



Limpieza de la grilla del regenerador en marcha

Por O. R. D'Ottavio, Esso SAPA

© IAP

La Unidad de Craqueo Catalítico Fluido (FCCU) es una de las más importantes de la Refinería de Campana de ESSO SAPA. La tarea de limpieza de la grilla del regenerador de esta Unidad realizada con el equipo en operación —durante 1993— empleando brazos robotizados y técnicas de inspección remotas evitó una parada no programada. En consecuencia, minimizó los impactos logísticos y económicos que esta hubiera ocasionado.

El trabajo “Limpieza de la grilla del regenerador en marcha” describe la causa del problema que originó la necesidad de la tarea, los incentivos existentes, las condiciones en que se desarrolló, los resultados y las conclusiones obtenidas.

Este trabajo recibió el premio empresario en el 1er Congreso Latinoamericano de Refinación, realizado en Buenos Aires el pasado mes de octubre, estipulado por varias firmas para incentivar los estudios en el sector.

O. R. D'Ottavio, Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional de Rosario, Santa Fe. Desarrolla sus actividades desde 1985 en ESSO SAPA en Inspección de equipos; Unidad de Craqueo Catalítico Fluido y otros; Ingeniería y construcciones, como coordinador de proyectos y de oficina externa de ingeniería; en Coordinación y planeamiento, como Analista Económico de Gastos Operativos del Departamento de Refinación.

vamente al reactor. Ambos equipos, voluminosos y complicados, son básicamente recipientes a presión cilíndricos de acero recubiertos con refractario por dentro que los protege de la temperatura, y poseen varios componentes internos: separadores ciclónicos, grillas, cámaras (figuras 1 y 2).

PLANTEO DEL PROBLEMA

Origen de la falla

El día 18 de julio de 1993 a las 18.00 hs, cuando la unidad FCCU estaba operando normalmente, repentinamente ocurrió una alteración de las condiciones en el regenerador y como consecuencia de la misma, una de las variables a controlar, el diferencial de presión a través de la grilla aumentó en forma brusca más allá del límite normal de operación, 4 psi (0.028MPa).

Luego de unas horas el diferencial de presión de la grilla se estabilizó en 12 psi (0.084 MPa). Fue necesario bajar la alimentación a la planta hasta que finalmente se desvió directamente a la torre fraccionadora y entre reactor y regenerador, sólo quedó recirculando catalizador.

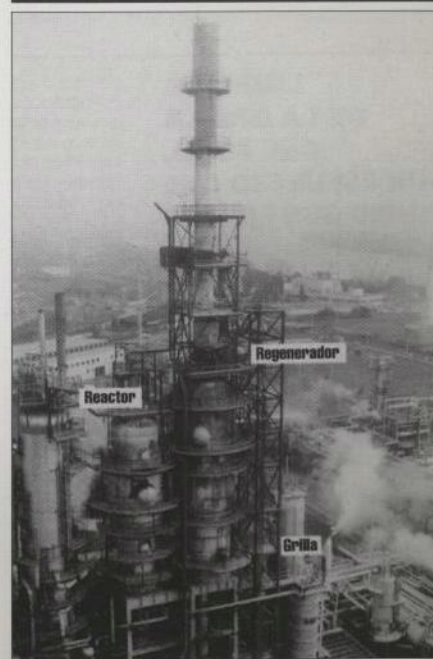
Paralelamente se efectuó una inspección visual y termográfica de la cubierta exterior del regenerador para evaluar los daños y asegurar que no estuviera comprometida la integridad del equipo.

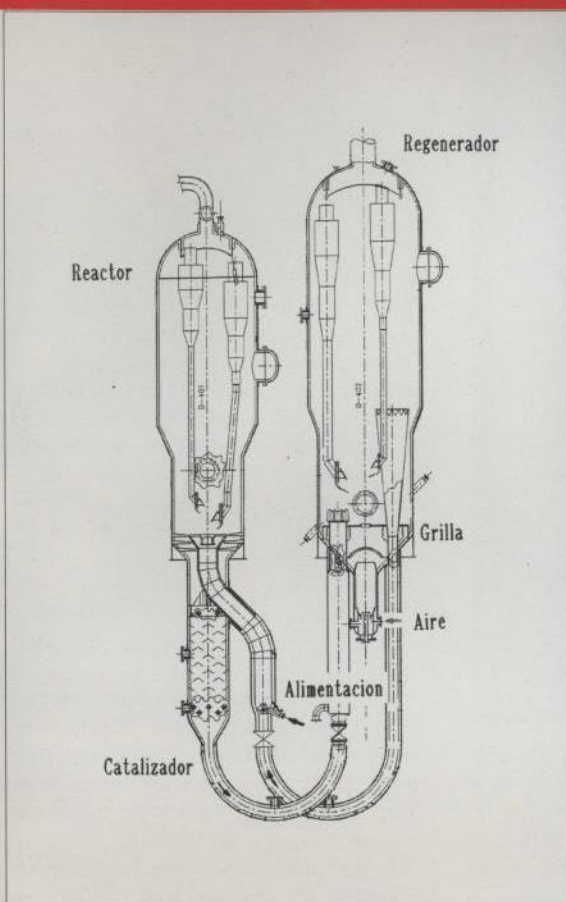
Con participación de todos los sectores

técnicos y operativos de la refinería y consultas a asesores externos de USA, se desarrolló un análisis de la situación para determinar los riesgos o limitaciones existentes en ese momento y de la posibilidad de continuar o no la operación de la unidad.

Si bien aún no se podía definir con precisión el origen de la falla, el estudio de las variables operativas y las verificaciones efectuadas permitieron asegurar que el regenerador podría tener daños en sus componentes internos pero no presentaba problemas estructurales que pudieran ocasionar

Fig. 1





una falla con impactos importantes.

El problema se estudió en todos los aspectos: seguridad, operativo, mecánico, logístico, y una vez completados los análisis técnicos, se estableció que la operación era posible, siempre que el diferencial de presión en la grilla no superase 10 psi (0.07 MPa) para evitarle daños mecánicos, principalmente erosión. De este modo quedaba reducido el caudal de aire que se podía inyectar al regenerador (40.000 m³/h vs 67.000 m³/h normales) y ésta pasó a ser entonces la limitación más importante para operar la planta con alto rendimiento.

Una eventual parada de esta unidad requiere un mínimo de 10 días sin operación y como en ese momento no estaba prevista, su impacto hubiera sido importante, especialmente debido a los inconvenientes de tipo logístico que hubiera originado. Por esta razón se estudiaron diferentes alternativas para mantener la operación e incrementar la eficiencia.

Análisis preliminar

Se construyeron facilidades para inyectar aire encima de la grilla (*by-pass*) a fin de mejorar la combustión y para inyectar catalizador en la corriente de aire normal para tratar de erosionar el elemento que obstruía los agujeros de la grilla. Ambas acciones tuvieron resultado positivo pero limitado y luego de un tiempo, se discontinuaron para no dañar las

partes internas del equipo.

Mientras tanto, con el objeto de ver qué era lo que realmente estaba ocurriendo dentro del regenerador, surgió la idea introducir una cámara de TV. El sector de Inspección de equipos que había estado

haciendo algunas experiencias en esta área, desarrolló en forma conjunta con un contratista local, un dispositivo robótico que contaba con una minicámara de TV comandada a distancia y refrigerada por aire (la temperatura interna es superior a 200 °C) para observar la grilla desde abajo, tratar de determinar el estado de los componentes internos en ese sector del regenerador y definir la causa del problema.

Diagnóstico

El primer dispositivo desarrollado para esta etapa (figura 3), fue básicamente una columna a introducir en el regenerador a través de una conexión existente de 3 pulgadas de diámetro (76.2 mm) sobre la cual se adaptó un prensaestopa para contener la presión de 3.2 kg/cm² (0.31 MPa) existente en el interior y evitar pérdidas hacia el exterior. La columna fue construida en acero al carbono, partiendo de un caño de 2 pulgadas (50.8 mm) de diámetro, 6 mts de longitud, cuyo extremo estaba articulado y portaba la minicámara de TV, luces y una termocupla para controlar la temperatura y evitar daños a las partes más delicadas.

En el interior del caño se ubicaron los dispositivos de comando de movimiento y accionamiento de la cámara. La refrigeración se realizó empleando aire comprimido industrial disponible en la planta a 5 kg/cm² (0.49

MPa), distribuido en dos partes, una general para todo el caño y otra específica para la cámara de TV que se utilizó también para mantener limpio el objetivo de la cámara.

Después de 3 intentos fallidos, el 30 de julio, 12 días después del incidente, fue posible obtener una visión de la grilla, que abarcó aproximadamente un 30% de su extensión. Pudo concluirse que su estado mecánico era bueno y que los agujeros estaban taponados con fibra cerámica (figura 4).

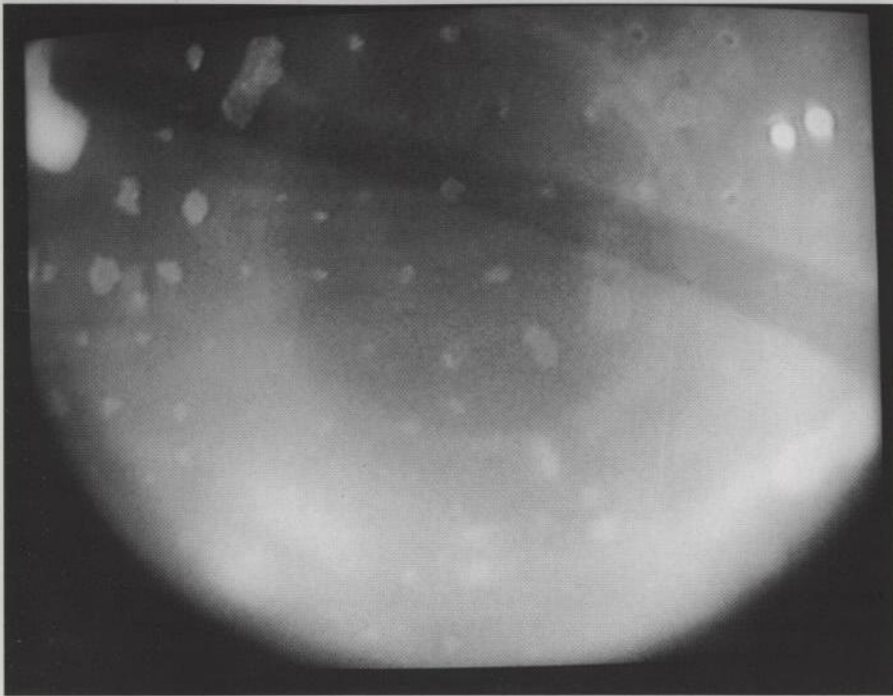
Se llevaron a cabo sucesivas inspecciones adaptando el dispositivo desarrollado con espejos metálicos que permitieron inspeccionar y definir que el resto de los componentes internos que posee el regenerador en ese sector estaba en buenas condiciones (figura 5). Además se observaron restos de refractario en el fondo pero dada su ubicación, no constituían un problema.

Con la información disponible, se dedujo y posteriormente se comprobó mediante termografía y gammagrafía, que la fibra cerámica había sido arrastrada por el flujo de aire desde el quemador auxiliar por falla del revestimiento interno de ladrillos refractarios que posee para protección de su cubierta metálica. La fibra cerámica se había instalado años atrás, con buen resultado, como junta de dilatación para evitar la rotura y caída de los ladrillos, que era un problema frecuente.

DESARROLLO

Análisis de alternativas

Dado que de este modo se pudo asegurar que no estaba comprometida la integridad



del equipo, fue posible emprender la limpieza de la grilla. Se esbozaron varias teorías sobre alternativas para efectuarla: succión por vacío, *cat blasting* (erosión con catalizador), variaciones súbitas de condiciones operativas, etc., de las cuales se eligió la de desmenuzar la fibra cerámica mediante un chorro de aire a presión porque era la más simple y económica. El principio de funcionamiento se probó reproduciendo la forma de la grilla y las condiciones de trabajo en una maqueta con buen resultado. También de este modo se evaluó la distancia óptima entre el pico inyector y la grilla.

Dispositivo de limpieza

Fue necesario diseñar un dispositivo de limpieza incluyendo las facilidades para su acceso al interior del regenerador y capaz de funcionar en las condiciones de ese ambiente (temperatura, presión, vibraciones).

El sistema desarrollado incluyó tres brazos robóticos, uno para comandar la minicámara de TV, otro para la iluminación y el restante, que contenía el dispositivo de limpieza propiamente dicho (figuras 6, 7, 8 y 9). Los brazos fueron soportados por columnas cilíndricas construidas a partir de caños de acero al carbono, de aproximadamente 6 metros de longitud cada una, por dentro de las cuales se instalaron los mecanismos y sistemas de accionamiento correspondientes.

Las columnas de TV e iluminación eran similares a la utilizada en las primeras inspecciones, de 2 pulgadas (50 mm) de diámetro y refrigeradas por aire, mientras que

el destinado a la limpieza era más robusto, de 4 pulgadas de diámetro (100 mm), para soportar los esfuerzos mecánicos durante la operación, con dos articulaciones y brazos intercambiables de diferente longitud para aumentar el alcance efectivo de trabajo.

Los movimientos eran controlados desde una consola de comandos con monitor ubicada cerca de la base del regenerador y las imágenes obtenidas quedaban registradas en videocassettes VHS.

Trabajos complementarios

Dado que no existían conexiones apropiadas

(diámetro/ubicación), fue necesario efectuar un agujero de 10" de diámetro en el cuerpo del regenerador e instalar una conexión con válvula (*hot tap*) para poder acceder con todos esos dispositivos simultáneamente.

La realización de *hot taps* de este tipo no es frecuente, por lo que los antecedentes disponibles eran muy pocos. El procedimiento y herramientas habituales debió ser modificado por la inclinación del corte (sistema de guiado) y para favorecer la descarga del refractario durante el corte (figura 10).

El sitio exacto donde se ejecutó el agujero se determinó a través de inspecciones con ultrasonido para detectar la ubicación de los soportes de la grilla o refractario y evitar interferencias que podrían dificultar el corte.

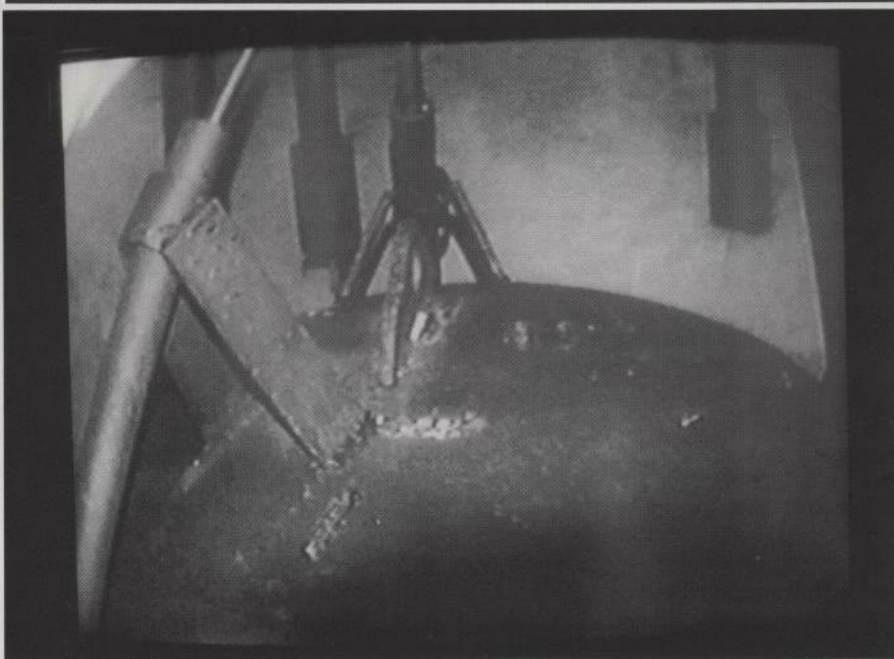
Como este era uno de los pasos más críticos, previamente a realizar el trabajo sobre el equipo, se construyó una maqueta para reproducir las condiciones en que se desarrollaría el trabajo y verificar prácticamente que no había riesgos sin controlar.

La ejecución de este paso llevó aproximadamente dos semanas, pero permitió sacar conclusiones útiles y ajustar detalles que se aplicaron al efectuar el *hot tap*, que quedó completado en menos tiempo y sin ocasionar daños al refractario según se comprobó en posteriores inspecciones con TV (figuras 11 y 12).

En forma paralela y conjuntamente con el contratista mencionado, se construyó el

Fig. 5

VISTA INTERNA DEL CABEZAL INFERIOR DEL REGENERADOR



dispositivo de limpieza. Para comprobar el funcionamiento del sistema, hacer los ajustes necesarios y a la vez entrenar al personal involucrado, también se construyó una maqueta en tamaño real de la porción del regenerador sobre la cual se desarrollaría el trabajo. También se definió de esta manera la longitud más apropiada de cada uno de los brazos y se estimó que era posible acceder al 80% de la superficie de la grilla

Limpieza

Finalmente, el equipo se trasladó a refinería y después de un intento fallido, los tres elementos que constituyen el dispositivo de limpieza, luces, TV, brazo limpiador, fueron instalados en el regenerador, se acopló la consola de comandos y se conectaron las utilidades necesarias, electricidad, aire comprimido. La tarea de limpieza comenzó el 23 de octubre y en los primeros dos días, se limpiaron más de 100 agujeros, con lo que el diferencial de presión que permanecía en 8 psi (0.055 MPa) bajo a 4 psi (0.027 MPa) en condiciones constantes de la unidad (figura 13).

Luego de dos semanas, se limpió aproximadamente el 50% de los agujeros de la grilla, abarcando el sector central y sur de la grilla. Esto había permitido mejorar las condiciones operativas de la unidad e incrementar la alimentación aunque todavía no era posible llegar a los valores normales.

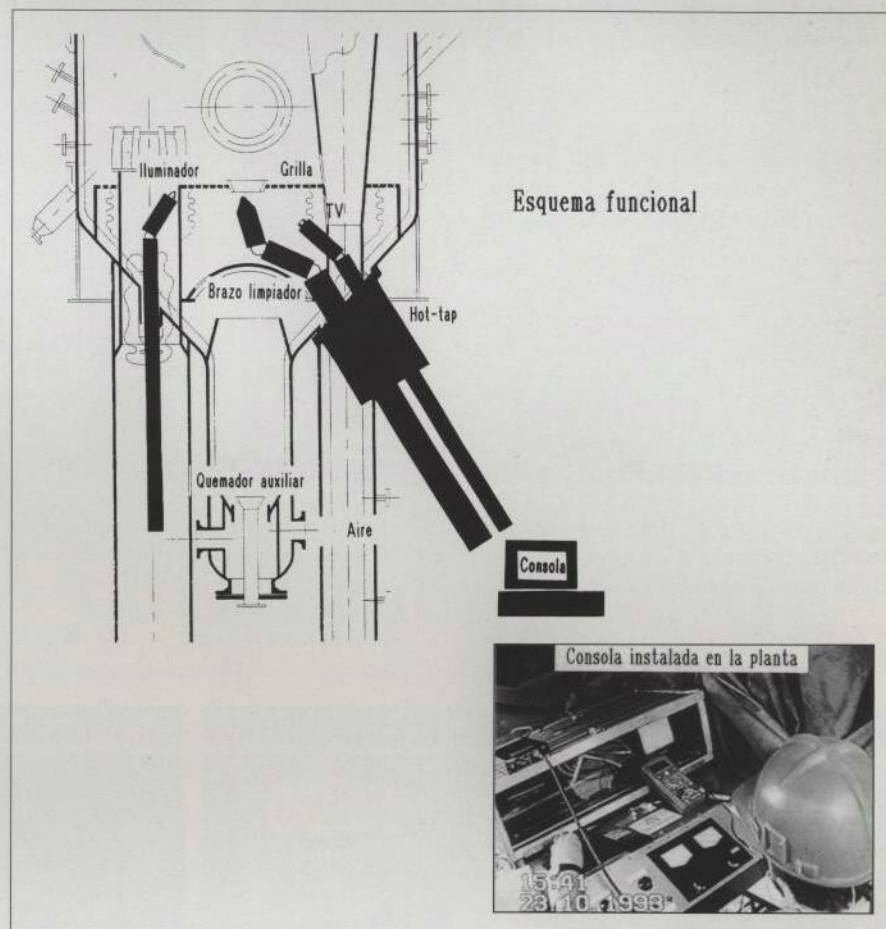
A fin de balancear el flujo de aire a través de la grilla y puesto que se había llegado al límite de alcance del dispositivo desarrolla-

do, se realizó otro *hot tap* en el lado norte del regenerador para continuar la tarea.

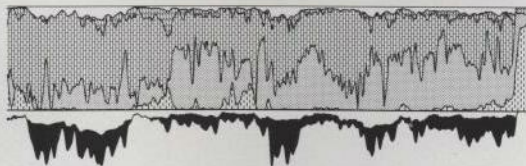
En este caso, por razones de practicidad y costo, se tuvo especial cuidado en que fuera posible emplear el mismo equipamiento. El orificio realizado fue de 6 pulgadas (150 mm) de diámetro (en lugar de 10), porque era sólo

para que accediera el brazo limpiador. La columna de TV se introdujo por la conexión utilizada en las primeras inspecciones y la iluminación, por el *hot tap* antes indicado.

Se decidió suspender la limpieza de la grilla a fines de noviembre, cuando se habían limpiado aproximadamente el 80% de los 1100 agu-



Discover the Potential



with PETCOM petrophysical analysis software

PETCOM features include:

- Data input from industry standard formats
- Powerful interactive data editing
- Environmental corrections for major service companies
- User programming for custom models
- High quality log plotting from a variety of printers, plotters, and fax machines
- Sophisticated advanced interpretation models include Clay Volume, Complex Lithology, Multimineral, Shaly Sand and Dual Water Analysis
- Add-on modules include statistical lithology modeling (STATMIN) and neural network modeling

Representa en Argentina y Latinoamérica
GEOINFO S.R.L.

Reconquista 538 piso 5 B of 53
CP 1003 - Capital Federal - Argentina
Tel: (541) 3931998
Fax: (541) 3931349

PETCOM

SOFTWARE & SERVICES

4925 Greenville Ave. • Suite 1359
Dallas, Texas 75206
Tel: (214) 368-2191
Fax: (214) 368-5281

Fig. 8 PRUEBA DEL DISPOSITIVO EN TALLER



Fig. 9



jeros que posee la grilla, dado que las condiciones estaban normalizadas y ya no constituían una limitación para la operación (figura 14).

Quemador auxiliar

En inspecciones llevadas a cabo con un

nuevo dispositivo, se observó que entre los restos de los ladrillos que están en el fondo del quemador auxiliar, existe la posibilidad de que quede algo de fibra cerámica.

Por esta razón se analizó la posibilidad/conveniencia de realizar una reparación en

marcha del quemador auxiliar; pero se desechó porque el costo sería elevado. No son muy grandes los incentivos (el quemador auxiliar no se emplea en la operación normal de la unidad, sólo se utiliza en el proceso de puesta en marcha) y los restos de fibra cerá-

Fig. 10 HERRAMIENTA DE CORTE PARA HOT-TAP



Fig. 11 RESULTADO DEL CORTE EN LA MAQUETA

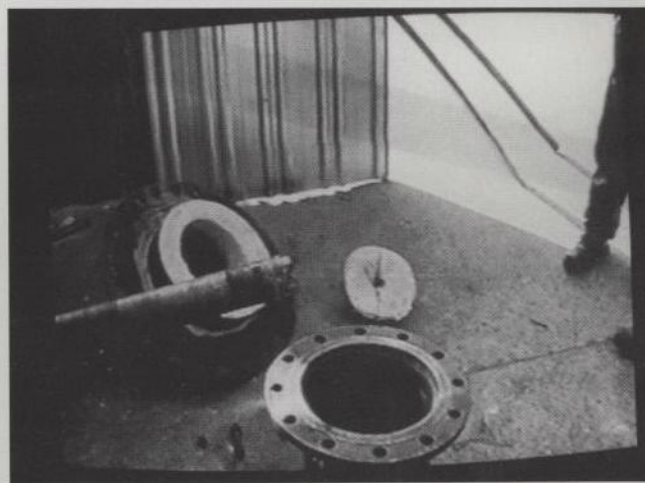
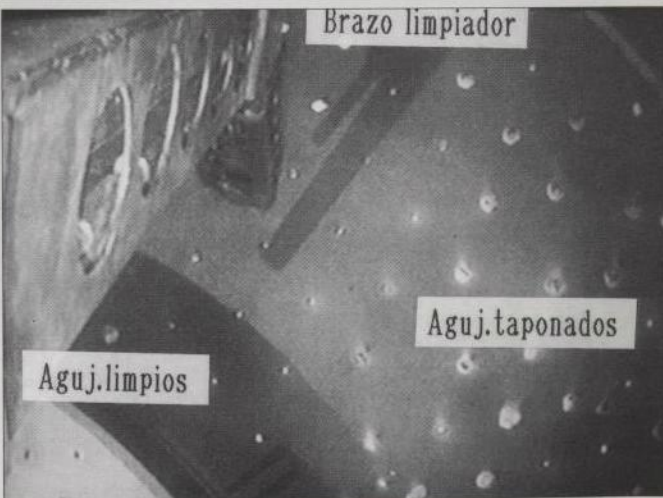
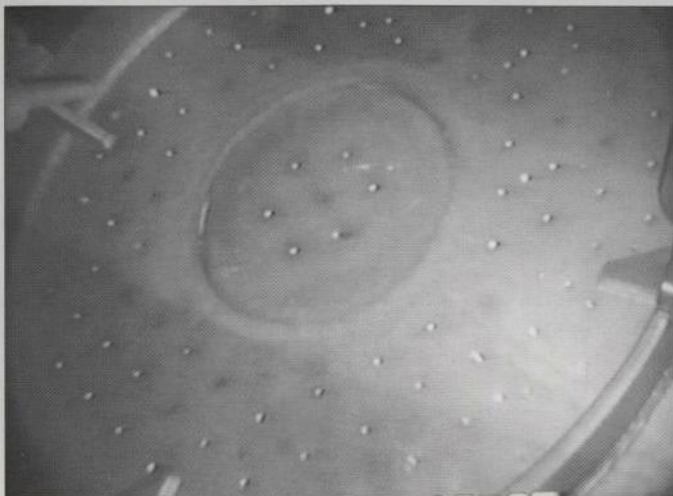


Fig. 12 TROZO EXTRAIDO DEL REGENERADOR



Fig. 13 DISPOSITIVO DE LIMPIEZA EN OPERACION





mica que podrían estar aprisionados entre los ladrillos podrían ser liberados y arrastrados por el flujo de aire hacia la grilla y ocasionar un nuevo taponamiento (figura 15).

En función de los resultados obtenidos, se estableció un régimen de inspecciones con el dispositivo de TV para detectar y prevenir cualquier cambio de la situación, el cual se ha mantenido hasta la actualidad. De este modo fue posible efectuar el seguimiento de un sector de la grilla que había sido erosionado y poseía un agujero, y prever los materiales y mano de obra necesarios para su reparación en la parada programada.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BASIC PRACTICES (EXXON)
EXES (EXXON)
ASME VIII - I

CONCLUSIONES

Luego de la limpieza de la grilla del regenerador, la unidad continuó operando a plena capacidad hasta que un año y medio más tarde, por otras razones, fue necesario efectuar una parada para mantenimiento general de los equipos, por lo que es posible afirmar que el objetivo planteado fue alcanzado.

En esta oportunidad, se pudo comprobar además, la exactitud de las informaciones obtenidas de las inspecciones realizadas tanto en la grilla como en el quemador auxiliar y el resto de los componentes internos del regenerador involucrados.

Por otra parte, es de destacar que además de los beneficios directamente obtenidos al evitar la parada de una unidad operativa como el FCCU con un costo relativamente bajo, existen otros también importantes por las enseñanzas y experiencias que dejan para el futuro:

Se obtuvieron buenos resultados utilizando la tecnología apropiada y alto *know how*.

El análisis riguroso de cada paso fue clave para el éxito del proyecto.

El uso de maquetas ayudó enormemente a evitar riesgos porque permitió mejorar los dispositivos y entrenar al personal.

El potencial de desarrollo de técnicas de inspección remotas y dispositivos robóticos para futuros emprendimientos es muy alto.

ENERCONSULT S.A.

Representantes de **PURVIN & GERTZ, INC.,**
consultores en petróleo y gas.

Comunica a sus clientes el traslado de sus oficinas a la calle
San Martín 910, piso 10º, (1004) Buenos Aires, Argentina,
teléfonos (541) 312-2280 / 312-0504, facsímil 312-0735.