

Ecopetrol es

TU
ENERGÍA



Procesamiento de Gasóleo Pesado de Coker en la unidad de Hidrocraqueo

Retos Operativos y Beneficios para la Refinería

Procesamiento de Gasóleo Pesado de Coker (HCGO) en la unidad de Hidrocraqueo

Retos Operativos y Beneficios para la Refinería

- ¿Por qué es tan desafiante el procesamiento de HCGO en las unidades de hidrocraqueo de lecho fijo?
- Aumento de diferencial de presión (DP) en el lecho 1 del R-001
- Efectos sobre la capacidad de circulación de hidrógeno de reacción hacia el R-001
- Plan de acción para combatir el aumento de DP en el lecho 1 del R-001
- ¿Por qué es tan importante reducir el *spread* de temperatura radial de los lechos catalíticos?

TU
ENER
GÍA



¿Por qué es tan desafiante el procesamiento de HCGO en las unidades de hidrocraqueo de lecho fijo?



Cada filtro tiene un modelo específico

El diseño de los sistemas de filtración de las unidades de hidrosistemas se realizó con el apoyo de compañías que no son referentes para este tipo de soluciones de Ingeniería.

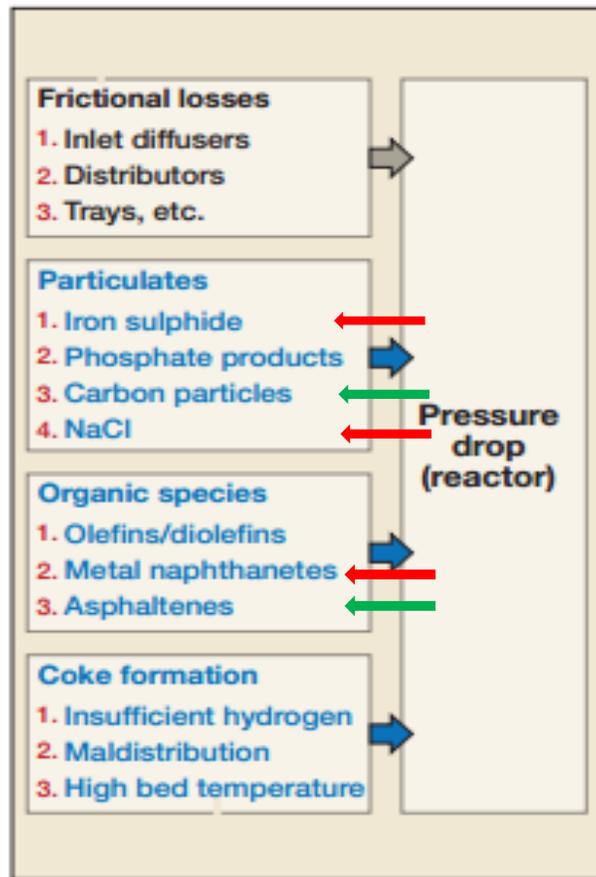
Los diseños se realizan con base en un flujo de referencia

El diseño de las carcasas y la cantidad de elementos filtrantes sólo tuvo en cuenta el flujo de carga de la unidad de 35000BPD. Es por eso que el área de filtración y los diámetros de las vasijas de estos filtros son casi similares en dimensionamiento.

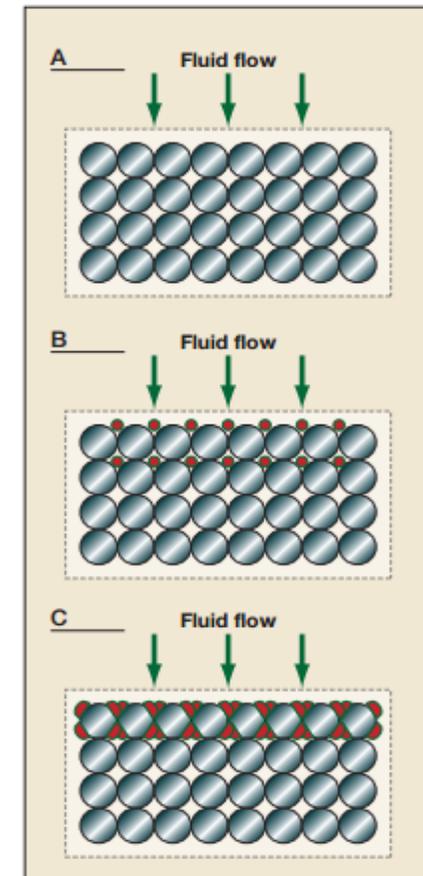
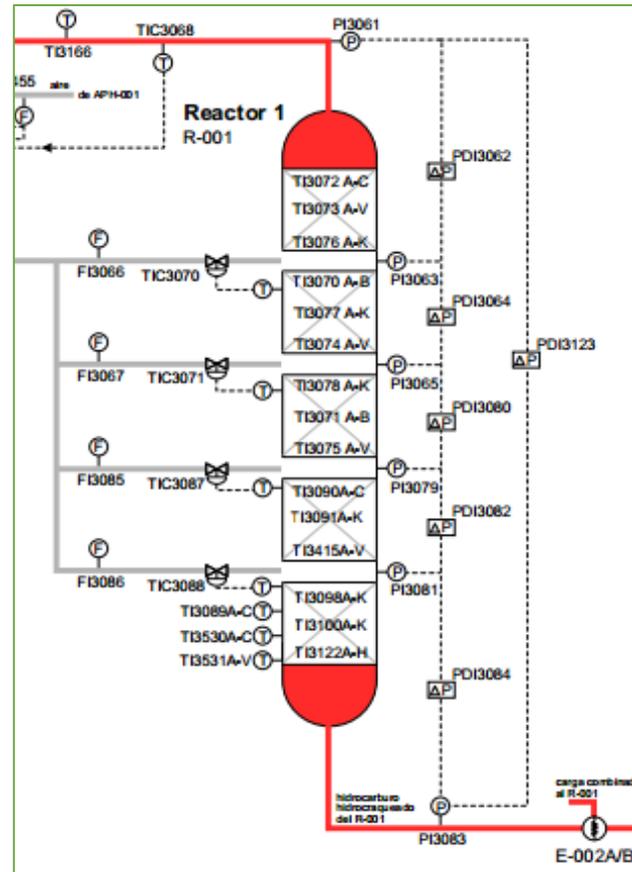
No se cuenta con un balance de sólidos por corriente

El dimensionamiento de los sistemas de filtración no tuvo en cuenta el típico de tipo y cantidad de contaminantes que se podrían esperar en las corrientes procesadas.

Aumento de diferencial de presión (DP) en el lecho 1 del R-001



→ Causa Raíz Posible
→ Causa Raíz Probada



Causas del Aumento de DP en el Lecho 1 del R-001



Material Particulado

FeS: Producto de corrosión en unidades aguas arriba, partículas menores a 25 micras (MVGO y/o HCGO).

Finos de Coque: Alta carga de partículas finas de coque menores a 25 micras provenientes en el HCGO de la unidad de Coquización Retardada.

Sólidos: Presentes en el MVGO de la unidad de Destilación de Crudo, aunque en menor medida.

Especies Orgánicas

Olefinas / Diolefinas: Presentes en la corriente de HCGO.

Asfaltenos: Presentes en las corrientes de MVGO y/o HCGO.

Naftenatos de Hierro: en la corriente de MVGO.

Formación de Coque

Mala Distribución del Flujo: Alto diferencial de temperatura radial $> 30^{\circ}\text{F}$ (valor normal $< 15^{\circ}\text{F}$)

Hidrógeno Insuficiente: Se opera con disponibilidad de $\text{H}_2 > 5$ (mín. 4)

Altas temperaturas de lecho



Caracterización del Material Retenido en los Cartuchos de los Filtros de Carga de la Unidad de Hidrocraqueo

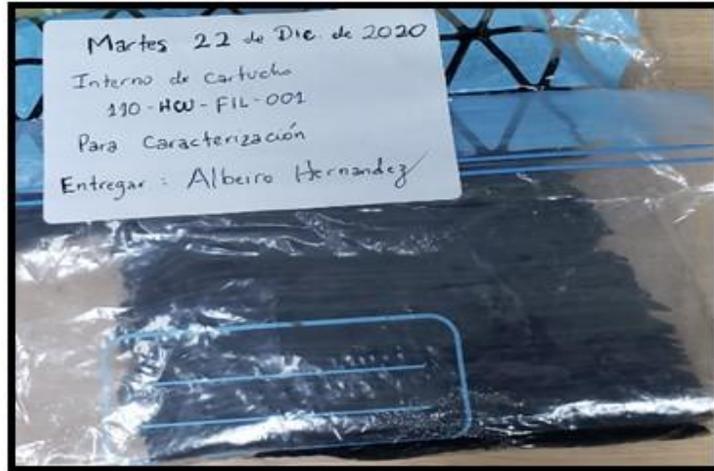


Figura N° 1.: Muestra original del elemento filtrante



Figura N° 2.: Proceso de extracción del material retenido en el elemento filtrante

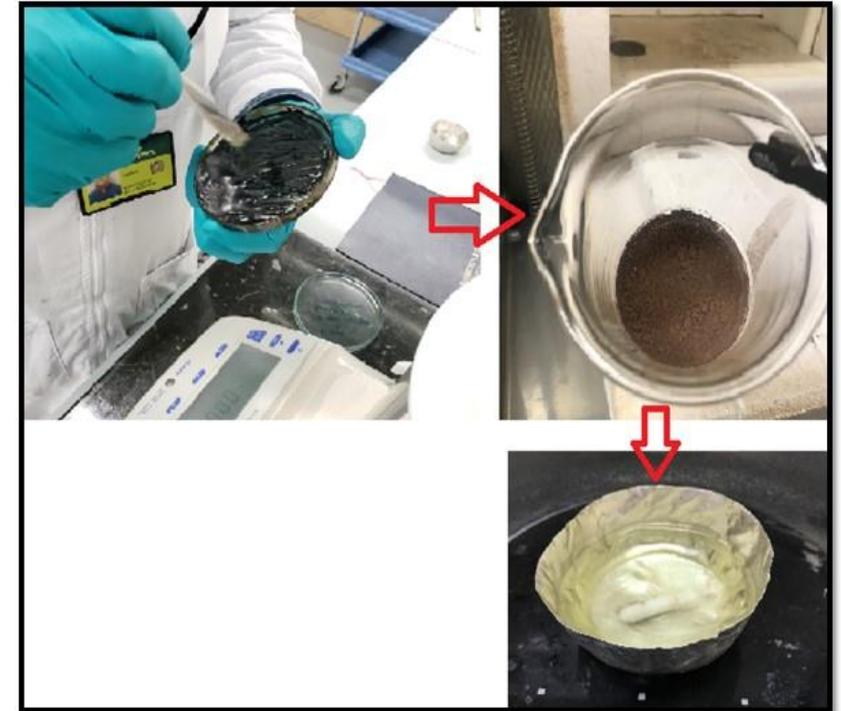


Figura N° 3.: Proceso de pesado, calcinación y disolución del residuo mineral.

Caracterización del Material Retenido en los Cartuchos de los Filtros de Carga de la Unidad de Hidrocraqueo

Tabla N° 1.: Resultados porcentaje de material inorgánico en el residuo retenido en el filtro.

Material Orgánico (% wt)	Material Inorgánico (% wt)
94,40	5,60

Tabla N° 2.: Composición y concentración de elementos metálicos en el residuo inorgánico.

Elemento Metálico	Concentración (%wt)
Silicio	41,0
Hierro	16,0
Calcio	13,0
Aluminio	2,0
Magnesio	2,0
Sodio	0,8
Níquel	0,5
Zinc	0,3
Cobre	0,1

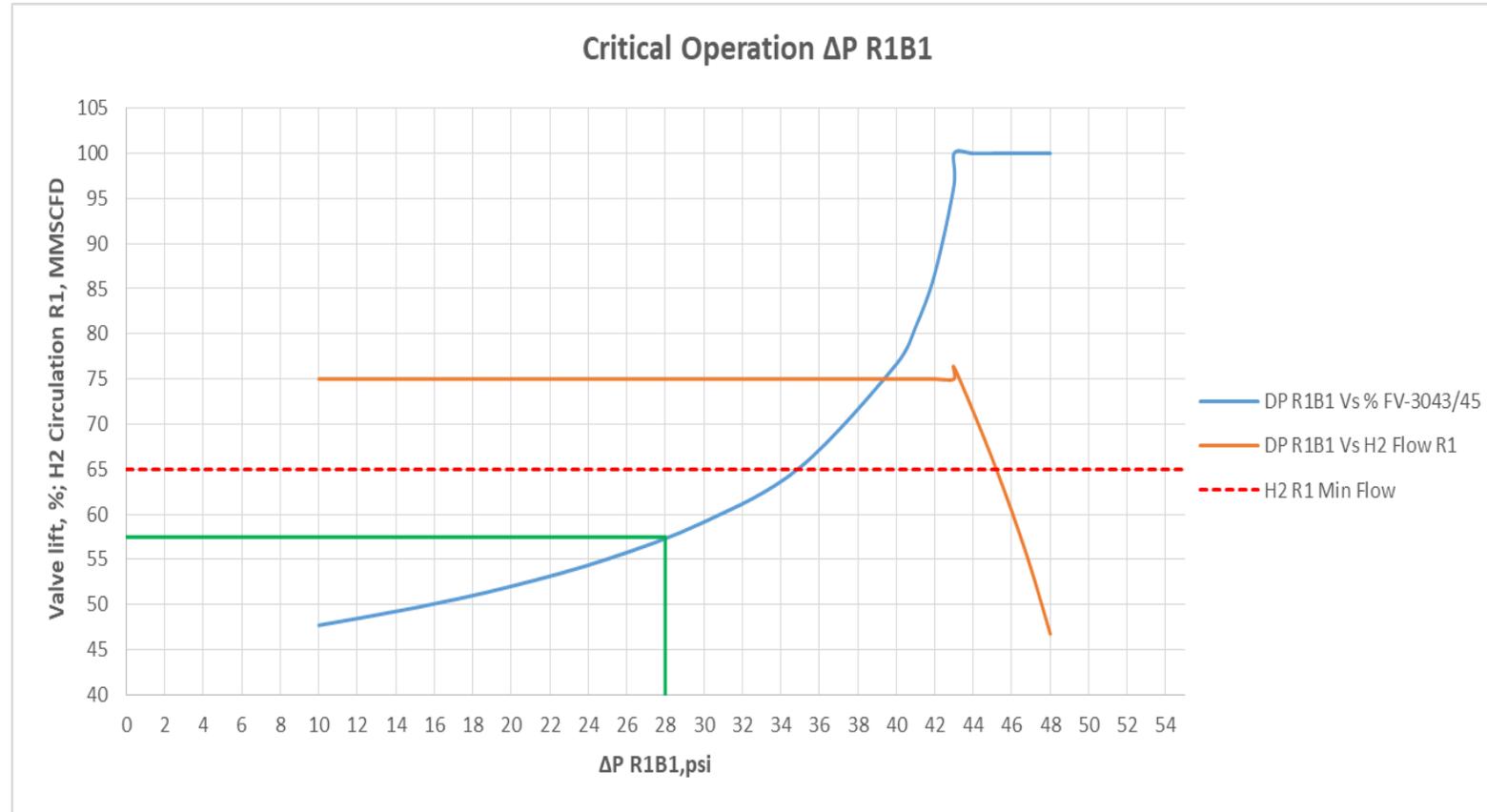


Alta posibilidad de que este contaminante provenga del material original del medio filtrante del cartucho.

Se corrobora en la ficha técnica que el material filtrante contiene compuestos siliconados.



Efectos sobre la capacidad de circulación de hidrógeno de reacción hacia el Reactor R-001

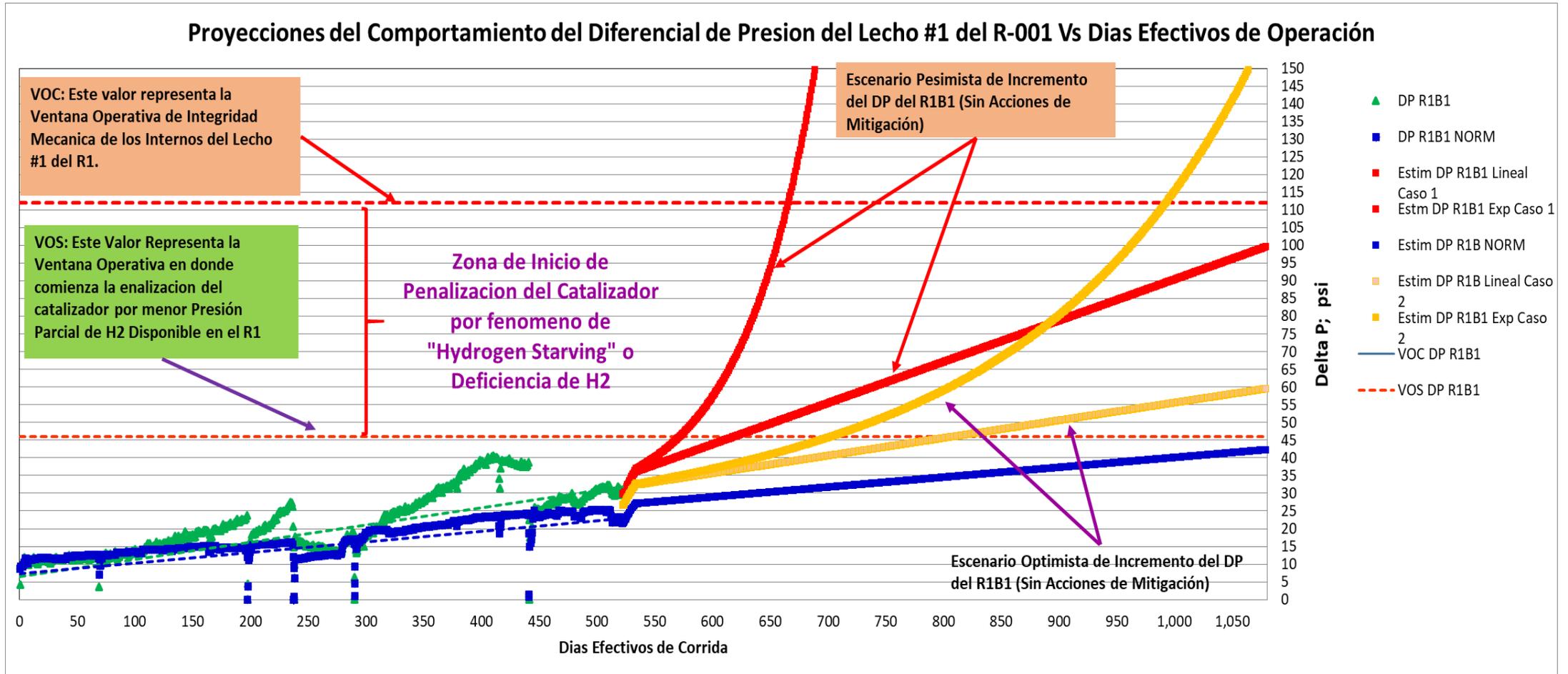


Gráfica N° 1.: Penalización de la capacidad de circulación de hidrógeno de reacción hacia el Reactor R-001 en función del DP del lecho #1

Fundamento técnico para el establecimiento de la ventana operativa estándar (VOE) del diferencial de presión (DP) del lecho #1 del R-001 como variable crítica de proceso.



Proyecciones del Comportamiento del DP del Lecho 1 del R001 - Corrida # 2

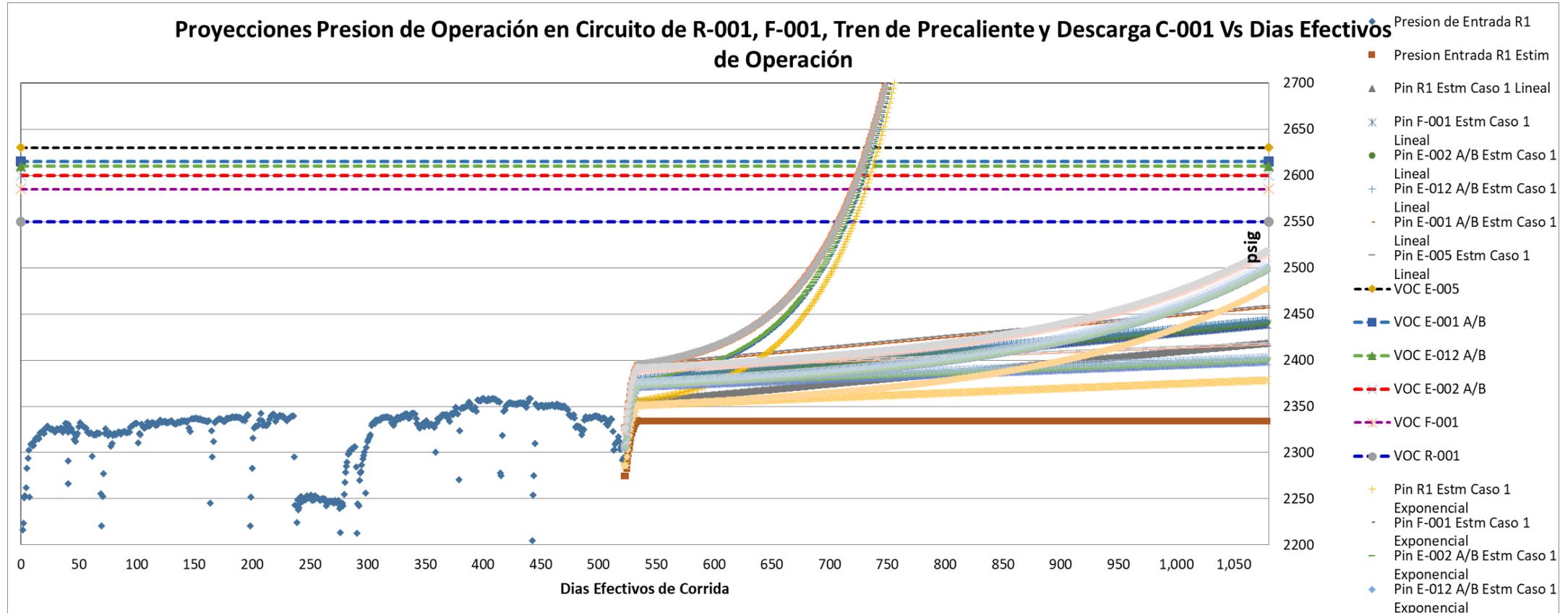


Líneas Roja: Escenario Exponencial y Lineal Pesimista

Líneas Naranja: Escenario Exponencial y Lineal Optimista



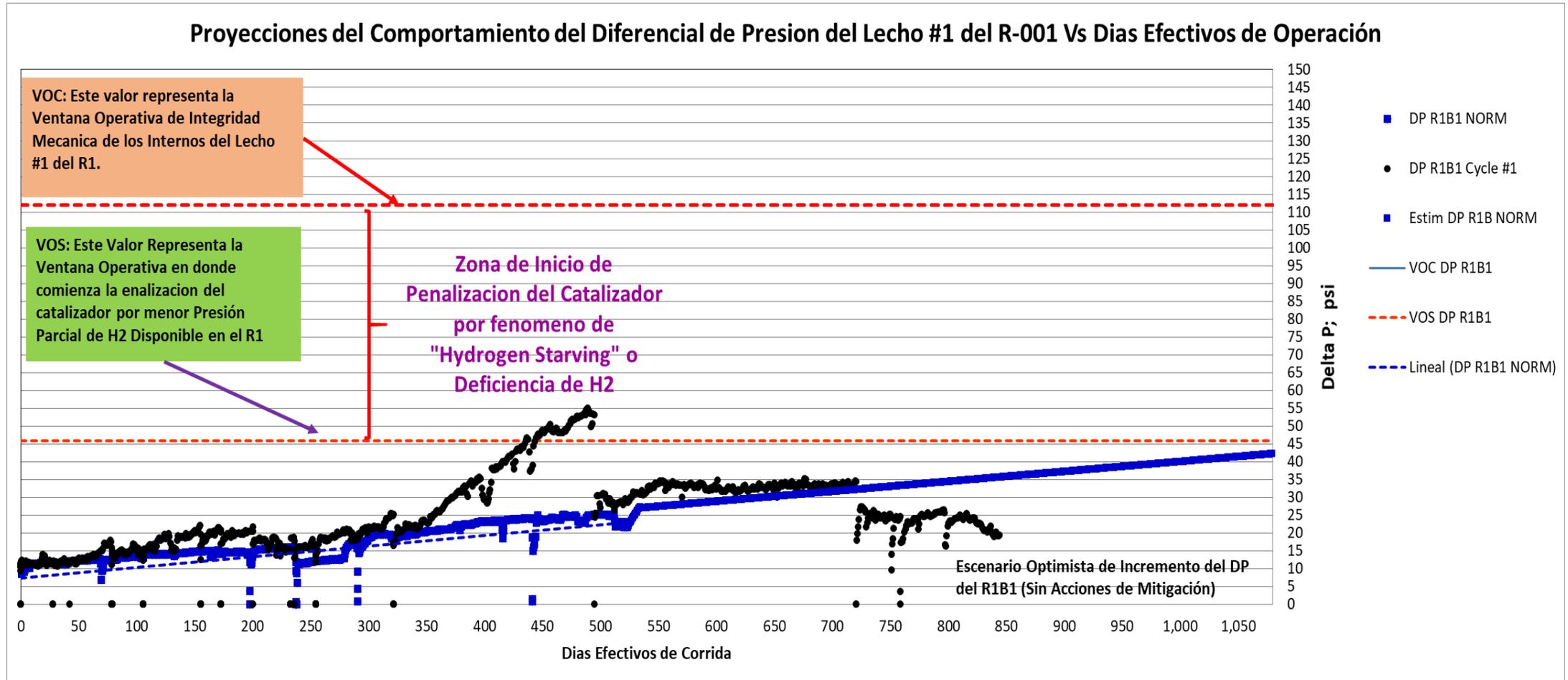
Proyecciones del Comportamiento de las Condiciones de Integridad Mecánica de Equipos Asociados al Sistema de la Primera Etapa de Reacción de la Unidad



El escenario del incremento del DP pesimista exponencial, atenta además contra la integridad de los equipos asociados al sistema del reactor R-001



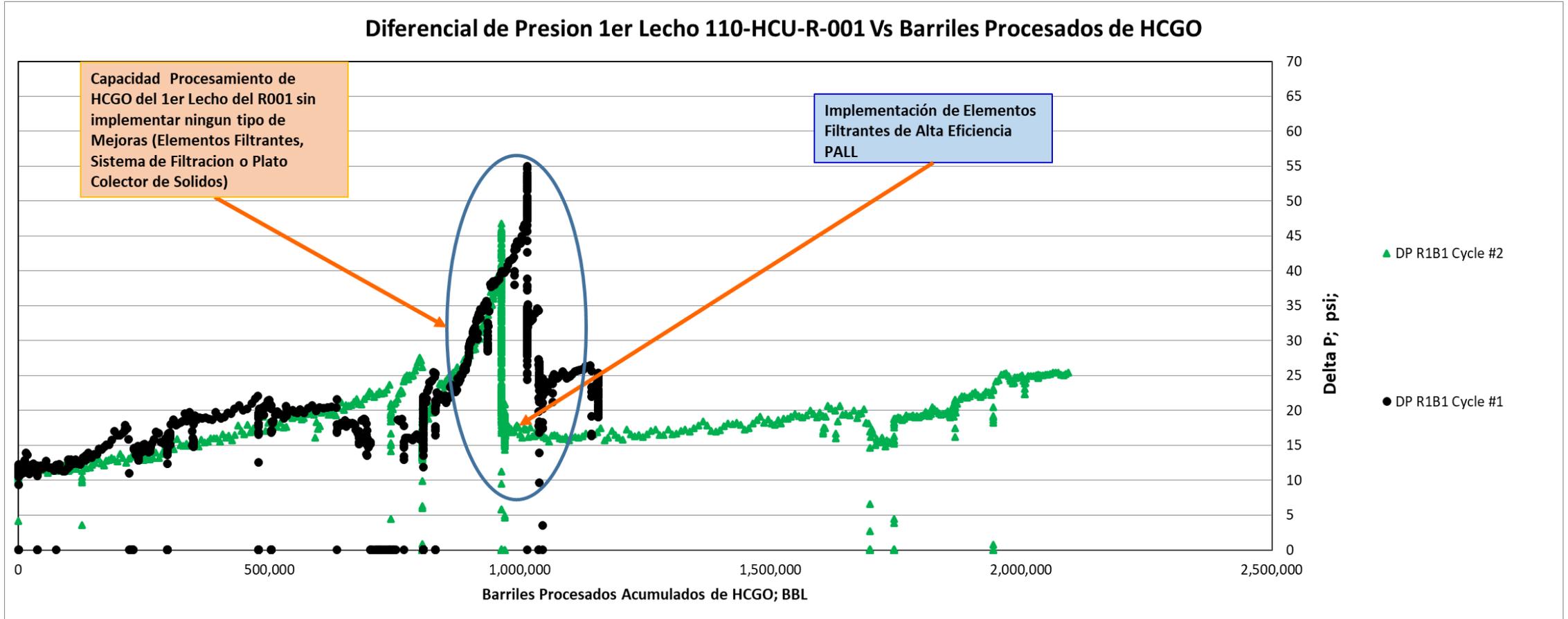
Proyecciones del Comportamiento del DP del Lecho 1 del R001 - Corrida # 1



Manejo Exitoso de la situación de incremento del DP del Lecho #1 del R-001 en la Corrida #1 de la unidad de Hidrocraqueo.
Si seguimos las recomendaciones.....Es Posible !!!!



Diferencial de Presión 1er Lecho R001 Vs Barriles Procesados de HCGO



12 Millones de Barriles de HCGO Procesados en 4 años



Plan de Acción para Estabilizar el Aumento de DP en el lecho 1 del R-001 de la Unidad de Hidrocraqueo

Material Particulado

Sólidos en las corrientes de HCGO y MVGO

Unidad de Coquización Retardada
Instalación de sexta estación en los filtros 111-FIL-101A/B/C

Unidad de Coquización Retardada
Construcción de Tie-In para nuevo sistema de filtración

Unidad de Hidrocraqueo
Retrofit del sistema de filtración actual utilizando la carcasa de los filtros de carga existentes

Unidad de Hidrocraqueo
Sistema de filtración de alta eficiencia en U110 (Beta > 2000)

Especies Orgánicas

Asfáltenos en la corriente de MVGO y/o HCGO

Unidad de Destilación de Crudos
Control Operacional: establecimiento de ventanas de calidad. Establecer Nuevo Control operacional de la T95 del MVGO en 500°C máx. y validar la estabilidad del DP del Lecho 1 del R-001 de la unidad de Hidrocraqueo

Unidad de Hidrocraqueo
Contemplar el procesamiento de HCGO sólo a partir de la validación del desempeño positivo de los nuevos elementos filtrantes del sistema de filtración actual de la carga de la unidad (Validación con test run avalado por Ingeniería de Procesos)

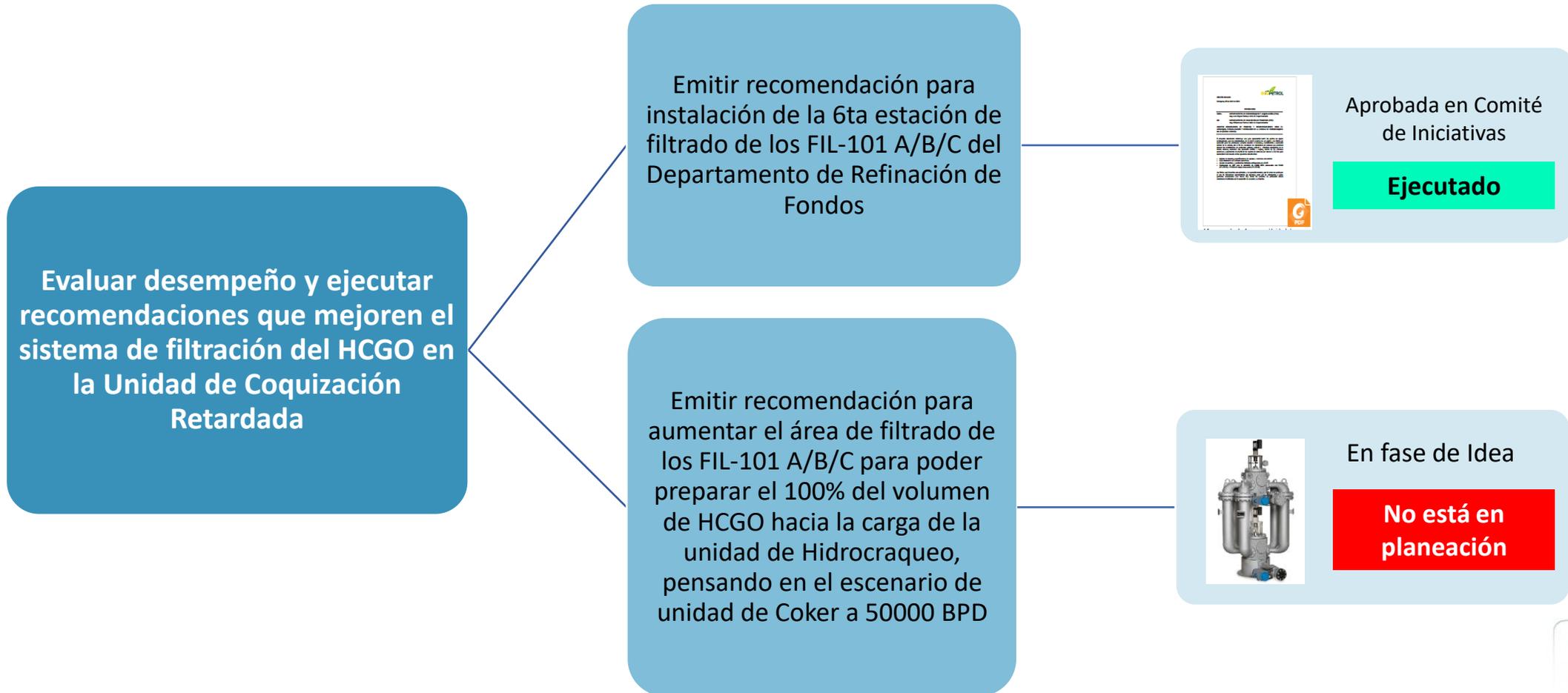
Unidad de Coquización Retardada
_Restablecimientos de internos y distribuidor de la zona de lavado en fraccionadora principal

Mala Distribución de Flujo

Alto diferencial de temperatura radial > 30°F
(valor normal < 15°F)

Unidad de Hidrocraqueo
Instalación de plato colector de sólidos en el tope del R001 de la U110, Mejoras en distribución de líquido en el lecho 1 del R-001.
(Análisis técnico con licenciadores)

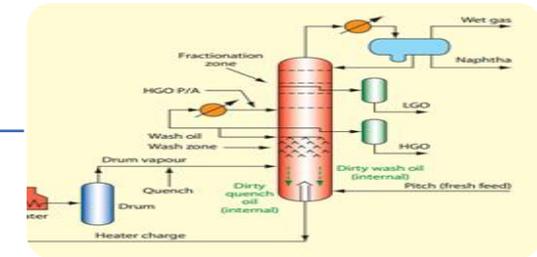
Plan de Acción para Estabilizar el Aumento de DP en el lecho 1 del R-001 de la Unidad de Hidrocraqueo



Plan de Acción para Estabilizar el Aumento de DP en el lecho 1 del R-001 de la Unidad de Hidrocraqueo

Reparación de internos y distribuidor de la zona de lavado en fraccionadora principal de la Unidad de Coquización Retardada

Se recuperó la condición original de los internos de la Fraccionadora T-101 de la U111 en la T/A del 2Q 2022



Ejecutado

Asegurar la correcta instalación de los elementos filtrantes en la unidad de Hidrocraqueo

Se realiza socialización en equipo integrado, en especial al soporte de mantenimiento, para que asegure la correcta instalación de los elementos filtrantes en los filtros de carga FIL-001 A/B.

Se evidencia que hay posibilidades de que se genere baipás de flujo interno en los filtros por instalación inadecuada.



Ejecutado

Plan de Acción para Estabilizar el Aumento de DP en el lecho 1 del R-001 de la Unidad de Hidrocraqueo

Retrofit del sistema de filtración actual utilizando la carcasa existente para mejorar la capacidad de retención de partículas de 10µm en la carga de la unidad de Hidrocraqueo

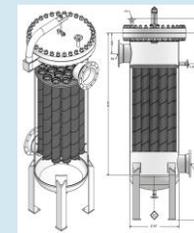
Implementación de los elementos filtrantes PALL, pasando de un elemento de 10µm de β 200 y de DP máx. de 20psig a uno de 10µm de β 2000 y de DP máx. de 50psi.
Lo anterior ha permitido procesar de manera sostenida un flujo de HCGO de 3000 – 5000 BPD



Ejecutado

Dimensionamiento de Carcasa de Alto Flujo y Alta Eficiencia para reemplazar las carcasas de Filtración Actual por Filtros de 10 µm con β 5000

Implementación de cambio uno a uno de las carcasas existentes por carcasas High Flow de Alta Eficiencia para procesar un volumen total de HCGO hasta 11000 BPD con una frecuencia de recambio de filtros mayor a 36 horas



En etapa de desarrollo de ingeniería conceptual

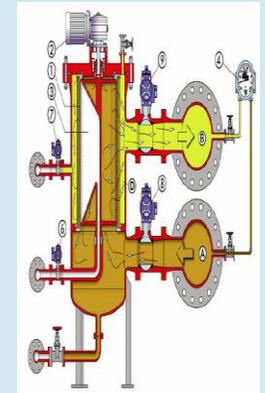
En Proceso

Plan de Acción para Estabilizar el Aumento de DP en el lecho 1 del R-001 de la Unidad de Hidrocraqueo

Instalación de sistema automático de filtrado de alta eficiencia complementario al sistema de filtración estático en la unidad de Hidrocraqueo, para asegurar la filtración total de la carga a 38000 Bpd con más de 11000 Bpd de HCGO y reducir el alto costo de Opex por recambio de elementos filtrantes

Se realiza socialización en equipo integrado, en especial al soporte de mantenimiento, para que asegure la correcta instalación de los elementos filtrantes en los filtros de carga FIL-001 A/B.

Se evidencia que hay posibilidades de que se genere baipás de flujo interno en los filtros por instalación inadecuada.



En fase de idea

No está en planeación

Plan de Acción para Estabilizar el Aumento de DP en el lecho 1 del R-001 de la Unidad de Hidrocraqueo

Implementación de iniciativa de compra de interno para protección contra exceso de sólidos o "PDM" + Combo Inlet Diffuser, VLT Uniflow™ en el tope del lecho #1 y Quench Zone Unity™ en el 4to Quench del Reactor R-001

Robustecer con internos de última generación la defensa contra exceso de material sólido y finos acumulables en la parte superior del primer lecho del Reactor R-001.
El PDM se carga con **ActiPhase™** de **Crystaphase**

Con el alto incentivo de procesar el HCGO de la Unidad de Coker y por ser una corriente con un alto contenido de "Finos de Coque", es necesario actualizar el estado del arte de los internos del Reactor R-001.

Estudios previos, muestran que el 64% de las partículas que contiene la carga de la Unidad de Hidrocraqueo, están comprendidas entre 1 – 20 µm; es decir, los sistemas de filtración requieren una ayuda adicional aguas abajo para evitar el exceso de acumulación en el 1er lecho del R-001



Plan de Acción para Estabilizar el Aumento de DP en el lecho 1 del R-001 de la Unidad de Hidrocraqueo

Diseño de grading para el 1er lecho del R-001 para aumentar capacidad de retención de sólidos dentro del reactor

Nuevo GRADING previendo mayor llegada de sólidos hacia el 1er lecho del Reactor R-001, aumentando el tamaño y la cantidad del material filtrante. Esto está incluido en la nueva oferta del esquema catalítico para la 3ra corrida de la unidad

En Proceso



Control operacional de las variables de las corrientes de MVGO y HCGO en la carga a Hidrocraqueo

Implementación de la Técnica UOP 614 para el control de asfaltenos y sólidos IP440 para la cantidad de sólidos. Adicionalmente se estableció un patrón visual para el correcto control de calidad del HCGO y MVGO

En ejecución



¿Por qué es tan importante reducir el *spread* de temperatura radial de los lechos catalíticos?

Un pobre diseño de los Internos de los reactores promueve los siguientes efectos:

- Canalización del Flujo
- Mala-distribución de Flujo
- Baipás del catalizador activo

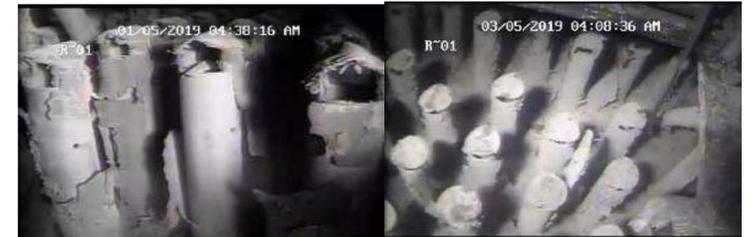
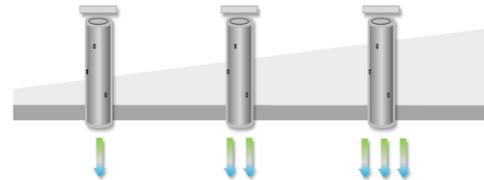
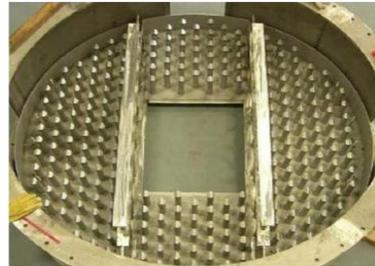
Las consecuencias de estos efectos son:

- Alta LHSV
- Mayor temperatura para la misma conversión o especificación de producto
- Puntos calientes
- Mayor formación de coque
- Mayor desactivación
- Menores ciclos de corrida



Diseño Actual de Internos

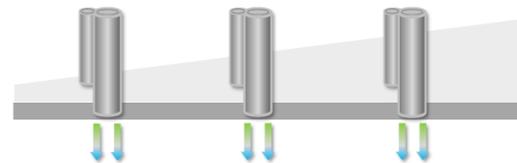
D - Plex™ HRI



Evidencia de Formación de Costra 1er Ciclo → Alta susceptibilidad al bloqueo de orificios de distribución de la Fase Líquida

Diseño Propuesto de Internos

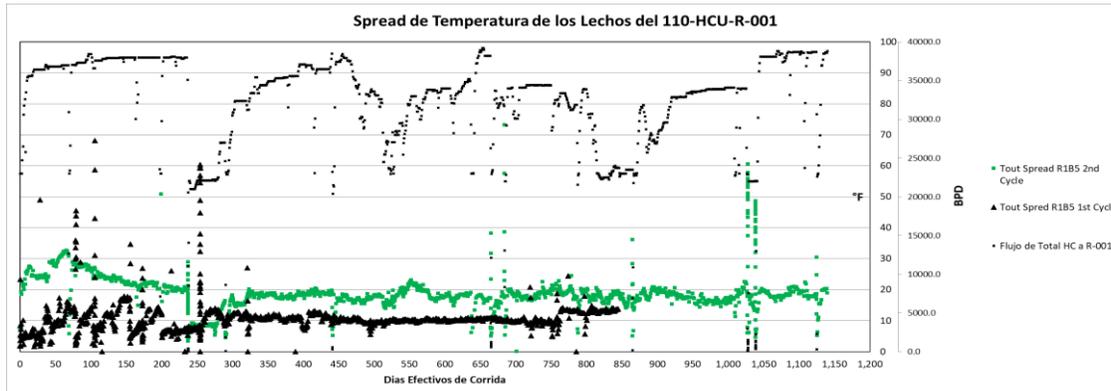
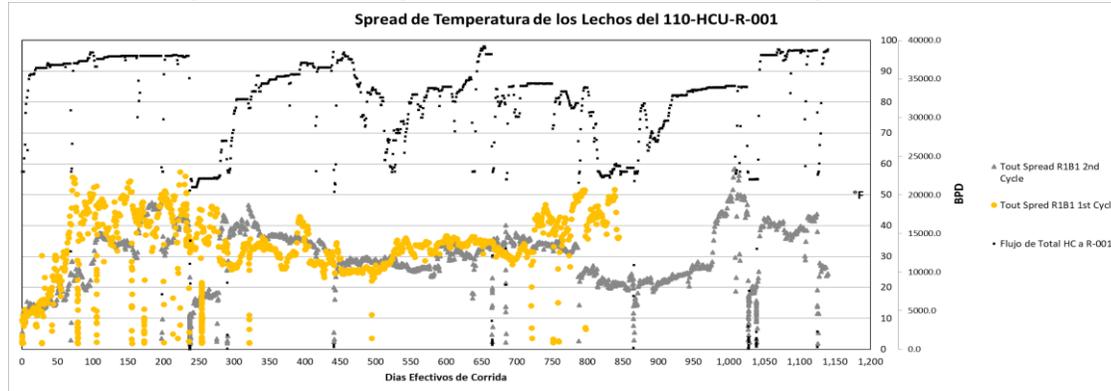
Uniflow™ HRI - Current offering



Octubre 18, 23

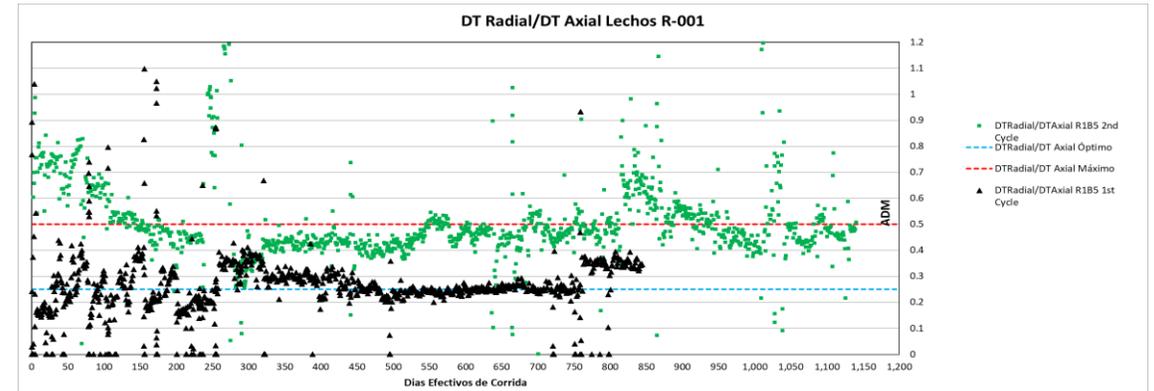
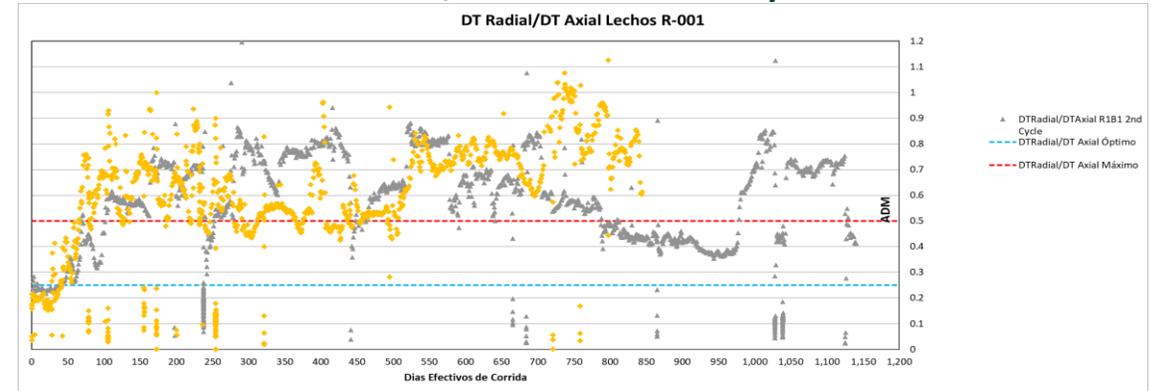
Comportamiento de la Dispersión de Temperatura Radial de los Lechos #1 y #5 del R001

Spread de Temperatura Salida de Lecho 1 y 5 del R001



Por Best Practice:
Spread de Temp. Salida de Lecho $\leq 15 \text{ }^\circ\text{F}$

Relación DT Radial/DT Axial de Lecho 1 y 5 del R001



Por Best Practice:
DT Radial/DT Axial $\leq 0.25 \rightarrow$ Buen o Excelente Desempeño
DT Radial/DT Axial $> 0.50 \rightarrow$ Pobre Desempeño



