

Alternativas de mantenimiento on-line en hornos de proceso

M. Elisa Luque, AXION energy, maria.e.luque@axionenergy.com

Juan Pablo Luis Bosani, AXION energy, juan.p.bosani@axionenergy.com

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

Gonzalo Abad, ANCAP, gabad@ancap.com.uy

En la actualidad, la energía representa alrededor de un cincuenta por ciento de los costos operativos de una refinería. En este contexto, todas las acciones y programas que pudieran implementarse tendientes a reducir los consumos, son de vital importancia.

Considerando que los hornos de proceso son algunos de los equipos que más energía consumen es de interés optimizar su eficiencia y mantener su disponibilidad operativa. Una vez implementadas buenas prácticas operativas, dos de las acciones que podrían tomarse son la reducción de entradas parásitas de aire y mantener las zonas de intercambio de calor limpias.

Tradicionalmente, los paros de las unidades son los momentos esperados para realizar este tipo de actividades. Sin embargo, esta alternativa no siempre es aplicable en el momento en que se detecta el problema ya que el costo por lucro cesante debido una parada asociada a las unidades puede ser bastante alto. Considerando esto último, era de interés evaluar diferentes alternativas que pudieran aplicarse con el horno en funcionamiento y que permitieran mantener una mejor performance de los equipos.

En este trabajo, se exploraran las experiencias realizadas en las distintas refinerías del sellado de casings con silicona de alta temperatura y la limpieza on line¹ y tradicional² de las zonas radiante y convectiva empleando distintos agentes de limpieza, mediante la utilización de lanzas y propeliéndolo mediante el empleo de aire comprimido. Los hornos donde emplearon estas técnicas tenían diferentes configuraciones físicas y utilizaban diferentes tipos de combustibles. Esto permitió ampliar la experiencia colectiva concluyendo los casos en que conviene la aplicación de este tipo de soluciones

1. Introducción

Los hornos de proceso, al igual que todos los equipos donde se produce intercambio térmico, requieren del adecuado mantenimiento de la limpieza de las superficies y de minimizar las entradas parásitas de aire a fin de maximizar su rendimiento

Los diferentes tipos de combustibles empleados en los hornos influyen fuertemente en el nivel de ensuciamiento de las zonas radiante y convectiva; siendo los más pesados

¹ En el caso de las limpiezas on line, las mismas se realizan con urea modificada

² En el caso de la limpiezas de hornos “Tradicionales” las mismas se realizaron con los hornos fuera de servicio y empleando como agente de limpieza carbonato sódico y fosfato trisódico

aquellos que contribuyen más fuertemente al ensuciamiento, disminuyendo sensiblemente la eficiencia del equipo.

Durante la búsqueda de técnicas de limpieza on-line el foco estuvo puesto en encontrar una técnica que fuera:

- Eficaz
- Rápida
- Segura
- Aplicable a distintos tipos de hornos
- Poder ser aplicable sin reducir (o minimizando la reducción) de carga a las unidades
- Económicamente atractiva vs. la alternativa de realizar una limpieza tradicional con el horno fuera de servicio.

En cuanto a la minimización de entradas parásitas de aire, el foco estuvo puesto en identificar claramente qué acciones podían llevarse a cabo en operación como medida paliativa hasta la realización de reparaciones mayores durante un paro de planta y testear la eficiencia en exteriores del sellado de juntas con silicona de alta temperatura en las zonas radiantes.

2. Metodología

2.1 Sellado on line de zonas convectivas

La metodología de sellado de carcasas consistió en una primera etapa de relevamiento en campo donde se identificaron las zonas plausibles de ser reparadas en operación y la emisión de recomendaciones para la realización del trabajo.

Los grandes puntos que se atacaron fueron los siguientes:

- Se mejoró la aislación de los orificios pasa-tubos mediante la utilización de sellos flexibles realizados con tela aislante o mediante la incorporación de manta aisladora y chapas para reducir al mínimo la entradas de aires

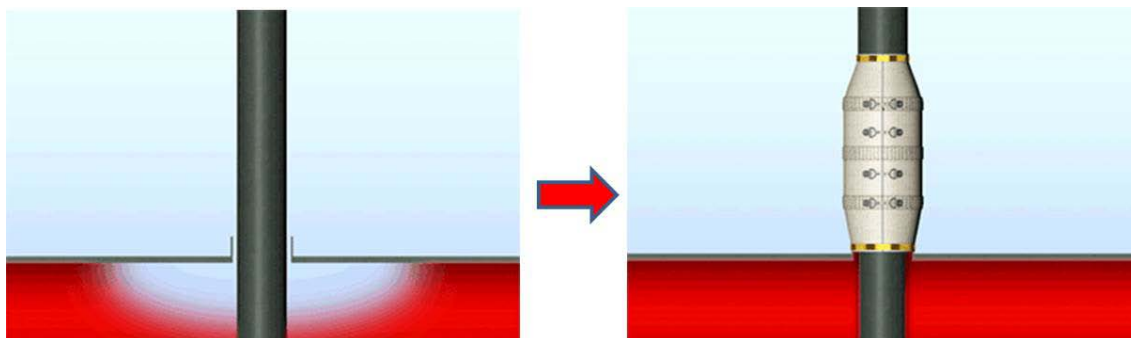


Figura 1 - Esquema instalación sellos flexibles comerciales

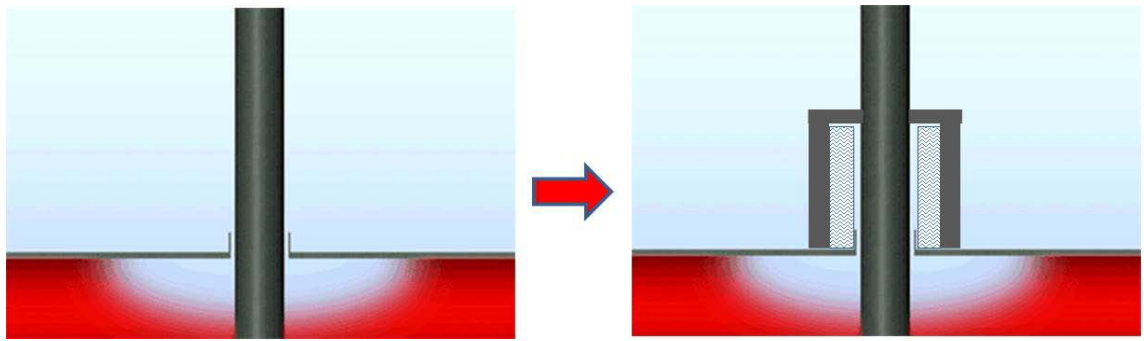


Figura 2 – Esquema de sellado empleando chapa de aislación y manta

- Se llevaron a posición chapas desviadas y se soldaron parches en aquellos lugares donde fuera necesario
- Se sellaron todas las juntas de la zona convectiva empleando silicona de alta temperatura.³

Todos estos trabajos fueron llevados a cabo con los hornos en operación normal

2.2 Limpieza on line de zonas radiantes y zonas convectivas

El procedimiento empleado para la realización de limpieza en operación constó de impartir un spray neumático con un químico derivado de la urea de forma granular (1 a 1.2 mm de diámetro) sobre la superficie externa de los tubos de la zona radiante y zona convectiva con el equipo en operación. Las puertas de acceso por donde se ingresa la lanza del producto tanto en la zona radiante como en la zona convectiva son las mirillas de inspección visual. La cantidad y distribución de las mirillas tendrás cierta influencia en la eficiencia de la limpieza; ya que de la ubicación de las mismas dependerá la facilidad de acceso a las distintas regiones para la eliminación de depósitos.

Con esta metodología se remueven principalmente: escamas y cenizas y en menor medida corrosión y compuestos azufrados (sulfuros). El mecanismo de acción para la remoción de residuos es un mecanismo combinado de suave abrasión y reacción química. Adicionalmente, debido a la naturaleza del químico empleado, no se generan residuos sólidos que queden depositados en los fondos del horno. Tanto las cenizas como los productos de descomposición del químico (Nitrógeno, agua, dióxido de carbono) son eliminados en la pluma de la chimenea.

En todos los casos, los tiempos de limpieza oscilaron entre los 3 y 5 días de trabajo dependiendo del tamaño del horno. Los trabajos de limpieza comenzaban en la zona radiante y finalizaban en la zona convectiva.

³ Rango de trabajo continuo (-57°C) a 315°C; rango de trabajo intermitente (-57°C) a 343°C

En el caso de las limpiezas químicas tradicionales, la operatoria es similar (dispersión neumática del químico); con la salvedad que los químicos empleados son carbonato sódico y fosfato trisódico. Si bien la unidad tiene que estar fuera de servicio, la duración de la limpieza es de menos de 12hs de trabajo.

3. Resultados

3.1 Sellado on- Line de zonas convectivas

Los trabajos de sellado de hornos con evaluación de resultados fueron llevados a la fecha exclusivamente en Refinería Campana. En un futuro cercano, se llevaran a cabo trabajos de características similares en el CILP⁴. Los principales resultados obtenidos se resumen en la Tabla 1

Equipo	Trabajos realizados	% Red. O ₂ ⁵	Aumento Eficiencia ⁶	Red. Cons Comb	B/C
F-1	SSAT ⁷ SPT ⁸ SP ⁹	2%	1,6%	354 Ton/y	4,2
F-51	SSAT SPT SP	1%	0,9%	320 Ton/y	3,8
F-101	SSAT SPT SP	2%	3,5%	675 Ton/y	11,4
F-151	SSAT SPT SP	1%	3,2%	295 Ton/y	3,5
F-402	SSAT SPT SP	2%	10,7%	57 Ton/y	0,7
F-601	SSAT SPT SP	1%	1,3%	211 Ton/y	4,9

Tabla 1– Resultados Sellado en Operación

Adicionalmente, se adjuntan unas fotografías ilustrativas de la mejora de la situación en las distintas plantas.

⁴ Complejo Industrial La Plata

⁵ Reducción en puntos porcentuales

⁶ Aumento de la eficiencia en puntos porcentuales

⁷ SSAT = Sellado con Silicona de Alta Temperatura

⁸ SPT = Sellado pasos de tubos

⁹ SP = Sellado con parches externos y chapas a posición



Figura 3 – Horno F-1 Refinería Campana; colocación de Sellos Flexibles



Figura 4- Horno F-101 Refinería Campana; colocación de sellos pasatubos hechos con chapa de aislación y colocación de parches soldados externos



Figura 5 – Horno F-601 Refinería Campana, colocación de sellos flexibles y sellado de juntas con silicona de alta temperatura



Figura 6 – Horno F-601 Refinería Campana, sellado de juntas con silicona de alta temperatura y colocación de sellos pasa tubos hechos con chapa de aislación

3.2 Limpieza de zonas radiantes y convectivas

Tanto en ANCAP, como en Campana o Refinería La Plata, se realizó la limpieza química en distintos tipos de hornos que emplean diferentes tipos de combustibles.

En la tabla 2 se pueden notar las características de los distintos hornos así como los grados de temperatura de chimenea disminuidos al limpiar la zona radiante y la zona convectiva

Equipo	Comb	Zonas limpiadas	Red. T° Chim	Aumento Eficiencia	Red. Cons Comb	B/C
F-101	FG ¹⁰	ZR ¹¹ ZC ¹²	27°C	2,5%	533Ton/y	14,9
F-1	FG	ZC	14 °C	0,6%	355Ton/y	8,7
140-B	FG/FO	ZR ZC	80°C	2,5%	600 Ton/y	4.8
104-B	FG/FO	ZR ZC	30°C	1%	300 Ton/y	2.4
BA-461	FG	ZC	50°C	1,1%	365 TFOE/Y	14,6

Tabla 2 – Resultados de la limpieza química



Figura 7 – Horno F-101 Refinería Campana, estado inicial de los tubos de la zona convectiva

¹⁰ FG = Fuel Gas

¹¹ ZR = Zona Radiante

¹² ZC = Zona Convectiva

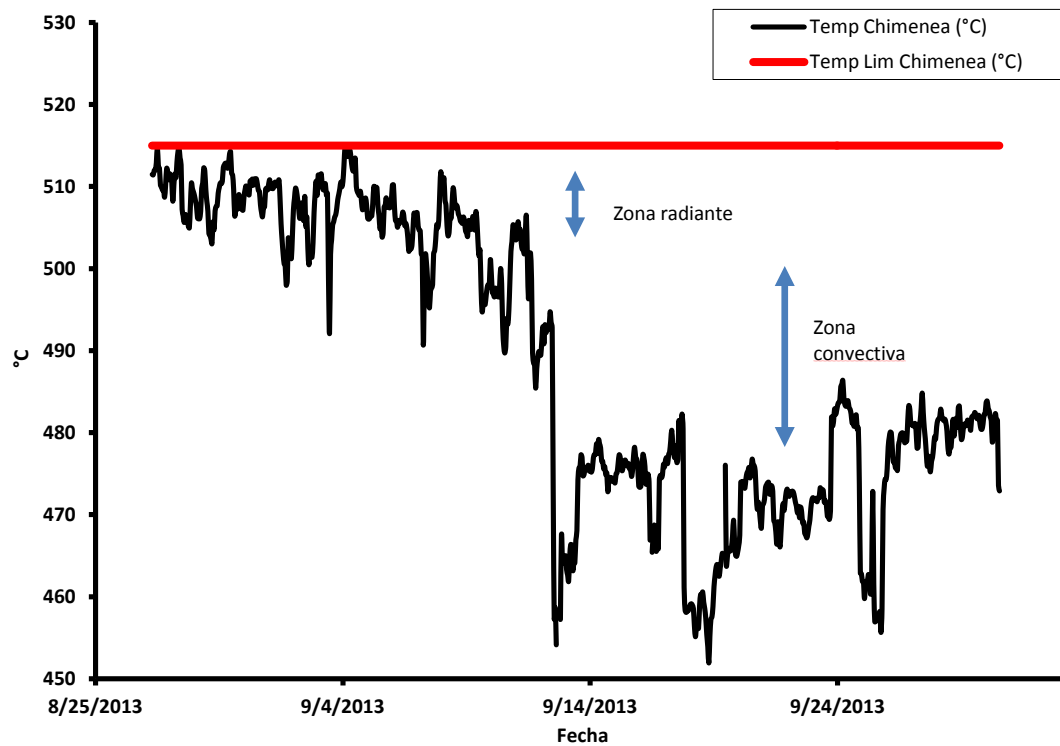


Figura 8 – Horno F-101 Refinería Campana, disminución de la temperatura de chimenea durante la limpieza química



Figura 9 – Horno F-101 Refinería Campana, estado final de limpieza de los tubos aletados de la zona convectiva



Figura 10 – Horno F-1 Refinería Campana, esta inicial de los tubos de superficie extendida de la zona convectiva

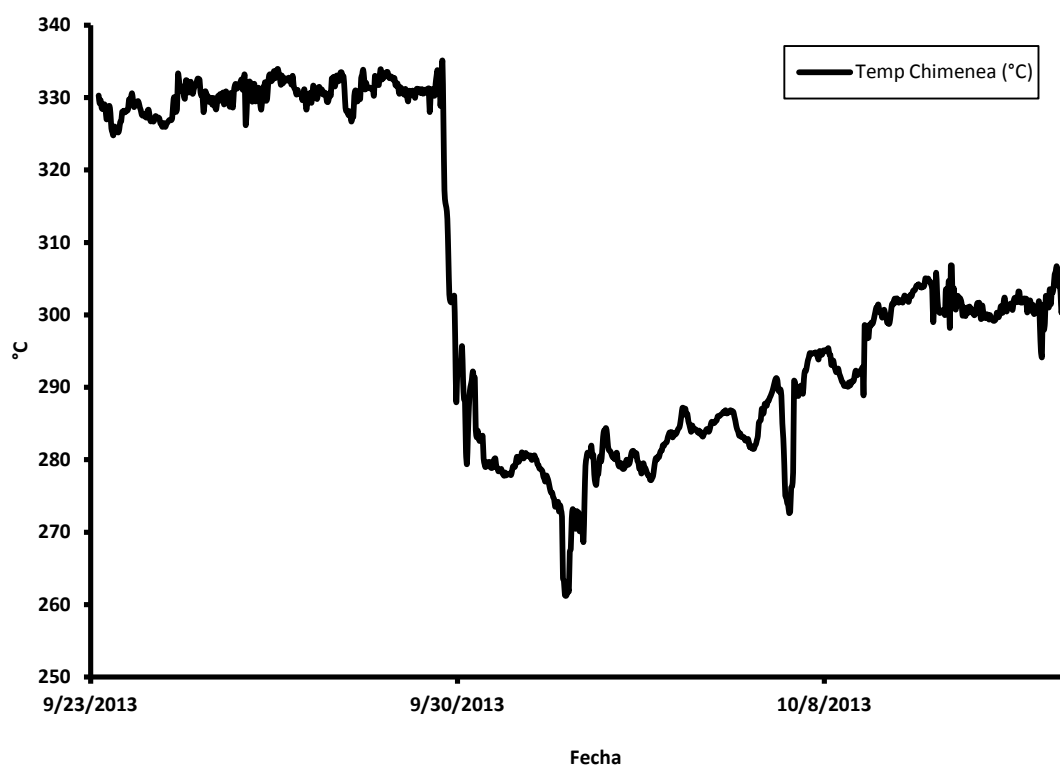


Figura 11 – Horno F-1 Refinería Campana, disminución de la temperatura de chimenea durante la limpieza química



Figura 12 – Horno F-1 Refinería Campana, estado final limpieza de los tubos de superficie extendida de la zona convectiva

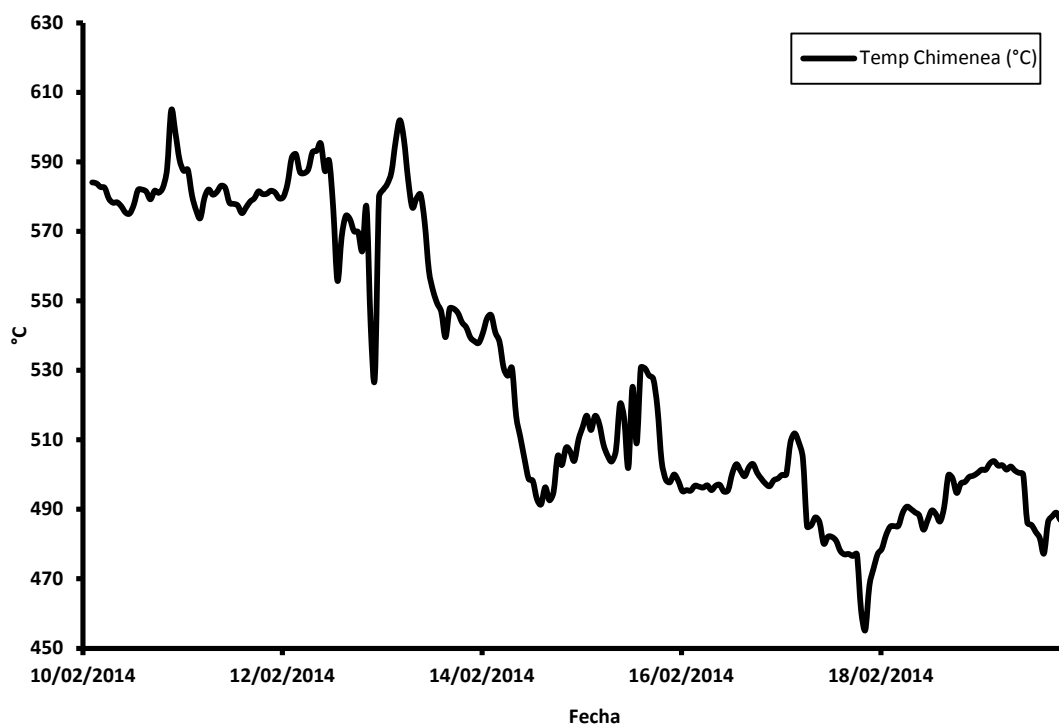


Figura 13 – Horno F-140 B Refinería La Teja, disminución de la temperatura de chimenea durante la limpieza química



Figura 14 – Horno F-140B Refinería La Teja, disposición del equipamiento durante la limpieza química

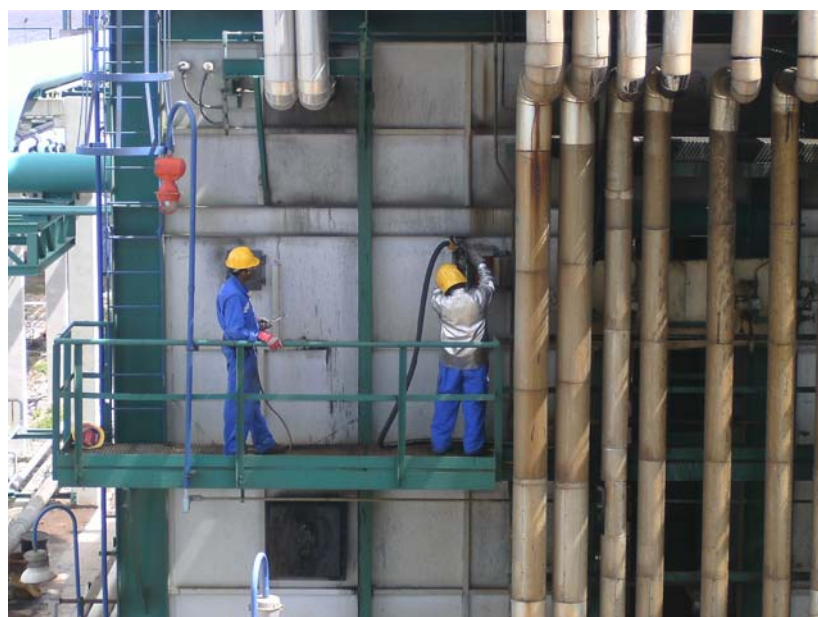


Figura 15 – Horno F-140B Refinería La Teja, limpiando químicamente el Horno

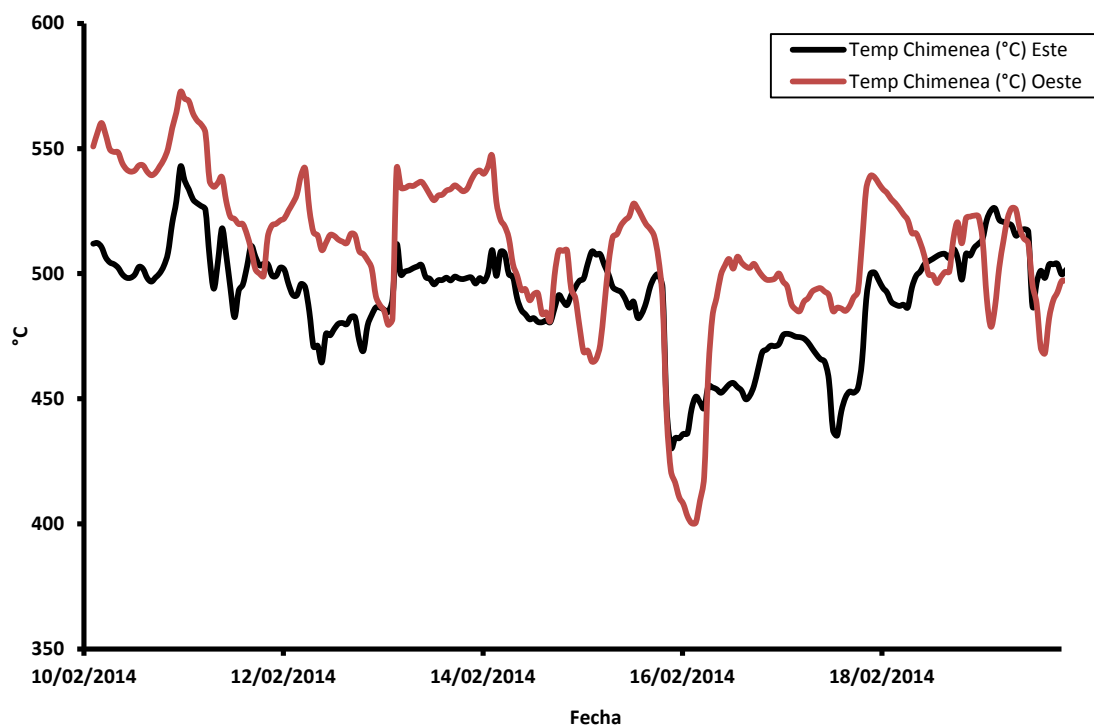


Figura 16 – Horno F-104B Refinería La Teja, disminución de la temperatura de chimenea durante la limpieza química

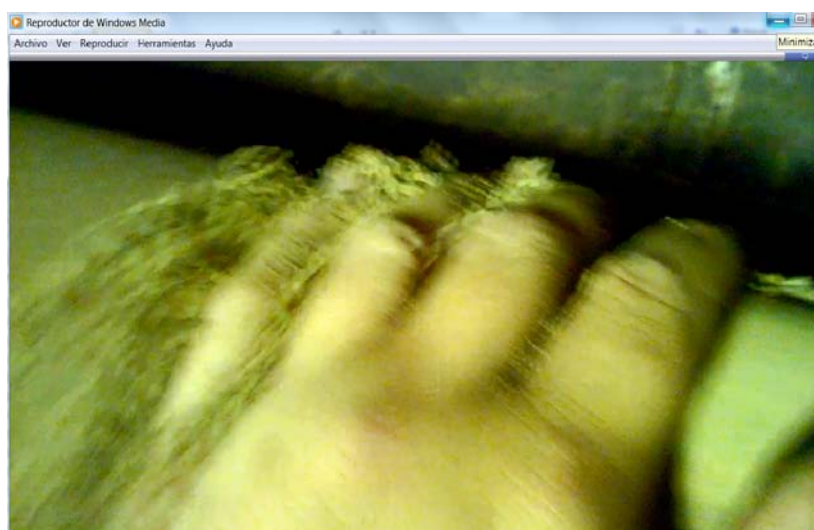


Figura 17 – Horno F-104 B Refinería La Teja, cenizas no adherentes depositadas sobre los tubos a ser eliminadas con la limpieza química



Figura 18 – Horno F104B Refinería La Teja, aspecto de las chimeneas durante la limpieza química

En el caso particular de refinería la Plata, si bien también se realizó la limpieza química on-line con igual metodología a la empleada en Refinería Campana y Refinería La Teja, los resultados no se presentan pues sólo se obtuvieron mejoras menores en la zona convectiva. Los resultados han sido mejores realizando limpiezas químicas tradicionales ya que además de la eficiencia de la limpieza, el costo del trabajo es sensiblemente menor.



Figura 19 - Horno BA 461 Refinería La Plata, estado tubos de superficie extendida de la zona convectiva antes de la limpieza

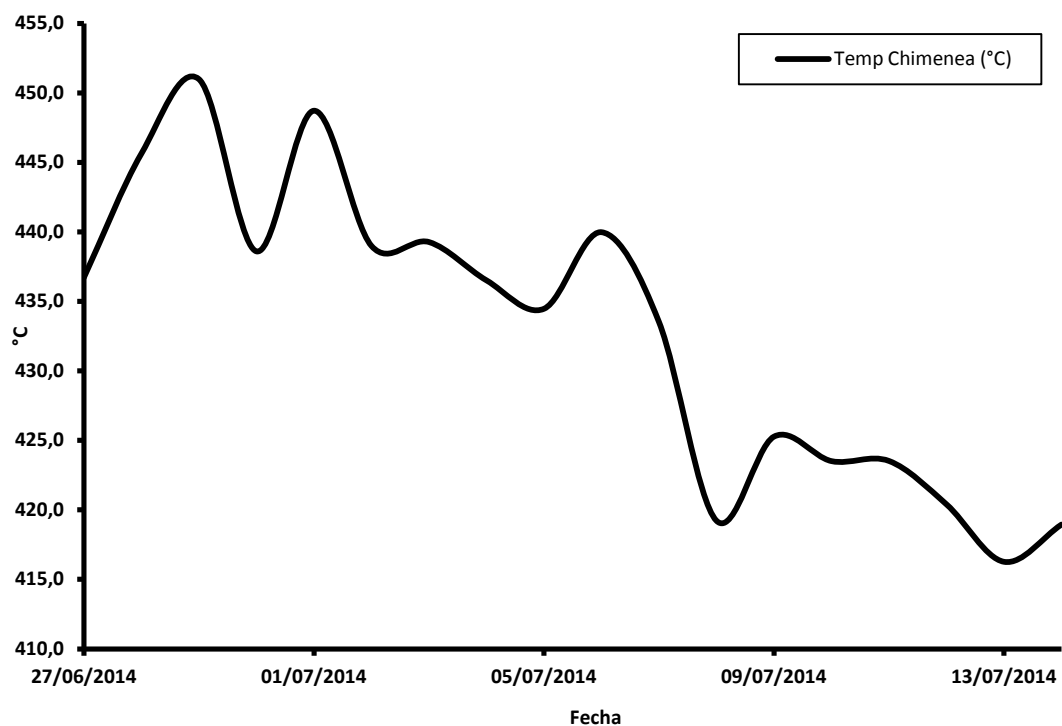


Figura 20 – Horno BA 461 Refinería La Plata, disminución de la temperatura de chimenea durante la limpieza química



Figura 21 – Horno BA 461 Refinería La Plata, estado de los tubos de superficie extendida de la zona convectiva luego de la limpieza.

4. Conclusiones

Generalidades

- La realización de sellados y limpieza químicas on-line ha demostrado ser una buena herramienta para mejorar la performance de hornos de proceso
- Los sellados de zonas convectivas utilizando sellador de silicona de alta temperatura han demostrado tener una buena estabilidad en el tiempo y adecuada resistencia a la intemperie
- En todos los casos, se ha observado aumento de la eficiencia y reducción del consumo de combustible.
- En el caso particular de hornos alimentados con FG, las limpiezas resultaron efectivas sólo en las zonas convectivas
- En el caso de los hornos alimentados con Fuel Oil, se notaron mejoras al limpiar tanto la zona radiante como la zona convectiva

Particularidades Refinería Campana

- Las limpiezas químicas del horno F-101 permitieron obtener también mejoras en confiabilidad y permitieron sostener la corrida de crudo (Evitó reducción de cut point/carga a la unidad del VPS (GO vs. FO) beneficio superior a los 650 kU\$S /año)
- Debido a que el combustible utilizado en los hornos en que se realizó el trabajo es fuel gas, no se observa gran generación de depósitos con lo cual la frecuencia con la que se requieren limpiezas químicas de mantenimiento es menos a cada tres años de corrida

Particularidades Refinería La Teja

- La limpieza química en línea permitió alargar la corrida con un promedio de carga mayor
- La limpieza on-line en los hornos de Topping y Vacío se muestra como una oportunidad especialmente para las zonas radiantes, en cambio para las zonas de convección no tanto ya que los lugares de ingreso para la proyección del químico son los puertos de entrada de los sopladores de hollín que se retiraron oportunamente.
- La limpieza con los hornos parados por lavado con agua de las zonas radiante y convectiva es más eficiente que la limpieza on-line por proyección de químicos y por lo tanto esta última requiere una frecuencia mayor. Lo cual no sería un problema si se disponen de los medios necesarios para hacerla con la frecuencia necesaria. Con la limpieza tradicional se requiere una nueva limpieza a los 6 meses y con la limpieza on-line por proyección de químicos se hubiera requerido otra limpieza al mes.
- El ensuciamiento mayor proviene de las cenizas del fuel oil y del aditivo que se le incorpora para aumentar la temperatura de fusión de las mismas. El principio activo del aditivo es el magnesio, incorporando

óxido de magnesio a las cenizas. Como efecto secundario se generan cenizas no adherentes las cuales se remueven con facilidad con las limpiezas tanto tradicional como la química on-line.

Particularidades Refinería La Plata

- Las limpiezas químicas, particularmente, de Zonas Convectivas y con los hornos en funcionamiento permitieron obtener mejoras en confiabilidad y eficiencia.
- Limpiezas en zonas radiantes no se justifican ya que hay una gran confiabilidad en los equipos de combustión (independientemente del combustible que sea, GN, FG y FO) haciendo que el ensuciamiento en esta zona sea despreciable.
- En aquellos hornos donde se consume mucho FO, se realiza el seguimiento de los sopladores de hollín, frecuencia de sopladors y tendencia de la temperatura de chimenea. A partir de este seguimiento y análisis se planifican y ejecutan las limpiezas de zonas convectivas.
- Las tareas de sellado realizadas, generaron además de un mejor control del exceso de O₂, un mejor manejo del horno ante cambios operativos (los hornos reaccionan más rápidos y se pueden regular en menores tiempos)

5. Referencias

- [1]. *The John Zink Combustion Handbook (Industrial Combustion)*
CRC Press; 1st Edition (March 27, 2001)

6. CV Autores

María Elisa Luque

Lic. Cs. Química, Universidad de Buenos Aires, Argentina

MSc. Chemical Engineering, Purdue University Main Campus, Estados Unidos

Se desempeña desde 2006 en Refinería Campana donde ha ocupado diversas posiciones como Ingeniero de Proceso, Coordinador Técnico de Manejo de Energía y actualmente se desempeña como Especialista en Planeamiento Corporativo con foco en el análisis de la Performance de Refinación.

Juan Pablo Luis Bosani

Ingeniero Químico, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

Se desempeña desde 2003 en Refinería Campana donde ha ocupado diversas posiciones como Operador de Planta, Ingeniero de resolución de Hazop y actualmente se desempeña como Especialista en Combustión desde hace más de siete años.

Leandro 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).

Gonzalo Abad

Ingeniero Químico, Universidad de la República, Uruguay.

Profesional certificado del International Council for Machinery Lubrication, ICML MLA II.

Se desempeña desde 1996 en la Refinería La Teja, Montevideo, donde ha ocupado diversas posiciones como Ingeniero de Staff, profesional asistente del Jefe del área de destilación y actualmente se desempeña como Jefe del área de destilación desde el año 2008.