

**SOLUCION AL MANEJO DE AGUAS AGRIAS EN LA GRB MEDIANTE LA
UTILIZACION DE LA TORRE DE AMINA T4282B DEL DEPARTAMENTO DE
CRACKING II**

**CAROLINA ACEVEDO VELANDIA
LAURA ISABEL PEÑA PEÑA
RODIAN RIOS VILLA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2009

**SOLUCION AL MANEJO DE AGUAS AGRIAS EN LA GRB MEDIANTE LA
UTILIZACION DE LA TORRE DE AMINA T4282B DEL DEPARTAMENTO DE
CRACKING II**

**CAROLINA ACEVEDO VELANDIA
LAURA ISABEL PEÑA PEÑA
RODIAN RIOS VILLA**

**Trabajo de grado para optar al título de
Especialista en Ingeniería Ambiental**

Directora: María Angélica Grimaldos

Entidades Interesadas: Ecopetrol S.A.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2009

AGRADECIMIENTOS

Damos gracias a Dios por permitirnos culminar con esta etapa, a nuestros familiares y seres queridos por su motivación y constante apoyo a lo largo de nuestras vidas.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. JUSTIFICACION	2
2. OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GENERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. ANTECEDENTES	4
4. MARCO TEORICO	8
4.1 AGUA AGRIAS	8
4.2 TRIAZINA SECUESTRANTE DE DE H ₂ S	9
4.3 TORRE T-4282B COMO DESPOJADORA DE AGUAS AGRIAS	11
5. ANALISIS DE RIESGOS	12
5.1 DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	12
5.2 DEFINICIÓN DE LOS NUDOS	13
5.3 APLICACIÓN DE LAS PALABRAS GUÍA	13
5.4 DEFINICIÓN DE LAS DESVIACIONES A ESTUDIAR	14
5.5 SESIONES HAZOP	14
6. ADECUACIONES DE LA TORRE T-4282B	15
6.1 MAGNITUD, MATERIALES, PLANOS DE REFERENCIA Y LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO:	15
6.2 CONDICIONES DE PROCESO	18
6.3 MATERIALES	18
7. LIMITACIONES PRESENTADAS EN LA ADECUACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE LA T-4282B COMO DESPOJADORA DE AGUAS AGRIAS.	25

8. CONDICIONES DE OPERACIÓN DE T-4282B COMO DESPOJADORA DE AGUAS AGRIAS	27
8.1 CONDICIONES ESTIMADAS DE RECIBO DE AGUA AGRIA EN LA T4282B Y ENTREGA DE AGUA TRATADA A PTAR	27
9. PRESUPUESTO E IMPACTO ECONOMICO	30
9.1 IMPACTO ECONOMICO	30
10. SEGUIMIENTO AL EFLUENTE PROVENIENTE DE T-4282B	31
11. CONCLUSIONES	34
BIBLIOGRAFÍA	35
ANEXOS	36

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Columna despojadora T4282B	20
Figura 2. Línea de tea acida	21
Figura 3. Línea de tea acida	21
Figura 4. Línea de tea acida	22
Figura 5. Línea de tea acida	22
Figura 6. Interconexión hacia separador	23
Figura 7. Tambor separador de tea acida	23

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Grafico 1. Línea de salida de la torre hacia el CPI	17
Grafico 2. Concentracion de H ₂ S en el efluente de la T4282B.	31
Grafico 3. Concentracion de H ₂ S en el efluente de la T4282B Agosto 2009.	32
Grafico 4. Concentracion de H ₂ S en el efluente de la T4282B Septiembre 2009.	32
Grafico 5. Flujo de carga de aguas Agrias T4282B Septiembre 2009.	33

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Balance de aguas agrías en la GRB	2
Tabla 2. Tabla 2. Listado de TIE INS	19
Tabla 3. Condiciones Carga de Agua Agría a T4282B	27
Tabla 4. Condiciones de Entrega Agua Tratada a PTAR (Agua Producto)	28
Tabla 5. Condiciones de Proceso Anticipadas T4282B	29
Tabla 6. Estimativos económicos del costo de triazina sin considerar la T4282B	30

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD TRIAZINA	37
ANEXO 2. PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DE LA T-4282B COMO DESPOJADORA DE AGUAS AGRIAS	40
ANEXO 3. ANALISIS DE RIESGOS HAZOP	41
ANEXO 4. ANALISIS DE CAUSA RAIZ	42

RESUMEN

TITULO: SOLUCION AL MANEJO DE AGUAS AGRIAS EN LA GRB MEDIANTE LA UTILIZACION DE LA TORRE DE AMINA T4282B DEL DEPARTAMENTO DE CRACKING II

AUTORES: CAROLINA ACEVEDO VELANDIA, LAURA ISABEL PEÑA PEÑA, RODIAN RIOS VILLA** **

PALABRAS CLAVES: Aguas Agrias, Riesgo, Sulfuro de Hidrogeno, seguridad y HSE.

CONTENIDO:

La Gerencia de Refinería de Barrancabermeja presenta un déficit en el tratamiento de aguas agrias, teniendo en cuenta las consecuentes implicaciones de seguridad y HSE que se podrían presentar y siendo coherentes con los Principios Empresariales de Desarrollo Sostenible y de Seguridad e integridad donde las personas y el medio ambiente son nuestra prioridad, se propone como alternativa la operación de despojo de aguas agrias en la torre despojadora de amina T-4282B de Cracking UOP II para resolver la problemática del manejo seguro de las aguas agrias de la refinería que estaban generando una situación de alto riesgo.

Las aguas agrias son aguas de proceso con altos contenidos de Sulfuro de Hidrogeno (H_2S), amoniaco y Fenoles que requieren ser tratadas antes de ser vertidas a los sistemas de aguas aceitosas o reutilizadas en otros servicios. La producción total de aguas agrias a tratar en la refinería se estima entre **415 y 520 gpm**. La capacidad de procesamiento de las aguas agrias era de 340 gpm generándose un déficit de tratamiento de hasta 180 gpm los cuales se vertían a los sistemas de aguas aceitosas.

Como una solución parcial, se ordenó la compra de un secuestrante de H_2S a un alto consumo y costo llamado triazina. Una vez entro en funcionamiento la torre de Amina T4282B como despojadora de aguas agrias se logro: Tener una concentración de H_2S en el ambiente por debajo de 10 ppm, medido a 1.2 m. sobre el nivel del suelo y tener cero vertimientos de aguas agrias a sistemas de aguas aceitosas.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Directora: María Angélica Grimaldos.

ABSTRACT

TITLE: WATER MANAGEMENT SOLUTION TO soured on the GRB using amine TOWER OF THE DEPARTMENT OF CRACKING T4282B II* *

AUTHORS: CAROLINA ACEVEDO VELANDIA, LAURA ISABEL PEÑA PEÑA, RODIAN RIOS VILLA**

KEY WORDS: sour water, Risk, hydrogen sulfide, security and HSE.

CONTENTS:

Management Barrancabermeja Refinery has a deficit in the sour water treatment, taking into account the consequent implications for safety and HSE that could arise and be consistent with the Business Principles for Sustainable Development and Security and integrity where people and environment is our priority, the stripping operation in the sour water stripping tower T-4282B amine Cracking UOP II is proposed as an alternative to solve the problems of safe handling of the bitter waters of the refinery that were producing a high-risk situation.

The sour water are process water with high content of hydrogen sulfide (H_2S), ammonia and phenols that need to be treated before being discharged to the oily water systems or reused in other services. The overall production of sour water to be treated in the refinery is estimated between 415 and 520 gpm. The processing capacity of sour water was 340 gpm treatment generated a deficit of up to 180 gpm which was discharged into the oily water systems.

As a partial solution, the purchase of a H_2S scavenger to high consumption and cost called triazine is ordered. Once the tower amine T4282B started operation as stripped sour water was achieved: To have a concentration of H_2S in the atmosphere below 10 ppm, measured at 1.2 m. above the ground and have zero sour water discharges of oily water systems.

* Draft Grade

** Faculty of Engineering Physical Chemistry. School of Chemical Engineering. Director: María Angélica Grimaldos.

INTRODUCCION

La legislación ambiental vigente exige un gran esfuerzo de las industrias en la adopción de tecnologías “limpias” para sus procesos. ECOPETROL, conciente de su importante papel en el desarrollo del país tiene un gran compromiso con el medio ambiente y con la comunidad el cual ha consignado en las Políticas Ambiental y de Control de Pérdidas. Dicho compromiso se manifiesta en la multiplicidad de investigación e investigación aplicada que se desarrolla y se implementa en cada uno de los procesos industriales.

La Gerencia de Refinería de Barrancabermeja presenta un déficit en el tratamiento de aguas agrias, teniendo en cuenta las consecuentes implicaciones de seguridad y HSE que se podrían presentar y siendo coherentes con los Principios Empresariales de Desarrollo Sostenible y de Seguridad e integridad donde las personas y el medio ambiente son nuestra prioridad, se propone como alternativa la operación de despojo de aguas agrias en la torre despojadora de amina T-4282B de Cracking UOP II.

1. JUSTIFICACION

El tratamiento de la producción total de aguas agrias en refinería, se estima entre 415 y **520gpm**, adicionalmente, evaluada la cantidad de aguas producidas en la refinería y comparada con la capacidad actual de tratamiento se observa un déficit de capacidad de aproximadamente 180 gpm que quedarían por fuera del tratamiento para retirar componentes ácidos del agua, en especial sulfuro de hidrógeno.

Ante esta problemática que finalmente se estaba reflejando en desprendimiento de sulfuro de hidrógeno hacia la atmósfera en el área de PTAR, con las consecuentes implicaciones de seguridad y HSE que se podrían presentar, fue necesario estudiar 6 alternativas para el despojo de las aguas agrias en la Gerencia Refinería de Barrancabermeja GRB. Las alternativas aprobadas por la Gerencia General fueron las siguientes: Ampliar la capacidad de despojo de aguas agrias en la torre T-2590 de Cracking UOP I y Habilitar la operación de despojo de aguas agrias en la torre T-4282B de Cracking UOP II, quedando descartadas entre otras las alternativas planteadas para habilitar las torres T-308 de Cracking Modelo IV y T-2491 de turbo expander como despojadoras de aguas agrias.

Tabla 1. Balance de aguas agrias en la GRB

Lantas	Mínimo flujo	Máximo flujo
Modelo IV	75	90
Orthoflow	75	90
Parafinas	20	20
Unibón	20	30
UOP I	123	150
UOP II	102	140
Total	415	520

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Asegurar el despojo del 100% de las aguas agrias generadas en la GRB y remover el sulfuro de hidrogeno y el amoniaco contenidos en éstas corrientes provenientes de las unidades existentes.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Garantizar una concentración de H₂S en el ambiente por debajo de 10 ppm, medido a 1.2 m. sobre el nivel del suelo mediante la alternativa de la operación de la T-4282B.
- Tener cero vertimientos de aguas agrias a sistemas de aguas aceitosas.
- Disminuir el riesgo a impactos ambientales mayores (Principio Empresarial de Desarrollo Sostenible), con el fin de garantizar la seguridad hacia las personas y equipos (Principio Empresarial de Seguridad e Integridad), evitar multas, pérdidas de tiempo e incidentes por contacto con H₂S.
- Implementar la alternativa en el menor tiempo posible para no afectar la economía de la refinería por costos asociados a la triazina o demás relacionados por vertimiento de aguas agrias.

3. ANTECEDENTES

- Enero 30/1987: Se evalúa la posibilidad de cargar las aguas agrias procedentes del D503, tambor de cima de la T501, fraccionadora principal de Orthoflow, en la T-2590, despojadora de aguas agrias de la planta de balance.

- Junio 26/1981: recibo total de aguas acidas de refinería en T2590 incrementándose la carga de 90 a 305 GPM.

- Octubre 10/1981: Memorando donde se presenta la problemática de contaminación por H₂S en Ptar y separador API 3050. Se envían aguas agrias de Orthoflow , modelo IV, UOP, algunos condensados de parafinas y unibon; cuando por alguna circunstancia la torre despojadora esta fuera de servicio toda la carga de aguas agrias se envía a la red de aguas aceitosas, permitiendo la liberación del H₂S a su paso por el separador api 3050 y piscina de neutralización de la PTAR.

- La columna T-2590 (actual tratadora de aguas agrias de la GRB) tiene una capacidad máxima de tratamiento de 330 gpm¹ mientras que la producción total de aguas agrias a tratar en refinería se estiman en 530gpm.

- Adicionalmente, evaluada la cantidad de aguas producidas en la refinería y comparada con la capacidad actual de tratamiento se observa un déficit de capacidad de aproximadamente 200 gpm que quedarían por fuera del tratamiento para retirar componentes ácidos del agua, en especial sulfuro de hidrógeno. Estos inconvenientes finalmente se ven reflejados en el desprendimiento de sulfuro de hidrógeno hacia la atmósfera en el área de PTAR, con las consecuentes implicaciones de seguridad y HSE que se podrían presentar.

- La modificación que se propone busca tratar las aguas agrias producidas por la Unidad URC UOP II en la T4282B. Actualmente no existe línea de interconexión de las aguas agrias desde el D4206 hacia esta torre, por lo cual se requiere la construcción de una interconexión entre la línea de salida del cabezal de aguas agrias hacia balance para interconectar con el sistema de T4282B a la altura del límite batería norte del bloque B de la URC UOP II.

- Se requieren unas interconexiones nuevas en el bloque B de la unidad UOP II tanto a la entrada de la T4282B como a la salida para poder llevar a cabo este objetivo.

- Torre Regeneradora de Amina T-4282-B. La DiEtanol Amina DEA rica proveniente del Tambor Flash D-4282 entra por la cima de la Torre Regeneradora de Amina T-4282 sobre el plato número 3 y desciende por los platos hacia el *baffle* de fondo. El Indicador de Flujo FI-42852-B registra la rata de flujo de carga a la torre. La válvula LV-42812 regula la cantidad de amina que alimenta la torre, respondiendo a la señal de salida de amina desde tambor flash.

La DEA rica entra en contacto con vapor proveniente del fondo de la T-4282-B. Este contacto promueve la separación entre el H₂S que sale por la cima y la amina que se acumula por el fondo.

Cima. De la cima de la torre sale H₂S con trazas de DEA a una presión y una temperatura indicadas por PI-42869-B y TI-42808-B, respectivamente. La corriente pasa al lado casco del Intercambiador de Calor E-4282-B, donde los vapores se enfrían al ceder calor al agua que fluye por los tubos; la DEA se condensa. La temperatura de salida es indicada en el Indicador de Temperatura TI-42810-B.

La corriente continúa al Tambor de Reflujo D-4281-B donde los vapores de H₂S se separan de la amina y son enviados a la Unidad de Recuperación de Azufre con un flujo indicado por el Indicador de Flujo FI-42811-B.

La solución de amina líquida es enviada como reflujo a la cima de la torre regeneradora a través de las Bombas de Reflujo P-4283-C/D con el fin de hacer más puro el H₂S (libre de DEA). Luego de la descarga de la bomba, dos corrientes se desvían. Una actúa como recirculación de flujo mínimo a las P-4283-C/D, con flujo indicado en FI-42856-B hacia la entrada de DEA condensada al D-4281-B. Otra continúa con flujo indicado por FI-42809-B hasta la descarga de las P-4283-A/B. La corriente principal de reflujo, con flujo registrado en FI-42810-B continúa hacia la T-4282-B. El nivel de amina en el tambor está controlado por el Control de Nivel LIC-42825-B el cual ajusta la cantidad de reflujo enviado a la T-4282-B.

Fondo. El parte del la DEA rica que alimenta la torre y que desciende por los platos sale del *baffle* hacia el lado casco del Rehervidor de Fondo de la Torre Regeneradora de DEA E-4283-B donde es parcialmente vaporizado hasta alcanzar las condiciones normales de operación.

El calor que se requiere es suministrado por el vapor de 50 psig con presión registrada por el PI-42861-B. El vapor es saturado con agua de calderas bajo Control de Temperatura TIC-42845-B. Una pequeña línea de vapor a un flujo, presión y temperatura indicados por FI-42860-B, PI-42860-B y TI-42807-B, respectivamente, puede usarse para pasar vapor de agua a la línea de salida del E-4283-B y facilitar el despojo.

La corriente principal de vapor fluye por el lado tubo a través del Control de Flujo de Vapor al Rehervidor del Fondo de la Torre Regeneradora FIC-442861-B y se condensa al ceder calor a la DEA para vaporizarla.

El condensado que sale del E-4283-B se acumula en el Tambor de Condensado D-4287. La DEA vaporizada en el E-4283 sale a una temperatura indicada por el Indicador de Temperatura TI-42807-B y alimenta la zona flash de la T-4282. Este vapor asciende por los platos de la torre haciendo contacto con la corriente de DEA que desciende. El contacto de la DEA vaporizada con la DEA rica mantiene una temperatura requerida para favorecer el despojo del H₂S por la cima de la torre, mientras la amina se acumula libre de H₂S en el fondo, con nivel registrado en el Indicador de Nivel LI-42813-B.

El producto líquido en el fondo de la Torre Regeneradora de Amina T-4282-B se considera DEA pobre ya que no contiene H₂S. La DEA pobre del fondo, a una temperatura registrada en el Indicador de Temperatura de Fondo de la Torre Regeneradora TI-42806-B, se une con la salida de DEA pobre del fondo de la Torre Regeneradora de Amina T-4282.

Un Indicador de Presión Diferencial de la Torre Regeneradora de Amina PDI-42869-B está instalado para monitorear la presión diferencial de la torre.

4. MARCO TEORICO

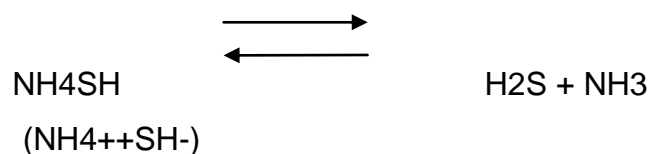
4.1 AGUA AGRIAS

Las aguas agrías son aguas industriales, residuales, procedentes de los procesos de refinación y petroquímicos de la GRB. Están compuestas por diferentes vertimientos generados en varias etapas del proceso integral. Es esencialmente una solución de amoníaco (NH₃) y sulfuro de hidrogeno (H₂S) en agua que contiene:

- Fenoles
- H₂S
- Mercaptanos,
- Cianuros, Cloruros y Nitrógeno Amoniacal e hidrocarburos, cuya concentración depende tanto de la carga de hidrocarburo tratada, como de la operación y eficiencia de los procesos de despojo.

REACCIONES QUIMICAS

El amoníaco (NH₃) y el sulfuro de hidrogeno (H₂S) se encuentran presentes en una solución acuosa como Hidrosulfuro de amonio (NH₄SH), el cual es una sal de una base débil: Hidróxido de amonio (NH₄OH) y un ácido débil como el sulfuro de hidrogeno (H₂S). En esta solución, la sal es hidrolizada para formar sulfuro de hidrogeno (H₂S) y amoníaco (NH₃).



Donde la constante de equilibrio es:

$$K_H = \frac{|H_2S| |NH_3|}{|NH_4^+| |SH^-|}$$

El H₂S y el NH₃ se encuentran físicamente disueltos. Entonces, la liberación de estos gases favorece el descenso de la presión e incremento de la temperatura de la solución. Este proceso finaliza en la torre despojadora con la ayuda del rehervidor el cual vaporiza agua en el fondo.

4.2 TRIAZINA SECUESTRANTE DE DE H₂S

El químico secuestrante de H₂S actualmente mas difundido es un condensado amina – aldehído: el 1, 3, 5 tris (2 hidroxietil – hexahidro-S-triazina) o mas comúnmente triazina. (Ver anexo 1)

Numerosos compuestos con similares propiedades también se obtuvieron sustituyendo varias alcanolaminas y aldehídos.

Generalmente aplicados por inyección continua también puede utilizarse en contactor.

Secuestrantes de H₂S

Los métodos tradicionales para remover H₂S han sido el uso de soluciones de etanolaminas y el método del hierro esponja, en su orden de importancia. Ambos procesos constan de una etapa de operación y una etapa de regeneración, lo cual implica el uso de equipos múltiples, al menos una torre contactora, una regeneradora y equipo accesorio, y demanda apreciable de espacio; además en los procesos de regeneración se presenta la formación de productos altamente contaminantes cuya disposición final incrementa aún más los costos de tratamiento. El proceso de las etanolaminas no es económicamente viable en el

tratamiento de bajas cantidades de gas con contenidos relativamente bajos de H₂S.

Actualmente en la industria del gas se está trabajando en el desarrollo de químicos secuestrantes de H₂S de inyección directa, entre ellos la triazina, en los procesos y equipos requeridos para su aplicación de tal forma que se pueda garantizar eficiencia, economía, compatibilidad con el medio ambiente y versatilidad, con el fin de tener ahorros importantes en el tratamiento del gas teniendo un gas residual de igual o mejor calidad que el obtenido con los procesos aplicados hasta ahora.

El GRI está patrocinando un programa de evaluación de tecnologías de barrido de H₂S como parte de un programa global de remoción y recuperación de azufre. Uno de los objetivos fundamentales de este trabajo es desarrollar un conocimiento más sólido de los fundamentos de barrido con inyección directa (inyectando barredores químicos directamente a la tubería).

En el área del barrido con H₂S, los operadores han buscado siempre reducir los costos de capital eliminando recipientes contactores e inyectando los químicos directamente a la tubería. Esta aproximación de inyección directa, aunque aparentemente sencilla ha sido difícil aplicar con éxito, siendo los principales problemas obtener resultados de remoción aceptable de H₂S y costos mayores en muchos casos.

Un segmento creciente de la industria del gas usa procesos de barrido de H₂S para remover bajas concentraciones de H₂S en gases de baja calidad. Para este tipo de gases los procesos convencionales de endulzamiento con aminas no son métodos económicos de tratamiento especialmente cuando no se requiere la remoción de CO₂. Históricamente, la industria de producción de gas ha usado procesos de barrido de H₂S no regenerativos En estos procesos un agente

barredor reacciona irreversiblemente con el H_2S . Los productos de la reacción se separan del gas tratado y se desechan.

Los agentes barredores de sulfuro de hidrógeno se aplican generalmente a través de uno de los siguientes métodos: 1) Aplicación por intervalos de tiempo del agente secuestrante líquido en una torre contactora “sparged”; 2) aplicación por intervalos de tiempo de los agentes secuestrantes sólidos en una contactora de lecho fijo.; 3) inyección continua y directa de agentes barredores líquidos. Estudios de campo han demostrado que el desempeño de los sistemas con inyección directa de barredores es más difícil de predecir que los sistemas basados en torres contactoras porque la fundamentación teórica asociada con su comportamiento y costos es bastante desconocida y porque los parámetros de aplicación, tales como velocidad del gas, condiciones de mezcla líquido – gas y tiempo de contacto varían ampliamente de un sitio a otro. Como resultado la remoción de H_2S , el uso de químico y los costos del mismo son bastantes específicos de cada sitio y no se pueden predecir con facilidad.

4.3 TORRE T-4282B COMO DESPOJADORA DE AGUAS AGRIAS

Se anexa procedimiento de operación de la T-4282B como despojadora de aguas agrias. (Ver anexo 2).

5. ANALISIS DE RIESGOS

Para habilitar la operación de despojo de aguas agrias en la torre T-4282B de Cracking UOP II y poder realizar las adecuaciones pertinentes a esta unidad, se realizo un análisis de riesgos basado en la metodología HAZOP. (Ver anexo 3).

El análisis del riesgo es el punto de partida y actividad básica en la planeación, preparación y definición de acciones preventivas, para realizar este análisis fue utilizada la metodología HAZOP:

HAZOP, es una técnica de identificación de riesgos, basada en la premisa de que los riesgos, los accidentes o los problemas de operabilidad, se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros normales de operación en un sistema dado y en una etapa determinada.

La técnica consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de unas "**palabras guía**"

ETAPAS DE LA METODOLOGIA

5.1 DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Consiste en delimitar las áreas a las cuales se aplica la técnica. En una determinada instalación de proceso, considerada como el área objeto de estudio, se definirán para mayor comodidad una serie de subsistemas o líneas de proceso que corresponden a entidades funcionales propias:

- Línea de descarga a un depósito
- Separación de disolventes
- Reactores

5.2 DEFINICIÓN DE LOS NUDOS

En cada uno de estos subsistemas o líneas se deberán identificar una serie de nudos, o puntos claramente localizados en el proceso. Por ejemplo:

- Tubería de alimentación de una materia prima a un reactor
- Impulsión de una bomba
- Depósito de almacenamiento

Cada nudo deberá ser identificado y numerado correlativamente dentro de cada subsistema y en el sentido del proceso para mejor comprensión y comodidad. La técnica HAZOP se aplica a cada uno de estos puntos. Cada nudo vendrá caracterizado por variables de proceso como:

- Presión
- Temperatura
- Caudal
- Nivel
- Composición
- Viscosidad

La facilidad de utilización de esta técnica requiere reflejar en esquemas simplificados de diagramas de flujo todos los subsistemas considerados y su posición exacta.

El documento que actúa como soporte principal del método es el **diagrama de flujo de proceso**.

5.3 APLICACIÓN DE LAS PALABRAS GUÍA

Las “Palabras guía”, se utilizan para indicar el concepto que representan a cada uno de los nudos definidos anteriormente que entran o salen de un elemento determinado.

Se aplican tanto a acciones:

- Reacciones
- Transferencias, etc.

Como a parámetros específicos:

- Presión
- Caudal
- Temperatura

5.4 DEFINICIÓN DE LAS DESVIACIONES A ESTUDIAR

Para cada nudo se plantea de forma sistemática todas las desviaciones que implican la aplicación de cada palabra guía a una determinada variable o actividad. Para realizar un análisis exhaustivo, se deben aplicar todas las combinaciones posibles entre palabra guía y variable de proceso, descartándose durante la sesión las desviaciones que no tengan sentido para un nudo determinado.

Paralelamente a las desviaciones se deben indicar las causas posibles de estas desviaciones y posteriormente las consecuencias de estas desviaciones.

5.5 SESIONES HAZOP

Las sesiones HAZOP tienen como objetivo la realización sistemática del proceso descrito anteriormente, analizando las desviaciones en todas las líneas o nudos seleccionados a partir de las palabras guía aplicadas a determinadas variables o procesos. Se determinan las posibles causas, las posibles consecuencias, las respuestas que se proponen, así como las acciones a tomar. Toda esta información se presenta en forma de tabla sistematizada.

6. ADECUACIONES DE LA TORRE T-4282B

6.1 MAGNITUD, MATERIALES, PLANOS DE REFERENCIA Y LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO:

Para acondicionar la T4282B se deben ejecutar los siguientes trabajos:

- Utilizar la línea de 4" que va desde la bota del D4206 AWA5804004A1 hacia la unidad de balance. Se usara la válvula existente (que se une a línea de 1 1/2" del cabezal de gas ácido), de 4", y se conectara en tubería de 4" desde esta válvula en el banco de tubería hacia el límite de batería en el bloque B (Tie in-1). Igualmente hay que reubicar la línea de 1 1/2" llegando a la línea nueva de 4".
- En el bloque B se entra con tubería de 4" y se va a empalmar a la línea existente de DEA pobre (línea construida para la PFI 53, color púrpura), que va desde la T4282 hacia la T4301 (Tie in 2).
- La línea púrpura de 4" llega desde el norte hacia el sur a pegarse a la línea de los filtros F4281. Allí existe un sistema de doble válvula con ciego, en este punto se va a ubicar el Tie in 3. Desde este mismo sitio, se debe realizar otra interconexión con línea de 4" hacia la entrada del E4281 lado tubos, donde se deberá realizar otro Tie in 4.
- Saliendo del intercambiador E4281 lado tubos en línea de 3" se realizara otro Tie in 5 que se pegara a la línea de entrada hacia la T4282B en línea de 2", Tie in 6.

- Del fondo de la T4282B sale en línea de 8", se deberá realizar un Tie in 7 de 6" y se pega con línea de 6" hacia la entrada al E4281 lado casco, Tie in 8.

- La salida del E4281 lado casco se hará un Tie in 9 de 6" y saldrá con línea de 4" a pegarse a la entrada del E4284B (Tie in 10). Para utilizar este esquema no se dispone ni se necesita de un sistema de bombeo, por tanto se by pasea la bomba P4282E, D. La presión con que cuenta la torre es suficiente para dar la cabeza hidráulica necesaria para la salida del efluente hacia el CPI.

- La salida del FV42854B de deberá interconectar con el Separador CPI con un Tie in 11 de 3". Desde este punto se llevara con línea de 3" hasta el separador CPI en el bloque A.

- La línea de salida de la torre hacia el CPI: línea de acero al carbono con dimensiones 3" (Tramo de línea de aprox. 155 mt). La línea se iría por todo el canal de aguas lluvias del lado occidental del bloque B hacia el norte hasta llegar al cárcamo. Llevar la línea por el cárcamo y que salga por el lado oriental del bloque A (atravesar la via por debajo de la rejilla existente). De allí se iría en diagonal a buscar la caja de aguas aceitosas que va desde el separador CPI hasta PTAR. Esta es la caja Nor Occidental en la esquina del CPI. Allí hay que levantar la tapa y colocar la línea y de alguna manera sellar la caja nuevamente para confinar todos los gases. La línea debe quedar sumergida en el líquido de la caja de agua aceitosa. Esta recomendación es la más segura frente a problemas de calentamiento en la torre, resistencia en las uniones entre tramos de líneas o golpes a los que pueda estar sometida. Ver grafico 1 adjunto.

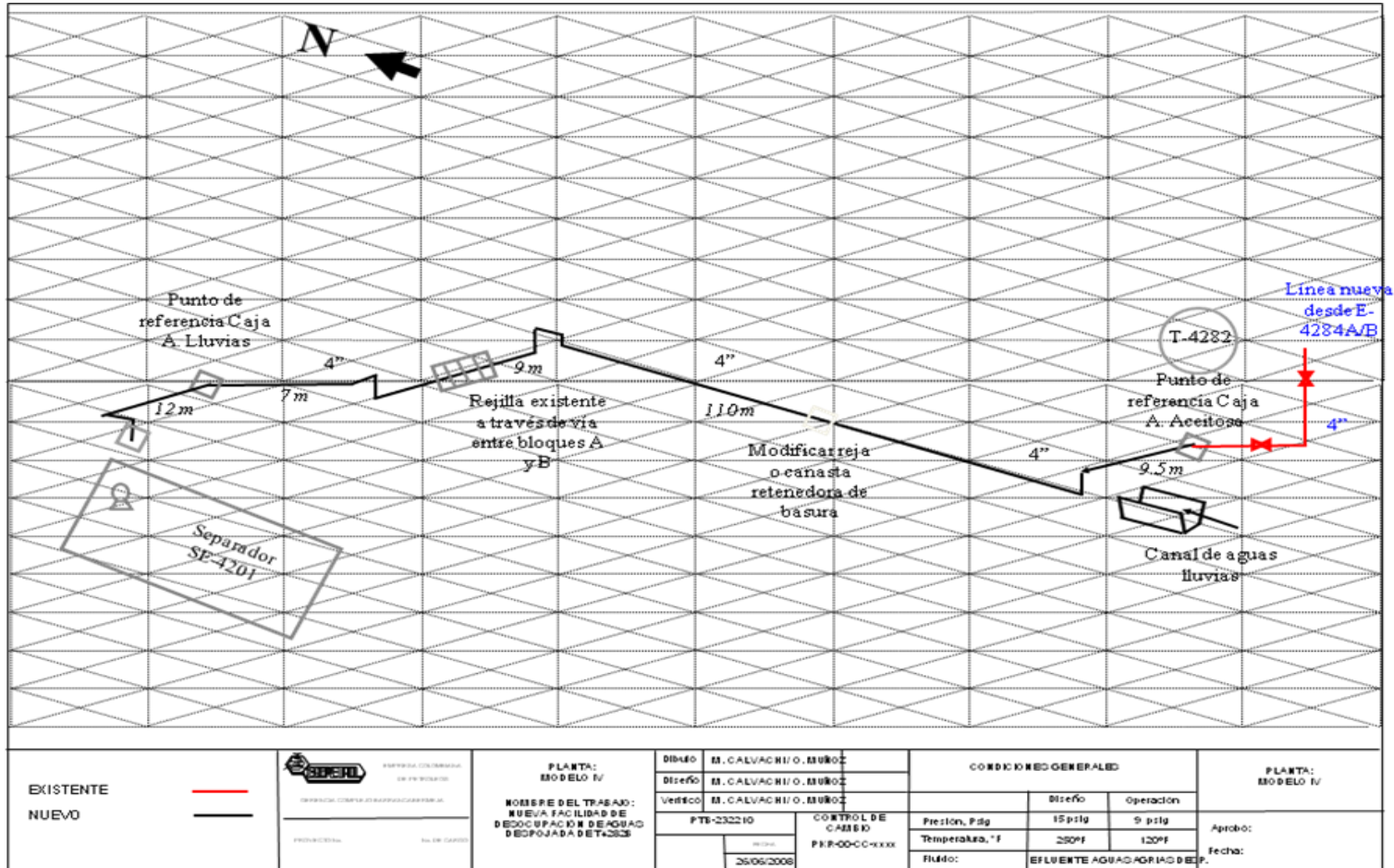


Grafico 1. Línea de salida de la torre hacia el CPI

6.2 CONDICIONES DE PROCESO

- Flujo máximo: 4150 BPD (121 gpm)
- Temperatura de Operación Normal: 120°F
- Temperatura máxima: 250°F, por falla de agua de enfriamiento.
- Presión Normal: 9 psig.
- Presión Máxima: 15 psig.

6.3 MATERIALES

- Aproximadamente 155 metros de tubería 3 o 4", codos de 90° y 45°.
- Tubería: A 106 Gr B, cedula 40.
- Bridas: A 105 RF, WN, rating 150 Lbs, cedula 40.
- Accesorios: A 234 Gr WPB, cedula 40.
- Soldadura: Electrodo AWS E 6010 / 7018 para pase de raíz y relleno respectivamente.

- Todas las líneas y Tie in asociadas a las facilidades anteriores deberán ser construidas en acero al carbono y con alivio térmico.

- En la cima de la T4282B se deben realizar dos Tie ins, uno de 3" en la línea de salida de la torre que es de 3" Tie in 12 y otro en la línea de la tea acida sobre la línea de 6", Tie in 13. Sobre esta línea hay que instalar una válvula de control de presión para la torre. Todas estas facilidades asociadas a la cima de la torre deben estar diseñadas en acero inoxidable.

- Los sistemas asociados a la instrumentación de esta torre, tomas de presión, tomas para el medidor de flujo deberán estar acondicionadas con un steam tracing para calentamiento y aisladas con foil de aluminio.

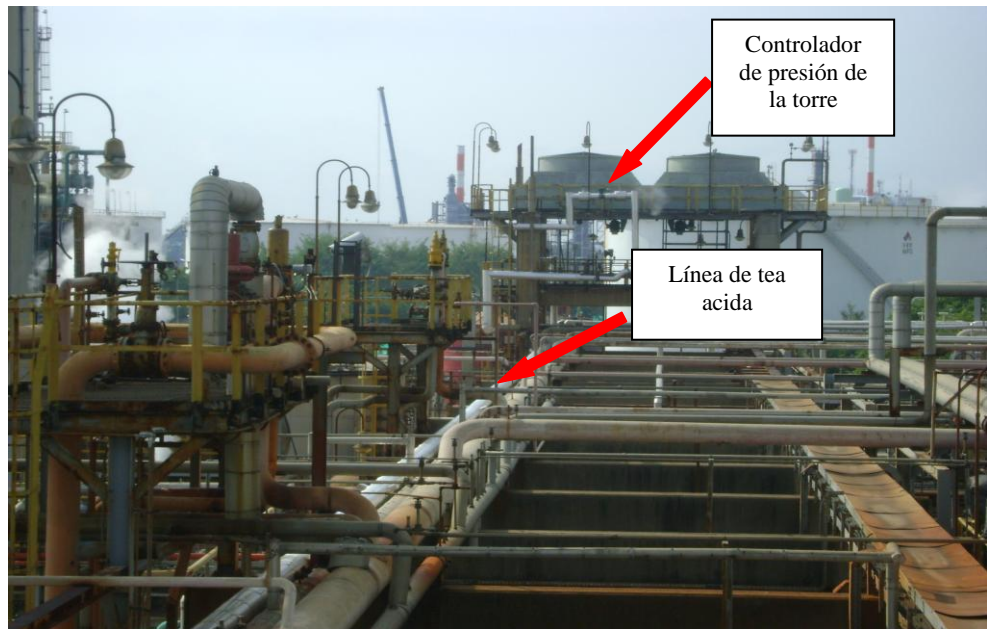
- La FV42854B que actualmente controla flujo de dea pobre, deberá ser convertida en una válvula de control de nivel de fondos de la T4282B.
- Se requiere independizar el control de presión de la T4282B asociado a las válvulas de control PICV42823A y B para que opere con la nueva válvula de control de presión.
- Se requiere de revisar la operación continua y en automático de la bomba P4382A/B del tambor D4383 para que opere continuamente, porque va a recibir permanentemente un flujo de aguas agrias.

Tabla 2. Tabla 2. Listado de TIE INS

TIE IN	DESCRIPCIÓN
1	4x150 limite norte
2	4X300 entrada T-4301
3	4x300 salida sistema filtros
4	4X150 entrada E-4281B (lado tubo)
5	2X150 salida E-4281 (lado tubo)
6	2X150 entrada T-4282B
7	6X150 salida T-4282B
8	4X150 entrada E-4281B (lado casco)
9	4X150 salida E-4281B (lado casco)
10	4X300 entrada E-4284
11	3X300 salida al CPI
12	3X150 salida D-4281B
13	3X150 línea a tea



Figura 1. Columna despojadora T4282B



Controlador
de presión de
la torre

Línea de tea
acida

Figura 2. Línea de tea acida



Línea de tea
acida

Figura 3. Línea de tea acida



Figura 4. Línea de tea acida

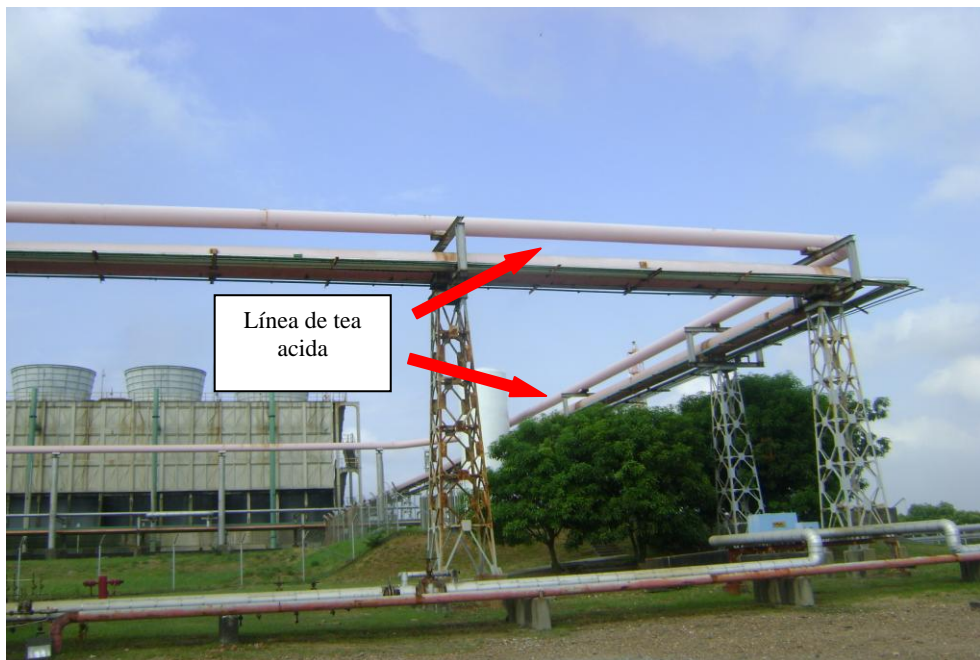


Figura 5. Línea de tea acida

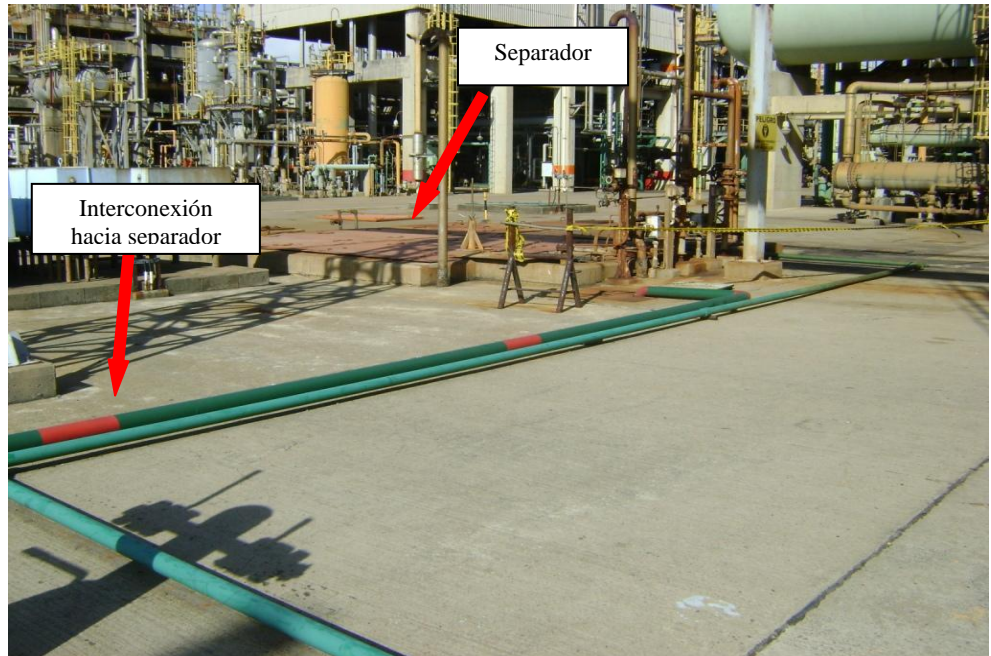


Figura 6. Interconexión hacia separador

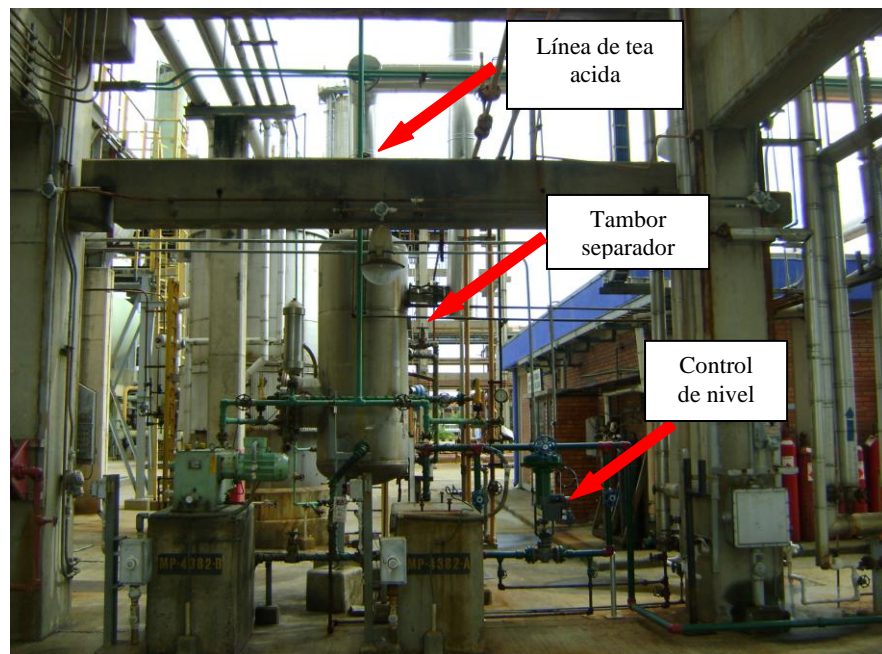


Figura 7. Tambor separador de tea acida

Luego de la puesta en servicio de la unidad (Noviembre 14 de 2008) se presentaron en varias ocasiones durante los meses de diciembre, enero y febrero taponamientos del circuito de cima por formación de sales de amonio NH_4Cl , NH_4HS , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, $\text{NH}_2\text{COONH}_4$, que se subliman de los gases presentes en la corriente GADAR.

Durante estos eventos se pudo evidenciar el compromiso de los operadores de la unidad quienes para mantener la torre funcionando debieron realizar continuamente lavados a los sistemas de cima y de fondo de la T4282B para no sacarla de servicio.

Debido a estos inconvenientes y en la búsqueda de lograr la estabilidad y seguridad en la operación del sistema se efectuó un Análisis de Causa Raíz RCA. (Ver Anexo 4).

7. LIMITACIONES PRESENTADAS EN LA ADECUACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE LA T-4282B COMO DESPOJADORA DE AGUAS AGRIAS.

La unidad URC UOP II cuenta con dos torres despojadora de amina T4282 y (T4282B) para tratar la amina procedente de la torre absorbidora T4301 que trata 690000 pceh de gas esponja. La T4282B se justifico con la PFI 53 que buscaba ampliar el recibo de cargas externas en la Unidad URC UOP II. El disponer de esta torre T4282B para uso de aguas agrias trae como consecuencia la limitación en el recibo de las corrientes externas procedentes de Orthoflow o Modelo IV en aproximadamente 150000 pceh. Esto representa una pérdida de 350 bpd de GLP y 600 bpd de etano etileno (generando un alto impacto económico en la refinería, variación en la logística operativa entre las unidades de GRB y afectando fuertemente unidades como etileno-polietileno por disminución en su carga). Adicionalmente habrá menos gas acido hacia la planta de azufre III. La T4301 se deberá operar con un nivel de gases de 540000 pceh para cumplir con los requerimientos de despojo en la T4282.

Teniendo en cuenta que la torre T-4282B fue diseñada inicialmente como torre despojadora de Amina, en su operación como despojadora de aguas agrias los mecanismos de daño que se pueden presentar en este servicio son 5 de acuerdo a API 571 y API 581 RBI :

- Corrosión por Aguas Agrias SOUR WATER
 - Chloride stress corrosion crack CSCC < 140° SS300
 - WET H₂S

- SCC Cl
 - Considerando >36°C > 10 ppm de CL

- Acidos Politionicos
 - Sensitized fabricación , SS304 susceptible, Mitigación SS304L o SS316L

- AMINE SCC
 - Afecta a materials sin PWHT
 - Uso materiales SS sólidos o Clad

- WET H₂S (BLISTERING, HIC, SOHIC, SSC)
 - Se mitiga si el material CS en estado Normalizado , y extra bajo %S
- Taponamiento del circuito de cima por presencia de sales.

8. CONDICIONES DE OPERACIÓN DE T-4282B COMO DESPOJADORA DE AGUAS AGRIAS

Para realizar un despojo adecuado de los diferentes contaminantes del agua agría cargada a la torre T4282B (H₂S, NH₃, HCN, entre otros) y así garantizar una concentración de H₂S en el ambiente por debajo de 10 ppm, medido a 1.2 m. sobre el nivel del suelo, se deberá tener en cuenta la siguiente información y condiciones de proceso:

8.1 CONDICIONES ESTIMADAS DE RECIBO DE AGUA AGRIA EN LA T4282B Y ENTREGA DE AGUA TRATADA A PTAR

Tabla 3. Condiciones Carga de Agua Agría a T4282B

PROPIEDAD	UNIDADES	VALOR
Temperatura (antes de precalentamiento E4281B)	°F	104
Presión	psig	25
Composición		
H ₂ S	ppm-wt	1946
NH ₃	ppm-wt	4640
HCN	ppm-wt	200
CO ₂	ppm-wt	100
CH ₄	ppm-wt	100
Agua	-	Balance
Densidad @ TP	lb/ft ³	61.8
Flujo Condiciones Estándar @ 60°F – 14.7 psig	GPM	121.0
Flujo Condiciones Actuales @ TP	lb/h	60372
Viscosidad @ TP	cP	0.70

Tabla 4. Condiciones de Entrega Agua Tratada a PTAR (Agua Producto)

PROPIEDAD	UNIDADES	VALOR
Temperatura (después de E4284)	°F	120
Presión	psig	5
Composición		
H ₂ S	ppm-wt	7
NH ₃	ppm-wt	154
HCN	ppm-wt	30
CO ₂	ppm-wt	0
CH ₄	ppm-wt	0
Agua	-	Balance
Densidad @ TP	lb/ft ³	61.5
Flujo Condiciones Estándar @ 60°F – 14.7 psig	GPM	119.8
Flujo Condiciones Actuales @ TP	lb/h	59888
Viscosidad @ TP	cP	0.57

Para lograr las condiciones de entrega descritas en la Tabla 2, se recomiendan las siguientes condiciones de proceso en la torre T4282B:

Tabla 5. Condiciones de Proceso Anticipadas T4282B

VARIABLE	UNIDADES	VALOR
Flujo de Carga (Agua Agria)	GPM	121.0
Temperatura de la Carga (después de precalentamiento E4281B) ⁽¹⁾	°F	179
Presión de Cima ⁽²⁾	psig	17
Temperatura de Cima ⁽³⁾	°F	240
Temperatura Tambor de Cima (después del condensador E4282B) ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	°F	185
Reflujo de Cima (P4283C/D) ⁽⁶⁾	GPM	7.6
Producto de Cima (Gas Ácido) ⁽⁷⁾	SCFH	7440
Temperatura de Fondo ⁽⁸⁾	°F	258
Producto de Fondo (Agua Despojada)	GPM	119.8

Para tener cero vertimientos de aguas agrias a sistemas de aguas aceitosas se debe acondicionar la línea de salida de la torre hacia el CPI: línea de acero al carbono con dimensiones 4" (Tramo de línea de aprox. 155 mt). La línea se iría por todo el canal de aguas lluvias del lado occidental del bloque B hacia el norte hasta llegar al cárcamo. Llevar la línea por el cárcamo y que salga por el lado oriental del bloque A (atravesar la via por debajo de la rejilla existente). De allí se iría en diagonal a buscar la caja de aguas aceitosas que va desde el separador CPI hasta PTAR. Esta es la caja Nor Occidental en la esquina del CPI. Allí hay que levantar la tapa y colocar la línea y de alguna manera sellar la caja nuevamente para confinar todos los gases. La línea debe quedar sumergida en el líquido de la caja de agua aceitosa. Esta recomendación es la más segura frente a problemas de calentamiento en la torre, resistencia en las uniones entre tramos de líneas o golpes a los que pueda estar sometida.

9. PRESUPUESTO E IMPACTO ECONOMICO

El presupuesto aproximado de la adecuación de la torre de amina T4282B como torre despojadora de aguas agrias fue aproximadamente \$870.000.000 pesos moneda corriente.

9.1 IMPACTO ECONOMICO

En la tabla 6 podemos apreciar el impacto económico generado por el uso de la triazina sin considerar la T4282B en servicio.

Tabla 6. Estimativos económicos del costo de triazina sin considerar la T4282B

TRATAMIENTO CON SECUESTRANTE DE H ₂ S EN AGUAS AGRIAS							
Producto dosificado:			Fongrasorb T50				
Sistema Aportante	Características sistema aportante		Eficiencia Remoción, %	Concentración salida, ppm	ppm químico / ppm H ₂ S	Kg por Día	\$/Kg 7.920,00
	Caudal, gpm	Concentración típica, ppm					
Modelo IV	75	1850					
Orthoflow	75	2100					
Parafinas	20	3885					
Carga D-338	170	2200					
Tratamiento T-308	0						
Alineado a T-2590	95						
Rebose en D-338	75	2200	0%	2200	4	3596,8	\$ 28.486.522
UOP I	123	2150					
UOP II	102	2085					
UNIBON	20	32500					
Carga al D-2590	340	3315					
Tratamiento en T2590	340	3315					
Sin tmto en T-2590	0	3315	0%	3315	4	0,0	\$ 0
					Costo diario, \$	\$ 28.486.522	
					Total toneladas / día	3,6	
					Total Kg / hora	150	

Con la alternativa desarrollada se garantiza en gran parte la seguridad hacia las personas y equipos - (Principio Empresarial de Seguridad e Integridad). Se evitan multas, pérdida de tiempo en trabajos cerca a PTAR, incidentes por contacto con H₂S permitiendo un ahorro en consumo de triazina a la fecha por US\$ 4426616 por el tiempo de operación.

10. SEGUIMIENTO AL AFLUENTE PROVENIENTE DE T-4282B

La alternativa de operación de la T4282B ha presentado una alta eficiencia con una carga de 100 gpm de aguas agrias, permitiendo despojar el efluente de 3800 y logrando un agua despojada menor a 40 ppmv de H₂S, como se puede observar en la gráfica entre el mes de enero y mes de junio, las cuales en caso de no realizarse nada obligaría a altos consumos de triazina.

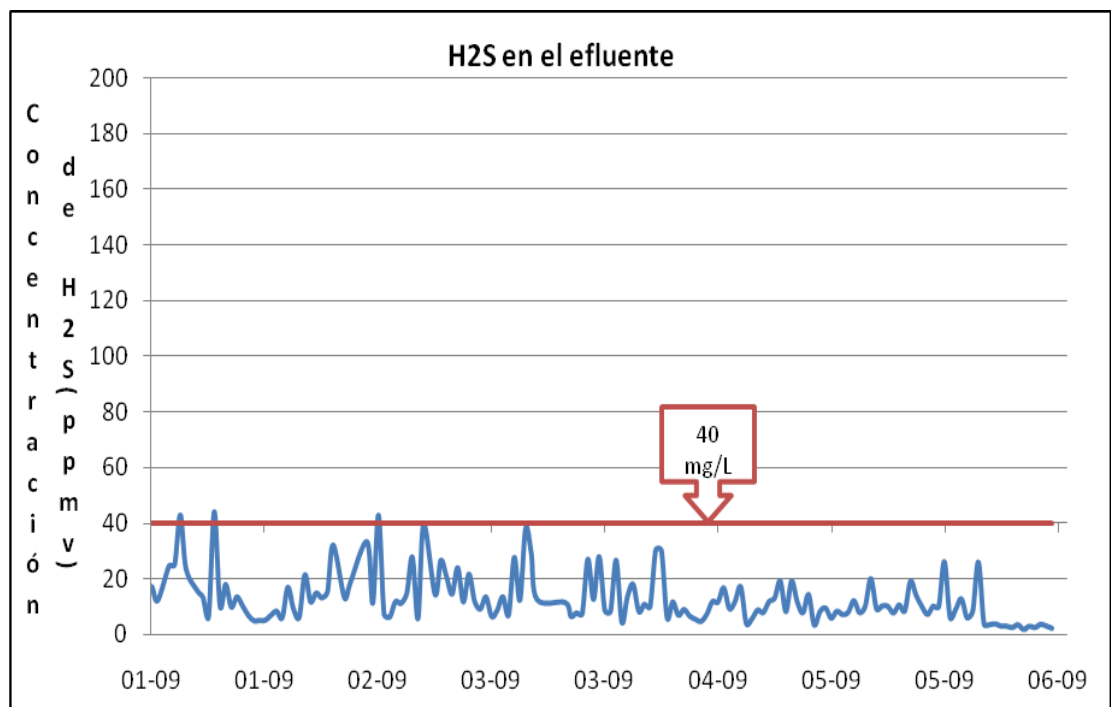


Grafico 2. Concentración de H₂S en el efluente de la T4282B.

Al poder manejar un mayor volumen de aguas agrias se obtiene mayor flexibilidad para aumentar el agua de lavado a los gases en la unidad lo que conlleva a disminuir la tasa de corrosión de los equipos estáticos en la unidad y por ende aumentar la confiabilidad de estos.

En el caso de no haber hecho nada, el excedente de aguas agrias vertida al sistema de aguas aceitosas (70 gpm - mínimo) requeriría de 150 kg / hora de Triazina para neutralizar el H2S (equivalente a US\$ 450.000 / mes).

En los gráficos que se presentan a continuación, se observa la estabilidad y eficiencia de la T-4282B día a día durante el mes de agosto y de septiembre, manteniendo una concentración de H2S en el efluente por debajo de 40 ppm.

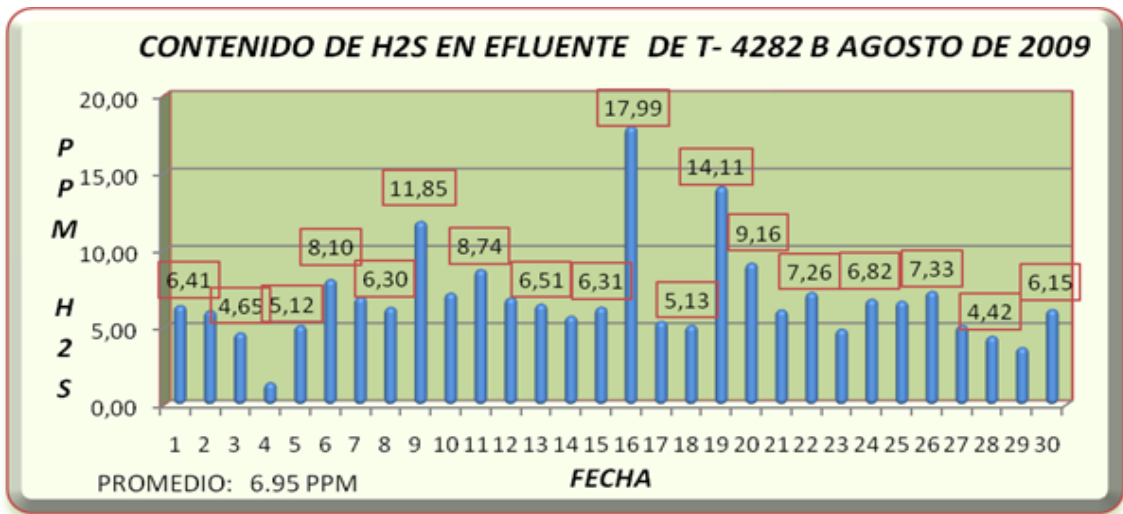


Grafico 3. Concentración de H2S en el efluente de la T4282B Agosto 2009.

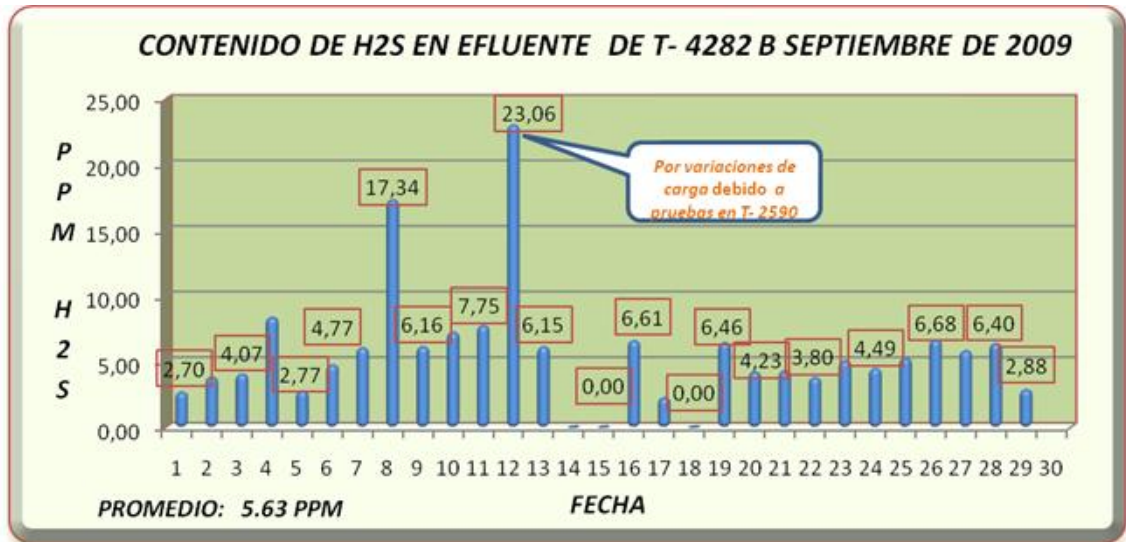


Grafico 4. Concentración de H2S en el efluente de la T4282B Septiembre 2009.

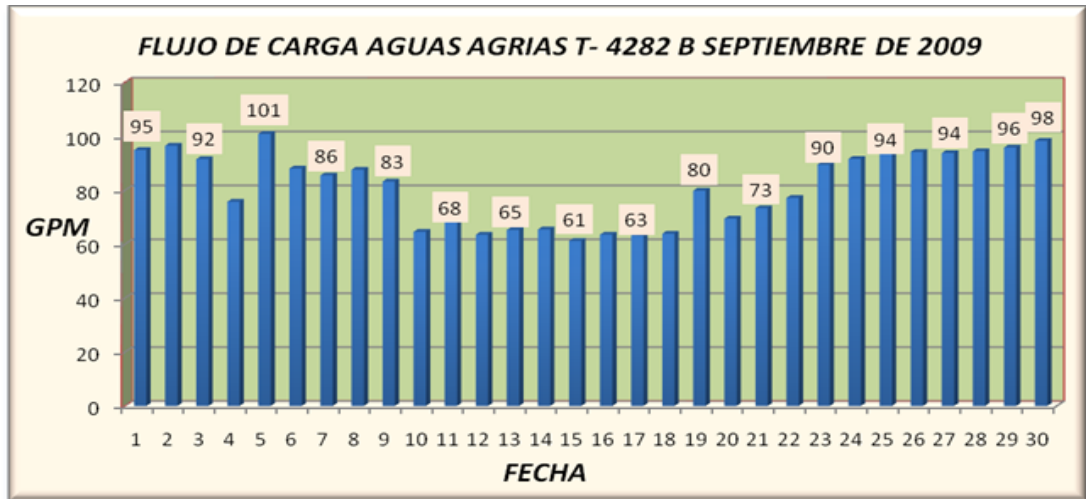


Grafico 5. Flujo de carga de aguas Agrias T4282B Septiembre 2009.

11. CONCLUSIONES

- Frente a la problemática que estaba presentando la Refinería de Barrancabermeja en cuanto al déficit en el tratamiento de las aguas agrias, se desarrolló la alternativa de adecuación y operación de la T-4282B como despojadora de aguas agrias, lográndose alta eficiencia en esta unidad con una carga de 100 gpm, permitiendo despojar el efluente de 3800 ppmv y garantizando un agua despojada menor a 40 ppmv de H₂S.
- La estabilidad y eficiencia de la T-4282B como despojadora de aguas agrias, garantizó en gran parte la seguridad hacia las personas y equipos - (Principio Empresarial de Seguridad e Integridad), disminuyó el riesgo a impactos ambientales mayores (Principio Empresarial de Desarrollo Sostenible), se evitaron multas, pérdidas de tiempo en trabajos cerca a PTAR e incidentes por contacto con H₂S permitiendo un ahorro en consumo de triazina a la fecha por US\$ 4426616 por el tiempo de operación.
- Al poder manejar un mayor volumen de aguas agrias se obtuvo mayor flexibilidad para aumentar el agua de lavado a los gases en la unidad lo que conllevó a disminuir la tasa de corrosión de los equipos estáticos en la unidad y por ende aumentó la confiabilidad de éstos.
- Al acondicionar la línea de salida de la torre hacia el CPI: línea de acero al carbono con dimensiones 4" (Tramo de línea de aprox. 155 mt), se logró obtener cero vertimientos de aguas agrias hacia el sistema de aguas aceitosas.

BIBLIOGRAFÍA

Delgado, J; León, J., Suárez, C. Remoción de fenoles mediante la técnica de biodegradación aerobia. Aplicación a efluentes de refinería. UPB, Bucaramanga. 1993.

Duarte, A. (1998). Introducción a la Ingeniería Bioquímica. Universidad Nacional de Colombia.

Informes trimestrales Proyecto Tratamiento Biológico de Efluentes de Refinería año 2000.

M. E. Calvachi , O. Muñoz y G.Díaz REG: 2-9674 / 2-7024/27405. FACILIDAD PARA OPERACIÓN DE TORRE DE AMINA T-4282B COMO DESPOJADORA DE AGUAS AGRIAS. PIM-Z2-23539. Departamento de Apoyo Técnico a la producción. Gerencia de Refinería de Barrancabermeja. Septiembre de 2008.

Henry De Alba Reg. 2-0129. Procedimiento de operación de T-4282B como despojadora de aguas agrias. Departamento de Cracking II. Gerencia de Refinería de Barrancabermeja.

Estudios y servicios petroleros: oilproduction.net/files/Nota_Tecnica_50.pdf

MANUAL DE DESCRIPCIÓN DE PROCESOS DE LA UNIDAD DE CRACKING UOP 2. ECOGCB-UOP2-MDPU-CA03. Vicepresidencia Refinación y Petroquímica Gerencia Complejo Barrancabermeja.

ANEXOS

ANEXO 1. HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD TRIAZINA

Ultima Revisión:
04/06/2009

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

FONGRASORB T-50

SECCIÓN 1: PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

Nombre del Producto: FONGRASORB T-50
Sinónimos: TRIAZINA EN AGUA, TRIAZINA.
Fórmula: N.A.
Número Interno:
Número UN:
Clase UN:

Compañía que desarrolló la Hoja de Clariant S/A. Av.d. Nacoes Unidas, 18001-Sto. Amaro 04795-900 Sao
Seguridad: Paulo-SP. Tel: +55115683 7233
Teléfonos de emergencia: +551147474741

SECCIÓN 2: COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES

Usos: Captura el Azufre.

Nombre	COMPONENTES				%
	CAS	TWA	STEL		
--	--	--	--	--	--

SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

VISIÓN GENERAL SOBRE LAS EMERGENCIAS:

No hay información.

EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:

Inhalación: No hay información.

Ingestión: Nocivo por Ingestion.

Piel: Posibilidad de sensibilizacion en contacto con la piel, irrita la piel.

Ojos: Riesgo de lesiones oculares graves.

Efectos crónicos: No hay información.

SECCIÓN 4: PROCEDIMIENTOS DE PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación: Si se inhalara, llevar al herido al aire libre. Consulte al medico si se desarrollan y persisten sintomas de irritación.

Ingestión: Enjuagar la boca cuidadosamente y a fondo con agua. Acudir al medico

Piel: Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada, inclusive ropa interior y zapatos. Lavar con agua y jabón cuidadosamente. Consultar al médico.

Ojos: Lavar cuidadosamente y a fondo con agua abundante y acudir al médico.

Nota para los médicos: Tratamiento sintomático.

SECCIÓN 5: MEDIDAS EN CASO DE INCENDIO

- Punto de inflamación (°C): >110°C
Temperatura de autoignición (°C): N.D.
Limites de inflamabilidad (%V/V): N.D.
Peligros de incendio y/o explosión: No hay información.
Medios de extinción: Niebla de agua, Espuma, Agentes extintores secos, Dióxido de carbono.
Productos de la combustión: En caso de incendio puede(n) desprenderse: Gases nitrosos (NOx)
Precauciones para evitar incendio y/o explosión: No hay información.
Instrucciones para combatir el fuego: utilizar aparato respiratorio autónomo.

SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Recoger con material absorbente (p.ej. arena). es un liquido corrosivo recoger el producto derramado tanto como sea posible.

SECCIÓN 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

- Manejo: Abrir y manipular los recipientes con cuidado.
Almacenamiento: Almacenar el producto solo en embalajes conformes al estándar brasileño NBR 11564.
Mantener secos y herméticamente cerrados los recipientes y guardados en un sitio fresco y bien ventilado. No almacenar a temperatura superior a 50°C (perdida de actividad).

SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

- Controles de ingeniería: No hay información.
EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL:
Protección de los ojos y rostro: Gafas protectoras.
Protección de piel: Para las manos: Guantes de goma. Para el cuerpo: Botas de goma, delantal de goma, ropa de trabajo.
Protección respiratoria: En caso de ventilación insuficiente utilizar equipo respiratorio autónomo. Mascarilla, filtro A (gases orgánicos y vapores) conforme a DIN EN 141.
Protección en caso de emergencia: No hay información.

SECCIÓN 9: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

- Apariencia, olor y estado físico: de incoloro a anaranjado, característico, líquido.
Gravedad Específica (Agua=1): N.D.
Punto de Ebullición (°C): 97°C
Punto de Fusión (°C): N.D.
Densidad relativa del vapor (Aire=1): 1,1g/cm³ (20°C)
Presión de vapor (mm Hg): 3 hPA
Viscosidad (cp): 12mPa.s (20°)
pH: Entre 9,0-11,0 (0,1g/l)
Solubilidad: en Agua > 1.000g/l (20°C)

SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad química: Descomposición Térmica: > 96,2°C (Velocidad calentam.:3K/min)
Condiciones a evitar: Reacciones peligrosas: Reaccion con oxidantes.
Incompatibilidad con otros materiales: No hay información.
Productos de descomposición
peligrosos: Oxidos de nitrógeno (NOx)
Polimerización peligrosa: No hay información.

SECCIÓN 11: INFORMACION TOXICOLOGICA

Toxicidad oral aguda: DL50>970 mg/Kg. Irritación cutánea: Irritante. Irritación ocular: Peligro de graves daños en los ojos.

SECCIÓN 12: INFORMACION ECOLOGICA

Biodegradación: fácilmente biodegradable. Toxicidad en peces: CL50 60,2 mg/l. Toxicidad en bacterias: > 173,27 mg/l.

SECCIÓN 13: CONSIDERACIONES DE DISPOSICION

Recoger los residuos por separado en recipientes adecuados, etiquetados y provistos de cierre. Observando las normas locales, llevar a una planta incineradora adecuada. Envases/embalajes sin limpiar: Los envases o embalajes contaminados deben ser tratados como un residuo y deben ser eliminados o tratados, para su neutralización/reciclado de acuerdo con las normas locales vigentes en instalaciones autorizadas por las autoridades medioambientales. Los residuos generados por el tratamiento de los embalajes deben ser procesados a fin de evitar la contaminación del medioambiente.

SECCIÓN 14: INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

MERCO Mercancías no peligrosas IATA Mercancías no peligrosas IMDG Mercancías no peligrosas

SECCIÓN 15: INFORMACION REGLAMENTARIA

No hay información.

SECCIÓN 16: OTRAS INFORMACIONES


Tener en cuenta la legislación nacional y local aplicable.

Bibliografía

**ANEXO 2. PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DE LA T-4282B COMO
DESPOJADORA DE AGUAS AGRIAS**

ANEXO 3. ANALISIS DE RIESGOS HAZOP

ANEXO 4. ANALISIS DE CAUSA RAIZ

 ecopETROL GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA	PROGRAMA OPTIMIZACION DE REFINERÍAS ELIMINACIÓN DE MALOS ACTORES DE LA GRB	COORDINACIÓN INTEGRIDAD TÉCNICA	
	ANÁLISIS DE CAUSA RAIZ “PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES”	2009-FEB-09	ECP GRB RCA T-4282B
		Rev: Final	PG 43

PROGRAMA DE OPTIMIZACIÓN DE REFINERÍAS

OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO Y LA CONFIABILIDAD

PFI BM 003


EQUIPO #6 (RCA)

ANÁLISIS INCIDENTES DE LA GCB

ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ

**“PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B
Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES”.**


Barrancabermeja, 9 de Febrero de 2009

 <p>ecopETROL GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA</p>	<p>PROGRAMA OPTIMIZACION DE REFINERÍAS ELIMINACIÓN DE MALOS ACTORES DE LA GRB</p>	<p>COORDINACIÓN INTEGRIDAD TÉCNICA</p>	
	<p>ANÁLISIS DE CAUSA RAIZ “PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES”</p>	<p>2009-FEB-09</p>	<p>ECP GRB RCA T-4282B</p>
		<p>Rev: Final</p>	<p>PG 44</p>

CONTENIDO

0	INTRODUCCIÓN.....	45
1	DOCUMENTOS RELACIONADOS.....	45
2	PARTICIPANTES.....	45
3	ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ DEL “PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES”.....	45
3.1	FASE I: CAPTURA DEL INCIDENTE.....	45
3.1.1	Paso 1: Registro del Incidente.....	45
3.1.2	Paso 2: Valoración el incidente.....	46
3.2	FASE II: ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	46
3.2.1	Paso 3: Identificación del Problema.....	46
3.2.2	Paso 4: Definición del Problema.....	46
3.2.3	VERIFICACIÓN DE EVIDENCIAS (Notas asociadas al diagrama de causa-efecto): 47	
3.3	FASE III: ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ.....	53
3.3.1	Paso 5: Análisis de Causas Posibles.....	53
3.3.2	Paso 6: Validación de Datos.....	53
3.3.3	Paso 7: Verificación de Causas.....	53
3.4	FASE IV: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.....	54
3.4.1	Paso 8: Selección de Criterios.....	54
3.4.2	Pasos 9 y 10: Soluciones, Alternativas e Identificación de la Decisión.....	54
4	CONCLUSIONES.....	58
5	RECOMENDACIONES.....	58

ANEXOS

 GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA	PROGRAMA OPTIMIZACION DE REFINERÍAS ELIMINACIÓN DE MALOS ACTORES DE LA GRB	COORDINACIÓN INTEGRIDAD TÉCNICA	
	ANÁLISIS DE CAUSA RAIZ “PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES”	2009-FEB-09	ECP GRB RCA T-4282B
		Rev: Final	PG 45

INTRODUCCIÓN

Este estudio corresponde a la implementación de la metodología de Análisis de Causa Raíz propuesta por Shell en el marco del Proyecto de Optimización de Refinerías para el análisis del incidente de “PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES”.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Mejor Práctica: “RCA Booklet(rev 3).DOC”

Presentación: “P-DS v1.0 Fact Based Problem Solving Process1.PPT”

PARTICIPANTES

Equipo Multidisciplinario:

Jorge Humberto Hernández	CKRII	
Laura Isabel Peña Peña		CKRII
Oswaldo Muñoz		CIP
Héctor Serna A	CIT	
Martín A. Suescún		CIE
Luis Eduardo Loaiza Amell	CIE	


ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ DEL “PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES”.

FASE I: CAPTURA DEL INCIDENTE

Paso 1: Registro del Incidente

El día viernes 6 de febrero de 2009 la T-4282B presentó presionamiento hasta 25 PSIG a causa del taponamiento con sales en la línea de la TEA ácida. Debido a esta situación se tuvo que sacar de servicio la T-4282B para realizar lavado con condensado al sistema para disolver y retirar las sales.

Previamente se registró otro incidente de taponamiento con sales amoniacaes en la tea acida de la cracking UOPII debido al tratamiento de aguas agrias en torre que no fue diseñada para ello. El hecho se presentó el día 18 /12/2008 a las 23:00:00.

 GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA	PROGRAMA OPTIMIZACION DE REFINERÍAS ELIMINACIÓN DE MALOS ACTORES DE LA GRB	COORDINACIÓN INTEGRIDAD TÉCNICA	
	ANÁLISIS DE CAUSA RAIZ “PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES”	2009-FEB-09	ECP GRB RCA T-4282B
		Rev: Final	PG 46

Paso 2: Valoración el incidente

- **Consecuencias en las personas:** No hubo afectación de las personas.
RAM: 0-E: N
- **Consecuencias Económicas:** RAM 2-E: M

Costo de inyección de triazina.	USD\$ 35.000
TOTAL USD\$ 35.000	

La valoración del costo se hizo con base en la triazina inyectada al agua agrias no tratada en la UOP II durante 2 días (6 y 7 de febrero del 2008) mientras se destapó la tea acida por sales amoniacaes.

- **Consecuencias al Ambiente:** Se aplicó contingencia con la inyección de triazina para no impactar el ambiente con H2S. Fue necesario realizar lavado de la línea de la tea, impactando el área cercana a la planta y a Contraincendio. Impacto ambiental menor. RAM 2-E: M
- **Consecuencias en la imagen de la empresa:** Interna. Se afecta la imagen interna por tener que desviar aguas agrias sin despojar a la planta de aguas residuales PTAR. RAM 1-E: L

Valoración RAM: M

Personas: 0-D N
Económica: 2-E M
Ambiental: 1-E M
Imagen: 1-E L

La clasificación mas alta del incidente analizado en la matriz RAM de evaluación de riesgo es M por la consecuencia económica y ambiental.


FASE II: ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Paso 3: Identificación del Problema

La T-4282B se adaptó para operar como torre despojadora de aguas agrias de la cracking UOP II por un período de un año. En el momento actual se viene presentando taponamiento con sales de amonio con una frecuencia de una a dos veces por semana, obligando a sacar de servicio la torre conllevando a utilizar un secuestrante de H2S para minimizar la contaminación e impacto ambiental y a las personas.

La consecuencia valorada como más critica es la económica y el valor es de aproximadamente USD 35.000.00 por 2 días que estuvo fuera de servicio la T-4282B.

Paso 4: Definición del Problema

 GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA	PROGRAMA OPTIMIZACION DE REFINERÍAS ELIMINACIÓN DE MALOS ACTORES DE LA GRB	COORDINACIÓN INTEGRIDAD TÉCNICA	
	ANÁLISIS DE CAUSA RAIZ “PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES”	2009-FEB-09	ECP GRB RCA T-4282B
		Rev: Final	PG 47


Lista de Hechos Generales en forma Cronológica:

1. En los meses de junio y julio del año 2008 se operó la T-4282B como despojadora de aguas agrias mientras se realizó el mantenimiento de la T-2590 de la Cracking UOP I. Una vez reparada esta torre, la T-4282B retornó a su servicio como despojadora de amina.
2. Ante el alto volumen de aguas agrias que se vienen generando en la GRB, se superó la capacidad de tratamiento en la T-2590, quedando un excedente de aguas agrias que se estaban enviando a los separadores, afectando el ambiente con concentraciones de H₂S por encima de 10 ppm. Debido a esta problemática se evaluaron las alternativas de utilizar las torres T-308, T-2491 y T-4282B para operarlas como despojadoras de aguas agrias.
3. De la evaluación se concluyó que la torre mas apropiada para operar como despojadora de aguas agrias era la T-4282B de UOP II, para la cual se realizaron ingenierías para adaptarla e interconectarla a este nuevo servicio.
4. El 13 de noviembre del 2008 se puso en servicio la torre T-4282B y empezó a operar según la planeado, enviando los gases despojados (conocidos como GADAR: amoniaco, H₂S, vapor de agua, HCl, CO₂,) a la tea de gas acido.
5. El circuito de cima de la T4282B ha presentado taponamiento por formación de sales de amonio (NH₄Cl, NH₄HS, (NH₄)₂CO₃, NH₂COONH₄), que se subliman de los gases presentes en la corriente GADAR. Esta situación se ha vuelto repetitiva, impactando la operación de la T-4282B y de la Tea de gas acido.

VERIFICACIÓN DE EVIDENCIAS (Notas asociadas al diagrama de causa-efecto):


1. **Falta calentamiento y aislamiento en líneas y válvulas:** Es causa raíz porque de acuerdo al cálculo del punto de rocío de la composición estimada de los gases de cima, éste es de 178°F por lo cual se debe mantener la temperatura por encima de este valor para evitar la condensación y sublimación de las sales de Amonio. Igualmente por operación del sistema de la T-2590, se sabe que la temperatura de los gases de cima se mantiene por arriba de 180°F. En la literatura también se recomienda mantener una temperatura superior a 180°F en los gases de del circuito de cima y tea ácida.

En la actualidad en el cabezal de tea se instala tracing y aislamiento, con el fin de evitar la condensación del agua y a su vez la sublimación de las sales.
2. **El enfriamiento en el E-4282B:** no es causa raíz, porque al inicio de la operación de la torre como despojadora de aguas agrias, se presentó taponamiento en el E4282B por la formación de sales, debido a que se operaba a una temperatura < 180°F. Se hicieron ajustes operacionales, disminuyendo el flujo de agua de enfriamiento al condensador E4282B, y utilizando el bypass del equipo, para mantener la temperatura por encima de 180°F, eliminándose así el taponamiento por sales. Adicionalmente se instaló una facilidad de lavado al E4282B (agua de calderas), como medida de contingencia, para la disolución de las sales, en caso que se formaran

 GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA	PROGRAMA OPTIMIZACION DE REFINERÍAS ELIMINACIÓN DE MALOS ACTORES DE LA GRB	COORDINACIÓN INTEGRIDAD TÉCNICA	
	ANÁLISIS DE CAUSA RAIZ “PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES”	2009-FEB-09	ECP GRB RCA T-4282B
		Rev: Final	PG 48

3. **Presencia de cloruros en la carga:** Es causa raíz, debido a que se han muestreado los condensados que salen de los tambores D4281B y D4283, evidenciando la presencia de Cloruros. En el API 932B hay una gráfica de equilibrio de la formación del NH_4Cl , en la cual se evidencia la formación de este compuesto a las condiciones que está operando el sistema. La literatura referencia varias sales de amonio que se pueden formar en estos sistemas,

4. **Presencia de Cl en agua de lavado (dilución) al E4282B:** En los análisis de aguas agrias carga a la T4282B, hay presencia de Cl^- (10 mg/litro). Se tomaron muestras de las aguas agrias de los tambores de cima D4281B y knock out D4383, encontrándose valores: 39.49 mg/litro (ppm) y 10.13 mg/litro respectivamente. Se analizó el contenido de cloruro en el agua que se inyecta al E-4282B, dando un contenido de Cl^- de 0.07 ppm. Esto ratifica que el cloruro viene asociado con la carga de cracking y no en las aguas de lavado.
Los Cl^- con la presencia de amoniaco producen cloruro de amonio, una sal que se sublima al encontrar bajas temperaturas, dependiendo de la concentración (ver grafica figura A2 de API RP932B).
Las condiciones de operación del sistema de cima, cae dentro del rango, de la formación de Cloruro de Amonio, de acuerdo a la grafica Figura A2 del API RP932B. La Kp estimada es de 0.48 partiendo de Cl^- en la carga (10 ppm) despojado hacia la cima equivalente a tener una concentración de HCl de 0.085%, y la concentración de NH_3 (53%). Con este valor de Kp y la temperatura de cima se está en la condición de formación de NH_4Cl .

 GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA	PROGRAMA OPTIMIZACION DE REFINERIAS ELIMINACION DE MALOS ACTORES DE LA GRB	COORDINACION INTEGRIDAD TECNICA	
	ANÁLISIS DE CAUSA RAIZ “PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES”	2009-FEB-09	ECP GRB RCA T-4282B
		Rev: Final	PG 49

30

API RECOMMENDID PRACTICE 932-B

x: estimado de Kp para T-4282B:0.48

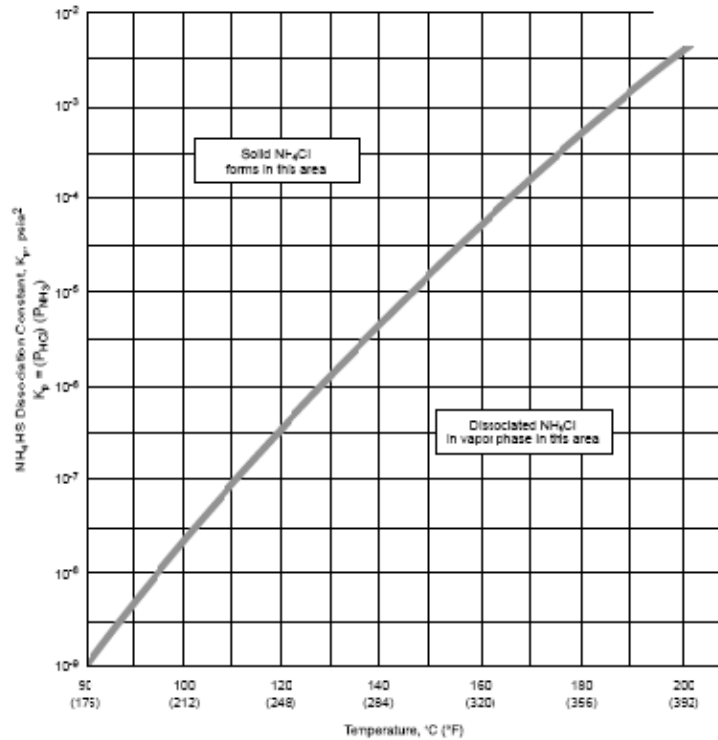



Figure A-2—Estimating NH_4Cl Deposition Temperature from Process Stream Composition

Fuente: API RP 932B pg 30

Solubilidad del cloruro de amonio en agua (Fuente: Wikipedia)

Temperatura ($^{\circ}C$)	Solubilidad en agua (g/100 g)
0	29.7
20	54.6
40	57.5
60	61.0
80	66.1
100	73.0

 GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA	PROGRAMA OPTIMIZACION DE REFINERÍAS ELIMINACIÓN DE MALOS ACTORES DE LA GRB	COORDINACIÓN INTEGRIDAD TÉCNICA	
	ANÁLISIS DE CAUSA RAIZ “PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES”	2009-FEB-09	ECP GRB RCA T-4282B
		Rev: Final	PG 50

Presencia de Cl en agua de lavado gases de cracking UOP II (D-4206 y D-4253): Los análisis de las aguas agrias de estos tambores, realizados por el ICP, muestran un contenido de Cl de 28.4 para el D-4206 y <0.05 ppm en el D-4253, permitiendo concluir que el agua inyectada para el lavado de los gases de descarga del C-4251, tienen bajo contenido de Cl, mientras si se observa un incremento del Cl en el lavado de los gases de la cima de la fraccionadora, el cual viene con la carga.

5. **Metalurgia Inadecuada:** No es causa raíz del taponamiento el hecho que la metalurgia sea inadecuada, debido a que en el agua producto del lavado de las sales, no se ha evidenciado la salida de óxidos de hierro, producto de corrosión. Se realizó calibración de espesores de la línea de la tea ácida y no se detecto disminución del espesor.
6. **El pH ácido <5:** No es causa raíz el pH ácido (<5), debido a que los pH medidos en las muestras de las aguas de este sistema, tanto cima, fondo y carga, han arrojado resultados de pH >8.
7. **El pH básico >8:** No es causa raíz que se formen sales producto de corrosión con el pH básico (>8) con la presencia de cloruros, porque el mecanismo de corrosión que se da por presencia de cloruros es agrietamiento, no por corrosión uniforme generalizada. En la literatura consultada, se encontró que el acero inoxidable de la serie 300 (304, 316, etc), puede sufrir corrosión generalizada severa en presencia de bisulfuro de amonio si su concentración es superior al 10%wt en la solución condensada y la temperatura inferior a 180°F. En una planta de SWS en Japón corrigieron este problema aumentando la temperatura de 172°F a 212°F y disminuyendo la presión de la despojadora de 18 psig a 9 psig. (Fuente: Paper 05569, CORROSION 2005, THE APPLICATION OF PROCESS ANALYSES TO PREVENT CORROSION IN SOUR WATER STRIPPER OVERHEAD COOLER TUBES, Kazuhiro Toba and Koji Kawano).

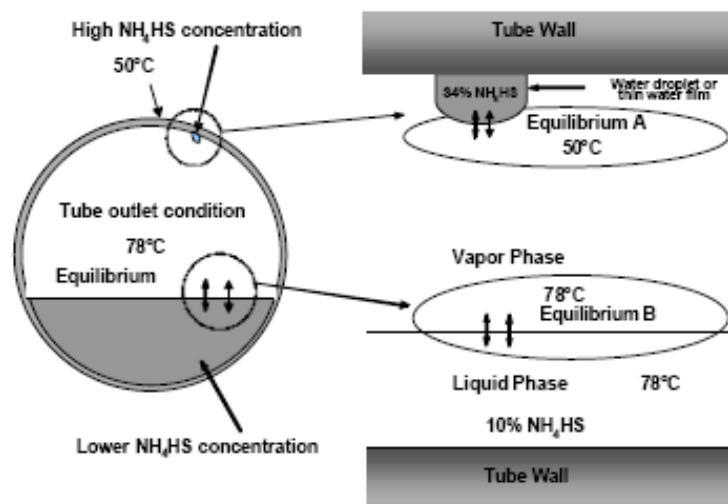



Figure 10 Hypothesis of high NH_4HS concentration in the vapor

 GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA	PROGRAMA OPTIMIZACION DE REFINERÍAS ELIMINACIÓN DE MALOS ACTORES DE LA GRB	COORDINACIÓN INTEGRIDAD TÉCNICA	
	ANÁLISIS DE CAUSA RAIZ “PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES”	2009-FEB-09	ECP GRB RCA T-4282B
		Rev: Final	PG 51

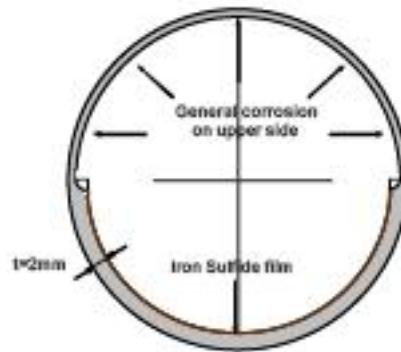
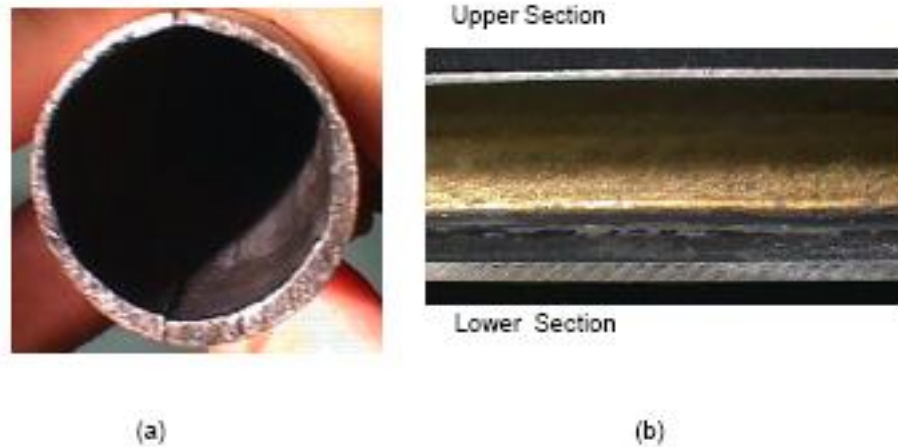



Figure 3: Pictures of the tubes from overhead condenser
(a) End view of the tube (b) Cross-section of the tube showing scale on the top bottom section and no scale on the upper section (c) Schematic diagram indicating location of the corrosion

8. **Alta Velocidad:** Esta actividad se considero, debido a la existencia de tubería de $\Phi 3/4$ " por donde se depresionaba a la tea de gas húmedo. En vista que esta línea ya no se utiliza, no es causa raíz de taponamiento "la alta velocidad", además en el tiempo que operó, no presento taponamiento en ella.
9. **Corrosión bajo depósitos por baja velocidad:** No es causa raíz, la corrosión bajo depósitos por baja velocidad, debido a que no hay evidencia que el mecanismo de corrosión forme depósitos, que contribuyan al taponamiento. La tubería es de acero inoxidable y los mecanismos de corrosión en este material no se caracterizan por formar depósitos.

 GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA	PROGRAMA OPTIMIZACION DE REFINERÍAS ELIMINACIÓN DE MALOS ACTORES DE LA GRB	COORDINACIÓN INTEGRIDAD TÉCNICA	
	ANÁLISIS DE CAUSA RAIZ “PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES”	2009-FEB-09	ECP GRB RCA T-4282B
		Rev: Final	PG 52

10. **Alta temperatura con presencia de Cl⁻:** No es causa raíz de taponamiento la “Alta temperatura con presencia de Cl⁻ > de 10 ppm y PH < 10, y T > 200°F, genera corrosión del SS”, debido a que la alta temperatura, favorece a que no haya formación de sales de amonio. El mecanismo de falla por corrosión bajo estas condiciones es el agrietamiento y picadura.

11. **Deflexión de la línea:** .En la condición actual de la línea (sin aislamiento y tracing), la deflexión de la línea, se ha identificado como contributiva al problema de condensación y formación de sales, debido a que la existencia de la deflexión permite que el agua que se condense, se acumule, favoreciendo la formación de sales, por que los gases encuentran puntos fríos. Una vez se termine de instalar el tracing y el aislamiento se elimina la condensación, haciendo que esta causa irrelevante.


12. **Limitación en Drenajes de D4281 B y D4383:** No es causa raíz “Limitación en Drenajes de D-4281B y D-4383”, debido a que no se ha tenido problemas de taponamiento en estos sistemas, desde que la temperatura de cima de la T4282B es >180°F. Además el sistema ha estado en control de nivel.

13. **Alto arrastre de agua:** El alto arrastre de agua, no es causa raíz del taponamiento, debido a que en la condición actual de la T-4282B, se tiene control del sistema operando con la capacidad de diseño de 90 GPM. Se ha podido mantener en control, la separación de agua en los tambores D4281B y D4383 sin que haya formación de sello líquido.
Las causas identificadas contribuyentes al arrastre de agua, son:
Operar la cima de la T-4282B con temperaturas >180°F. Esto está en control y se mantiene en 180°F.
Carga por encima del diseño: la carga a la T-4282B se mantiene en 90 GPM, y se ha identificado que opera estable.
La inyección de agua de caldera al E-4282B, se mantiene controlada, según requerimiento de operación del equipo, de tal forma que no supere la capacidad de separación del D-4281B.
No hay evidencia de rotura del E-4282B.

14. **Ausencia de un sistema de remoción de sales:** Los depósitos de sales de amonio (bisulfuros, cloruros y carbonatos), es causa raíz contributiva a la formación de sello líquido y posterior taponamiento, porque al formarse depósitos de éstas en la tubería, pueden impedir el drenaje del agua que se condensa, generando puntos de acumulación de condensado que a su vez favorecen la formación de mas sales.

15. **Falla de control de nivel:** No es causa raíz “falla en el nivel”, ya que actualmente operan en control los niveles en los D4281B y D4383.

16. **Presencia de Hidrocarburos pesados y gomas:** No es causa raíz, el taponamiento de la línea por la “presencia de hidrocarburo pesado y gomas” debido a que:
El agua agria proviene de tambores que están en contactos con gasolinas, las cuales son hidrocarburos livianos, que por las condiciones de operación de la torre T-4282B pueden evaporarse por la cima y condensarse parcialmente en los tambores D-4281B y D-4383, y la otra parte viaja con el flujo de gases por el cabezal de la tea.

 GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA	PROGRAMA OPTIMIZACION DE REFINERÍAS ELIMINACIÓN DE MALOS ACTORES DE LA GRB	COORDINACIÓN INTEGRIDAD TÉCNICA	
	ANÁLISIS DE CAUSA RAIZ “PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES”	2009-FEB-09	ECP GRB RCA T-4282B
		Rev: Final	PG 53

En el sistema de aguas agrias de Balance T-2590, se ha observado taponamiento del rehervidor con hidrocarburos, que pueden ser producto de degradación de la gasolina (polimerización, gomas), por las altas temperaturas del rehervidor. Igualmente se ha evidenciado la presencia de hidrocarburos líquidos en los tambores D-4281B y D-4383, y en el fondo de la T-4282B, dificultándose su retiro, por no disponerse de facilidades de drenajes en la fase de hidrocarburos líquidos.

FASE III: ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ

Paso 5: Análisis de Causas Posibles

Se realizó diagrama de Causa Efecto, analizando todas las posibles causas. Ver **anexo 1**.

Paso 6: Validación de Datos

Se eliminan las causas que no estén soportadas en los hechos listados, (se marcaron con verde), se asignaron tareas para verificar con hechos las que están en duda (se marcaron con amarillo). Se determinaron como causas probables aquellas para las cuales existían hechos ya documentados (se marcaron con rojo)

Paso 7: Verificación de Causas

Se seleccionaron como causa raíz aquellas que estaban soportadas (resaltadas en rojo). Ver diagrama Causa-Efecto, **Anexo 1**.

Las causas raíz establecidas son las siguientes:

CAUSA 1: Falta calentamiento y aislamiento en líneas y válvulas:

La formación de sales de amonio se manifiesta al presentarse una temperatura menor a 180°F que favorece la sublimación de las mismas. Al ser muy volátiles esta sales se descomponen en los gases que la forman cuando son calentadas, motivo por el cual el tracing y el aislamiento evitan su formación en los sistemas que contienen GADAR. En las aguas agrias están presentes NH₃, H₂S, HCl, CO₂ que son precursores de la formación de las sales de amonio.

CAUSA 2: Presencia de cloruro (Cl⁻) en la carga.


Se ha determinado la presencia de Cl⁻ en la carga, con base en los análisis de laboratorio. Igualmente se ha medido el Cl⁻ en los condensados que se drenan en los tambores D-4281B y D-4283

CAUSA 3: Deflexión de la línea de la tea de gas ácido:

Se identificaron soportes corridos de su sitio. Personal de mantenimiento hizo corrección de dos de ellos, reposicionando la línea. A pesar de esta corrección, se observa que la línea sigue con cierta deflexión (aprox. 2”) que favorece la acumulación de condensados. Pendiente corroborar con topografía.

CAUSA 4: Ausencia de un sistema de remoción de sales:

Las sales formadas no se han podido remover fácilmente en vista de que el sistema no estaba diseñado ni acondicionado para realizar lavados periódicos permitan retirar las sales una vez formadas.

 <p>ecopETROL GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA</p>	<p>PROGRAMA OPTIMIZACION DE REFINERÍAS ELIMINACIÓN DE MALOS ACTORES DE LA GRB</p>	<p>COORDINACIÓN INTEGRIDAD TÉCNICA</p>	
	<p>ANÁLISIS DE CAUSA RAIZ “PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES”</p>	<p>2009-FEB-09</p>	<p>ECP GRB RCA T-4282B</p>
		<p>Rev: Final</p>	<p>PG 54</p>

FASE IV: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

Paso 8: Selección de Criterios

Fines: Alcanzar, Evitar, Mantener

Qué debemos **alcanzar**:

- Que no se ponga en riesgo la integridad de las personas
- Que no se presente un nuevo taponamiento en la línea de la tea acida.
- Que la T-4282B opere continuamente por lo menos hasta que entre a operar la nueva torre de aguas agrias del proyecto HDT
- Que no se ponga en riesgo la operación de otras unidades.

Qué condiciones debemos **mantener**:

- Que se pueda mantener condiciones operacionales de la T-4282B..
- Disponibilidad del sistema de relvo de tea acida, sin afectar la tea húmeda.
- Mantener la carga de aguas agrias en 90 gpm, carga de diseño, para minimizar el costo del tratamiento de aguas agrias no despojadas.

Qué debemos **evitar**:


- Que se den condiciones de sublimación de las sales de amonio en el cabezal de la tea.
- Que se requiera sacar la torre T-4282B para lavado del circuito de cima.
- Que se afecte la torre y sistemas asociados por corrosión

Pasos 9 y 10: Soluciones, Alternativas e Identificación de la Decisión

Las causas raíz de falla determinadas en la fase III se agruparon teniendo en cuenta la falla

CAUSA 1: Falta calentamiento y aislamiento en líneas y válvulas del circuito de cima de la T4282B y cabezal de tea ácida:

Solución: Para evitar el depósito de sales por sublimación en la tubería de cima y cabezal de la tea y tuberías conexas se debe mantener una temperatura por encima de 180°F que mantenga las sales de amonio disociadas en la fase gaseosa. Esto se recomienda con base a la experiencia operativa de las plantas de aguas agrias, T2590, Torre despojadora de Cartagena, y nuevo diseño de la T-4840 de HDT, e igualmente en la literatura consultada sobre este tema. Para esto se adelanta la instalación de tracing con vapor y aislamiento al cabezal de la tea acida entre el tambor D-4281B y hasta 20 m antes de la base de la tea de gas acida. Se debe incluir en el trabajo de instalación de tracing los cabezales de relevos de las válvulas de seguridad de la T-4282, T-4282B, D-4281 y circuito de relevo del cabezal de gas ácido H₂S. En vista que los cabezales de relevo de las válvulas de seguridad han venido operando sin tracing ni aislamiento es muy probable que se hayan depositado sales en ellos, limitando u obstruyendo su área de flujo en caso de relevo. Con el fin de evitar esta posibilidad se debe realizar un lavado de estos cabezales e instalarles steam tracing y aislamiento. Para el lavado se debe realizar

 <p>ecopETROL GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA</p>	<p>PROGRAMA OPTIMIZACION DE REFINERÍAS ELIMINACIÓN DE MALOS ACTORES DE LA GRB</p>	<p>COORDINACIÓN INTEGRIDAD TÉCNICA</p>	
	<p>ANÁLISIS DE CAUSA RAIZ “PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES”</p>	<p>2009-FEB-09</p>	<p>ECP GRB RCA T-4282B</p>
		<p>Rev: Final</p>	<p>PG 55</p>

el procedimiento operativo, teniendo en cuenta no ir a sobrepasar la capacidad de separación del D-4383.

CAUSA 2: Presencia de cloruro (Cl⁻) en la carga.

Solución: La presencia de cloruro en la carga a la torre de aguas agrias, viene asociada a la calidad de la carga a la unidad de cracking UOPII o también estar presente en el agua de lavado de los gases. Una caracterización del agua agria del D-4206 realizada por el ICP a una muestra tomada el 27 de nov-2008, contiene 28,4 ppm de cloruro. En UOP II se realiza el lavado con condensado que no tiene cloruro. El mismo día el ICP tomó muestra del agua agria del D-4253 y se observa que el contenido de Cl es <0.5 ppm, indicando esto que el contenido de Cloruros en el agua de lavado es realmente muy bajo. Como característica particular del muestreo que realizó el ICP a todas las fuentes de aguas agrias de la refinería, se observa que la UOP II es la que presenta el contenido de Cl más alta, doblando en cantidad a la Modelo IV que es la que le sigue con 15.5 ppm.


Como alternativa de solución donde se ha depositado se utilizan lavados para remover el NH₄Cl y sales de amonio con condensado, tal como se viene realizando en la planta y el cual ha mostrado ser un medio efectivo para destapar el sistema.

CAUSA 3: Deflexión de la línea de la tea de gas ácido:

Solución: Corregir soportes desplazados reposicionando la línea de la tea. Es requerido realizar levantamiento topográfico para verificar pendiente con que quedó la línea de la tea. Con las deflexiones existentes se puede acumular condensado, que favorecerá el enfriamiento de la línea permitiendo la acumulación de sales. En caso de no poderse corregir estas deflexiones, se espera que una vez se termine de instalar el tracing y el aislamiento, se elimina esta causa por eliminarse la condensación.

CAUSA 4: Ausencia de un sistema de remoción de sales:

Solución: Los diseños modernos de las torres despojadoras evitan el uso de condensadores de cima por la corrosión que se genera por la concentración de sales. En vez de condensadores utilizan el sistema de de pump-around que minimizan la corrosión que se forma bajo los depósitos de las sales de amonio. Sin embargo en vista de de que la T-4282B dispone de un condensador de cima, la forma más efectiva de eliminar las sales depositadas es mediante el uso de agua de lavado removiendo las sales. Así mismo para minimizar la concentración de las sales por los ciclos del proceso, se debería instalar una línea de purga en la descarga de la P-4283C/D, que se puede enviar junto con el agua despojada al separador CPI o al cabezal de aguas agrias con destino a la T-2590. Realizando un balance del Cl que llega en la carga (10 ppm) y suponiendo que el cloruro de amonio se pueda retirar con lavados en el condensador de cima, implica que se deben retirar del sistema 25 GPM como purga con la P-4283CD. Sin embargo la capacidad de bombeo de este equipo es de 25 GPM lo cual está por debajo de la capacidad requerida de purga.

 GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA	PROGRAMA OPTIMIZACION DE REFINERÍAS ELIMINACIÓN DE MALOS ACTORES DE LA GRB	COORDINACIÓN INTEGRIDAD TÉCNICA	
	ANÁLISIS DE CAUSA RAIZ “PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES”	2009-FEB-09	ECP GRB RCA T-4282B
		Rev: Final	PG 56

Lo que se observa en los diseños de las torres de aguas agrias (T-2590, T-4841 e igualmente SWS de Cartagena) es que no se tiene esta purga de agua del sistema de cima, más bien se opera con temperaturas superiores a 180-190°F para minimizar la formación de las sales de amonio. La literatura mas reciente encontrada recomienda operar el sistema de cima de las despojadoras de aguas agrias por encima de 190°F, (incluyendo la información de SHELL) con el fin de minimizar la corrosión de los sistemas de cima por presencia de sales de bisulfuro de amonio NH₄HS. El sistema de cima es diseñado para operar con concentraciones menores al 10% de bisulfuro de amonio. Por encima de este valor la corrosión es muy alta y en la medida que se baja la temperatura del sistema la concentración del bisulfuro se incrementa rápidamente. Ver figuras 1 y 2.


El API RP 581 RISK-BASED INSPECTION TECHNOLOGY, presenta la siguiente tabla para estimar el bisulfuro de amonio basado en la concentración del H₂S en el condensado de cima, para el caso de la T-4282 en muestra enviada al laboratorio dio 4.7% en peso, estimándose el NH₄HS en 1.5* 4.7= 7.0% en la solución de cima

Table 2.B.7.1 – Sour Water Corrosion – Basic Data Required for Analysis

Basic Data	Comments
NH ₄ HS concentration (wt%) or Kp factor	Determine the NH ₄ HS concentration of the condensed water. It may be calculated from analyses of H ₂ S and NH ₃ as follows: <ul style="list-style-type: none"> • If wt% H₂S < 2 x (wt% NH₃), wt% NH₄HS =1.5 x (wt% H₂S) • If wt% H₂S > 2 x (wt% NH₃), wt% NH₄HS =3.0 x (wt% H₂S) Kp may be used where sour water analyses have not been conducted and is based on the <u>vapor phase</u> H ₂ S and NH ₃ : <ul style="list-style-type: none"> • Kp = mole % H₂S x mole % NH₃ (on dry basis)
Stream Velocity, m/s [ft/s]	The vapor phase velocity should be used in a two-phase system. The liquid phase velocity should be used in a liquid full system.

Fuente: API RP 581 RISK-BASED INSPECTION TECHNOLOGY, pg 2 B-73

La alternativa que se propone para el manejo de esta agua concentrada en sales es enviarla a UOP I para que se tratada en la T-2590, en vista de que su envío al CPI generará alta contaminación por la alta concentración de H₂S (4.7%), NH₃ (5%) y sus respectivas sales. Para implementar esta solución es necesario construir una tubería para interconectar la descarga de la P-4283C/D con la tubería de aguas agrias a UOP I (220 m aproximadamente)

 GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA	PROGRAMA OPTIMIZACION DE REFINERIAS ELIMINACION DE MALOS ACTORES DE LA GRB	COORDINACION INTEGRIDAD TECNICA	
	ANALISIS DE CAUSA RAIZ "PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES"	2009-FEB-09	ECP GRB RCA T-4282B
		Rev: Final	PG 57

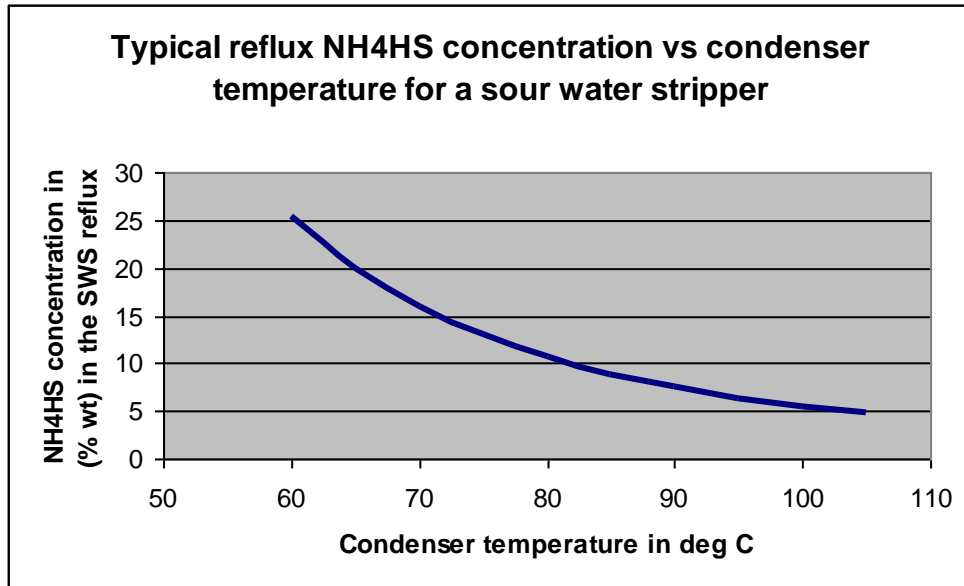


Figura 1, Fuente: Volume 10: Process Water Treatment Part 1: Sour Water Stripping (SHELL- ECP Optimization project).

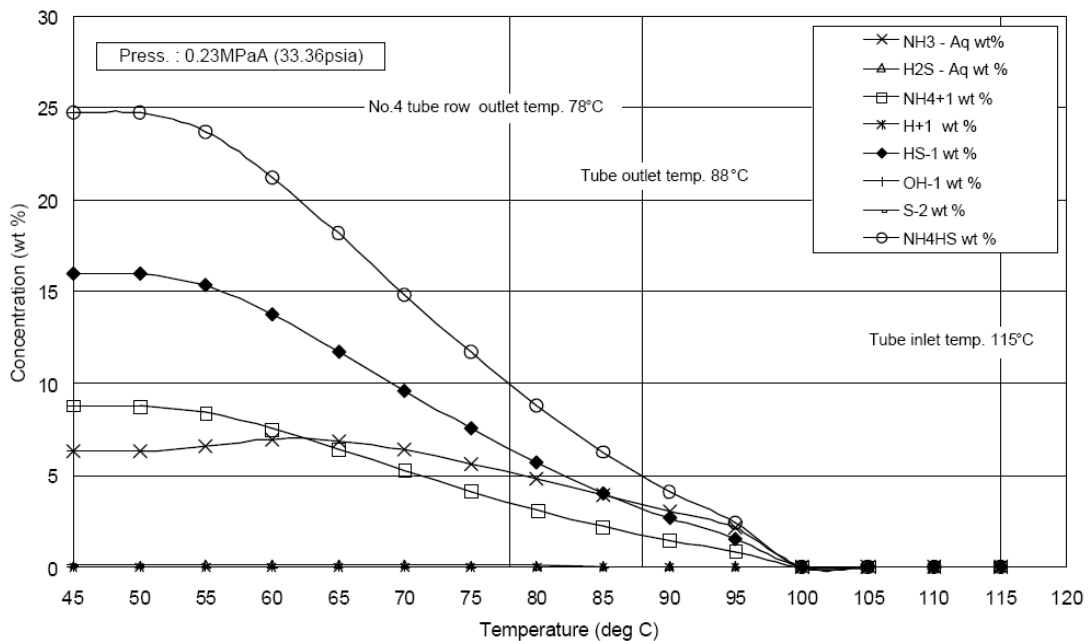



Figura 2, Fuente: Paper 05569 CORROSION 2005, THE APPLICATION OF PROCESS ANALYSES TO PREVENT CORROSION IN SOUR WATER STRIPPER OVERHEAD COOLER TUBES

 GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA	PROGRAMA OPTIMIZACION DE REFINERÍAS ELIMINACIÓN DE MALOS ACTORES DE LA GRB	COORDINACIÓN INTEGRIDAD TÉCNICA	
	ANÁLISIS DE CAUSA RAIZ “PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES”	2009-FEB-09	ECP GRB RCA T-4282B
		Rev: Final	PG 58

Kazuhiro Toba and Koji Kawano, IDEMITSU ENGINEERING CO., LTD

Makuhari Techno Garden B23, 3, Nakase 1-Chome

Mihama-ku, Chiba, 261-8501, JAPAN

CONCLUSIONES


1. La causa que más incidencia tiene en el taponamiento del sistema de cima de la T-4282B y del cabezal de la tea de gas ácido de UOP II es la formación de sales de amonio (NH_4Cl , NH_4HS , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$) sublimadas por presentarse temperaturas inferiores a 180°F debido a la falta de tracing y aislamiento de estos cabezales.
2. La ausencia de tracing y aislamiento está favoreciendo la condensación de agua dificultando el flujo de gases y favoreciendo el enfriamiento de los gases y la formación de sales.
3. Los cloruros identificados en la carga, son despojados con el H_2S y el NH_3 , se concentran en los gases de cima. Por el condensado que se forma pasa a la fase líquida, con posible efecto de corrosión en la metalurgia de la torre T-4282B (SS304L), condensador E-4282B (Carcaza CS A516 Gr 70, tubos SS304L), tambor D-4282B (SS304L, aunque el data sheet especifica CS A-516 Gr 70 CLAD SA-264 TP 304L), bomba de reflujo P-4283C/D (cuerpo: SS casting A 351-CF 8M, impulsor: SS casting A 744-CF 8M) y cabezal de la tea de gas ácido (SS316L).

La presencia de sulfuro y amoniaco en la cima forman bisulfuro de amonio, el cual en concentraciones superiores al 10% en wt es muy corrosivo para el acero inoxidable a temperaturas inferiores de 180°F , presentando un riesgo potencial para este sistema desde el punto de vista de integridad mecánica.

4. La instalación de un sistema de remoción de sales en el condensador E-4282B y tambor D-4282B, requiere de la interconexión de la descarga de la bomba P-4283C/D con el sistema de aguas ácidas a balance, debido a la alta concentración de sales, NH_3 (51650 ppm) y H_2S (47005 ppm). Esta facilidad requiere instalar una nueva tubería de 210 m, previo estudio hidráulico de la capacidad de esta bomba para enviar esta agua al D-2590. Consideramos que desarrollar y ejecutar esta iniciativa requiere recursos que pueden afectar la instalación del tracing y el aislamiento que es la solución que resuelve la causa raíz principal. Otra alternativa para el manejo de este condensado es desviarlo al CPI, lo que genera un alto impacto ambiental y a las personas por emanación de H_2S y NH_3 , involucrando otras estrategias de solución, por lo cual no la consideramos viable y no se recomienda.

RECOMENDACIONES

1. Continuar con la instalación de tracing y aislamiento del cabezal de la tea de gas ácido, que de acuerdo a lo consultado es la solución más efectiva para evitar la formación de sales garantizando que la temperatura siempre esté por encima de 180°F . Se realizó un balance de materiales y energía en la línea de la tea ácida, en el cual se ve que con la línea sin aislamiento la condensación de agua es de 2226 lb/hr, mientras que con el tracing y el aislamiento la condensación se reduce a 3.1 lb/hr

 GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA	PROGRAMA OPTIMIZACION DE REFINERÍAS ELIMINACIÓN DE MALOS ACTORES DE LA GRB	COORDINACIÓN INTEGRIDAD TÉCNICA	
	ANÁLISIS DE CAUSA RAIZ “PRESIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE CIMA T-4282B Y LINEA DE TEA ACIDA, POR OBSTRUCCION CON SALES”	2009-FEB-09	ECP GRB RCA T-4282B
		Rev: Final	PG 59

2. En vista de los riesgos de corrosión que se prevén, se debe hacer monitoreo de los condensados para determinar la concentración de iones Fe, Cl⁻ y bisulfuro y realizar inspección a los sistemas involucrados en este proceso para confirmar que no se estén dando estos procesos de corrosión. Tener en cuenta que la válvula de control PICV-42823C es CS, por lo que se debe monitorear con más frecuencia, mientras llega la nueva válvula especificada para el servicio.
3. Se debe hacer una evaluación de la integridad de todo el sistema (T-4282B, E-4282B, D-4281B, D-4383, líneas de cima de la T-4282B y cabezal de la tea de gas ácido, y tea de gas húmedo) frente a los nuevos datos de iones Cl⁻, bisulfuros y cianuro, por el impacto que tienen estos componentes sobre la metalurgia para determinar si es posible la operación de la torre durante un año y definir un plan de inspección durante la operación actual y para cuando se revierta a su operación original.

Considerando que la presencia de iones cloruro está asociado a la calidad de la carga a la cracking UOP II, se recomienda que los desaladores de las unidades Topping operen de manera confiable y eficiente para que el Cl no afecte unidades aguas abajo.

4. Debido a las restricciones con que se opera el E-4282B por el lado del agua de enfriamiento, se debe realizar retrolavado del equipo con una frecuencia de dos veces por semana para minimizar las incrustaciones por baja velocidad y por alta temperatura de operación, requerida para evitar la formación de sales.
5. Realizar lavado con condensado de las líneas de descarga de las válvulas de seguridad (PSV de T-4282, T-4282B, D-4364 y cabezal de gas ácido H₂S), PICV-42823B, venteo a la tea de gas ácido del D-4282. Una vez realizado el lavado de las líneas mayores, realizar vaporizado de las líneas de reservorios de las P-4281C/D y P-4282C/D, tomamuestras e interconexiones de gas combustible con la tea de gas ácido. (Ver Anexo 4, diagrama 2)
6. Instalar tracing y aislamiento a las líneas de las PSV T-4282, T-4282B, D-4364 y cabezal de gas ácido H₂S de y PICV-42823B. (Ver Anexo 4, diagrama 2)
7. Considerando la posibilidad de que se hayan depositado sales en la línea de la tea de gas húmedo por los desvíos de gas agrio (GADAR) realizados cuando se presentaba obstrucción del cabezal de la tea acida, se recomienda vaporizar el cabezal de la tea de gas húmedo para barrer las posibles formaciones de sales hacia el D-4381. Tomar la precaución del manejo del agua de este tambor.
8. Continuar la operación de la unidad, tomando como parámetro de control la presión del cabezal de la tea ácida, en el PI-42801, como máximo 5 psig, y/o presión de la T4282B, máximo 20 psig, teniendo control con el PICV-42823C como máximo 80% de apertura. Cuando se observe que la operación se salga de estos parámetros, indica que el taponamiento es muy alto, por lo cual es recomendable sacar el sistema de servicio y realizar lavado con condensado.
9. Considerando que actualmente se realiza una práctica de soplado del cabezal de la tea ácida con gas combustible para prevenir la obstrucción de la línea, se recomienda realizar y documentar el procedimiento de esta operación con su debido análisis de riesgos, de tal forma que no se contraprese el cabezal de gas ácido.