursos de capacitación para ingenieros y operadores de YPF sobre hornos de procesos y quemadores.
 - Instructor en cursos de capacitación para personal de YPF y contratistas (CILP Refino y Química) en reparación de quemadores.
- Ejercicio de la Profesión
 - Claysi SRL, Responsable de Inspección de recipientes de Presión (2004-2007)
 - Centro de Tecnología Argentina (CTA-YPF) formando parte del grupo Ingeniería en Materiales e Instalaciones de Superficie (2007-2009).
 - Dirección de Ingeniería (DI-YPF) como Especialista en Equipos Estáticos (2009-2011).
 - Gerencia de Gestión Energética (CILP –YPF) como Coordinador Equipos de Combustión (2011-actualmente).

Eduardo Dias Castrillon

Ingeniero Químico – Facultad de Ingeniería – Universidad de La República. Montevideo – Uruguay

- Actividad Docente
 - Docente de Química Orgánica e investigador científico en el Departamento de Química Orgánica de Facultad de Química, Universidad de la República (1996-2004)
 - Instructor de cursos de capacitación e Ingreso de Refinería Dr. Eduardo Acevedo Vázquez (Ex La Teja) En Hornos de Procesos, Química y Fraccionamiento (2009 – actualmente)
- Ejercicio de La Profesión
 - Profesional de Refinación en Refinería Alfredo Vázquez Acevedo (Ex La Teja) ANCAP (2008-actualmente)
 - Ingeniero de QFINA SA Vigilancia tecnológica y producción de activos farmacéuticos (2004-2008)

Sebastián Biset

Ingeniería Químico - UTN FRRO

- Actividad Docente
 - Docente de la Cátedra de Fundamentos de Informática, 2º año de la carrera de Ing. Qca., en la UTN FRRO, Cargo de Auxiliar de 1º categoría. (2007 - actualmente)
- Ejercicio de la Profesión
 - Práctica Profesional Refinor (PPR) en la Refinería REFINOR S.A (08/2008 - 02/2009)

- Ingeniero de Procesos en la Consultora de Ingeniería SICTEC SA (03/2010 a 11/2010)
- Coordinador de Proyectos en la firma de producción de medicamentos SYNTHON ARG. SA (12/2010 a 11/2011)
- Ingeniero de Procesos en Refinería San Lorenzo OIL COMBUSTIBLES SA (12/2011 - actualmente)

Juan Pablo L. Bosani

Ingeniero Químico – UTN FR Delta

- Ejercicio de la Profesión
 - Se desempeña desde 2003 en Refinería Campana donde ha ocupado diversas posiciones como Operador de Planta, Ing. de Proceso, Ing. de resolución de Hazops, Ing. de efectividad de Campo y actualmente se desempeña como Ing. de Equipos de Combustión desde hace más de siete años.