

FORMACIÓN DE COKE EN EL FONDO DE TORRE FRACCIONADORA DE LA UNIDAD DE CRACKING CATALITICO

Gerardo Daniel Abalde
ESSO Petrolera Argentina SRL

Gerardo Daniel Abalde es Ingeniero Químico egresado de la Universidad Nacional del Litoral y Master en Administración de Empresas de IDEA (Instituto para el Desarrollo Empresarial Argentino). Está trabajando en ESSO PA SRL desde el año 1994 habiendo ocupado diversos puestos en el Departamento de Refinación y Suministros, y en varias Terminales Automatizadas del Sector de Distribución. Actualmente se desempeña como Ingeniero de Proceso de la Unidad de Cracking Catalítico y Light Ends de la Refinería Campana.

Sinopsis

En un breve período de tiempo las condiciones operativas del fondo de la torre fraccionadora del Cracking Catalítico se inestabilizaron de tal manera que obligaron a una reducción de la carga a la unidad al 75% de su capacidad y luego a una parada de la misma para restablecer sus condiciones normales.

Los síntomas detectados fueron modificaciones en el perfil de temperaturas de la zona de sheds, un aumento considerable del delta de presión en el fondo, inundaciones en varias secciones de la torre y una muy deficiente distribución de productos con excesiva producción de diesel pesado de reciclo, arrastre de slurry en el mismo y bajo retiro de la corriente de fondo.

Se determinó que la causa básica fue la gradual formación de coke en el fondo de la torre y en la línea de transferencia desde el reactor durante los cuatros años que llevaba la unidad en operación. También se estableció que se había operado con niveles de líquido que inundaban parcialmente la línea de transferencia reduciendo así el área libre para el flujo de los gases desde el reactor a la torre.

Esta circunstancia provocó un efecto de jet en este flujo con arrastre de slurry a niveles superiores, y el burbujeo de gases calientes en el líquido con el agravamiento de las condiciones ya que la condensación de vapores de hidrocarburos, las altas temperaturas y el aumento del tiempo de residencia propiciaron el incremento de la formación de coke.

Derrumbamientos periódicos de esta formación carbonosa bloquearon la zona inferior y obstruyeron la salida de los productos de fondo.

El objetivo de esta presentación es relatar la secuencia de eventos ocurridos, sus causas, las acciones tomadas y las lecciones aprendidas para ayudar a otros a anticiparse a este tipo de problemas de confiabilidad.

Introducción

La unidad de craqueo catalítico de la Refinería Campana está formada por un reactor-regenerador con tecnología ExxonMobil Modelo IV .

Opera recibiendo como alimentación cortes cuyos puntos de ebullición van entre los 340°C y 600 °C, provenientes principalmente de las plantas de destilación atmosférica y al vacío.

También recibe, en menor proporción, aportes de la unidad de craqueo térmico retardado y producto almacenado en tanques.

La unidad es alimentada a una carga máxima de 185 m³/h y procesa además una corriente de reciclo proveniente de la torre fraccionadora y compuesta por diesel pesado.

El reactor opera normalmente entre los 520°C y 525 °C y el regenerador entre 690°C y 705°C.

Posee una caldera de recuperación de calor que produce vapor a partir de los gases de combustión antes de su liberación por la chimenea del regenerador.

Este vapor se sobrecalienta en el horno de precalentamiento de la alimentación logrando una integración energética y proveyendo de vapor de alta presión (30 kg/cm²) al sector de fuerza motriz de la refinería.

La torre de fraccionamiento que continúa al reactor y en donde se produce la separación de los diferentes productos es alimentada a través de una línea de transferencia de 30" y opera a una presión de 1.7 kg/cm² (g).

Se trata de una torre compuesta por una zona inferior de sobrecalentamiento compuesta por doce filas de ranchos con distribuidor en la zona media y superior y una grilla de contacto por encima de la última fila de ranchos.

A continuación siguen 17 bandejas de las cuales sucesivamente se retiran las corrientes de reciclo al reactor, la recirculación media, la corriente de diesel y la recirculación superior.

Del fondo de la torre se retira una recirculación de fondo utilizada para precalentar la alimentación, para la generación de vapor de baja presión y para el lavado de la zona de ranchos y de grilla a través de los distribuidores mencionados.

Este lavado permite mantener las superficies húmedas y con una temperatura uniforme.

El resto de la unidad se compone de una planta de tratamiento de los hidrocarburos livianos, donde son separados, estabilizados, tratados y enviados a tanque los productos finales.

En la unidad de craqueo catalítico se producen los siguientes productos con los rendimientos volumétricos (en base a la alimentación fresca) que se mencionan a continuación:

- Nafta catalítica, 53 % V (de alimentación fresca).
- Diesel catalítico, 32 %V
- C3 (propano petroquímico), 7 % V
- C4 (butano petroquímico), 14 % V
- Slurry (utilizado para mezcla de Fuel Oil o como CBFS) , 5 % V
- y finalmente Fuel Gas , 6 % V utilizado para quemado en la refinería.

En el presente trabajo se presentan los eventos ocurridos en la torre fraccionadora y cómo afectaron su normal funcionamiento.

Se concluye sobre las causas más probables y se describen los descubrimientos hechos en la parada de planta a la que se vio obligado a recurrir.

Finalmente se mencionan las lecciones aprendidas que se tradujeron en el ajuste de condiciones operativas y en el establecimiento de límites y alarmas en la operación para evitar su repetición y mitigar los efectos de este proceso.

Desarrollo

La unidad de craqueo catalítico fue actualizada a su tecnología actual en abril del año 2001.

Al momento en que empezaron a notarse los síntomas y eventos que describiremos la unidad llevaba cuatro años de operación.

A principios de diciembre del año 2004, poco tiempo después de una bajada de carga de aproximadamente una semana para la limpieza de los condensadores de cabeza de la torre fraccionadora, se empezaron a observar algunas inestabilidades en la operación de la misma.

También aparecieron algunos eventos aislados de ensuciamiento en intercambiadores de calor componentes de la recirculación de fondo con un impacto pequeño en la unidad.

Hacia mediados de enero del año 2005, el nivel del fondo de la torre comenzó a disminuir y el perfil de temperaturas cambió volviéndose más uniforme.

La caída de presión a través de la torre comenzó a incrementarse.

Poco después la operación se tornó muy inestable con reiterados episodios de inundación en el sector de reciclo y extracción de diesel liviano (zona entre las bandejas 4 y 11).

En estos momentos se perdía toda extracción de productos de fondo y se observaba un importante arrastre de slurry en la corriente de reciclo al reactor (HCO), cuya producción había aumentado considerablemente.

Esta operación trajo como consecuencia un importante impacto en la generación de slop (producto de reproceso) repercutiendo esto tanto en el rendimiento económico de la unidad como en la logística general de la refinería.

Fue necesario entonces realizar algunos ensayos para investigar lo que ocurría en la torre y en base a eso evaluar las acciones futuras.

Entre mediados de febrero y principios de marzo del año 2005 se llevaron a cabo estudios utilizando Gamma Scanning y Neutron Back Scattering.

Estos estudios revelaron una distribución dispar de alturas y densidades en la sección inferior del conjunto de ranchos mientras que la sección superior mostraba densidades uniformes.

Estos resultados eran consistentes con la observación de que el delta de presión en la zona de ranchos de la torre se había incrementado unas seis veces por sobre el valor normal (2.8 psi vs 0.4 psi).

También se observó una distribución de densidades no uniforme en la grilla y este resultado explicaba el pobre contacto líquido-vapor que se evidenciaba en esta zona de contacto.

La caída de presión en la zona de la grilla estaba levemente por encima del valor teórico (0.15 psi vs 0.1 psi).

También se comparó la situación del fondo de la torre con estudios similares realizados un par de años antes (marzo del año 2003).

Además de estos relevamientos se aplicaron algunas acciones tendientes a mejorar la operación de la torre, todos ellos con impacto menor.

Especialistas en craqueo catalítico y en destilación pertenecientes al staff corporativo de la empresa arribaron a Campana para el análisis de la situación.

Se realizaron, en presencia de los mismos nuevos ensayos buscando y evaluando las respuestas en la operación de la torre.

Así se eliminó la recirculación de fondo y se ajustó la conversión a través de la temperatura del reactor para minimizar la cantidad de vapor a través de los ranchos.

Si bien la reducción de la recirculación media mostró mejores resultados, la operación continuaba siendo inestable y poco sostenible.

En todos los casos no se lograba operar a más del 85% de la máxima capacidad sin observar la desaparición de la corriente de fondo.

La temperatura de reactor debía mantenerse en valores entre un 2 y un 5 % por debajo de sus valores habituales, con la consecuente merma en rendimientos.

Luego de la validación y el análisis de los ensayos realizados se concluyó que la causa más probable de las inestabilidades observadas en la torre fraccionadora era una combinación de problemas.

En primer lugar se supuso que había un bloqueo parcial en la porción inferior del conjunto de ranchos lo que generaba un efecto de "jet" en el flujo de los vapores que producía el arrastre de productos de fondo hacia sectores superiores de la torre.

Finalmente este arrastre terminaría siendo extraído junto con el producto de reciclo explicando el gran caudal de esta corriente y su contaminación con productos de fondo (slurry).

El origen de este bloqueo debía ser la deposición de un residuo carbonoso.

También se consideró que el pobre contacto evidenciado en la zona de la grilla podría haber contribuido con la deposición mencionada.

En base a estos datos y en vista de no poder estabilizar la operación de la torre, se decidió ir a una parada de la unidad para restablecer las condiciones normales en la fraccionadora.

En el apéndice se observan figuras 1, 2 y 3 que muestran los resultados de los ensayos realizados en base a los cuales se emitieron las conclusiones y decidieron las acciones subsecuentes.

Conclusiones

Realizada la parada de planta se comprobó que se habían depositado importantes residuos carbonosos en algunos ranchos mientras que la parte superior de los mismos permaneció relativamente limpia.

También se encontraron numerosos picos rociadores tapados en el distribuidor de retorno superior de la recirculación de fondo así como importantes depósitos de carbón recubriendo las bandejas del distribuidor.

En el distribuidor de retorno inferior de la misma recirculación de fondo también se encontraron muchos picos rociadores tapados y algo de carbón en las bandejas, pero en una extensión no tan severa como la del distribuidor superior.

En cuanto a la grilla y sus picos rociadores de lavado se encontraron relativamente limpios

Cuatro fotos que ilustran estos hallazgos pueden encontrarse en el apéndice.

Finalmente la causa básica y principal de este problema se ubicó en una lenta y paulatina acumulación de carbón en la línea de transferencia entre el reactor y la torre a lo largo de cuatro años de operación.

Este carbón que se va formando, eventualmente se desprende y cae al fondo de la torre con lo que se pierde volumen de retención en el este sector.

De esta manera el nivel de líquido de la torre aumenta así como también el tiempo de residencia, que junto con las altas temperaturas llevan a la formación de más cantidad de carbón.

Esta disminución del volumen de fondo y la elevación del nivel hace que en cierto momento se inunde parcialmente la línea de transferencia, empeorando la situación ya que a los mencionados problemas de tiempo de residencia y temperatura se agrega una fase líquida en la que es más fácil la condensación de vapores pesados que generan aún más carbón.

La reducción de la sección libre en la línea de transferencia deriva en un área menor para el flujo de los vapores de reacción con lo que la velocidad de ingreso de los mismos aumenta.

Este aumento deriva en un efecto de "jet" que hace que impide el intercambio de calor y masa adecuados entre la fase que sube y el líquido que desciende y se observa el arrastre de productos de fondo a sectores superiores de la torre.

Eventualmente este efecto se hace tan notorio que los propios gases calientes no dejan bajar a los líquidos produciéndose entonces "jet flooding" caracterizado por la uniformidad de los perfiles de temperatura, un aumento considerable de diferencias de presión en los sectores de la torre afectados y a la extracción de productos fuera de especificación.

El origen de esta situación se remonta a la calidad de las alimentaciones a la unidad, a la severidad de la misma y al diseño del sector de fondo de la torre.

Si bien la resolución definitiva de esta situación implica considerar estos aspectos y en los referidos al rediseño y/o adecuación del fondo de la torre se pueden requerir grandes esfuerzos de capital, en el caso de esta torre fraccionadora se han efectuado algunas modificaciones con el objetivo de alertar y disminuir impactos de este proceso y anticipando sus efectos.

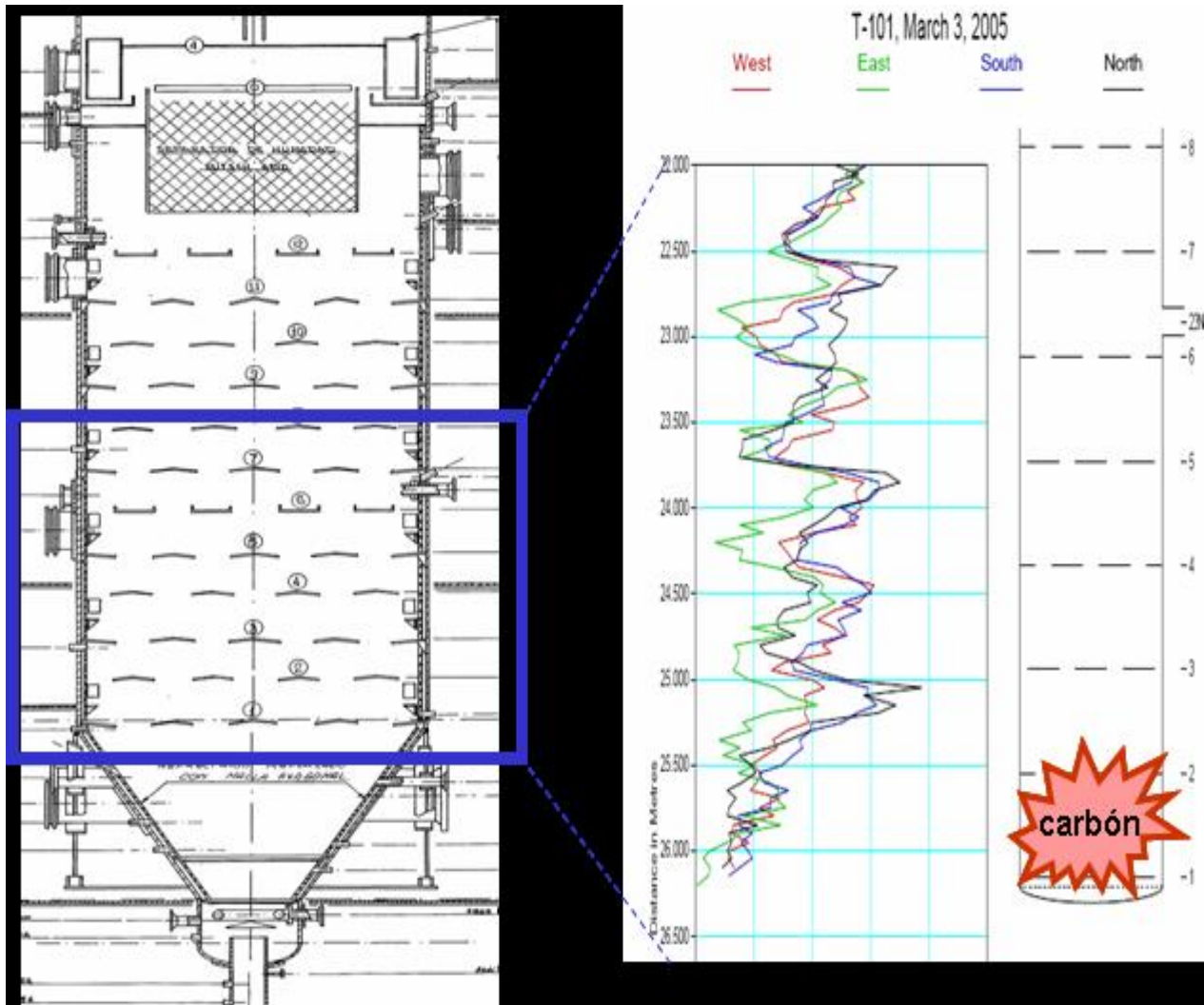
En el fondo de la torre se modificó el filtro de carbón según un diseño f-Mobil extendiendo su altura en aproximadamente un metro.

Por otro lado se colocó una alarma de alto nivel independiente en el fondo de la torre con una altura tal que asegura el ingreso de los gases provenientes del reactor con un determinado ángulo de incidencia sobre la pared posterior a la conexión de entrada, asegurando así una alerta temprana al fenómeno de inundación parcial de esta cañería.

También se agregaron en la consola de operación de la unidad variables calculadas de tiempo de residencia en el fondo de la torre que alertan sobre la producción de productos de fondo y avisan sobre la necesidad de realizar ajustes operativos para disminuir este tiempo de residencia.

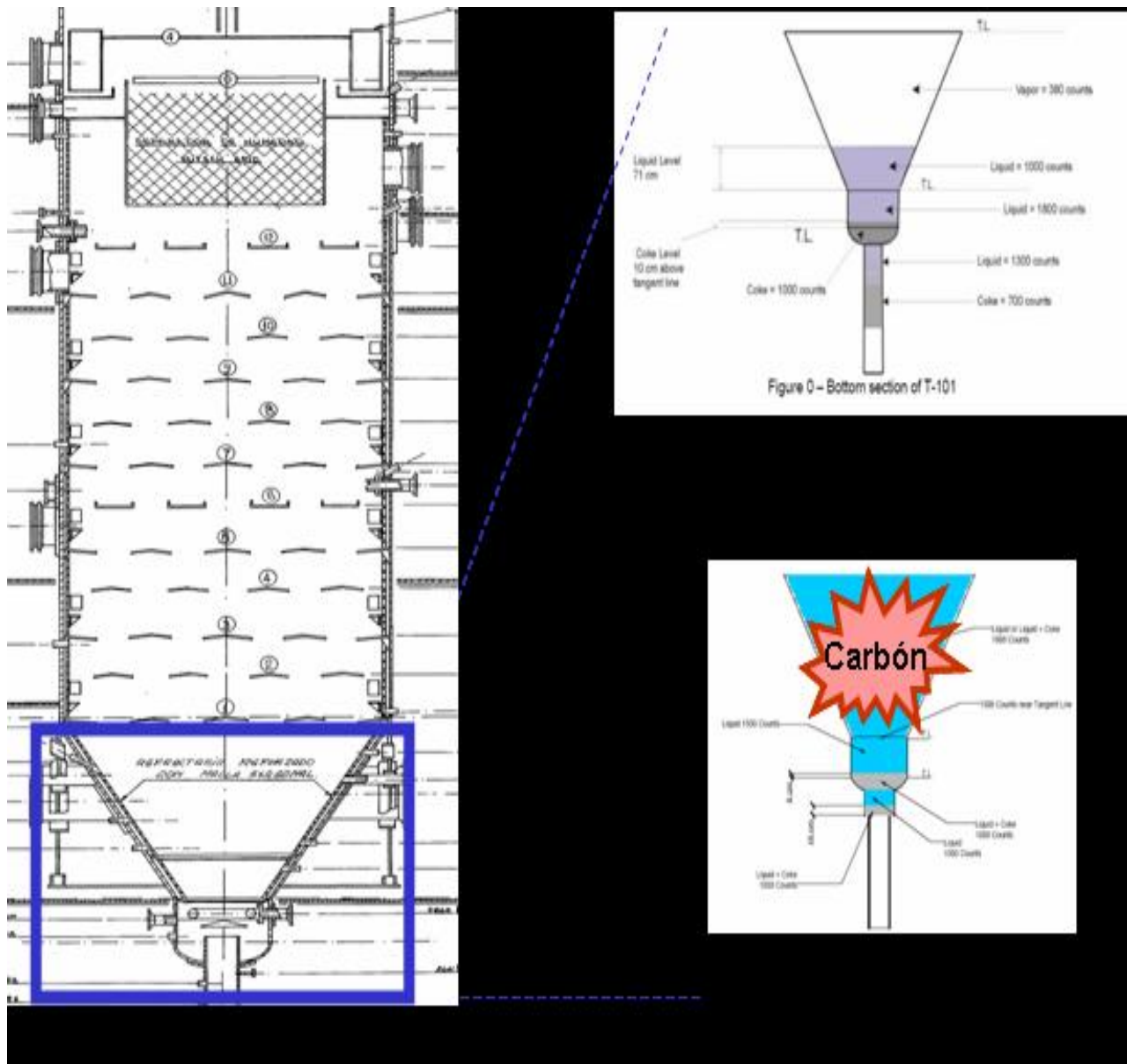
APENDICE

Figura 1



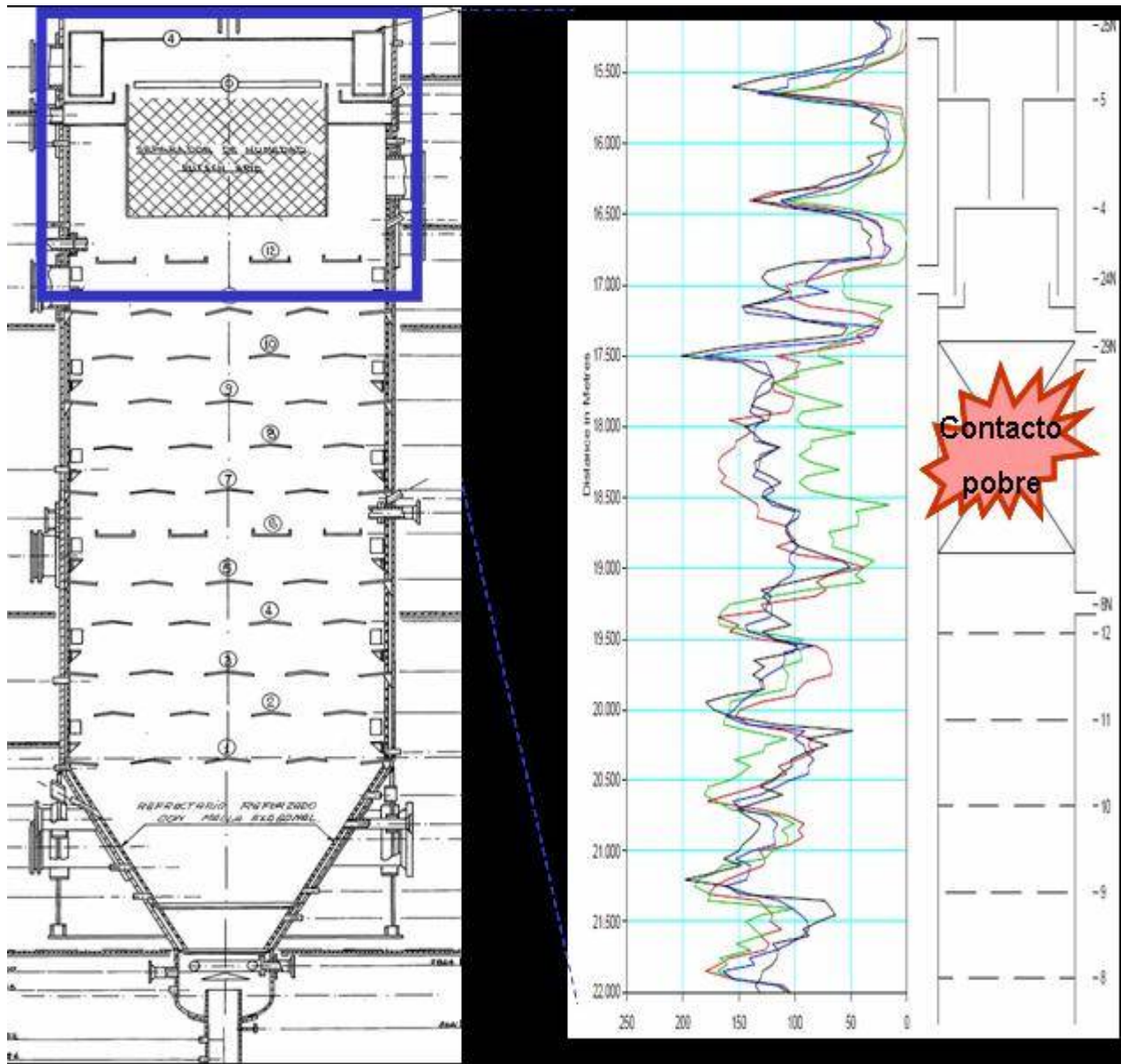
Formación de carbón en la zona de las filas de sheds numeros 1 y 2

Figura 2



Carbón en fondo de la torre. Comparación con estudio de marzo del año 2003

Figura 3



Zona de grilla de contacto con evidencia de pobre intercambio vapor-líquido



Foto 1: Grilla y picos rociadores relativamente limpios.



Foto 2: Distribuidor superior con picos rociadores tapados y bandejas con mucho carbón.



Fotos 3 y 4 : Shed cubierto de carbón y el mismo shed visto desde arriba luego de su reemplazo

