

**ESTRATEGIA DE RECUPERACIÓN DE LA INTEGRIDAD, CONFIABILIDAD Y
DISPONIBILIDAD DE LA UNIDAD DE ÁCIDO SULFÚRICO U470, PERÍODO
2011 – 2013**

JAIRO CARVAJAL CASTAÑO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA
2011**

**ESTRATEGIA DE RECUPERACIÓN DE LA INTEGRIDAD, CONFIABILIDAD Y
DISPONIBILIDAD DE LA UNIDAD DE ÁCIDO SULFÚRICO U470, PERÍODO
2011 – 2013**

JAIRO CARVAJAL CASTAÑO

**Trabajo De Grado Modalidad Práctica Empresarial, Para Optar Al Título De
Ingeniero Químico**

**DIRECTOR:
CRISÓSTOMO BARAJAS FERREIRA
Ingeniero Químico, MSc**

**TUTOR:
JORGE IVÁN ORTÍZ DELGADO
Jefe Departamento De Cracking III
Gerencia Refinería De Barrancabermeja**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA
2011**

AGRADECIMIENTOS

A la universidad industrial de Santander por haberme brindado una formación integral desde sus diferentes escenarios.

A la escuela de ingeniería química por haberme permitido recibir enseñanzas de unos verdaderos maestros con una excelente calidad humana.

A mis compañeros de carrera por ser un apoyo incondicional durante el desarrollo de la misma.

Al centro de estudio de ingeniería química por haber sido un espacio que permitió mi crecimiento personal en gran medida.

A mis colegas del consejo de representantes estudiantiles CRES-UIS por haber creído en este sueño.

A mis hermanos de operaciones del Departamento de Cracking III por acogerme como un miembro de su familia.

Al personal de Ecopetrol S.A. y en especial de los departamentos de Cracking, GIRO, Paradas de Planta, Programación de la Producción y Bodega de Materiales y a las coordinaciones de Ingeniería de Procesos, Equipo Rotativo, Instrumentación y Control, Inspección de Equipo Estático y Equipo Eléctrico por todo el apoyo brindado.

Al grupo Reducción de Emisiones de SO_x, por haberme aceptado y de esta manera permitirme tener una visión global de la ingeniería de procesos.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron a mi crecimiento y formación.

DEDICATORIA

A mi mamá que a pesar de no estar acompañándome físicamente, siempre he sentido su presencia en momentos difíciles. En donde quiera que te encuentres siempre serás mi apoyo y motivación.

Blanca Tulia Castaño Martínez Q.E.P.D. (1947 - 2000)

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
Introducción	14
1. Propósito de la unidad	15
1.1. Función y objeto.....	15
1.2. Descripción general del proceso.....	15
1.2.1. Descomposición.....	16
1.2.2. Enfriamiento y lavado	16
1.2.3. Secado y compresión	17
1.2.4. Calentamiento y Conversión	17
1.2.5. Absorción	18
2. Cargas a la unidad.....	18
2.1. Tipos de cargas	18
2.1.1. Ácido sulfúrico gastado	18
2.1.2. Gas ácido H ₂ S.....	19
2.2. Origen de las cargas.....	19
3. Antecedentes y estado actual de la unidad	20
3.1. Historia de la unidad	20
3.2. Aspectos relevantes del mantenimiento	21
3.3. Histórico paradas programadas y no programadas	21
3.4. Problemas operativos	22
3.5. Estado Actual, Enero 2011	23
3.5.1. Ingeniería de procesos	24
3.5.2. Equipo estático	24
3.5.3. Equipo rotativo	24
3.5.4. Equipo eléctrico	24
3.5.5. Control y electrónica	24
4. Importancia e impacto generado por la unidad	25
4.1. Importancia	25

4.2. Impacto unidad fuera de servicio	25
4.2.1. Impacto económico	25
4.2.2. Impacto a clientes	26
4.2.3. Impacto a la imagen del grupo empresarial	27
4.2.4. Impacto a las personas y al ambiente	27
5. Estrategia de recuperación de la unidad.....	27
5.1. Premisas de elaboración.....	27
5.2. Bases de la estrategia	28
5.3. Iniciativas	29
5.3.1. Ejecutado 2010	29
5.3.2. Planeado ejecución 2011	30
5.3.3. Planeado ejecución 2012.....	30
5.3.4. Planeado ejecución 2013.....	30
Conclusiones	31
Recomendaciones	32
Bibliografía	33
Anexos	34

LISTA DE FIGURAS Y GRÁFICAS

	Pág.
Figura 1. Descripción general de proceso.....	16
Figura 2. Distribución de azufre en unidades de la Refinería de Barrancabermeja	19
Grafico 1. Paradas unidad U470, periodo 01/01/02 a 15/07/11	22

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Instrumentos forzados unidad U470, Enero de 2011	25
Tabla 2. Impacto económico, unidad de ácido sulfúrico fuera de servicio	26

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Diagrama grande de control DGC, unidad U470	34
Anexo 2. Estrategia de recuperación resumida	35
Anexo 3. Ejecutado recomendaciones MECS - Dupont.....	36
Anexo 4. Recomendaciones coordinación de inspección de equipo estático	37
Anexo 5. Recomendaciones coordinación de equipo rotativo	39

RESUMEN

TITULO: ESTRATEGIA DE RECUPERACIÓN DE LA INTEGRIDAD, CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD DE LA UNIDAD DE ÁCIDO SULFÚRICO U470, PERÍODO 2011 – 2013*

AUTOR: JAIRO CARVAJAL CASTAÑO**

PALABRAS CLAVES: Ácido Sulfúrico, Confiabilidad, Integridad, Disponibilidad, Reducción de Emisiones, Unidad Ambiental.

DESCRIPCION:

La unidad de ácido sulfúrico U470, ubicada en las instalaciones de la Refinería de Barrancabermeja, hace parte del grupo de las llamadas unidades ambientales, encargadas de consumir el gas ácido H₂S producido en el complejo industrial. Fue construida en 1980 para suministro interno y ventas; tuvo una remodelación en el año 2002 con el fin de aumentar su capacidad, manteniendo las mismas especificaciones de su producto.

En concordancia con la política de Responsabilidad Social y Empresarial de Ecopetrol S.A., las unidades ambientales deben jugar un papel importante en la operación de la refinería. Motivo por el cual se diseña la estrategia de recuperación de la unidad de ácido sulfúrico.

En dicha estrategia, se plantean algunas iniciativas que requieren ajustes operacionales, cambios en la metalurgia de equipos o la implementación de nuevas tecnologías, producto de diferentes estudios de firmas especializadas, inspecciones del personal Ecopetrol S.A. y recomendaciones de expertos, realizadas a la unidad, con el fin recuperar su integridad, confiabilidad y disponibilidad, para de esta manera minimizar el impacto económico, a clientes, a la imagen del grupo empresarial, al ambiente y a las personas, que ocasiona su salida de servicio, y que deberán ejecutarse en periodos específicos debido a los tiempos que toman los procesos de compra y diseño.

* Proyecto de Grado, Modalidad Práctica Empresarial

** Facultad de Ingeniería Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería Química, Director: MSc. Crisóstomo Barajas Ferreira. Tutor: Ing. Jorge Iván Ortíz Delgado.

ABSTRACT

TITLE: RECOVERY STRATEGY OF INTEGRITY, RELIABILITY AND AVAILABILITY OF SULFURIC ACID UNIT U470, PERIOD 2011 – 2013*

AUTHOR: JAIRO CARVAJAL CASTAÑO**

KEY WORDS: Sulfuric Acid, Reliability, Integrity, Availability, Reduce Emissions, Environmental Unit.

DESCRIPTION:

The sulfuric acid unit U470, is located in the facilities of the Barrancabermeja's refinery, is part of the group of so-called environmental units, responsible to consume H₂S acid gas produced by the industrial complex. This unit, was built in 1980 for local consumption and external sales, this was revamping in 2002 with the aim of increasing capacity, while maintaining the same product specifications.

In accordance with the policy of social responsibility and business Ecopetrol S.A., the environmental units should play an important role in the operation of the industrial complex. For this reasons, the strategy is designed to recovery sulfuric acid unit.

In this strategy, it raises some initiatives that require some operational adjustments, changes in the metallurgy of equipment or implementing new technologies in some parts of process, products of different firm specialized studies, inspections staff Ecopetrol S.A. and expert recommendations, made to the unit to regain its integrity, reliability and availability to thereby minimize the economic impact, to costumers, to the image of the business group, to the environmental and the people, causing its output service, and to be implemented in specific periods of time because they take the buying process and design of the engineering of the new technologies.

* Graduation Project, Business Practice Mode

** Faculty of Physicochemical Engineering, School of Chemical Engineering, Director: MSc. Crisóstomo Barajas Ferreira. Tutor: Ing. Jorge Iván Ortíz Delgado.

INTRODUCCIÓN

Dentro del marco estratégico de Ecopetrol S.A., se tiene como premisa fundamental, para la consolidación organizacional, la Responsabilidad Social y Empresarial. Haciendo énfasis en la gestión de manera responsable sobre el impacto de la operación sobre sus grupos de interés, en este caso, la población vecina a la Refinería de Barrancabermeja y trabajadores de la compañía.

En concordancia con lo anteriormente citado, las llamadas unidades ambientales, encargadas de consumir el gas ácido H₂S producido, juegan un papel protagónico en la operación de la Refinería de Barrancabermeja.

La actual unidad de ácido sulfúrico U470, que hace parte de éste grupo, fue construida en 1980 para suministro interno y ventas. En el año 2002 sufrió una remodelación con el fin de ampliar su capacidad de carga y producción, manteniendo las mismas especificaciones de producto.

La estrategia de recuperación de la unidad, nace tras la necesidad de alinear la operación de la misma con la política de responsabilidad social de la compañía, teniendo como objetivo principal, disminuir el número de paradas no programadas de la unidad, minimizando de esta manera la probabilidad de impacto a las personas, al medio ambiente y a la economía e imagen del grupo empresarial.

1. PROPÓSITO DE LA UNIDAD

1.1. Función y objeto: La unidad de ácido sulfúrico, hace parte del grupo de las llamadas “unidades ambientales” de la refinería de Barrancabermeja, convierte gas ácido H₂S y el ácido sulfúrico gastado H₂SO₄ (90%) provenientes de las unidades de Cracking Orthoflow y de Alquilación respectivamente, en dióxido de azufre para la producción de ácido sulfúrico H₂SO₄ de alta pureza (100%).

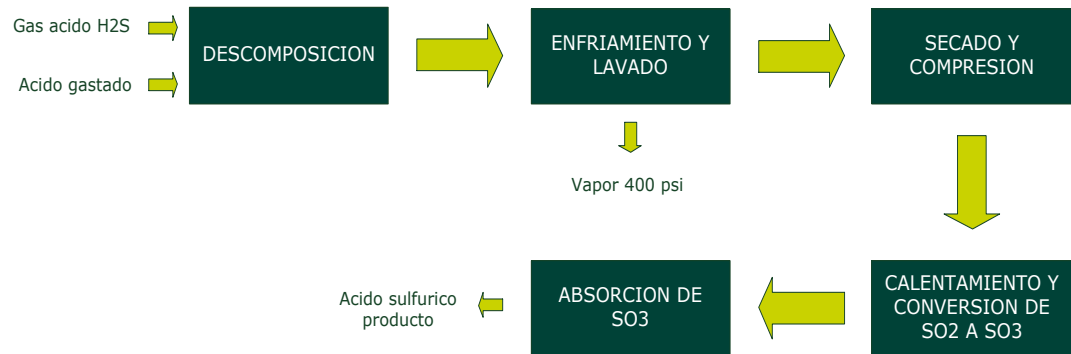
La unidad está diseñada para producir 90 TMPD de ácido sulfúrico con una concentración del 98,5% mediante dos modos de operación a máxima capacidad [2].

- Caso máximo flujo de ácido gastado H₂SO₄ (90%)
- Caso máximo flujo de gas ácido H₂S

1.2. Descripción general del proceso: La unidad tiene un modo de operación continuo durante todo el año. Las cargas ingresan al horno principal, en donde se lleva a cabo su descomposición a 1900 °F aproximadamente [6]; pasan a una sección de enfriamiento en la que se aprovecha la elevada temperatura a la que abandonan el horno para producir vapor de 400 psi en una caldera, llevando estos últimos hasta 600 °F aproximadamente [6]; siguen a la sección de lavado en la que se retiran cenizas y parte del SO₃ que se forman en el horno de descomposición [1].

Posteriormente, los gases se hacen pasar por una sección de secado en la que se retira la humedad proveniente de la sección de lavado y son llevados un reactor catalítico de cuatro lechos fijos, en donde se lleva a cabo la conversión del SO₂ a SO₃ para finalmente ingresar a la zona de absorción, cuya función es convertir el SO₃ formado, en ácido sulfúrico al 98,5% de concentración aproximadamente [6].

Figura 1. Descripción general del proceso



Fuente: El Autor.

1.2.1. Descomposición: El proceso de descomposición de las cargas, se lleva a cabo en el horno principal de la unidad H472, el cual opera a 1900 °F aproximadamente [6]. Dicho horno tiene dos esquemas de carga como se había mencionado anteriormente [1].

- Caso máximo flujo de ácido gastado H₂SO₄ (90%): Se producen 90 TMPD de H₂SO₄ (98,5%) a partir de 67,5 TMPD de H₂SO₄ (90%) y 22,5 TMPD de H₂S [2].
- Caso máximo flujo de gas ácido H₂S: Se producen 90 TMPD de H₂SO₄ (98,5%) a partir de 67,5 TMPD de H₂S y 22,5 TMPD de H₂SO₄ (90%) [2].

1.2.2. Enfriamiento y lavado: La sección de enfriamiento, como su nombre lo indica, disminuye la temperatura los gases provenientes del horno de descomposición de 1900 °F hasta 600 °F, mediante la producción de vapor de 400 psi en la caldera B474 [1].

El lavado se realiza con el fin de remover partículas sólidas, cenizas y SO₃ formados en el horno de descomposición, utilizando ácido sulfúrico de baja concentración (5%) [2]. Dicha etapa ocurre en dos torres Dynawave dispuestas en serie.

1.2.3. Secado y compresión: La sección de secado tiene como objeto, evitar la corrosión de los equipos y daños en el catalizador del reactor R489. Esta sección cuenta con tres equipos, el precipitador electrostático X479, la torre de secado T482 y el compresor principal C485.

La corriente proveniente de la sección de lavado, ingresa al precipitador electrostático X479, con el fin de eliminar partículas de ácido sulfúrico o neblina acida formada [1].

En la torre T482, se retira el vapor de agua contenido en los gases, mediante la utilización de cantidad suficiente de ácido sulfúrico concentrado.

Los gases de proceso son movidos por toda la unidad mediante acción del compresor principal C485.

1.2.4. Calentamiento y conversión: La sección de calentamiento y conversión, precalienta los gases de proceso y convierte el SO₂ a SO₃. Los gases son precalentados con el horno secundario H487 mediante la quema de gas combustible.

La conversión de SO₂ a SO₃, se realiza en el reactor R489, el cual consta de cuatro zonas de reacción. Cada zona dispone de un lecho fijo de pentóxido de vanadio (V₂O₅) como catalizador [1].

Dicho catalizador es altamente tóxico, sin embargo, durante las operaciones de planta, la exposición al mismo es prácticamente nula y por ello no es peligroso, aunque durante las paradas de la unidad, cuando el personal maneja el catalizador, existe gran riesgo.

1.2.5. Absorción: En esta sección, se lleva a cabo la absorción del trióxido de azufre en ácido sulfúrico al 98,5%, para generar ácido sulfúrico al 99,5% [4], mediante la torre de absorción intermedia T492 y la torre de absorción final T494.

Las dos torres funcionan de igual manera, la corriente de gas SO_3 , proveniente de la zona de conversión, sube por un lecho empacado mientras cae ácido sulfúrico concentrado. El ácido sulfúrico más concentrado sale por el fondo hacia almacenamiento, mientras los gases salen por la cima de la torre [1].

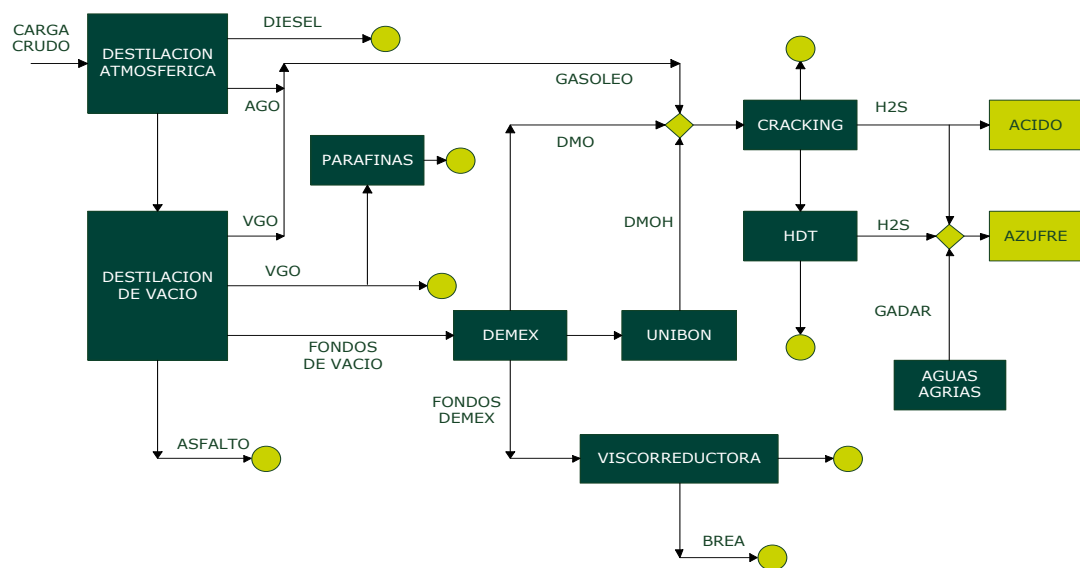
2. CARGAS A LA UNIDAD

2.1. Tipos de carga: La unidad, como se ha mencionado anteriormente, tiene dos tipos de cargas, ácido gastado proveniente de la unidad de Alquilación y gas ácido H_2S que normalmente proviene de la unidad de Cracking Orthoflow. Sin embargo, se encuentra acoplada al llamado “cabezal de gas ácido”, una línea de tubería a la que se conectan todas las unidades que producen o consumen gas ácido H_2S , lo que le permite recibirlo de otra fuente.

2.1.1. Ácido sulfúrico gastado: El ácido gastado es producido en la unidad de alquilación, debido a que lleva a cabo un proceso en el cual se utilizan olefinas (butileno) e isobutano para formar isooctano, que se denomina alquilato, en una reacción que utiliza el ácido sulfúrico como catalizador, el cual, ingresa al proceso con una concentración del 99% y luego de propiciar dicha reacción, lo abandona al 90% [4]. Por esta razón se le denomina ácido sulfúrico gastado.

2.1.2. Gas ácido H₂S: El gas ácido H₂S, es un subproducto de las unidades de ruptura catalítica, se produce mediante reacción entre el azufre contenido en las cargas a las mismas y el hidrogeno liberado en el proceso de cracking catalítico. Posteriormente es separado mediante procesos de fraccionamiento y absorción con amina. Dicho gas acido, es una amenaza potencial, es extremadamente toxico e incoloro con olor a huevos podridos; a bajas concentraciones, actúa como irritante de la superficie húmeda del cuerpo como los ojos y el tracto respiratorio.

Figura 2. Distribución de azufre en unidades de la refinería de Barrancabermeja



Fuente: El Autor.

2.2. Origen de las cargas: Como se ha mencionado, la carga de ácido gastado, proviene de la unidad de alquilación y la carga de gas ácido H₂S, proviene de los procesos de cracking catalítico, sin embargo, el azufre necesario para su formación, se encuentra en el crudo cargado al complejo industrial.

La refinería de Barrancabermeja, procesa varias calidades de crudo para producir diferentes tipos de productos requeridos en el mercado nacional. Cuenta con una carga típica de 230 KBPD [6] con una cantidad de azufre dependiente de la dieta que se maneje, sin embargo se tiene como promedio para el año 2010, 270 TMPD de azufre [4,7], que se distribuyen en efluentes líquidos, gaseosos, productos y subproductos, como se puede ver en la figura 2.

3. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LA UNIDAD

3.1. Historia de la unidad: La primera unidad de ácido sulfúrico del complejo industrial, fue construida en 1953, junto con la primera unidad de Alquilación, para suministro interno y ventas por la firma Foster Wheeler. Posteriormente, se construyó una nueva de igual capacidad (actual), en 1980 por la firma Conpancol Panamerican Consulting y en el año 1982 se desmanteló la antigua unidad [1].

En el año 2002, la unidad tuvo una remodelación por la firma Monsanto Enviro Chem System, hoy MECS-Dupont, para aumentar las cargas de gas ácido, ácido gastado y la producción de ácido fresco a 90 TMPD con la misma especificación en su producto.

En dicha remodelación, se reemplazaron ciertos equipos por tiempo de vida útil o por ampliación de capacidad: tanque de carga K471, bomba de carga P471AB, horno H472, caldera y su domo B474, Dynawave primario y secundario D475/D477, precipitador electrostático X479, bombas de recirculación de ácido débil P475/P477 y el compresor principal de gases C485. Se eliminó un tanque de ácido producto reemplazando los dos existentes por otro de mayor capacidad y se construyó un nuevo sistema de neutralización.

3.2. Aspectos relevantes del mantenimiento: La estrategia de mantenimiento de la unidad, según su diseño, contempla la necesidad de realizar una reparación general cada 18 meses, teniendo además intervenciones técnicas a mitad de corrida (9 meses) de 15 a 20 días para revisión de equipos mayores.

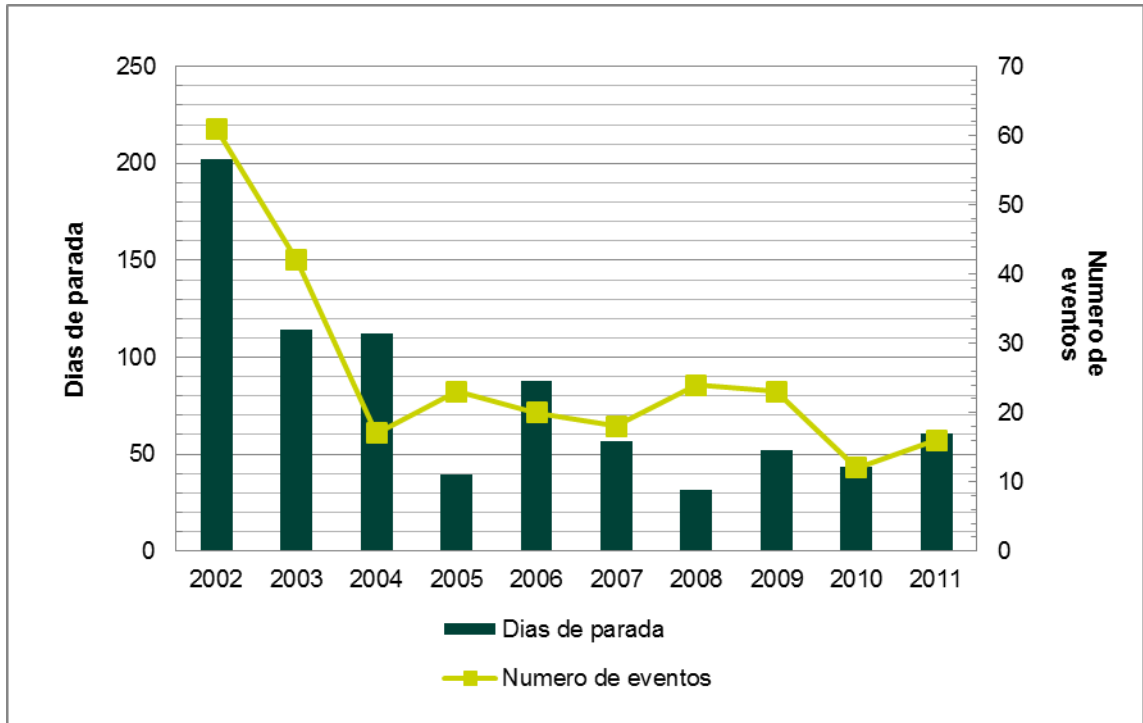
Desde el punto de vista del mantenimiento preventivo, la unidad cuenta con un estudio RBI (Inspección Basada en Riesgo) del año 2009. No cuenta con estudio RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), pero se tiene implementado un plan de mantenimiento preventivo extrapolado, orientado a las áreas de eléctricos e instrumentos.

La última reparación general de la unidad se realizó entre el 07 de noviembre y el 08 de Diciembre de 2009 (31 días) [5]. En el mes de noviembre de 2010, debido a la necesidad del cambio de las casillas eléctricas de los motores de la unidad, se programó una parada técnica en la que se intervino instrumentación en falla pero no se contempló la intervención de equipos mayores como hornos, compresor, torre, caldera, Dynawave, o reactor (21 días) [5].

La próxima reparación general está programada para el mes de noviembre de 2011 con una duración planeada de 26 días en la que se tiene planeado ejecutar algunas de las acciones contempladas en este plan.

3.3. Histórico de paradas programadas y no programadas: Desde la última reparación general, realizada en agosto de 2009, la unidad ha tenido 79,09 días de paradas no programadas, representadas en 27 eventos a los que se les pueden sumar 25,08 días que tuvo para su parada técnica del año 2010, cuyo alcance fue el cambio de las casillas eléctricas de los motores como se había mencionado [5]. En el gráfico 1 se puede evidenciar el comportamiento de la confiabilidad de la unidad desde la remodelación hasta la fecha.

Gráfico 1. Paradas de la unidad U470, período 01/01/02 a 15/07/11.



Fuente: RIS, Sistema de Información Interno Ecopetrol S.A.

3.4. Problemas operativos: La unidad tiene los siguientes problemas de tipo operativo:

- Baja confiabilidad: se puede ver reflejada en la cantidad de eventos y días de parada no programada que a pesar de mostrar una tendencia histórica a la baja, siguen siendo altos respecto a los estándares internacionales [5].
- Alta frecuencia de falla de equipos: la falla en equipos representa una de las principales razones de salida de servicio de la unidad.
- Posibilidad de impacto a las personas y al ambiente en procesos de arrancada y disparos de la unidad: debido al proceso de calentamiento

previo que requiere la unidad antes suministrarle carga, y por la falta de disponibilidad en algunos equipos, las emisiones de SOx generadas en procesos de arranque y disparo pueden alcanzar valores mayores a los máximos permisibles según la legislación colombiana.

- Instrumentación de cortes de seguridad sin redundancia: actualmente se avanza en la implementación de redundancia en la instrumentación de corte de la unidad, con el fin de mejorar la confiabilidad de la misma, pues en repetidas ocasiones, se han tenido disparos por falsa señales en la instrumentación.
- Instrumentación intrusiva: la instrumentación utilizada en su mayoría es de tipo intrusivo, lo que no permite realizar mantenimiento de la misma mientras la unidad se encuentre en operación normal.
- Ambiente corrosivo: debido a la severidad del proceso, el ambiente de la unidad es altamente corrosivo, motivo por el cual se hace necesaria la implementación de metalurgia resistente.
- Metalurgia especial (Alloy 20, Sandvick, FRP): el hecho de tener que utilizar metalurgia poco común, genera retrasos en los procesos de compra de materiales, debido a la poca disponibilidad de oferentes en el mercado.

3.5. Estado actual, Enero de 2011: Como se ha mencionado, la unidad presenta problemas operativos, que afectan principalmente su integridad, confiabilidad, disponibilidad e impacto ambiental. Desde el punto de vista de las especialidades del apoyo técnico a la producción se tiene el siguiente estado:

- 3.5.1. Ingeniería de Procesos:** La especificación de su producto es muy buena, su diseño contempla 90 TMPD de ácido sulfúrico al 98,5% [2], produciéndose en la actualidad 86 TMDP al 99,5% [4]. Desde el punto de vista de las emisiones atmosféricas, la unidad genera, en procesos de arrancada y disparo por fuera de la norma colombiana. Siendo aproximadamente 1800 ppm SO_x y 2500 ppm SO_x con un límite permisible de 560 ppm SO_x según resolución 909 de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [9]. Sin embargo, en operación normal, la unidad presenta un buen desempeño, teniendo valores por el orden de los 400 ppm SO_x típicamente, respecto de 390 ppm SO_x según su diseño [2].
- 3.5.2. Equipo Estático:** se tienen fallas en los sistemas de aislamiento en líneas, juntas de expansión y equipos mayores; actualmente hay tres tanques con espesor de retiro, alta tasa de falla mecánica en el horno principal, caldera, precipitador y reactor; pérdida de contención en soldaduras de tipo Sandvick y FRP.
- 3.5.3. Equipo Rotativo:** en general es el equipo que mejor se comporta, en años anteriores (2007-2009), era el principal causante de disparos de la unidad, fallando principalmente el compresor C485 [5].
- 3.5.4. Equipo Eléctrico:** recientemente en parada técnica realizada el mes de noviembre de 2010, se realizó cambio de las casillas eléctricas de los motores [5], por lo que este se encuentra muy confiable, sin embargo, existen oportunidades de mejora en lo que tienen que ver con la iluminación de la unidad.
- 3.5.5. Control y Electrónica:** La instrumentación de la unidad presenta una alta tasa de falla, motivo por el cual, se tienen forzados siete instrumentos de corte (ver tabla 1). El hecho de que en su mayoría sea de tipo intrusiva, no permite realizar mantenimiento con la unidad en operación.

Tabla 1. Instrumentos forzados unidad U470, Enero de 2011

TAG	DESCRIPCION	MOTIVO DEL FORZADO DE LA SEÑAL
LIC47032	Nivel de agua D474	Daño en la medidor de nivel de corte por alto y bajo nivel de agua del D474
FT47022	Gas lavado D475	Daño en las tomas del elemento de medición primario.
AT47114	pH agua de enfriamiento	El analizador instalado tiene daño en el panel local, el sensor responde muy lento. Debido a que este es un elemento de corte es necesario instalar un nuevo analizador.
TT47025	Temperatura gas de proceso a B474	Falla en la termocupla, al tener termopozo en cerámica, el gas de proceso alcanza a penetrarlo y daña la termocupla.
FT47141	Flujo agua de enfriamiento	Presenta falla de calibración y oscilaciones, se está realizando seguimiento.
PT47021	Presión entrada ácido débil a D475	El transmisor está funcionando bien, pero la presión es baja en el sistema 12 psi, el corte esta en 5 psi, se puede normalizar.
FT47082	Flujo acido a T482	Falla del instrumento en campo.

Fuente: Coordinación de Control y Electrónica, GRB - Ecopetrol S.A.

4. IMPORTANCIA E IMPACTO GENERADO POR LA UNDIAD

4.1. Importancia: La unidad hace parte del grupo de las llamadas “unidades ambientales”, encargadas de consumir el gas ácido H₂S producido en la GRB. Tiene la función de consumir la totalidad del gas ácido H₂S, producto de la unidad de amina de Orthoflow y el ácido sulfúrico gastado proveniente de la unidad de alquilación permitiendo de esta manera la operación de esta última.

4.2. Impacto unidad fuera de servicio

4.2.1. Impacto económico: la unidad de ácido sulfúrico, no afecta directamente la economía de la Refinería de Barrancabermeja, sin embargo, la operación

de las unidades de Alquiler, Tratamiento de aguas y PTAR, dependen de la operación de la unidad de ácido sulfúrico, además de la carga a las unidades de cracking catalítico, por no tener disponible otra unidad que reciba el gas ácido H₂S producido por la unidad de amina de Orthoflow, lo que si genera un impacto económico bastante importante, como se puede ver en la tabla 2.

Tabla 2. Impacto económico unidad de ácido sulfúrico fuera de servicio.

EFEECTO	COMENTARIOS	COSTO [KUSD/MES]
Unidad de Alquiler fuera de servicio	No hay producción de Avigas ni componente de alto octano para preparación de gasolinas.	6.912
Compra de ácido sulfúrico para consumo en GRB	Consumo de ácido sulfúrico en plantas de aguas y PTAR.	51
Disminución en carga a las FCC	Impacto en producción de PGR y etileno.	1.638
Carga limitada en HDT	Impacto en la producción y rendimiento de medios.	1.686
TOTAL		10.287

Fuente: Departamento de Economía y Gestión, GRB – Ecopetrol S.A.

4.2.2. Impacto a clientes: teniendo la unidad fuera de servicio, no se pueden fabricar o se producen en menor cantidad algunos productos, se presentan incumplimientos en las entregas a los siguientes clientes:

- Clientes de Avigas: Exxon Mobil, Aerofull LTDA y Terpel.
- Clientes de Propileno: Propilco.
- Clientes de Polietileno: Sigmaplasm, Química Comercial Andina, Plásticos Alfer, Brenntag Colombia, Coopnalplasticos y Plastilene.
- Clientes de Ácido Sulfúrico: Productos Químicos Panamericanos, Industrias Básicas de Caldas, Minera Providencia, Química Integrada, Sulfoquímica.

4.2.3. Impacto imagen del grupo empresarial: Debido a los constantes incumplimientos en entregas de Avigas (gasolina de aviación intermedia), por las paradas no programadas de la unidad de ácido sulfúrico, existe queja del presidente de aviación intermedia al ministerio de minas y energía por no garantizarse la disponibilidad del combustible, en la que manifiesta la necesidad de realizar importaciones del mismo.

De no tomar acciones inmediatas, se prevén además en el corto plazo, reclamaciones de los demás clientes afectados; Propileno, Polietileno y Acido Sulfúrico.

4.2.4. Impacto a personas y al ambiente: Teniendo la unidad fuera de línea, no se produce impacto ocasionado por la misma, sin embargo, se aumenta la probabilidad disparo de alguna de las otras unidades ambientales, debido a su operación a máxima carga, aumentando también de esta manera la probabilidad de quema de gas ácido H₂S en teas lo que generaría un impacto ambiental severo y posiblemente a las personas en caso de tener inconvenientes con los planes de prevención y evacuación.

5. ESTRATEGIA DE RECUPERACION DE LA UNIDAD

5.1. Premisas de elaboración: Con el fin de mantener coherencia con la política de responsabilidad social y empresarial de la compañía, se trazaron las siguientes premisas fundamentales, sobre las cuales se elaboró la estrategia de recuperación de la unidad.

- Cero afectación a personas y medio ambiente
- Cero quema de H₂S o GADAR en teas.
- Cero drenajes de aguas acidas al sistema aguas aceitosas.
- Cero desvió de H₂S a la red de gas combustible.

5.2. Bases de la estrategia: Se tuvieron las siguientes bases para definir la estrategia de recuperación:

- Estado actual de la unidad: se realizó visita en campo con acompañamiento del personal de operaciones, con el fin de valorar el estado actual de la unidad desde el punto de vista de las especialidades del apoyo técnico a la producción: equipo estático (líneas, tanques y equipos mayores), equipo rotativo (bombas, compresores y rotores), equipo eléctrico (casillas eléctricas, motores, iluminación), control y electrónica (medidores y señales), proceso (cargas, productos, emisiones y variables de proceso).
- Dupont GES Integrated Management & Emission Reduction Team Study for Barrancabermeja (GRB) Refinery Ecopetrol, Colombia: se trata de un estudio realizado por la firma MECS-Dupont, durante los años 2009 y 2010, cuyos resultados fueron entregados en abril de 2010, en el que se valoró estado de las unidades ambientales desde el punto de vista operacional y se emitieron recomendaciones para el mejoramiento de las mismas [3].
- Benchmarking producto de visitas a otras unidades de ácido sulfúrico en EEUU: En el año 2010, algunos funcionarios de Ecopetrol S.A. se enviaron a visitar unidades de ácido sulfúrico, operadas por la firma MECS-Dupont, líder mundial en este tipo de unidades, con el fin de conocer sus prácticas operacionales y de mantenimiento.
- Resolución 909 de 2008 del Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial: Dicha resolución, es la que regula el límite máximo de emisiones atmosféricas de SOx permisible para instalaciones existentes de ácido sulfúrico [8,9].

- Meta de accidentalidad en personas e impacto ambiental de la GRB: en concordancia con la responsabilidad social y empresarial de la compañía, se trazan anualmente metas de accidentalidad e impacto ambiental ocasionados por la operación de la refinería de Barrancabermeja y en general del funcionamiento del grupo empresarial.
- Análisis integral de riesgos AIR - junio 2011: en el mes de junio de 2011, se realizó un análisis integral de riesgos de la unidad, con acompañamiento de la firma MECS-Dupont, con el fin de analizar la viabilidad de modificar interlocks de corte de la misma, asociados principalmente al compresor C485. Las recomendaciones producto de dicho análisis, serán implementadas en una parada técnica programada para la primera semana del mes de agosto de 2011.

5.3. Iniciativas:

5.3.1. Ejecutado 2010: la meta al finalizar el periodo era llevar la unidad a sus condiciones de diseño, mediante ajustes operacionales.

- Recuperar confiabilidad de medición de variables de proceso en Caldera B474 y Dynawave D477.
- Recuperar medición de temperatura en Horno principal H472 y tanque común de bombeo ácido K494.
- Mejorar control del sistema neutralización.
- Corregir fuga SO₂ en E483.
- Mejorar eficiencia absorción T492 y T494.
- Optimizar secado en T482.
- Proteger integridad del tanque común de bombeo K494.

5.3.2. Planeado ejecución 2011: la meta al finalizar el periodo es disminuir las emisiones de SOx en operación normal de la unidad de 400 ppm SOx a 300 ppm SOx.

- Reducción emisiones SOx en operación normal.
- Asegurar SO2 en el proceso según condiciones de diseño de la unidad.
- Proteger integridad de equipos.
- Mejorar aislamiento, pintura y obra civil.
- Garantizar protección a personas.
- Desarrollo ingenierías producto de las recomendaciones de la firma especializada MECS-Dupont.
- Actualización estudio de análisis de riesgo HAZOP.
- Implementación de estudio SIL.
- Implementación de pruebas IPF.
- Ejecución de recomendaciones producto de análisis integral de riesgos AIR.

5.3.3. Planeado ejecución 2012: la meta al finalizar el periodo, es disminuir las emisiones de SOx en procesos de arrancada y disparo de la unidad de 1800 ppm SOx y 2500 ppm SOx respectivamente a menos de 100 ppm SOx.

- Reducción de emisiones SOx en procesos de arrancada y disparo de la unidad
- Implementar ingeniería de desvío de gases del H472 al T494.
- Instalar unidad lavadora de gases a la salida de la chimenea I498.

5.3.4. Planeado ejecución 2013: la meta al finalizar el periodo, es garantizar la sostenibilidad de las acciones implementadas en periodos anteriores.

- Reposición de equipos por ciclo vida.
- Reposición de equipos por renovación tecnológica.

CONCLUSIONES

- La operación normal de la unidad no genera afectación a las personas o al ambiente, sin embargo, debido a su baja confiabilidad, existe una alta probabilidad de que salga de servicio, ocasionando las consecuencias ya mencionadas.
- En procesos de arrancada y disparo de la unidad, se puede presentar afectación a las personas y al ambiente, debido a que su diseño, no contempló medidas respecto a estas situaciones.
- Una vez implementadas todas las iniciativas plateadas en la estrategia, no es posible garantizar que la unidad se mantenga en servicio durante todo su tiempo de corrida, debido a la severidad del proceso de la misma.

RECOMENDACIONES

- Implementar todas y cada una de las iniciativas en los tiempos establecidos para garantizar el cumplimiento de las premisas trazadas para el diseño de la estrategia de recuperación de la unidad.
- Tomar medidas que garanticen la eficiencia de los procesos de compra de materiales para las reparaciones de la unidad, debido a los pocos oferentes en el mercado.
- Capacitar al personal de operaciones y mantenimiento acerca de las modificaciones que implican cambios en la filosofía de operación de la misma de la unidad.
- Actualizar el análisis de riesgo HAZOP de la unidad con el fin de identificar nuevos riesgos y cumplir con los requerimientos de seguridad de procesos. Su última actualización data de la remodelación de la misma, en el año 2002.

BIBLIOGRAFIA

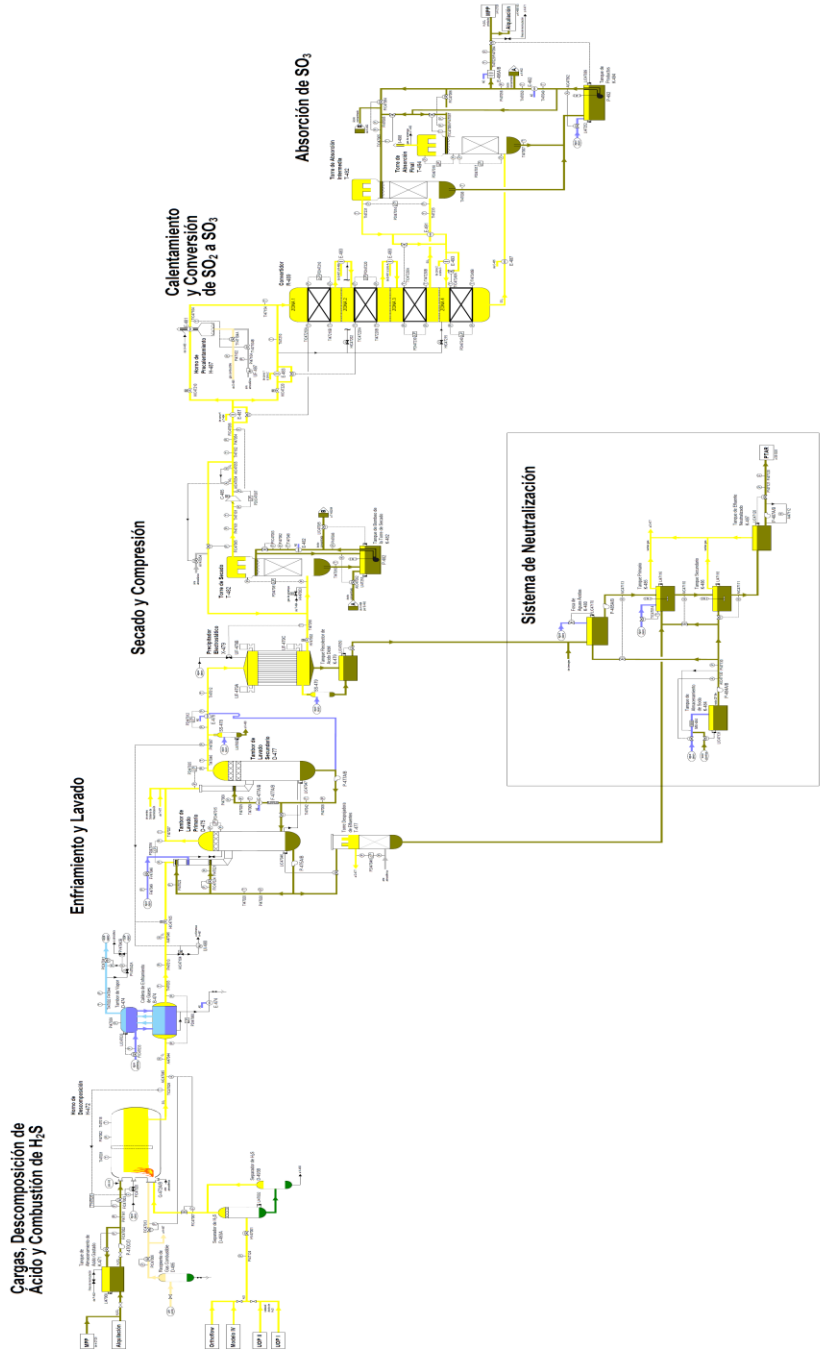
- [1].VICEPRESIDENCIA DE REFINACION Y PETROQUIMICA, GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA. Manual de descripción de procesos de la unidad de ácido sulfúrico U470. 1ª Ed, Barrancabermeja, 2008.
- [2].CONSORCIO INELECTRA-HL INGENIEROS. Manual de Operaciones. Actualización tecnológica de la planta de ácido sulfúrico de la G.C.B. 1ª Ed, Barrancabermeja 2002.
- [3].DUPONT GES INTEGRATED SULFUR MANAGEMENT & EMISSION REDUCTION TEAM STUDY. Phase I - Final Report, Barrancabermeja GRB Refinery Ecopetrol, Colombia, April 2010.
- [4].CDLAB, Sistema de información interno Ecopetrol S.A.
- [5].RIS, Sistema de información interno Ecopetrol S.A.
- [6].PI Data Link Cd, Sistema de información interno Ecopetrol S.A.
- [7].DATABASE, Sistema de información Interno Ecopetrol S.A.
- [8].COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 1333(21 de Julio de 2009). Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.
- [9].COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 909 (5 de Junio de 2008). Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmosfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.
- [10]. TREYBAL, Robert. Operaciones de Transferencia de Masa. Editorial McGraw Hill. Segunda edición. Segunda parte. Operaciones gas-liquido.
- [11]. McCABE, Warren, SMITH, Julián y HARRIOT, Peter. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Cuarta Edición. Sección 4. Transferencia de masa y sus aplicaciones.

ANEXO 1. DIAGRAMA GRANDE DE CONTROL DGC UNIDAD U470.



Refinería de Barrancabermeja
Unidad de Ácido Sulfúrico

DIAGRAMA GRANDE DE CONTROL DGC-Ácido Sulfúrico (H₂SO₄)



Fuente: VICEPRESIDENCIA DE REFINACION Y PETROQUIMICA, GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA. Manual de descripción de procesos de la unidad de ácido sulfúrico U470. 1ª Ed, Barrancabermeja, 2008.

ANEXO 2. ESTRATEGIA DE RECUPERACION RESUMIDA

2010 EJECUTADO	2011 Planeado Nov (26 días)	2012 Planeado Nov (16 días)	2013 60 DÍAS
META EMISIONES SOx			
Arrancada: 1800 ppm Operación: 400 ppm Disparo: 2500 ppm	Arrancada: 1800 ppm Operación: 300 ppm Disparo: 2500 ppm	Arrancada: < 100 ppm Operación: < 100 ppm Disparo: < 100 ppm	Arrancada: < 100 ppm Operación: < 100 ppm Disparo: < 100 ppm
INICIATIVAS Y NUEVAS TECNOLOGIAS			
<p>Recuperar confiabilidad de medición en Caldera y Dynawave: - FIC33, FI044, PDI015</p> <p>Recuperar medición de temperatura en Horno principal y tanque bombeo ácido: - FI097, TI001/026/025</p> <p>Mejorar control del sistema neutralización: - LIC47046</p> <p>Corregir fuga SO2 - E483</p> <p>Mejorar eficiencia absorción T492/94: - Incrementar temperatura entrada ácido</p> <p>Optimizar secado en T482: - Aumento flujo de ácido a T482</p> <p>Proteger integridad de equipos: - Reducir concentración de ácido producto a 98,5%</p>	<p>Reducción emisiones SOx en operación normal: - Cambiar catalizador en R489 - Enviar de gases K480 a T477</p> <p>Asegurar concentración SO2 (6% a 9,5%) en proceso a diseño: - AI47044/45/54/55</p> <p>Proteger integridad de equipos: - TI47025/26, FT47024/22 - 8 válvulas control</p> <p>Mejorar aislamiento, pintura y obra civil.</p> <p>Protección a personas - Instalar 5 detectores de SOx en lugares estratégicos. - Instalar alarma sonora de emergencia - AIR con acompañamiento Dupont.</p> <p>Integridad de la unidad - Actualización HAZOP - Estudio SIL</p>	<p>Reducción de emisiones SOx en paradas y arrancadas de la unidad: - Instalar pre calentamiento de las zonas 3 y 4 del R489. - Desviar gases del H472 al T494. - Instalar lavadora de gases a la salida de gases de la chimenea I498.</p>	<p>Reposición de equipos por ciclo vida: - Cambio H472 - Cambio R489 - Cambio B-474</p> <p>Reposición de equipos por nueva tecnología: - Cambio X479</p> <p>Protección personas: - Presurización cuarto satélite de control.</p>

Fuente: El Autor.

ANEXO 3. EJECUTADO RECOMENDACIONES MECS-DUPONT

RECOMENDACIONES MECS DUPONT	CANTIDAD	AVANCE ACUMULADO	FECHA IMPLEMENTACIÓN
Ejecutado a la fecha (Recomendaciones operacionales)	9	31%	Implementado
Planeado reparación general Noviembre de 2011 (Recomendaciones que requieren cambios de metalurgia, y parada de planta).	16	86%	Noviembre 2011 (parada General)
Planeado parada técnica 2012 (Recomendaciones que requieren diseño de ingeniería)	4	14%	Agosto 2012 (parada técnica)
TOTAL RECOMENDACIONES	29	100%	

Fuente: El Autor.

ANEXO 4. RECOMENDACIONES COORDINACION DE INSPECCION DE EQUIPO ESTATICO.

RECOMENDACIÓN	EQUIPO	DESCRIPCION
29681	K494	Cambio De Tubería 8 Entrada Al Tanque
30358	E483	Intervención En Parada Técnica 2010
30714	R489	Corrección Indicaciones Boquilla
30724	R489	Instalación Caja Parte Superior Boquilla
30749	R489	Reparación Tapa Superior Mh
31432	R489	Intervención Equipo Para Inspección Y Mantenimiento Parada General 2011
31471	P471B	Corrección De Escape Acido Por Drenaje
31494	B474	Pim-Z2-31494 B-474 Intervención Por Rotura De Tubería
31495	H472	Intervención Mantenimiento Y Limpieza
31513	H472	Reparación Quemadores
31514	B474	Reparación Boquilla Mh Rota
31516	H472	Reparación Perforación En Casco Y Cambio Boquilla Atomización De Acido
31518	K479	Construcción Prolongación Venteo
31522	B474	Trabajos Reparación Tubos Y Cabezal Caliente Haz
31523	H472	Limpieza Instalación Ladrillos
31526	FT47087	Corrección De Escape De Acido Por Brida
31536	B474	Alternativa Temporal Ferrules
31544	D475	Corrección Escapes En Juntas De Expansión De Caucho
31546	H472	Curva Calentamiento Horno
31547	H472	Cambio Piloto - Tips Quemadores
31551	K494	Reparación Escape Por Soldadura De Tubería
31610	AV47082	Corrección Escapes Líneas De 2
31611	FT47087	Corrección Escape Unión Brida
31612	K482	Escape Y Cambio De Brida Toma Muestras Acido
31931	K494	Cambio Boquilla De Dilución Entrada Acido
32001	H472	Cambio Pilotos Quemador
32020	SF477AB	Cambiar Malla Interna
32056	AV47082	Cambio Tramo Tubería De 2
32084	R489	Corrección Escape Por Boquilla Salida Gases
32085	E493	Corrección Escape Soldadura Junta Expansión
32177	K494	Corregir Escape Acido Por Soldadura
32178	AV47082	Corrección Escape Acido

Continúa en la página 36.

Continuación del anexo 4.

RECOMENDACIÓN	EQUIPO	DESCRIPCION
32249	R489	Reparación De Grieta E Instalación Parches
32250	K494	Reparación Junta A Tope De 8
32312	B474	Intervención Por Rotura De Soldadura De Resistencia Tubería
32337	B474	Reparación Mh Roto Ducto B-474-Weirbowl
32339	B474	Reparación Soldaduras Erosionadas Tubos Cabezal Caliente
32340	B474	Condensar Agujero De Tubería En Los Dos Cabezales
32352	H472	Curva De Secado De Refractario H-472 Y B474
32360	B474	Instalar Tope En Lanza De Soplado De Caldera
32536	X479	Cambio De Electrodo
32554	P477B	Corregir Poros En Brida De Sello
32557	K482	Cambio Visor Acido En Línea De 2
32558	R489	Corrección Escape Ducto Al Se-491

Fuente: Coordinación de Inspección de Equipo Estático GRB – Ecopetrol S.A.

ANEXO 5. RECOMENDACIONES COORDINACION DE EQUIPO ROTATIVO.

RECOMENDACIÓN	EQUIPO ASOCIADO	SERVICIO
31713	SP482A	SISTEMA DE BOMBEO
31714	SP492A	SISTEMA DE BOMBEO
32000	SP492A	SISTEMA DE BOMBEO
32321	SC485	Compresor de gas ácido SC485

Fuente: Coordinación de Equipo Rotativo GRB – Ecopetrol S.A.