OPTIMIZACIÓN DE LA UNIDAD DESPOJADORA DE AGUAS AGRIAS (T-2590) DE LA GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA MEDIANTE APLICACIÓN DE HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN.

HELVER CRISPINIANO ALVAREZ CASTRO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENÍERA QUÍMICA
2007

OPTIMIZACIÓN DE LA UNIDAD DESPOJADORA DE AGUAS AGRIAS (T-2590) DE LA GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA MEDIANTE APLICACIÓN DE HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN.

HELVER CRISPINIANO ALVAREZ CASTRO

TRABAJO DE GRADO

DIRECTOR: DR. ALVARO RAMÍREZ GARCÍA

CODIRECTOR: M.Sc. JAVIER DÍAZ SIERRA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA
2007

AGRADECIMIENTOS

- UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
- ECOPETROL S.A. DPTO. CRACKING -- ATP
- Dr. ALVARO RAMÍREZ GARCIA
- MS_C. JAVIER DÍAZ SIERRA
- MS_C. VICTOR JULIO ECHEVERRÍA
- MS_C. JESUS ALBERTO CASTRO
- ING. FERNANDO PLATA
- JOSE ADENAUER GALÁN

DEDICATORIA

A Dios por regalarme una familia tan linda y permitirme ser una persona tan feliz, a mis Padres por esa maravillosa educación que me han brindado, a los Gemelos y a Catalina por que son una de las razones de mi felicidad.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

1 CONCEPTOS TEÓRICOS 5

1.1 Generalidades Operación Torres Despojadoras 5

1.2 Contaminantes 6

1.3 Teoría Química Del Agua Agria En Las Unidades Despojadoras 7

1.4 Métodos De Tratamiento De Aguas Agrias 8

1.5 Problemas Típicos En Unidades Despojadoras 10

2 DESARROLLO EXPERIMENTAL 11

2.1 Documentación De La Unidad Despojadora De Agua Agria. 13

2.2 Revisión Y Validación De Documentación 14

2.3 Historial De Variables Operacionales Y Analíticas De La Torre Despojadora De Agua Agria. 14

2.4 Simulación Con Datos De Diseño En El Software Hysys. 14

2.5 Verificación De Indicadores Operacionales Y De Datos Analíticos. 15

2.6 Análisis De Sensibilidad De Variables 15

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS 15

3.1 Construcción Del Modelo A Partir Del Diseño 15

3.1.1 Datos De Diseño De La Torre Despojadora T-2590 16

3.1.2 Especies y paquete termodinámico utilizado 16

3.1.3 Diagrama De Flujo 17

3.1.4 Desarrollo De La Simulación 17

3.2 Modelo Ajustado A Condiciones Reales 21

3.2.1 Descripción Del Estado Real De La Operación De La T-2590. 21

3.2.1.1 Variables Controladas 23

3.2.1.2 Análisis De Variables Operacionales 23

3.2.1.3 Variables Fisicoquímicas 25

3.2.2 Desarrollo De La Simulación Para Las Condiciones Actuales 26

3.2.3 Optimización A Partir De La Simulación 30

3.2.3.1 Variación De La Temperatura De Carga 31

3.2.3.2 Variación Del Flujo De Carga 31

3.2.3.3 Variación De La Presión En La Torre 32

3.2.3.4 Variación Del Duty En El Re-Hervidor 33

3.2.3.5 Variación De La Temperatura Del Pumparound (PA) 34

3.2.3.6 Variación Del Flujo De Pumparound 35

3.2.3.7 Inyección De Vapor (Directamente A La Torre) 36

4 RECOMENDACIONES 38

5 CONCLUSIONES 39

6 BIBLIOGRAFIA 40

7 ANEXOS _____ *41*

Lista de Tablas

Tabla 1. Datos de diseño torre despojadora de aguas agrias. _____ *16*
Tabla 2. Datos Diseño vs Modelo de simulacion _____ *20*
Tabla 3. Correlación Perfil Hidráulico _____ *21*
Tabla 4. Promedio variables operacionales. _____ *27*
Tabla 5. Promedio variables analíticas. _____ *28*
Tabla 6. Datos obtenidos en el simulador. _____ *29*

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Concentración de NH_3 y H_2S en el afluente y el efluente. _____ **25**
Grafico 2. Despojo de H_2S y NH_3 _____ **26**
Gráfico 3. Simulación vs Real _____ **30**
Gráfico 4. Variación Temperatura de Carga. _____ **31**
Gráfico 6. Variación de Presión de la torre. _____ **33**
Gráfico 7. Variación de Duty Re-hervidor. _____ **34**
Gráfico 8. Variación Temperatura de Pumparound. _____ **35**
Gráfico 9. Variación Flujo de Pumparound _____ **36**
Gráfico 10. Inyección de Vapor Vivo Directo _____ **37**

Lista de figuras

Figura 1. Torre Despojadora de Aguas agrias. _____ **15**

Lista de Diagramas

Diagrama 1. Metodología Experimental _____ **13**
Diagrama 2. Torre despojadora de agua agria T-2590. _____ **17**
Diagrama 3. Torre Despojadora de Aguas Agrias _____ **22**

RESUMEN

TÍTULO: OPTIMIZACIÓN DE LA UNIDAD DESPOJADORA DE AGUAS AGRIAS (T-2590) DE LA GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA MEDIANTE APLICACIÓN DE HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN*.

AUTOR: HELVER CRISPINIANO ALVAREZ CASTRO**

PALABRAS CLAVES: Aguas Agrias, Hysys, Simulación, Despojadora, T-2590 ECOPETROL, H2S, NH3.

DESCRIPCIÓN:

ECOPETROL S.A. buscando la conservación del medio ambiente y mantener estándares de productividad y calidad, requiere que el efluente proveniente de la torre despojadora de aguas agrias (T-2590), tenga un muy buen porcentaje de remoción de NH_3 y H_2S.

La Unidad despojadora de aguas agrias (T-2590) ha venido presentando problemas mecánicos ocasionando bajo factor de utilidad, sin cumplir con los estándares exigidos por la refinería y no se dispone de ningún modelo de simulación en el cual se pueda hacer análisis de sensibilidad de variables con las que se pueda encontrar un mejor comportamiento del proceso, se ha propuesto simular la torre despojadora (T-2590), mediante la aplicación del software Hysys con el fin de hacer estimativos de las mejores condiciones operacionales y generar recomendaciones para mejorar su rendimiento.

---

* Trabajo de grado.

** Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director. Álvaro Ramírez García; Universidad Industrial de Santander. Codirector: Javier Díaz Sierra; Instituto Colombiano del Petróleo.

El desarrollo del proyecto se inicia con recopilación de información de proceso (“Data Sheet”, “revamping”), con datos de proceso y de la unidad se toma el histórico de las variables obtenidas de la herramienta PI (base de datos en tiempo real), se verifica y depura la información, posteriormente se plantea el modelo a condiciones de diseño y de acuerdo a su veracidad se ajusta a condiciones operacionales reales, finalmente mediante casos de estudio se analiza la sensibilidad de las variables y se generan conclusiones.

ABSTRACT

TITLE*: OPTIMIZATION OF THE SOUR WATER STRIPPER UNIT (T-2590) AT GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA BY APPLYING SIMULATIONS TOOLS.

AUTHOR: HELVER CRISPINIANO ALVAREZ CASTRO**

KEY WORDS: Sour Water, Hysys, Simulation, stripper, T-2590 ECOPETROL, H2S, NH3.

DESCRIPTION:

ECOPETROL S.A. requires the effluent coming from the sour water stripper tower (T-2590) to have a very good percentage of remotion of NH_3 y H_2S in order to preserve the environment and maintain the productivity and quality standards.

The sour water stripper unit (T-2590) has been presenting mechanical problems causing a low utility factor, which do not fulfill with the standards required by the refinery; besides, they do not have a simulation model to test sensibility variables and find out a better process behavior. Therefore, it has been proposed to simulate the sour water stripper tower (T-2590), by applying the Hysys software in the order to give estimates of the best operational conditions and make suggestions to improve its performance.

The envelopment of the project begins with the compilation of the process information ("Data Sheet", "revamping"), then regarding the process and unit

* Degree work.

** Faculty of Physicochemical Engineering. School of Chemical Engineering. Director. Álvaro Ramírez García; Santander industrial University. Codirector: Javier Díaz; Petroleum Colombian Institute.

data, the historical variables obtained from the PI tool (data base on real time) are taken, verified and purified. After that, the model following design conditions is proposed and according to its veracity, it is adjusted to real operational conditions. Finally, through the study cases, the sensibility of variables is analyzed and conclusions are drawn.

INTRODUCCIÓN.

Las aguas agrias contienen NH_3, H_2S y/o mercaptanos de bajo peso molecular, los cuales normalmente producen olores y pueden generar severos problemas en las plantas de tratamiento de aguas residuales, aún en pequeñas cantidades. Pueden contener también, cantidades importantes de fenoles y cianuros. La composición de esta corriente varia considerablemente dependiendo de la configuración de la refinería y del tipo de crudo procesado. Típicamente contiene 900 mg/l de H_2S, 2000 mg/l de amonio, 200 mg/l de fenoles y 15 mg/l de cianuros.
La unidad despojadora de aguas agrias (T-2590), es la encargada de tratar la mayoría de las aguas de este tipo que se generan en la Gerencia Complejo Barrancabermeja, este efluente de aguas agrias debe cumplir con especificaciones en cuanto al contenido de NH_3 y H_2S, para que pueda ser enviada al proceso de tratamiento biológico para la remoción de fenoles, ya que el alto contenido de NH_3 y H_2S hace que el proceso de biodegradación sea estable. Además el alto contenido de H_2S hace que el sistema se vea afectado por el problema de corrosión posterior al despojo.
Para mejorar esta operación se utilizaron técnicas y programas de simulación ya que son muy eficientes al contener una gran base de datos con herramientas que ayudan en el análisis de sensibilidad de la operación en el modelo de simulación.
Todos los modelos de proceso recaen en propiedades físicas que representan el comportamiento de una unidad de operaciones y las transformaciones que las corrientes de proceso llevan en ellos. Las propiedades son calculadas desde modelos creados para tener una representación del comportamiento de las sustancias del proceso a las condiciones de operación.
Se desarrollo un modelo de simulación que representa de forma muy aproximada el comportamiento real de la torre a nivel de sus variables operacionales y analíticas. Además se generan casos de estudio en los cuales se analiza la

sensibilidad de las variables y las mejores condiciones o ventanas operativas en las que puede trabajar la torre.

Las razones principales que justifican este trabajo son:

- Evaluar la eficiencia del sistema para las condiciones de operación actual
- Determinar si se requiere hacer ajustes a las ventanas de operación bajo un análisis de sensibilidad del proceso

Bajo condiciones estables de despojo se espera a futuro poder asegurar la disminución en la disposición de aguas agrias despojadas adelantando propuestas de re-usó seguro como es el caso de utilización de agua agria en desalado.

1 CONCEPTOS TEÓRICOS

1.1 Generalidades Operación Torres Despojadoras

Las unidades despojadoras de agua agria utilizan la aplicación directa de vapor de despojo (usualmente de baja calidad y baja presión) o vapor inyectado en re-hervidores como fuente de calor.

El objetivo del proceso de una torre despojadora es la remoción del H_2S y NH_3 disueltos en el agua agria, para producir un efluente con calidad aceptable de manera que pueda ser re-usado en la refinería como agua de lavado de crudos o enviado a tratamiento secundario para su descarga a los cuerpos de agua.

En general una planta despojadora de aguas agrias tiene de los siguientes elementos:

- Tanque recolector de agua agria
- Precalentador de carga
- Columna despojadora con re-hervidor y Reflujo de cima o pumparound.
- Enfriador de fondos

Los sistemas de recolección de agua agria deben ser sistemas cerrados de manera que se minimice la fuga de vapores. Si el sistema es abierto puede generar olores. La temperatura del agua agria en el tambor de almacenamiento usualmente debe estar en el rango de 100 a 150 °F con un pH entre 7 y 9.

La mayoría de tambores de carga de agua agria están equipados con algún medio de separación de HC. El HC separado normalmente se envía al tanque de slop para reproceso.

Es importante considerar que el sistema de recolección tenga la posibilidad de separar HC, si este no se separa, es arrastrado hacia la torre despojadora y

llevado hacia los gases de cima. Adicionalmente, el influjo de HC a un calentador o re-hervidor puede causar serios problemas de operación y pérdida de transferencia de calor por ensuciamiento.

1.2 Contaminantes

El amonio puede originarse de tres fuentes principales:

- Nitrógeno contenido en la carga de las unidades de craqueo catalítico.
- Combustión del aire que reacciona con el hidrógeno presente en las unidades de craqueo catalítico formando amonio.
- Amonio inyectado para control de pH en las unidades de destilación primaria, atmosférica y de vacío.

El amonio debe ser removido debido a que su presencia en las descargas de aguas residuales de refinería puede ser tóxica para todas las formas de vida. Por ley[1] las refinerías no pueden descargar efluentes tóxicos.

El sulfuro de hidrógeno (H_2S) es formado a partir de compuestos complejos de sulfuro que en la carga se rompen formando H_2S catalizados por calor. No todos los compuestos complejos de sulfuros se rompen para formar sulfuro de hidrógeno. Algunos pueden reaccionar para formar mercaptanos, tiofenos o incluso azufre elemental.

El sulfuro de hidrógeno también es muy tóxico[2] para sistemas vivos en concentraciones superiores a 15 ppm. En los sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales los microorganismos se inhiben cuando las concentraciones de H_2S son superiores a este nivel. El agua que contiene sulfuro de hidrógeno puede causar serios problemas de olores si no se despoja antes de su vertimiento.

[1] Articulo 72, Decreto 1594 de 1984
[2] Manual de Proceso PTAR ECOPETROL S.A.

Fenoles y cianuros son formados en menor grado durante las operaciones de craqueo catalítico. Estos compuestos también son muy tóxicos pero su remoción no es la razón de ser de las despojadoras por lo tanto deben ser removidos en tratamientos posteriores.

1.3 Teoría Química Del Agua Agria En Las Unidades Despojadoras

El amonio (NH_3) y el sulfuro de hidrógeno (H_2S) en solución acuosa pueden formar sulfito de amonio NH_4SH, el cual es la sal del ácido débil H_2S y la base débil NH_4OH. La presencia de ácidos no volátiles en condensados agrios produce la formación de sales de amonio. El ión amonio en estas sales no puede ser despojado.

El amonio es muy soluble en agua. Cuando el vapor de despojo utilizado en los procesos de refinería es condensado, la mayor parte del amonio presente se disuelve en el agua, puesto que el amonio es una base y el sulfuro de hidrógeno es un ácido. El sulfuro de hidrógeno reacciona con el amonio para formar la sal sulfito de amonio, debido a que es la sal formada a partir de un ácido débil y una base débil. Una considerable cantidad de amonio libre y sulfuro de hidrógeno está presente en solución, de acuerdo con la siguiente ecuación de equilibrio:

$$NH_3 + H_2S \leftrightarrow NH_4^+ + HS^-$$

El suministro de calor hace que este equilibrio se desplace hacia la izquierda, de manera que si hay suficiente vapor de despojo prácticamente todo el H_2S y NH_3 puede ser removido de la solución.

Puesto que el amonio es una base débil, esta puede ser forzada fuera de la solución adicionando una base fuerte, por ejemplo hidróxido de sodio. Sin embargo, el sulfuro de hidrógeno es un ácido y reacciona con el hidróxido de sodio para formar el anión no despojable HS^-. Por lo tanto lo recomendable es adicionar el hidróxido de sodio después de que el sulfuro de hidrógeno haya sido

completamente despojado. El hidróxido de sodio convierte cualquier especie iónica de amonio presente a la forma despojable. Las siguientes reacciones ilustran este proceso:

Conversión de H_2S a la forma iónica no despojable por efecto de una base

$$H_2S + OH^- \leftrightarrow HS^- + H_2O$$

Conversión del anión HS- a la forma molecular despojable por efecto de un ácido:

$$HS^- + H_3O^+ \leftrightarrow H_2S + H_2O$$

Conversión de amonio a la forma iónica no despojable por efecto de un ácido

$$NH_3 + H_3O^+ \leftrightarrow NH_4 + \ + H_2O$$

Conversión del Ion amonio a la forma despojable por efecto de una base:

$$NH_4^+ + OH^- \leftrightarrow NH_3 + H_2O$$

Existen otros contaminantes presentes en el agua agria como cianuros y CO_2, los cuales pueden ser despojados junto con el sulfuro de hidrógeno. Contaminantes pesados tales como ácidos fenólicos y orgánicos no son despojados y permanecen en el efluente de la torre, por lo cual deben implementarse otras estrategias de remoción. Además se generan reacciones de tipo electrolítico[3].

1.4 Métodos De Tratamiento De Aguas Agrias

Existen diferentes métodos para el tratamiento de aguas agrias

- Oxidación con aire en torres a temperaturas mayores de 200 °F.
- Intercambio iónico.
- Despojo con gas combustible en torres de platos o torres empacadas.
- Despojo con vapor en torres de platos o torres empacadas.

Inicialmente las despojadoras fueron diseñadas con 6-10 platos para la remoción de H_2S, en los últimos años las regulaciones ambientales han exigido también la remoción de amonio requiriendo sistemas de 20 – 30 platos o sistemas de 2 torres. El consumo de vapor recomendado para torres de 8 a 10 platos es del

[3] Numeral 3 (Anexos) Reacciones de Tipo Electrolítico.

orden de 1 libra /galón de agua tratada, mientras que para torres de 20 a 30 platos se recomienda un consumo de vapor del orden de 2 lb/galón de agua tratada.

Normalmente el vapor al re-hervidor es utilizado para calentar el agua a ser despojada y el vapor de despojo es generado internamente. Este tipo de operación presenta como ventaja que no hay incremento en el volumen del agua generada en la torre, contrario a lo que sucede cuando se inyecta vapor directamente a la Torre. Adicionalmente, el vapor del re-hervidor puede ser recuperado como vapor de baja presión o condensado para calentar el alimento con consecuentes ahorros energéticos.

En otros casos el vapor se puede inyectar de forma directa a la torre para despojo. Este método se considera eficiente aunque se incrementa la cantidad de agua residual y reduce la capacidad de la torre.

Los gases de cima pueden ser enviados directamente a la tea. Estos gases de cima de la despojadora contienen amonio, sulfuro de hidrógeno, vapor de agua y trazas de hidrocarburo, en la mayoría de los casos es incinerado produciendo óxidos de nitrógeno, nitrógeno, dióxido de carbono, dióxido de sulfuro y vapor de agua.

En los sistemas donde el azufre es recuperado, los gases pasan por un sistema de enfriamiento con el fin de reducir la cantidad de vapor de agua que entra a la planta recuperadora.

El amonio y el vapor de agua tienden a sobrecargar los procesos de combustión los cuales tienen lugar en la primera etapa del proceso de recuperación de azufre. El principal problema en este esquema de proceso es la corrosión severa que

tiene lugar en la sección de condensación. En tal caso debe utilizarse metalurgia especial (acero inoxidable, titanio, aleaciones de aluminio especiales).

Algunas aguas agrias contienen materiales que no pueden ser despojados, compuestos como sales de amonio de ácidos orgánicos, minerales y compuestos orgánicos de amonio. La inyección de soda cáustica en la corriente de alimentación puede reaccionar con estos compuestos fijos de amonio y formar amonio libre, el cual es despojable de acuerdo con la reacción:

$$NH_4Cl + NaOH \rightarrow NH_3 + H_2O + NaCl$$

1.5 Problemas Típicos En Unidades Despojadoras

Los principales problemas asociados con la operación de las unidades despojadoras de amonio y sulfuros es la corrosión en los sistemas de condensado de cima. La condensación de productos despojados forma NH_4SH (sulfito de amonio) el cual es muy corrosivo. Muchas refinerías[4] usan metalurgia especial en los sistemas de cima como Stainless steel o titanium y mantienen temperaturas de cima tan altas como 200 °F. Sin embargo, esta temperatura da como resultado cantidades muy altas de agua en la cima. La presencia de cianuro acelera la corrosión y en algunos casos se adiciona polisulfuro de amonio NH_4S_x para reducirla. El polisulfuro de amonio convierte el cianuro CN en tiocianato (CNS) el cual tiene un efecto menos corrosivo.

El taponamiento de las líneas y sistemas de cima puede ocurrir debido a la formación de NH_4HCO_3, el cual es más estable que NH_4HS. Una solución para este problema es mantener la temperatura de cima sobre los 200 °F.

- [4] Armstrong, T. Optimize sour water treatment. Hydrocarbon Processing. June 2003.

El polisulfuro de amonio NH_4S_x adicionado en unidades de craqueo catalítico puede descomponerse a azufre elemental y obstruir las líneas de carga en la torre despojadora.

El dióxido de carbono se presenta normalmente en el agua agria y si hay presencia de Calcio en la alimentación de la torre despojadora pueden formarse depósitos de $CaCO_3$ en los fondos de la torre afectando al re-hervidor, tubería y equipos posteriores. Por esta razón el agua de las unidades de desalado no debe ser mezclada con los condensados agrios enviados hacia la torre despojadora.

2 DESARROLLO EXPERIMENTAL

La metodología empleada en la realización del estudio incluyó las siguientes fases:

FASE I <u>DOCUMENTACIÓN</u>

- Información acerca de la torre despojadora de aguas agrias T-2590.
- Búsqueda de archivos de diseño y ¨data sheet¨ (hoja de datos) de la torre despojadora de aguas agrias T-2590.
- Revisión y validación de la información.

FASE II <u>TOMA DE DATOS</u>

- Identificación y caracterización de las variables de proceso a tratar.
- Información tomada del PI (Base de Datos en Tiempo Real) de ECOPETROL y directamente en la planta.

FASE III <u>SIMULACIÓN</u>

- Desarrollo de simulación en el software Hysys.
- Validación del simulador con datos promedio de PI.

FASE IV ANÁLISIS Y RESULTADOS

- Análisis de relación de comportamiento de variables.
- Comparación de datos y análisis para establecer las mejores condiciones para operar la torre despojadora de aguas agrias (T-2590).

FASE V SUGERENCIAS

- Conclusiones
- Recomendaciones

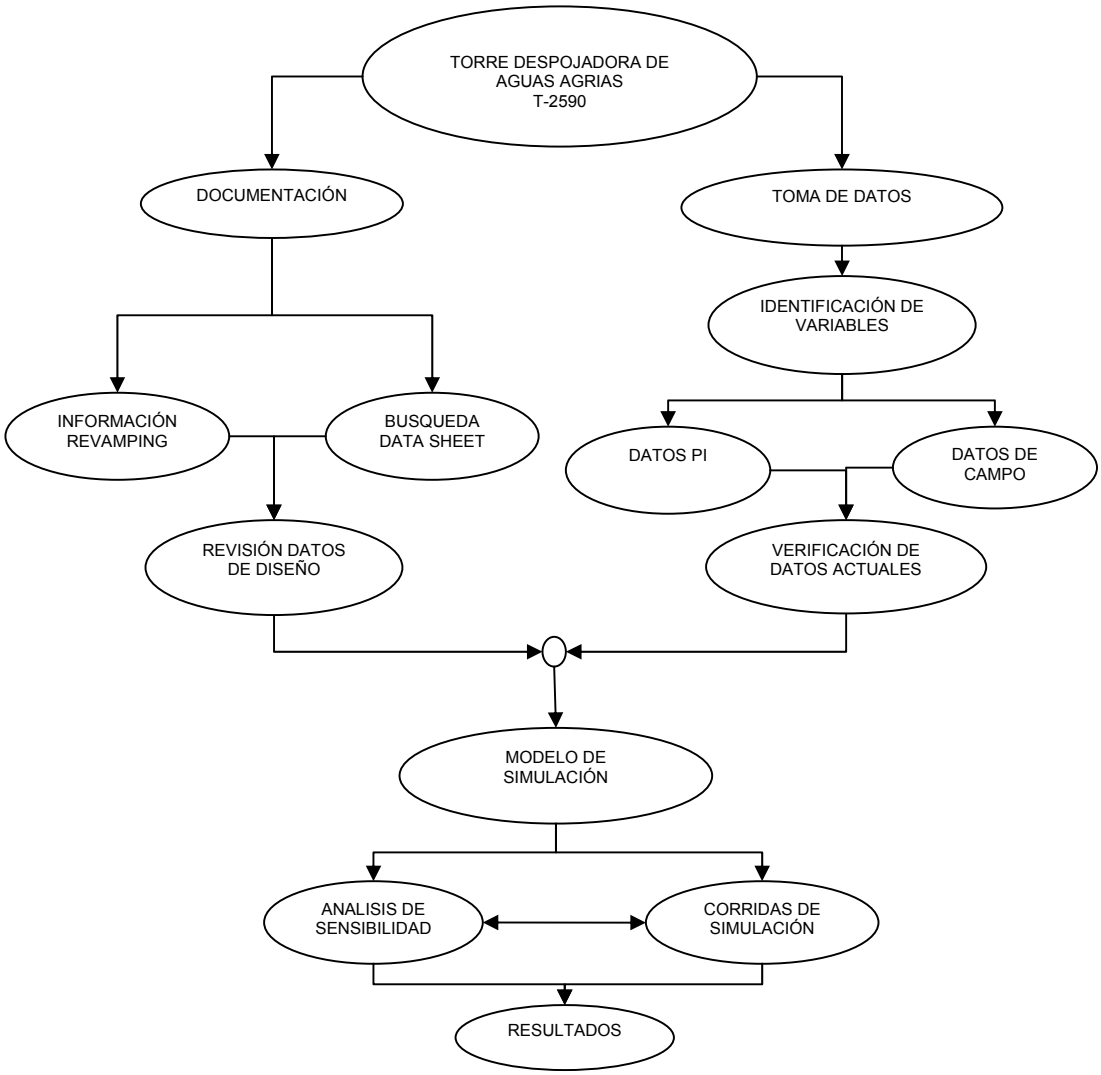


Diagrama 1. Metodología Experimental

2.1 Documentación De La Unidad Despojadora De Agua Agria.

La documentación correspondiente se busco en el archivo técnico, archivo de proyectos y en la biblioteca de la planta Cracking UOP-I (planta en la cual se encuentra la torre despojadora de aguas agrias T-2590) de la GCB de donde se obtuvo toda la información correspondiente, P&D, manuales de diseño, manuales mecánicos y manuales de operación. Posteriormente se pidió información a los

ingenieros de proceso que han tenido a su cargo esta unidad los cuales suministraron la mayor información de acuerdo a su experiencia.

2.2 Revisión Y Validación De Documentación

Se selecciono la información correspondiente para trabajar en el software Hysys[1] y se tuvo en cuenta todas las reestructuraciones que ha tenido la torre despojadora de aguas agrias desde 1975, año en que fue construida con el fin de trabajar de acuerdo a los últimos datos de diseño.

2.3 Historial De Variables Operacionales Y Analíticas De La Torre Despojadora De Agua Agria.

Seleccionando las variables tanto operacionales como analíticas con las que se trabajó. Se identificaron los ¨Tags¨ correspondientes a las variables en estudio, los cuales haciendo uso de la herramienta PI (base de datos en tiempo real de ECOPETROL S.A.) obtengo el historial[2] y la tendencia de dichas variables de la torre despojadora de aguas agrias en las fechas comprendidas entre el 1 de Enero de 2005 y finalizando el 30 de junio del 2006.

2.4 Simulación Con Datos De Diseño En El Software Hysys.

En los manuales del software Hysys, se hacen recomendaciones acerca del los paquetes termodinámicos[3] existentes para modelos de actividad para aguas agrias de los cuales ECOPETROL S.A. solo tiene licencia para dos de ellos (Sour PR, Sour SRK). Se caracterizaron los principales componentes del agua agria y luego se modeló la torre despojadora con las características de diseño.

[1] En numeral 1 (anexos) se encuentran los “data sheet¨ de la T-2590 correspondientes al modelo.
[2] En el numeral 2 (anexos) se presenta el historial de las variables operacionales y analíticas utilizadas.
[3] En el numeral 3 (anexos) se resume las características de los tres diferentes paquetes termodinámicos.

2.5 Verificación De Indicadores Operacionales Y De Datos Analíticos.

En esta etapa se hace revisión de los distintos indicadores de variables operacionales instalados en la torre despojadora de aguas agrias T-2590 y se generan las respectivas recomendaciones de calibración de indicadores con el fin del buen desempeño de las variables y la confiabilidad de los datos obtenidos en PI.

2.6 Análisis De Sensibilidad De Variables

Teniendo en cuenta el grado de certeza en la predicción de resultados del simulador en corridas hechas para cada mes desde el 1 de Enero de 2005 y finalizando el 30 de Junio de 2006, se hacen distintos ajustes operacionales a partir del ultimo mes; se establecen los mejores puntos de operación y luego se plantean alternativas para operar la torre despojadora de aguas agrias T-2590.

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Construcción Del Modelo A Partir Del Diseño

La documentación necesaria para el desarrollo del modelo[1] incluye datos y variables operacionales, analíticas y mecánicas; además el correspondiente paquete termodinámico para modelar los compuestos del proceso.

Figura 1. Torre Despojadora de Aguas agrias.

[1] Numeral 6 (Anexos) Modelo de simulación desarrollado en software Hysys V 3.2

3.1.1 Datos De Diseño De La Torre Despojadora T-2590

Los datos que se utilizaron en la construcción del modelo de simulación de la torre despojadora de aguas agrias se resumen a continuación:

DATOS DE DISEÑO PARA TORRE DESPOJADORA DE AGUAS AGRIAS				
ESPECIFICACIONES		**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA**		
Nº de platos	*30*	**Gravedad específica**		*0.94*
Nº de etapas teóricas	*12*	**CONTAMINANTES**		
tipo de plato	*válvula*		**Molar**	**ppm**
Plato de alimentación	*20 (down/top)*	**H2S**	*0.2206*	*7500*
	10 (top/down)	**NH3**	*0.2059*	*3500*
Método de enfriamiento cima	*Pumparound*	**CARACTERÍSTICAS DEL GAS ÁCIDO**		
Plato de reflujo (*Pumparound*)	*21*	**Peso molecular**		*26.176*
Diámetro	*2.6 m*	**Gravedad específica**		*0.7298*
Longitud	*25.8 m*	**Gradiente de Temperatura**		
Altura entre platos	*762 mm (1-2)*	**Mínimo**		77 °F
	610 mm (3-19)	**Máximo**		102°F
	762 mm (20-22)	**T° máxima de cima**		190°F
	610 mm (23-29)	**P Fondo/cima**		24/20 psig
HIDRÁULICA		**CARGA**	**RECICLO**	**FONDOS**
CASO 1	*Mínima (lbmol/hr)*	5331.87	15593.86	5480.34
CASO 2	*Actual (lbmol/hr)*	9680.77	19137.9	9590.86
CASO 3	*Futura (lbmol/hr)*	15212.6	19244	15074.1

Tabla 1. Datos de diseño torre despojadora de aguas agrias.

3.1.2 Especies y paquete termodinámico utilizado

Las especies que se consideraron en el desarrollo del modelo de simulación fueron: H_2O, NH_3 y H_2S, además existen otros compuestos en el agua agria pero no se tienen en cuenta en el desarrollo de la simulación debido a que no son el objetivo de este proceso de tratamiento.

En el caso del software de simulación Hysys, la opción Sour Peng Robinsón (Sour PR) combina la ecuación de estado Peng Robinsón con el modelo de Wilson API-Sour, para el cálculo de propiedades del sistema de agua agria.

3.1.3 Diagrama De Flujo

Para el desarrollo del modelo de simulación se seleccionó una torre sin condensador de acuerdo como lo especifica el diseño de la T-2590 utilizando un sistema de enfriamiento de reflujo tipo Pumparound. Trabajando con 12 etapas ideales (45% de eficiencia) mas el re-hervidor.

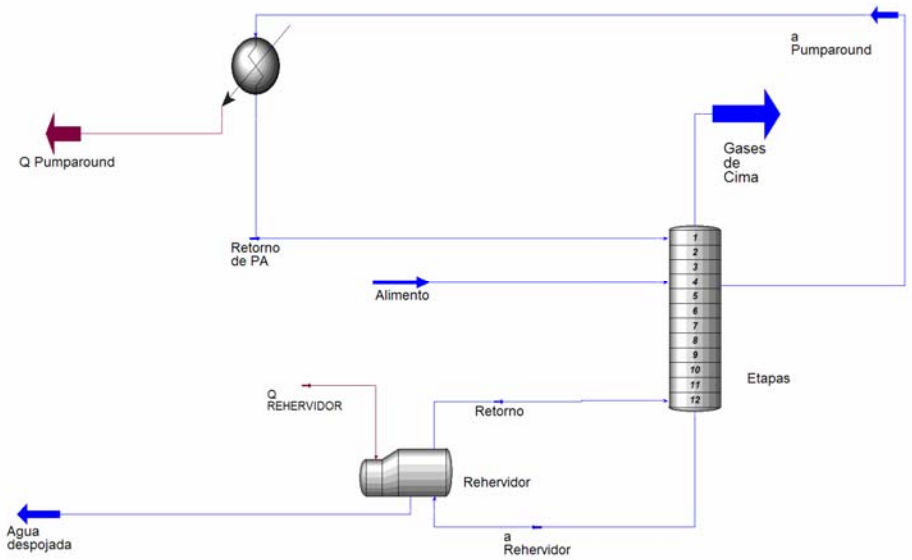


Diagrama 2. Torre despojadora de agua agria T-2590.

3.1.4 Desarrollo De La Simulación

Se construyó el modelo en estado estacionario a partir de los datos de diseño para los perfiles de carga mínima, actual y futura. A continuación se presentan en la tabla 2 los datos de entrada necesarios para la construcción del modelo, y los obtenidos con el simulador.

Variables		T-2590	DISEÑO			SIMULADOR		
			Mínimo	Actual	Futuro	Mínimo	Actual	Futuro
ENTRADA	CARGA	Flujo de entrada (lbmol/hr)	5531.8	9680.7	15212.6	5531.8	9680.7	15512.6
		Temperatura de entrada (°F)	187	177	165	187	177	165
		Presión a la entrada (psig)	69	60	54	69	60	34
		Composición NH3 de la entrada	20.55	35.96	57.62	20.55	35.96	57.62
		Composición H2S de la entrada	22	38.51	61.71	22	38.51	61.71
	PROCESO	Presión de fondo (psig)	24	24	24	24	24	24
		Presión de cima (psig)	20	20	20	20	20	20
		Temperatura de Fondo (°F)	265	265	265	265	265	265
		Temperatura de Cima (°F)	180	180	178	180	180	178
		Flujo de Pumparound (lbmol/hr)	15593.8	19137.9	19244.2	15593.8	19137.9	19244.2
		Temperatura retorno pumparound (°F)	114.3	120.3	119.9	114.3	120.3	119.9
CALCULADAS	PRODUCTOS	Flujo gases de cima (lbmol/hr)	51.525	89.91	138.57	48.25	88.34	152.6
		Temperatura gases de cima (°F)	180	180	178	169.2	180	192.4
		Presión de gases de cima (psig)	20	20	20	20	20	20
		Flujo agua despojada (lbmol/hr)	5480.3	9590.8	15074.1	5484	9548	15060
		Temperatura agua despojada (°F)	265	265	265	265.2	265.1	265.2
		Presión agua despojada (psig)	24	24	24	24	24	24
		(Kg/h) NH3 agua despojada	0.41	0.7192	1.15	0.41	0.71	1.15
		(Kg/h) H2S Agua despojada	0.22	0.38	0.61	2.95E-02	5.13E-02	8.25E-02
		Duty Re-hervidor (Btu/hr)	2.98E+07	4.60E+07	6.50E+07	3.20E+07	4.90E+07	6.86E+07

Tabla 2. Datos Diseño vs Modelo de simulacion

En la anterior tabla se puede apreciar que los datos de diseño de la unidad despojadora de aguas agrias y los datos calculados por el modelo de simulación desarrollado tienen un muy buen grado de certeza y para corroborar esto se comparan en la tabla 3 los perfiles hidráulicos[2] de diseño con los reportados en cada caso por el simulador.

CASO	FACTOR DE CORRELACIÓN		
	TEMPERATURA	LÍQUIDO	VAPOR
MÍNIMA	0.93	0.94	0.96
ACTUAL	0.96	0.99	0.94
FUTURA	0.97	0.99	0.90

Tabla 3. Correlación Perfil Hidráulico

En la anterior tabla se pueden ver las correlaciones hechas para el perfil hidráulico y a su vez se observa que el grado de acercamiento del modelo desarrollado con el de diseño, posee un alto grado de confiabilidad (entre 90 y 95%).

3.2 Modelo Ajustado A Condiciones Reales

A continuación se ajusta el modelo desarrollado para las condiciones de diseño y se evalúa el comportamiento del modelo utilizando datos tomados del PI observando su grado de sensibilidad con respecto a la composición de NH_3 y H_2S.

3.2.1 Descripción Del Estado Real De La Operación De La T-2590.

En la Unidad Despojadora T-2590, se procesan las aguas agrias[3] provenientes de las Plantas Cracking UOPI (Unidad de Balance), Cracking UOPII (Nueva Cracking o NURC), Orthoflow, Modelo IV, Parafinas, Viscorreductora y Unibón.

[2] En el numeral 4 (anexos) se encuentran los perfiles hidráulicos de diseño y de simulación

[3] Mapa de aguas agrias. Numeral 5 (anexos).

Los afluentes se reciben por líneas de 4” en el tambor de carga D-2590, el cual tiene una capacidad de 17825 gal, y cuenta con facilidades para la separación y remoción de hidrocarburo. El agua agria es tomada por las bombas P-2590 A/B y enviada al intercambiador E-2590 donde intercambia calor con los fondos de la despojadora y se calienta la carga de 100 a 170 °F. Posteriormente el afluente es enviado a la torre despojadora a un caudal promedio de 350 gpm.

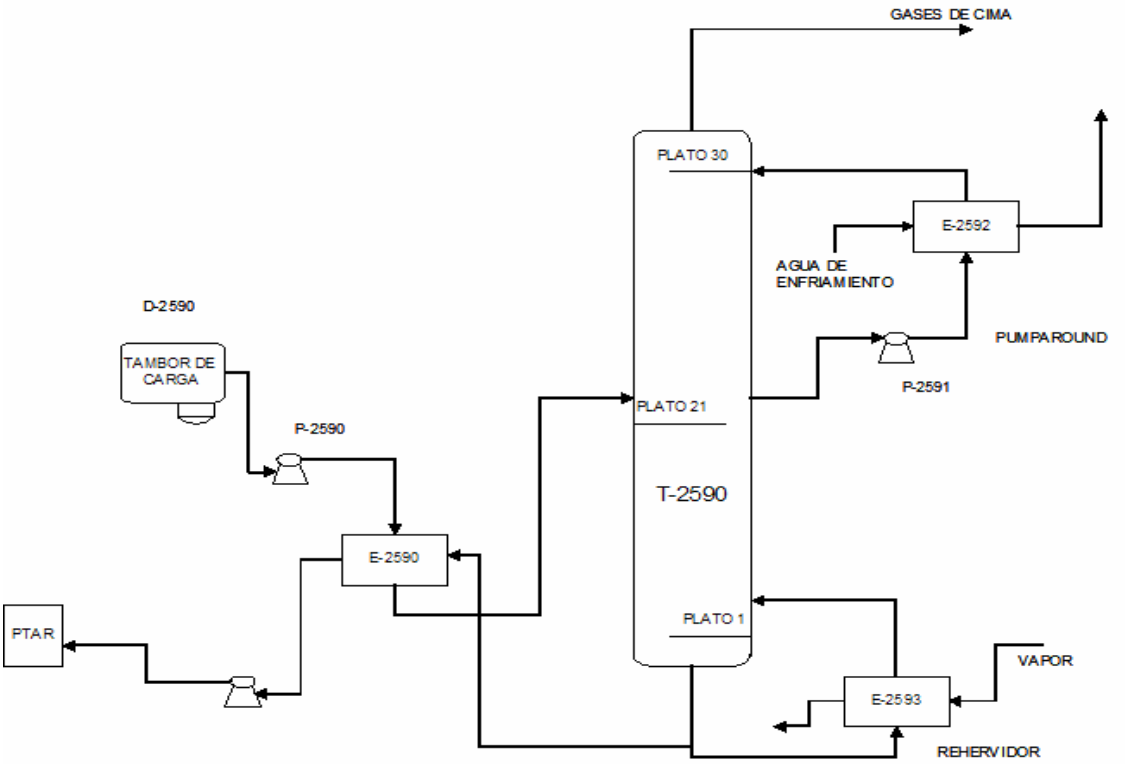


Diagrama 3. Torre Despojadora de Aguas Agrias

La torre contiene 30 platos tipo válvula y el esquema de enfriamiento de la cima es del tipo *Pumparound*. Bajo el plato 21 (enumerando de abajo hacia arriba) y a través de las P-2591 A/B hay un retiro de agua agria, la cual es enfriada en el E-2592 y se envía como reflujo a la cima de la torre despojadora con el fin de controlar la temperatura de cima alrededor de 180 °F.

El flujo de los fondos de la torre se divide en dos corrientes. Una parte va al re-hervidor de la torre despojadora (E-2593), donde se vaporiza y regresa al fondo de la

columna entregando calor. La otra parte se enfría primero en el E-2590 en donde entrega calor para calentar la carga y luego es enviada al E-2591 para ser enfriada con agua y enviada por la línea de 6” a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la GCB.
Los gases de cima son enviados directamente a la tea.

3.2.1.1 Variables Controladas

La Planta cuenta con un sistema de control automático para el control de sus variables principales. Sin embargo, la mayor parte del tiempo es operada en forma manual buscando mantener las variables dentro de las ventanas operativas definidas por los ingenieros de proceso de acuerdo al diseño, debido a las constantes fallas mecánicas que presenta. Las variables controladas son:

- Reflujo de cima
- Flujo de vapor al re-hervidor
- Nivel de líquido en el tambor y en el fondo de la torre: 50 –60% de la capacidad.
- Presión de cima y fondo:
  P cima: 16 – 20 psig
  P fondo: 20 – 24 psig
- Temperatura de cima y fondo
  T cima: 170 – 180 °F
  T fondo: 250 – 280 °F

3.2.1.2 Análisis De Variables Operacionales

Carga a la T-2590: El flujo de carga a la unidad despojadora es una de las variables más fluctuantes. Los flujos de carga oscilan entre 250 y 400 gpm debido a que el control que se tiene en el tambor de carga es de separación de HC.

Presión de Cima y Fondo: La presión del fondo se ha encontrado en el rango de 27 a 40 psig. Además de presentarse gran variación en esta variable, el rango se encuentra por encima de las condiciones de diseño de la torre. Esto debido a que el sistema para retirar fondos presenta fallas, ocasionando inundamiento en la torre y por ende depresionamiento.

Temperatura de Cima y Fondo: Esta es una de las variables que presenta relativamente mayor estabilidad. La temperatura de cima se encuentra en el rango de 180 a 225 °F encontrándose dentro de las ventanas operativas y bajo las recomendaciones encontradas en la literatura[4] para mantener condiciones de cima en las torres despojadoras. La temperatura de fondo se ha mantenido en valores cercanos a 270 °F también dentro del rango de la ventana operativa.

Reflujo: Esta variable se encuentra en rangos de 250gpm a 380gpm fuera de la ventana operativa debido a la falla de retiro de fondos e inundamiento de la torre.

Vapor al re-hervidor: La cantidad de vapor suministrado a la torre es otra de las variables que presenta un comportamiento estable en el período de tiempo analizado (aunque el re-hervidor no esta suministrando el duty necesario para el despojo). El vapor suministrado esta del orden de 18000 lb/h. Considerando una carga promedio de 350 gpm, el suministro de vapor a la torre es de 0.857 lb de vapor /galón de agua cargada.

Nivel de la Torre: El nivel de la torre es controlado alrededor del 60 –70% de la capacidad de la torre. El comportamiento es relativamente estable mientras no se intente hacer ninguna modificación de presión o reflujo manteniéndose cercano a 70%.

[4] Petroleum Association for Conservation of the Canadian Environment. SOUR WATER STRIPPER MANUAL . Jan. 1980.

3.2.1.3 Variables Fisicoquímicas

Los resultados del laboratorio de la GCB reportados en CD LAB[5] a partir del 1 de Enero de 2005 hasta junio 30 de 2006 para la composición del agua agria del efluente como del afluente se presentan en el gráfico 1.

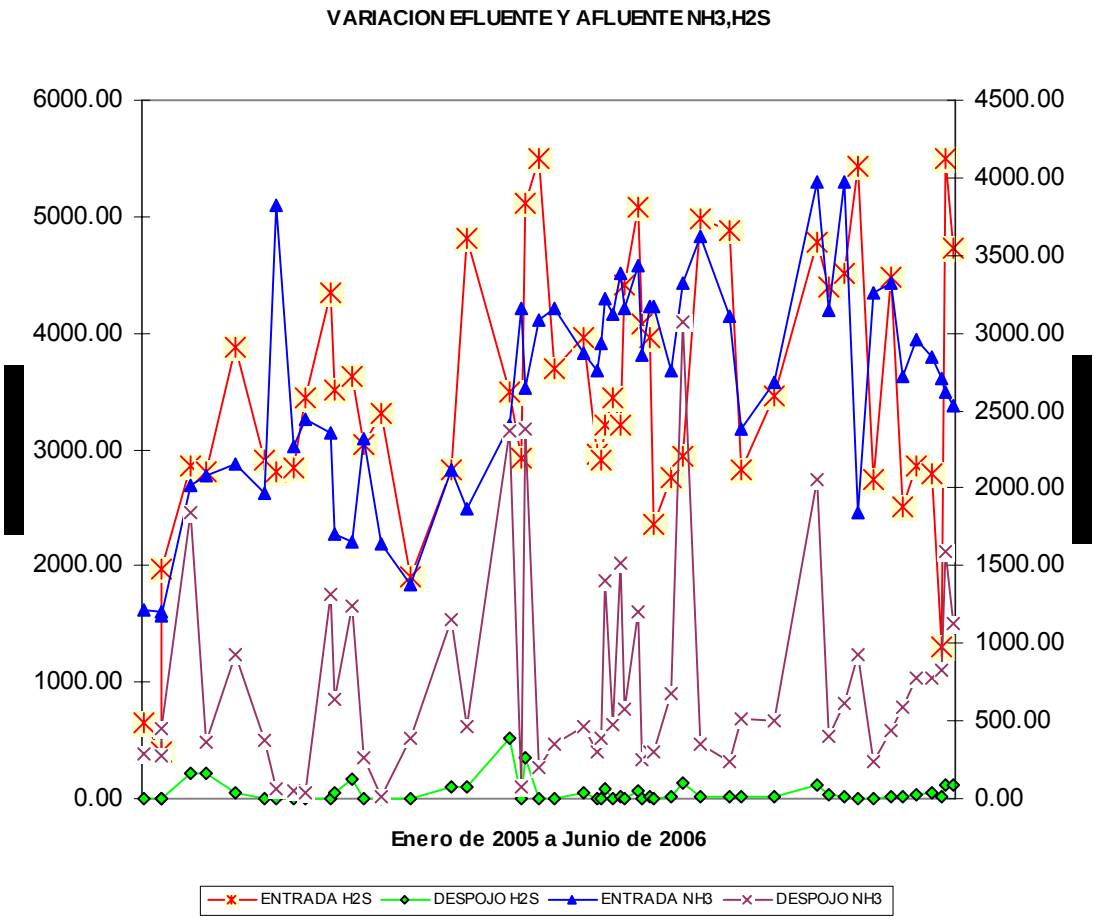


Gráfico 1. Concentración de NH_3 y H_2S en el afluente y el efluente.

En el grafico 2 se puede apreciar que solo un 73% de H_2S y 9.6% de NH_3 despojado cumplió con la norma exigida por ECOPETROL S.A. la cual indica que el máximo permitido de H_2S y NH_3 es 50 y 100 ppm.

[5] En el numeral 2 (anexos) se presenta el historial de las variables analíticas. Datos tomados de la herramienta Cdlab.

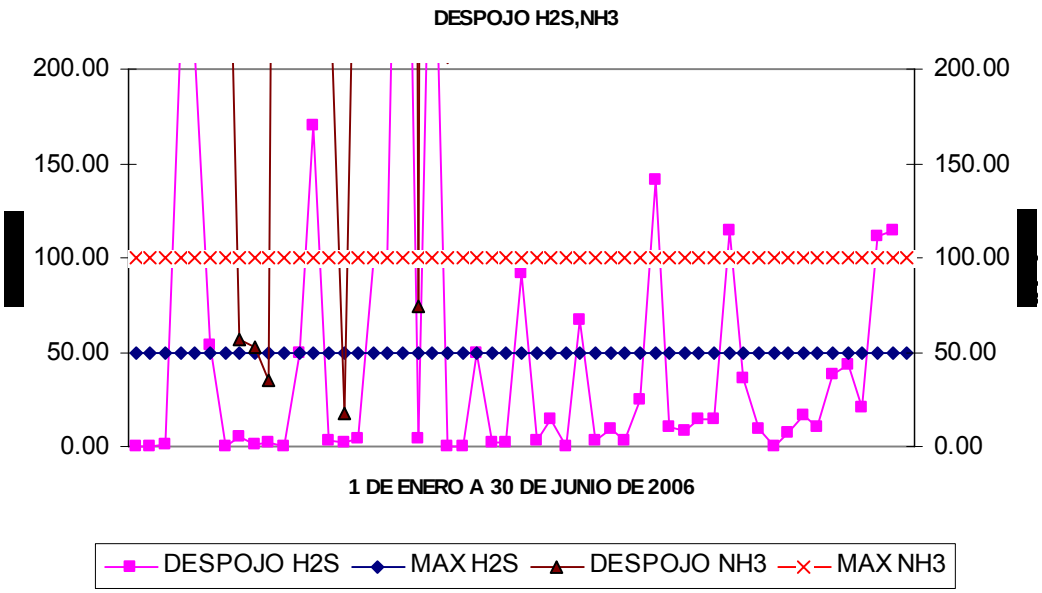


Grafico 2. Despojo de H_2S y NH_3

3.2.2 Desarrollo De La Simulación Para Las Condiciones Actuales

Para llevar el modelo a las condiciones operacionales actuales se hizo un estudio y un promedio de datos mes a mes, tanto de las variables operacionales como analíticas, estas variables se obtuvieron del PI desde el 1 de Enero de 2005 hasta el 30 de junio del 2006 y se tomaron como puntos de referencia las variables analíticas. En las tablas 4 y 5 se muestran los promedios mes a mes de las variables operacionales y analíticas.

DATOS DEL PROMEDIO DE LAS VARIABLES ANALITICAS TOMADOS DEL PI													
AÑO	MES	REFLUJO A T-2590 (GPM)	CONDENSADO DE D_25 92 (GPM)	ENTRADA CARGA A T_ 2590 (GPM)	VAPOR 150# A E_259 3 (LB/H)	FONDO T_2590 %	FONDO T_2590 (PSI)	CIMA T_2590 (PSI)	FONDO T_2590 (ºF)	SALIDA RE-HERVIDOR T_2590 (ºF)	SALIDA DE T_2590 (ºF)	T DE CARGA T_2590 (ºF)	T DE PA T_2591 (ºF)
2005	E	906.31	57.11	380.91	117.24	73.99	27.49	10.81	266.92	262.12	180.78	160.00	120.00
	F	921.93	51.82	307.50	109.87	72.49	23.58	13.19	261.27	256.35	177.41	170.00	140.00
	M	834.72	50.85	351.47	154.03	65.44	26.10	3.01	265.37	258.85	178.57	175.00	130.00
	A	592.55	56.22	344.83	181.66	67.74	24.91	3.60	264.47	257.89	181.22	175.00	120.00
	M	469.82	60.28	306.57	146.73	69.53	25.92	17.78	264.60	265.66	177.51	175.00	120.00
	J	338.95	45.25	298.17	43.80	80.18	37.74	28.13	278.42	280.16	165.05	175.00	110.00
	J	349.12	49.97	323.44	45.62	78.13	41.63	19.18	283.95	284.43	187.47	170.00	120.00
	A	415.55	54.69	327.48	51.80	79.02	38.61	15.76	281.00	280.96	187.83	160.00	120.00
	S	424.93	52.41	338.91	56.34	81.54	42.38	16.18	284.95	284.60	179.64	160.00	120.00
	O	378.85	52.52	322.26	63.61	84.06	41.08	15.44	283.47	282.08	174.77	160.00	120.00
	N	235.82	23.51	147.79	123.75	36.04	21.01	8.42	269.71	206.88	155.06	160.00	120.00
	D	220.54	18.87	161.97	2625.83	43.83	11.65	8.82	172.11	179.22	132.17	170.00	130.00
2006	E	412.21	38.08	318.79	4006.83	64.53	24.92	16.85	260.76	261.01	179.08	170.00	120.00
	F	400.68	42.87	317.89	69.23	77.93	31.77	17.88	270.99	270.64	182.31	160.00	110.00
	M	293.85	38.12	287.17	78.99	72.99	30.91	16.04	260.49	263.62	173.58	160.00	120.00
	A	285.42	44.70	337.76	85.59	64.08	39.22	22.15	280.31	280.24	181.06	160.00	120.00
	M	307.23	40.54	340.47	83.51	57.42	32.10	16.89	271.55	271.14	179.05	160.00	110.00
	J	372.21	40.12	361.76	97.13	63.61	32.40	17.23	272.04	271.66	183.42	160.00	110.00
	J	388.01	36.32	355.48	72.91	66.11	31.38	15.21	269.91	269.60	186.17	165.00	120.00

Tabla 4. Promedio variables operacionales.

PROMEDIO VARIABLES ANALITICAS PI							
AÑO	MES	H2S IN (mg/L)	H2S OUT (mg/L)	NH3 IN (mg/L)	NH3 OUT (mg/L)	PH IN	PH OUT
2005	E	2976.75	2.58	2150.89	52.49	8.83	8.19
	F	3211.00	22.16	2255.78	404.26	8.87	9.08
	M	3284.27	53.29	2081.85	470.84	8.87	9.53
	A	2661.09	25.15	2183.55	484.35	8.79	9.82
	M	2503.67	43.48	1541.08	399.27	8.93	9.18
	J	3061.67	74.34	2342.05	541.49	8.89	9.76
	J	5371.74	122.59	3009.31	1504.90	8.83	10.00
	A	3529.10	63.85	2588.88	1215.55	9.00	9.49
	S	2412.05	195.56	3155.69	2170.99	8.93	9.72
	O	3409.76	178.12	3450.29	3062.75	8.67	10.09
	N	3524.92	743.46	2958.25	2027.15	8.90	9.99
	D	3003.95	526.72	2633.04	1542.95	8.89	9.95
2006	E	2355.78	63.42	2125.24	1158.99	8.62	9.31
	F	3281.64	28.16	2359.52	455.67	8.79	9.10
	M	3281.05	405.45	1875.06	1112.23	8.77	8.81
	A	3466.64	204.34	2968.53	806.76	8.59	9.61
	M	3607.82	28.50	2950.64	760.16	8.64	9.74
	J	4057.64	25.14	2924.05	660.75	8.55	9.83

Tabla 5. Promedio variables analíticas.

Se realizó para cada variable promedio en el mes, una corrida en el simulador con las variables de entrada reportados en las tablas anteriores y se generó para cada caso un reporte. La variable a comparar principalmente es la composición de salida (Out NH_3, H2S) en el efluente líquido. Los datos suministrados por el modelo de simulación se pueden ver en la tabla 6.

PROMEDIO VARIABLES ANALITICAS SIMULADOR							
AÑO	**MES**	**H2S IN (mg/L)**	**H2S OUT (mg/L)**	**NH3 IN (mg/L)**	**NH3 OUT (mg/L)**	**PH IN**	**PH OUT**
2005	**E**	2976.75	**13.22**	2150.89	**94.44**	8.83	8.19
	F	3211.00	**60.44**	2255.78	**370.22**	8.87	9.08
	M	3284.27	**77.44**	2081.85	**422.16**	8.87	9.53
	A	2661.09	**75.55**	2183.55	**413.66**	8.79	9.82
	M	2503.67	**77.44**	1541.08	**434.44**	8.93	9.18
	J	3061.67	**356.98**	2342.05	**850.00**	8.89	9.76
	J	5371.74	**245.55**	3009.31	**1506.35**	8.83	10.00
	A	3529.10	**156.78**	2588.88	**953.87**	9.00	9.49
	S	2412.05	**313.54**	3155.69	**1919.99**	8.93	9.72
	O	3409.76	**521.30**	3450.29	**2983.29**	8.67	10.09
	N	3524.92	**559.05**	2958.25	**2200.00**	8.90	9.99
	D	3003.95	**364.53**	2633.04	**1700.00**	8.89	9.95
2006	**E**	2355.78	**256.88**	2125.24	**1305.16**	8.62	9.31
	F	3281.64	**113.33**	2359.52	**645.05**	8.79	9.10
	M	3281.05	**256.88**	1875.06	**1396.78**	8.77	8.81
	A	3466.64	**423.09**	2968.53	**1115.00**	8.59	9.61
	M	3607.82	**385.31**	2950.64	**903.23**	8.64	9.74
	J	4057.64	**207.77**	2924.05	**850.32**	8.55	9.83

Tabla 6. Datos obtenidos en el simulador.

En el gráfico 3. se comparan los valores de despojo obtenidos por el simulador con los valores reales.

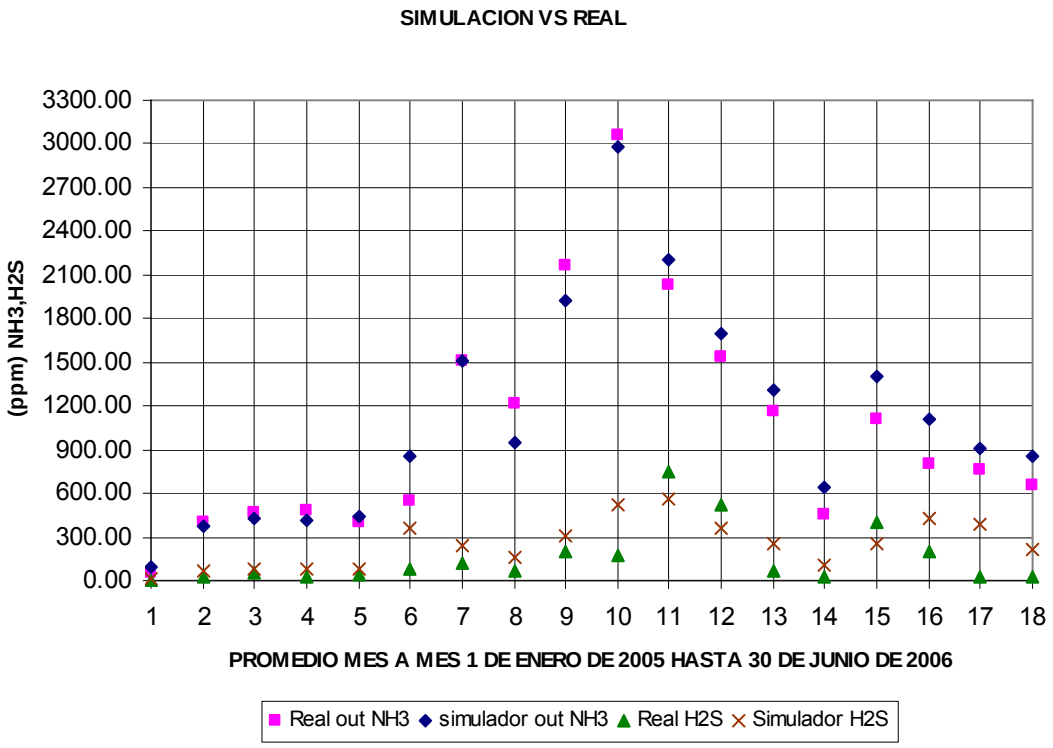


Gráfico 3. Simulación vs Real

Al comparar los valores de despojo mostrados por el simulador, con los datos arrojados por el PI y graficarlos se puede apreciar que el modelo de simulación conserva la tendencia del comportamiento en que viene operando la torre despojadora de aguas agrias a partir del 1 de enero del 2005, basados en esta tendencia se proceden a hacer casos de estudio.

3.2.3 Optimización A Partir De La Simulación

En vista que el comportamiento del simulador con el caso real es muy aproximado se partió de las condiciones del mes de junio del 2006 para poder llevar la torre despojadora de agua agria a un óptimo despojo de NH_3 como de H_2S manipulando variables que se puedan ajustar directamente desde el tablero de control.

Se hacen corridas en el modelo de simulación manipulando una variable y a su vez dejando la variable dentro de los rangos de operación. Las demás variables se mantienen estables para poder observar cuales son los mejores resultados.
Para cada caso se presentan los resultados gráficos involucrando la variable composición de NH_3 y H_2S en el efluente.

3.2.3.1 Variación De La Temperatura De Carga

La Temperatura de carga se ajustó a un rango entre 130 °F y 190°F con un incremento de 10 °F, la tendencia de la composición del agua despojada muestra que a medida que incrementa la temperatura de carga el despojo de NH_3 como de H_2S disminuye (Ver Grafico 4). Aunque al mantener más fría la carga se incrementa el duty del re-hervidor.

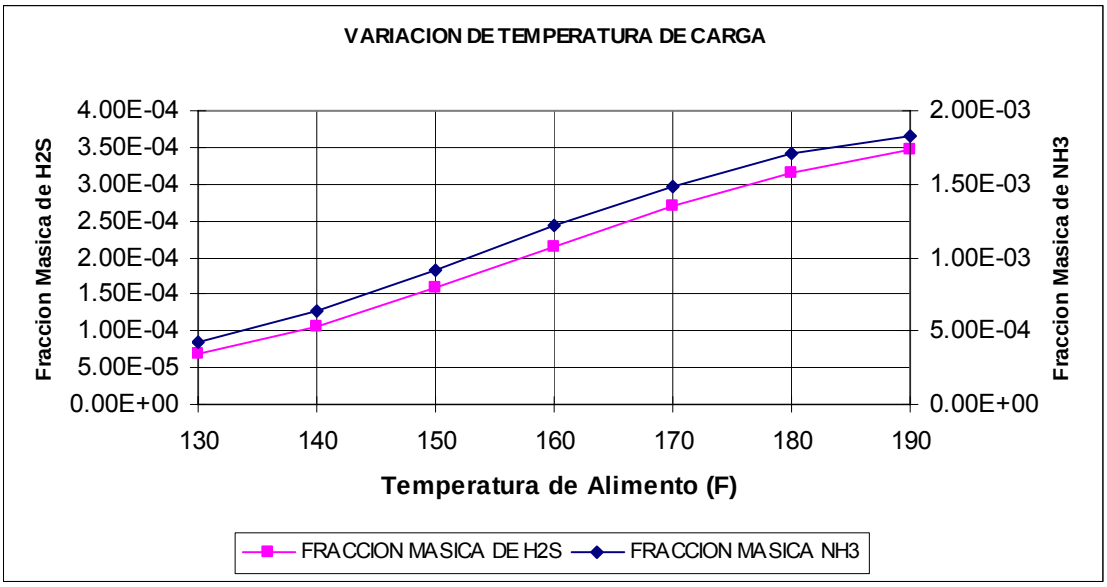


Gráfico 4. Variación Temperatura de Carga.

3.2.3.2 Variación Del Flujo De Carga

El estudio de flujo de carga se hizo desde 200 gpm hasta 550 gpm y la tendencia del la composición varía de tal manera que cuando la carga incrementa la composición

de NH_3 como de H_2S en el efluente aumenta (ver Grafico 5). De acuerdo al estado actual de la T-2590 el re-hervidor está capacitado para suministrar un duty máximo para 300 gpm de alimento.

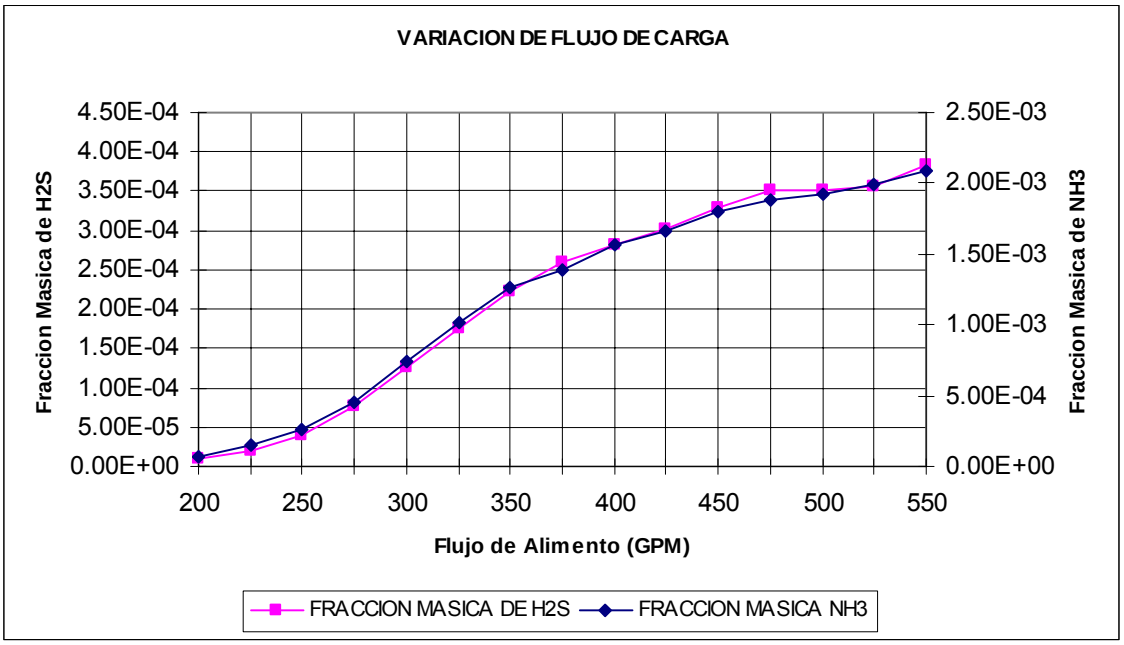


Gráfico 5. Variación Flujo de Carga.

3.2.3.3 Variación De La Presión En La Torre

La presión de la torre disminuye de manera secuencial, mostrando siete escenarios (ver Gráfico 6). En los cuatro primeros escenarios la presión en el fondo baja desde 32.40 psig hasta 24 psig y la presión en la cima baja de 24 psig hasta 18 psig, disminuyendo 2 psig por cada escenario y manteniendo un delta de presión de 8 psig entre la cima y el fondo. Esta variación muestra un gran despojo a medida que la presión disminuye. En el quinto y sexto escenario el delta de presión cima-fondo diminuye entre 6 y 4 psig (24 -18 psig y 24 -20 psig) y muestra que el despojo empeora a medida que el delta de presión disminuye. En el séptimo escenario el delta de presión aumenta a 10 psig (24 psig -14 psig) mostrando que el despojo mejora manteniendo un mayor delta de presión.

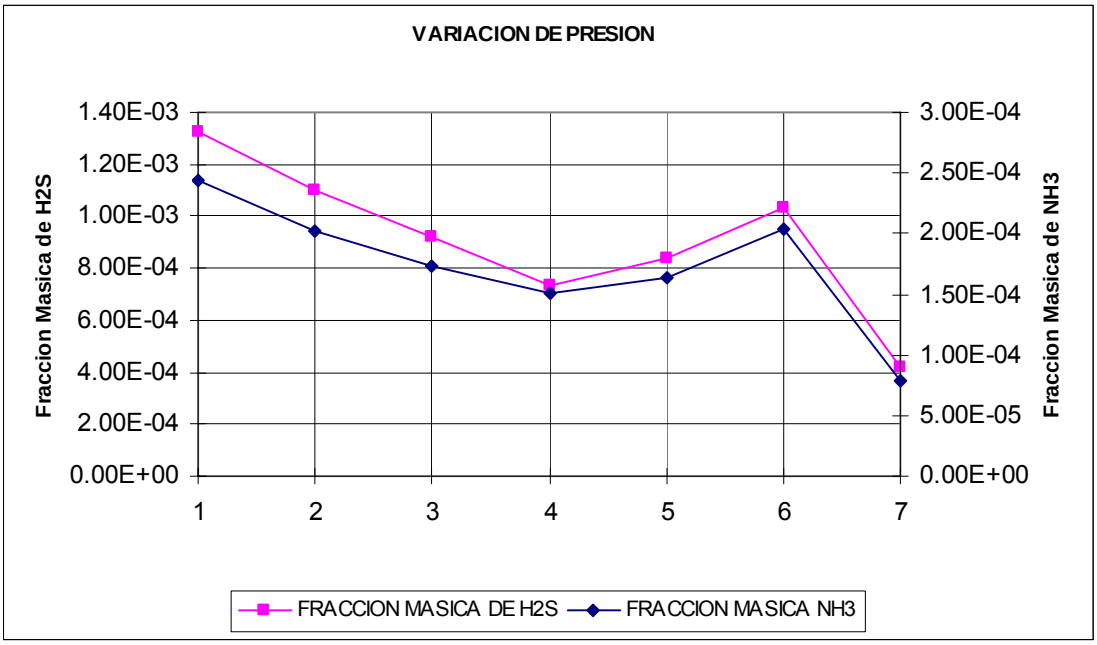


Gráfico 6. Variación de Presión de la torre.

3.2.3.4 Variación Del Duty En El Re-Hervidor

En este caso se presentan cinco escenarios llevando el duty desde 4.0 x 10^7 hasta 6.0x 10^{07} Btu/hr con un incremento de 500 Btu/hr en cada escenario (ver Gráfico 7), mostrando que a medida que el duty del re-hervidor aumenta, el despojo de NH_3 y H_2S mejora aumentando también el flujo del pumparound. Este último aumenta con el fin de mantener temperatura de cima controlada.

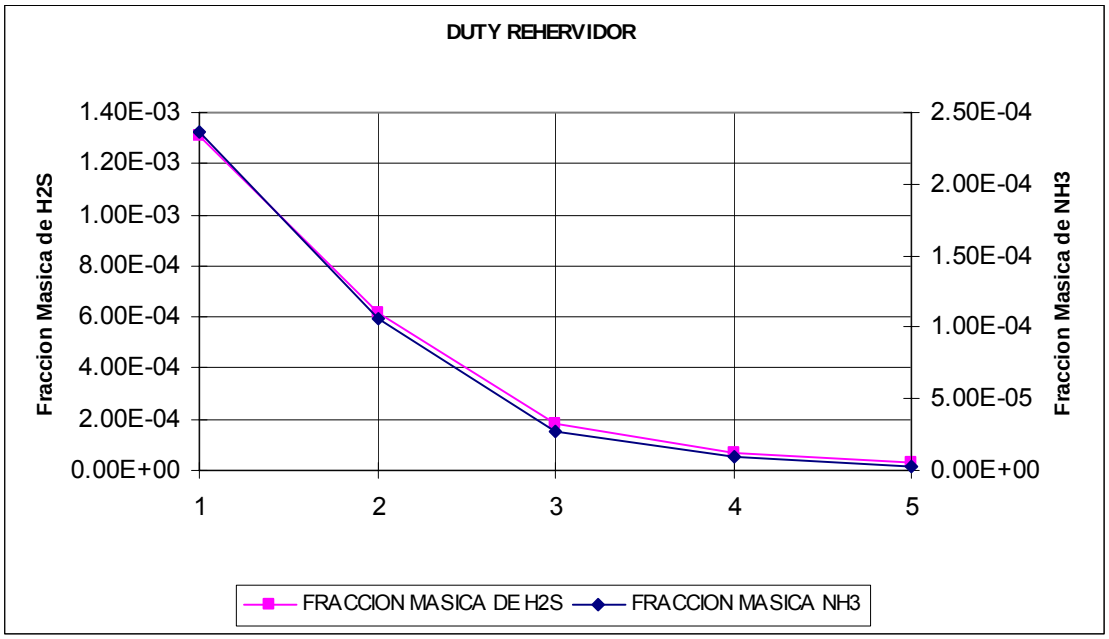


Gráfico 7. Variación de Duty Re-hervidor.

3.2.3.5 Variación De La Temperatura Del Pumparound (PA)

La temperatura del pumparound se maneja entre 110 y 160°F mostrando cinco escenarios e incrementando 10°F en cada escenario (ver Gráfico 8), a medida que la temperatura aumenta el despojo de NH_3 y H_2S mejora.

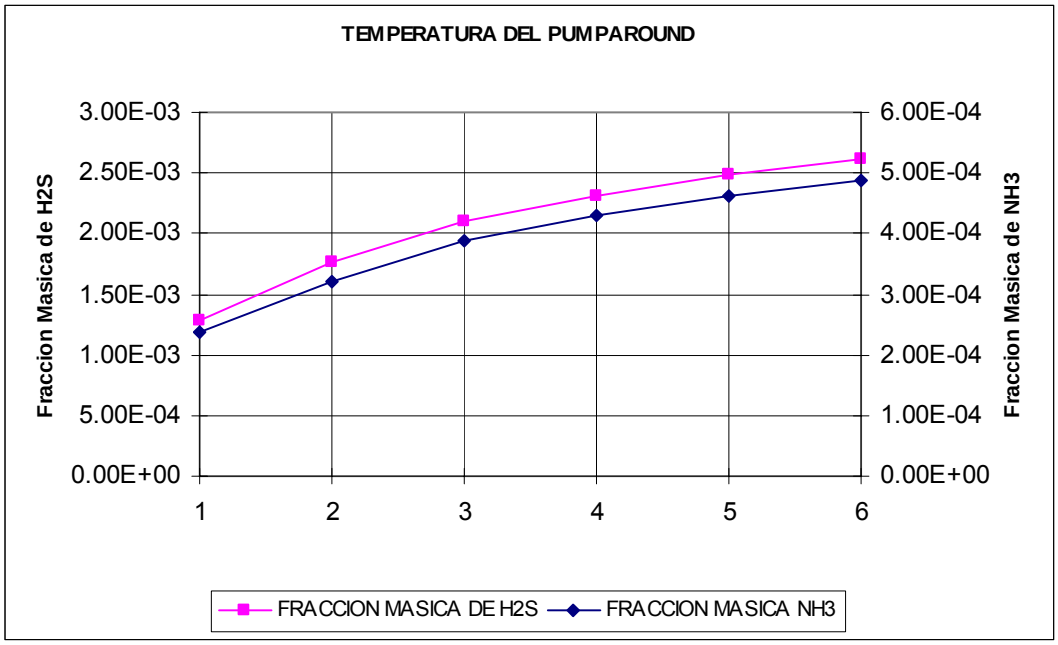


Gráfico 8. Variación Temperatura de Pumparound.

3.2.3.6 Variación Del Flujo De Pumparound

Se presentan siete escenarios en los cuales se maneja flujos desde 372 gpm hasta 900 gpm (ver Gráfico 9), mostrando un gran despojo de NH_3 y H_2S cuando el reflujo está de 2 a 3 veces por encima del flujo de carga.

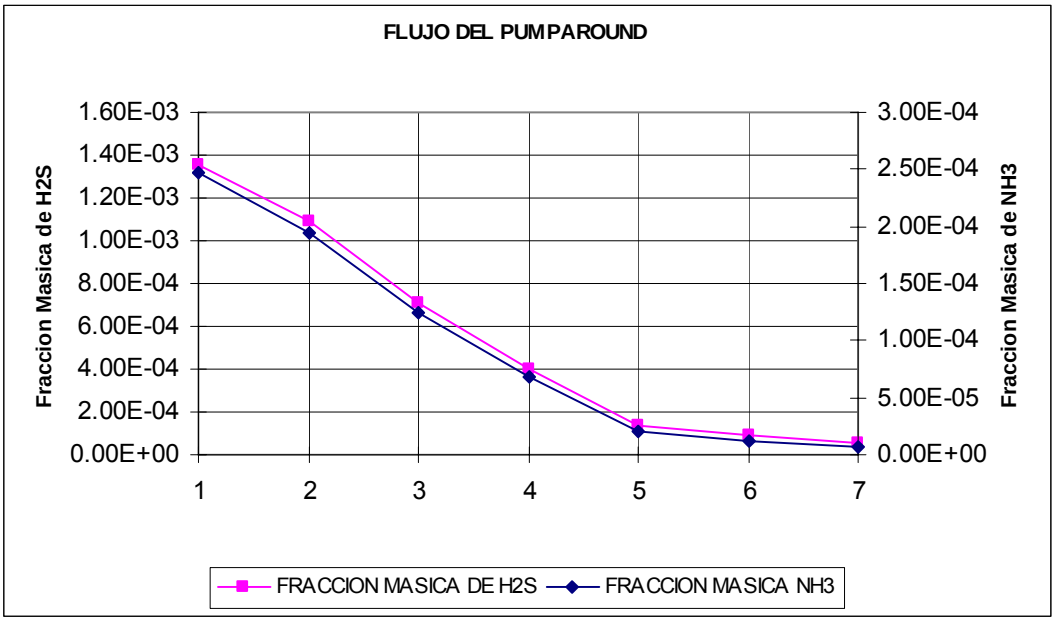


Gráfico 9. Variación Flujo de Pumparound

3.2.3.7 Inyección De Vapor (Directamente A La Torre)

Los primeros cinco escenarios se muestra una adición de vapor vivo de 150 psia y una disminución secuencial en el duty del re-hervidor compensando la energía perdida (ver Gráfico 10). En los siguientes escenarios se deja el duty en $4.1*10^7$ y se inyecta desde 500lb/hr de vapor hasta 4000 lb/hr obteniendo un gran despojo de NH_3 y H_2S. Como se puede apreciar el vapor directamente es una opción que presenta un muy buen nivel de despojo.

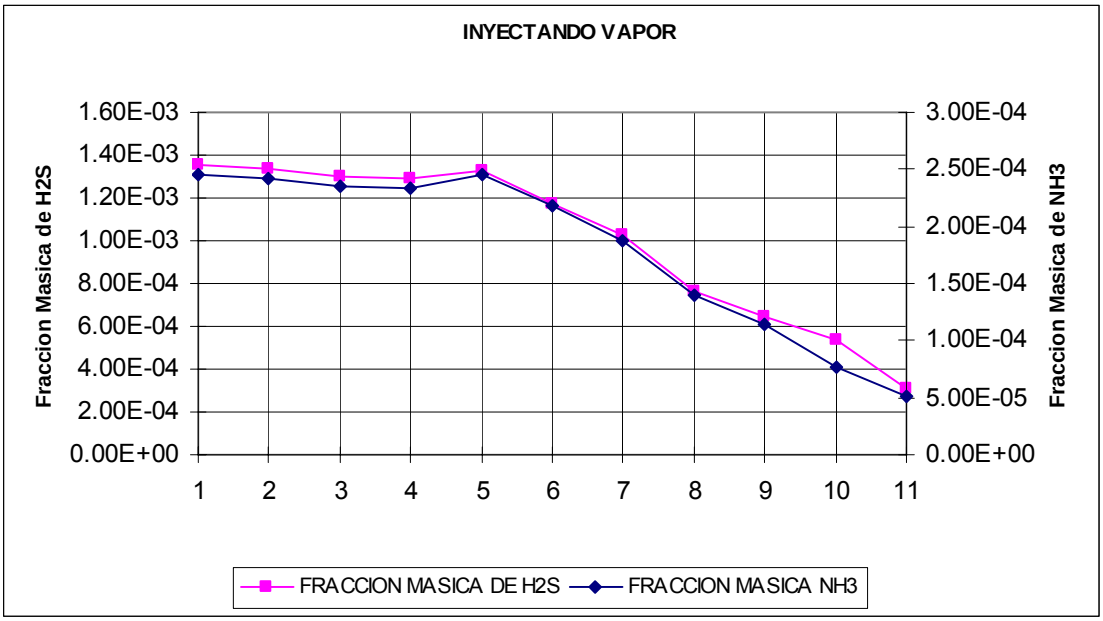


Gráfico 10. Inyección de Vapor Vivo Directo

Analizando las corridas hechas en el modelo de simulación, la torre despojadora de agua agria T-2590 debe operar dentro de los siguientes rangos para un buen rendimiento.

- Reflujo de cima: entre 2 y 2.5 veces el flujo de carga
- Presión de cima y fondo:

  P cima: 14 – 16 psig

  P fondo: 22 – 24 psig
- Temperatura de cima y fondo

  T Cima: 180 – 190 °F

  T fondo: 260 – 285 °F
- Flujo de vapor al re-hervidor :1.5 lb de vapor /galón de agua

Aunque mantener una composición de entrada lo mas estable posible es bastante complicado, se debe tratar de conservar la relación molar de 1 de NH3/H2S ya que esta relación favorece el despojo.

4 RECOMENDACIONES

- Hacer un estudio de simulación incluyendo las reacciones de tipo electrolítico (Paquete Termodinámico que ofrece Aspen-HYSYS) ajustándolo al modelo existente y analizar que efectos pueden ocasionar sobre el proceso de despojo.

- Inyectar vapor directamente lo cual favorece en gran cantidad la calidad del efluente ya que la transferencia de calor es mayor, pero se debe tener en cuenta que disminuye la capacidad de la torre y se pierde el condensado.

- Hacer un estudio detallado de el tipo de agua agria que esta llegando a la torre despojadora ya que en algunos casos esta llegando con demasiada presencia de HC y sobrepasa el limite de diseñó de la separación que tiene el tambor de carga.

5 CONCLUSIONES

- El modelo desarrollado representa y modela las distintas variables operacionales acorde a los datos de diseño especificados para cada equipo con una sensibilidad entre un 90 y 95%.

- Los casos de estudio desarrollados en el modelo muestran que los resultados que más impactan en el manejo de las ventanas operativas se presenta en la Presión y el flujo de Pumparound.

- Para obtener un buen rendimiento en la torre despojadora con las condiciones actuales, la carga no debe superar 250 gpm debido al problema del taponamiento generado en la descarga.

- Se deben tener más cuidado en el control de las ventanas operativas ya que se encuentran rangos de manejo que están fuera de los recomendados por el diseño.

- Cambiar la ventana operativa de Presión y flujo de pumparound a las condiciones expuestas en los casos de estudio ya que favorece en alta proporción el despojo.

6 BIBLIOGRAFIA

- TREYBAL, Robert E. Operaciones de transferencia de masa. Mexico. Mc Graw Hill. 1996.
- TLP TECHNIPETROL$_{SPA.}$ Mechanical Catalog. Vol. 1 Waste Water stripper. Unit. Roma. TLP

MANUALES

- Petroleum Association for Conservation of the Canadian Environment. SOUR WATER STRIPPER MANUAL. Jan. 1980.
- ECOPETROL S.A. Planta Balance. Waste Water Stripper Unit. Operating Manual. TechniPetrol.$_{SPA.}$

ARTICULOS

- Armstrong, T. Optimize sour water treatment. Hydrocarbon Processing. June 2003.
- HUCHLER, A. Improve Reboiler operation and reliability. Mar Tech Systems, Inc., Lawrenceville, New Jersey. En: Hydrocarbon Processing. June 1999.

PAGINAS DE INTERNET

- http://www.hyprotech.com

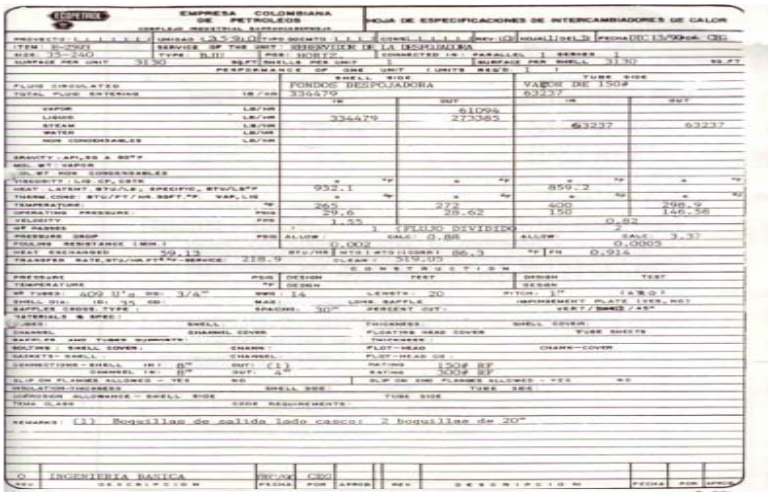
ARCHIVOS

- ECOPETROL S.A. Archivo de planta unidad U-2590: Tema. Aguas Agrias. Memorandos y Exposiciones 1980-1994.
- ECOPETROL S.A. Archivo de planta unidad U-2590: Información Técnica 1990
- ECOPETROL S.A. Archivo de planta unidad U-2590: Bitácora de mantenimiento Unidad Despojadora de Aguas Agrias.

7 ANEXOS

1. Datos de Diseño.
2. Historial de variables Operacionales y Analíticas
3. Características Paquetes Termodinámicos.
4. Perfiles Hidráulicos.
5. Mapa de Aguas Agrias GCB.
6. Modelo de simulación desarrollado en Hysys V 3.2

1. Datos de Diseño.



EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE INTERCAMBIADORES DE CALOR

	SHELL SIDE		TUBE SIDE	
FLUID CIRCULATED	FONDOS DESPOJADORA		VAPOR DE 150#	
TOTAL FLUID ENTERING LB/HR	334479		63237	
	IN	OUT	IN	OUT
VAPOR LB/HR		61096		
LIQUID LB/HR	334479	273383		
STEAM LB/HR			63237	63237
WATER LB/HR				
NON CONDENSABLES LB/HR				
GRAVITY (API,60 A 60°F)				
MOL WT (VAPOR)				
M.WT NON CONDENSABLES				
VISCOSITY (LIQ.CP,CST)				
HEAT LATENT BTU/LB, SPECIFIC, BTU/LB°F	932.1		859.2	
THERM.COND BTU/FT/HR.SQFT.°F VAP,LIQ				
TEMPERATURE °F	265	272	400	298.9
OPERATING PRESSURE PSG	29.6	28.62	150	146.58
VELOCITY FPS	1.55		0.82	
NF PASSES	1 (FLOW DIVIDER)		2	
PRESSURE DROP PSI	ALLOW:	CALC: 0.88	ALLOW:	CALC: 3.37
FOULING RESISTANCE (MIN)	0.002		0.0005	
HEAT EXCHANGED 59.13 BTU/HR	BTU/HR (CORR): 86.3		°F FM 0.936	
TRANSFER RATE,BTU/HR.FT².°F-SERVICE 218.9	CLEAN: 319.05			

CONSTRUCTION

PRESSURE PSG	DESIGN	TEST	DESIGN	TEST
TEMPERATURE °F	DESIGN		DESIGN	
NP TUBES: 402 U's OD: 3/4"	BWG: 14	LENGTH: 20	PITCH: 1"	(TRIG)
SHELL DIA: ID: 35 OD:	MAT:	LONG.BAFFLE	IMPINGEMENT PLATE (YES,NO)	
BAFFLE CROSS TYPE:	SPACING: 30"	PERCENT CUT:		SEAT/SEAT /45°
MATERIALS & SPEC:				
CLADD: SHELL		THICKNESS:	SHELL COVER:	
CHANNEL CHANNEL COVER		FLOATING HEAD COVER	TUBE SHEETS	
BAFFLE AND TUBES SUPPORTS		THICKNESS:		
BOLTING: SHELL COVER:	CHANN:	FLOT-HEAD CR:	CHANN-COVER	
GASKETS: SHELL	CHANNEL			
CONNECTIONS - SHELL IN: 8"	OUT: (1)	RATING 150# RF		
CHANNEL IN: 8"	OUT: A	RATING 300# RF		
SLIP ON FLANGES ALLOWED - YES	NO	SLIP ON END FLANGES ALLOWED - YES	NO	
EXPANSION JOINTS	SHELL SIDE	TUBE SIDE		
TEMA CLASS	CODE REQUIREMENTS:			

REMARKS: (1) Boquillas de salida lado casco: 2 boquillas de 20"

REV	DESCRIPCION	FECHA	POR	APROB	REV	DESCRIPCION	FECHA	POR	APROB
0	INGENIERIA BASICA	DEC/06	CEO						

Accesorios y partes	Material
Casco	Killed Carbon Steel
Cape	Killed Carbon Steel
Platos Nos.20 al 30	S.S. Type 316
Nos. 1 al 19	Carbon Steel
Tubería	SA-312-tp 316L
Bridas	Carbon Steel
Cuellos	SA-182-F316L
Esparragos	Platos 1-19 C. Steel 20-30 S.S. 316
Tuercas	Platos 1-19 C. Steel 20-30 S.S. 316
Otros elementos externos :	
"Manholes " de cima :	Killed Carbon Steel
"Manholes " laterales :	Killed Carbon Steel

2.3 Dados los altos valores de corrosión y el deterioro generalizado de los internos en la sección de rectificación,el alcance de la reforma está determinado básicamente por el remplazo de la metalurgia, por lo tanto , deberá seleccionarse empaque tipo plástico o metalurgia más resistente para este servicio.

CONDICIONES BASICAS DE PROCESO

A continuacion se indican las condiciones básicas de proceso a ser consideradas para el diseño de los internos

1. CARACTERISTICAS DE LA CARGA

. Gravedad especifica	0.94
. Contaminantes	ppm
H_2S	7500
NH_3	3500
RSH	1000

2. CARACTERISTICAS DEL GAS AGRIO

. Peso molecular	26.176
. Gravedad especifica	0.7298

. Contaminantes

	% vol.
H_2S	43.59
NH_3	39.65
RSH	0.22
Agua	16.54

3. GARANTIAS DEL PROCESO

Enseguida se describen las especificaciones de proceso que debe cumplir el diseño de los internos de la torre despojadora T-2590

. Temperatura máxima en la cima 190 oF.

. Gradiente de temperatura (Cima/Fondo) : Máximo 102 oF.
Mínimo 77 oF.

. Contenido de H2S en el gas de cima : 99% wt. del contenido en la carga.

. Contenido de NH3 en el gas agrio de cima : 98% wt. del contenido en la carga.

3.1 Hidraulica de T-2590

Caso 1 : Carga minima 200 gpm.

Caso 2 : Carga actual 350 gpm.

Caso 3 : Carga futura 550 gpm.

Ver Tabla 1

ECOPETROL EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS
COMPLEJO INDUSTRIAL BARRANCABERMEJA
COLOMBIA S. A.
INGENIERIA BASICA
DISEÑO BASICO DE PROCESO
UNIDAD : D-2590
PEC | HOJA: DE | REVISION:

TABLA 2

PERFIL DE CONCENTRACION DE CONTAMINANTES

ZONA DE RECTIFICACION T-2590

PLATO TEORICO	1		2		3		4	
	% WT	% WT	% VOL.	% WT	% VOL.	% WT	% VOL.
AGUA	75,53	75,97	18,01	77,99	20,45	84,85	20,94
H_2S	11,10	10,03	33,65	8,62	27,55	5,34	21,35
NH_3	13,23	13,83	48,15	13,33	51,85	9,80	47,62
RSH	0,13	0,10	0,18	0,06	0,14	0,01	0,09

ECOPETROL

EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS

COMPLEJO INDUSTRIAL DE BARRANCABERMEJA

HOJA DE ESPECIFICACIONES

LECHOS EMPACADOS PARA TRANSFERENCIA DE CALOR EN TORRES DE DESTILACION

PROYECTO: | | | | | | UNIDAD: 2 5 9 0 | TIPO DOCMTO: | | | CONS: | | | | REV: 0 | HOJA | | DE | | FECHA: | | POR: CEC

TOWER ITEM		T-2590	T-2590	T-2590
SERVICE		1	2	3
SECTION		Platos 21-30	Platos 21-30	Platos 21-30
PROCESS DATA				
FLUID				
VAPOR IN	DESIGN RATE, lb. / hr.	37385	36632	31582
	DENSITY AT O.T. lb. / ft³	0,09075	0,0896	0,0889
	OPERATING TEMPER. °F	250,5	252	253
	MOL. WEIGHT	18,826	18,64	18,51
VAPOR OUT	DESIGN RATE, lb. / hr.	3441	2220,6	1271,63
	DENSITY AT O.T. lb. / ft³	0,1344	0,1336	0,1334
	OPERATING TEMPER. °F	178,4	180	180
	MOL. WEIGHT	24,826	24,7	24,68
INTERNAL LIQ. IN	DESIGN RATE, lb. / hr.	407483	406847	332946
	SPECIFIC GRAVITY AT 60°F	0,898	0,90	0,90
	DENSITY AT O.T. lb. / gl.	6,997	7,012	7,011
	OPERATING TEMPER. °F	178,4	180	180
INTERNAL LIQ. OUT	DESIGN RATE, lb. / hr.	33952,6	34414	30315,2
	SPECIFIC GRAVITY AT 60 °F	0,9994	0,9335	0,9995
	DENSITY AT O.T. lb. / gl.	7,143	7,162	7,177
	OPERATING TEMPER. °F	205,1	207,4	209,43
EXTERNAL LIQUID	PUMPAROUND			
	DESIGN RATE, lb. / hr.	353630	351067,6	285630
	SPECIFIC GRAVITY AT 60 °F	0,9994	0,9335	0,9995
	DENSITY AT O.T. lb. / gl.	7,143	7,162	7,177
	INLET TEMPER. -°F	120	120	115
OPERATING PRESSURE	PSIG. (TOP)	20	20	20
MIN. / MAX. RATE	%			
MECHANICAL DATA				
TOWER DIAMETER	FT	8'-6"	8'-6"	8'-6"
PACKING TYPE				
PACKING HEIGHT	IN			

NOTES : 1 Caso de cargas futuras.
2 Caso de cargas actuales.
3 Caso de cargas mínimas.

REV	DESCRIPCION	FECHA	POR	APROB.	REV.	DESCRIPCION	FECHA	POR	APROB.
0	ING. BASICA		CEC						

F-QOT

una operación estable dentro de un rango adecuado de inundación " Flooding".

1.2 El diseño debe contemplar la selección y especificación de un adecuado sistema de distribución de cima e intermedio si fuese necesario.
En cualquier caso la máxima caída de presión total en el cabezal , boquilla o distribuidor recomendado no debe ser superior a 20 psi, para no tener limitaciones de bombeo o por mal distribución del líquido.

1.3 En el diseño del soporte del empaque debe cumplirse con los siguientes criterios generales:

1.3.1 Proveer un porcentaje de área abierta lo suficientemente alto para que no se constituya en limitación alguna en la operación de la torre. En el calculo del área abierta debe incluirse el espacio ocupado por la estructura que sostiene el plato de soporte del empaque.

1.3.2 El soporte debe contar con estructura adecuada para sostener el peso del empaque y el líquido retenido.

1.3.3 Los espacios abiertos en el soporte deben ser menores que la dimensión del empaque.

1.3.4 El soporte debe ser diseñado de tal forma que pueda ser instalado fácilmente en la torre.

1.4 En la instalación de los sistemas de distribución del líquido todas las conexiones internas deben ser soldadas o roscadas y en ningún caso se debe dejar bridas o elementos que puedan tener escape de producto.

1.5 El plano general de elevaciones y distribución de internos TV 2390 2/14 se incluye en esta sección

2. Especificaciones de materiales:
El contratista debe considerar las siguientes especificaciones del material para cada uno de los trabajos a realizar en la T-2590.

2.1 Datos de diseño

Seccion	Presión psig.	Temperatura oF.
Cima	55	320
Fondo	55	320

Corrosión permisible : Casco , caps y boquillas 0.1875"
Cladding con acero inoxidable tipo 316L de 0.125" desde el plato #20 hasta la cima.

2.2 Para las reformas internas , los materiales de diseño original de la T-2590, son los siguientes :

EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS
COMPLEJO INDUSTRIAL DE BARRANCABERMEJA

BALANCE DE CALOR Y MASA
PROPIEDADES Y FLUJOS DE CORRIENTES DE PROCESO

PROPIEDADES / SERVICIO	1 CARGA A T. DESPOSADORA	2 GAS ACRIO DE CIMA	3 FONDOS T. DESPOJADORA	4 RECIRCUL. SAL T. DESPOJADORA	5 RECIRCUL. ENTRAN T. DESPOJADORA
Lbmol/hr	5331.83	51.575	5480.34	15593.86	15593.86
Temperatura oF:	187	180	265	209.5	114.5
Presion psig	69	20	24	21.1	29.9
Entalpia MM BTU/hr	15.451	0.582	23.095	50.7	
fraccion mol liquido	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
BASE SECA					
M lbs/hr	1.112	1.11	0.001	38.859	38.859
Peso molecular	26.06	26.041	17.276	20.51	20.51
Gal std liq/hr.	183.236	183.09	0.143	6985.18	6985.1
Grav. especifica	0.7287	0.729	0.6227	0.668	0.541
Lbs./galcn	6.07	6.07	5.186	5.563	7.44
VAPOR					
M lbs/hr	-	1.11	-	-	-
Peso molecular	-	26.07	-	-	-
Gal std liq/hr.	-	183.09	-	-	-
M pie3 std./hr.	-	14.176	-	-	-
Lbs/ M pie3	-	133.48	-	-	-
Cp. Btu/lbmol oF.	-	8.76	-	-	-
LIQUIDO					
M lbs/hr	1.112	-	0.001	38.859	38.859
Peso molecular	26.06	-	14.0	20.51	20.51
Gal std liq/hr.	183.236	-	0.143	6985.18	6985.1
Lbs/gal.	4.629	-	3.75	4.07	7.44
Cp. Btu/lbmol oF.	23.92	-	27.21	24.35	20.63

CSG Hernán/Ph
Fecha
ING BASICA
DESCRIPCION
Rev. Por
Fecha
DESCRIPCION

EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS
COMPLEJO INDUSTRIAL DE BARRANCABERMEJA

BALANCE DE CALOR Y MASA
PROPIEDADES Y FLUJOS DE CORRIENTES DE PROCESO

CORRIENTE No.	1	2	3	4	5
PROPIEDADES SERVICIO	CARGA A T DESPOJADORA	GAS ACIDO DE CIMA	PRODUCTO DE T DESPOJADORA	RECICLO SAL T DESPOJADORA	RECICLO PARTIAL T DESPOJADORA
Lbmol/hr	9680.77	89.91	9580.86	19137.9	19137.9
Temperatura oF:	177	180	265	207	120.3
Presion psig	60	20	24	21.1	27.1
Entalpia MMBtu/Hr.	15.29	1.033	40.415	61.53	
fraccion mol liquido	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0
BASE SECA					
M lbs/hr	1.946	1.941	0.005	50.255	50.255
Peso molecular	26.06	26.095	17.98	20.596	20.596
Gal std liq/hr.	310.66	319.65	1.003	9019	9019
Grav. especifica	0.928	0.929	0.4918	0.649	0.934
Lbs./galon	6.07	6.07	5.2628	5.572	7.55
VAPOR					
M lbs/hr	-	1.941	-	-	-
Peso molecular	-	26.095	-	-	-
Gal std liq/hr.	-	319.649	-	-	-
M pie3 std./hr.	-	27.225	-	-	-
Lbs/ M pie3	-	133.6	-	-	-
Cp. Btu/lbmol oF.	-	8.76	-	-	-
LIQUIDO					
M lbs/hr	1.946	-	0.005	50.255	50.255
Peso molecular	26.06	-	17.92	20.596	20.596
Gal std liq/hr.	310.66	-	1.003	9019	9019
Lbs/gal.	4.787	-	3.366	4.1	4.56
Cp. Btu/lbmol oF.	23.43	-	27.43	23.43	20.7

Ver.			
Por			
Fecha			
DESCRIPCION			
Ver.			
Por			
Fecha			
DESCRIPCION			

O
CEG
MMMM
ING. BASICA

EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS
COMPLEJO INDUSTRIAL DE BARRANCABERMEJA

BALANCE DE CALOR Y MASA
PROPIEDADES Y FLUJOS DE CORRIENTES DE PROCESO

PROPIEDADES / SERVICIO	1 CARGA A T. DESHIDRATADORA	2 GASES ACIDOS DE CIMA	3 TOMA DE GAS T. DESHIDRATADORA	4 RECICLO SAL. DESMO	5 RECICLO CAMARA DESMO
Lbmol/hr	19,212.6	132.57	15074.1	19244.38	19244.24
Temperatura oF:	165	198	245	205	119.9
Presion psig	34	20	24	21.1	27.07
Entalpia MMBTU/HR.	34.44	1.378	45.568	41.09	
fraccion mol liquido	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0
BASE SECA					
M lbs/hr	5.058	3.027	0.031	53.586	53.586
Peso molecular	26.04	26.196	18.25	20.7	20.7
Gal std liq/hr.	503.9	498.07	5.84	9593.5	9598.3
Grav. especifica	0.929	0.9298	0.637	0.67	0.93
Lbs./galon	6.07	6.098	5.308	5.58	7.526
VAPOR					
M lbs/hr	-	3.027	-	-	-
Peso molecular	-	26.196	-	-	-
Gal std liq/hr.	-	498.07	-	-	-
M pie3 std./hr.	-	45.888	-	-	-
Lbs/ M pie3	-	134.36	-	-	-
Cp. Btu/lbmol oF.	-	8.745	-	-	-
LIQUIDO					
M lbs/hr	5.058	-	0.031	53.586	53.586
Peso molecular	26.04	-	18.25	20.7	20.7
Gal std liq/hr.	503.9	-	5.84	9593.5	9598.3
Lbs/gal.	6.729	-	0.637	6.157	7.526
Cp. Btu/lbmol oF.	22.62	-	23.15	24.07	20.78

Ver.	O	
Por	C.E.G	
Fecha	Ene/91	
DESCRIPCION	ING. BASICA	
Ver.		
Por		
Fecha		
DESCRIPCION		

COMPLEJO INDUSTRIAL DE REFINACION Y PETROQUIMICA

HOJA DE ESPECIFICACIONES

TAMBORES VERTICALES Y HORIZONTALES

DISEÑO	Diseño Pres. y Temp 75/180	No. D-2590	SERVICIO TAMBOR DE CARGA A DESPOJADORA
	Opera. Pres. y Temp. 40/120		
	Elevación sobre nivel		
	Gravedad Espec. fluido. 0.995		
	Posición HORIZONTAL	NOTA: VER DIBUJO ANEXO	

PARA CONSTRUCCION

Corrosión admisible (")		
CASCO	CABEZA	INTERNOS
0.1875 MIN	0.1875 MIN	

Radiografía SPOT

Alivio de Esfuerzos SI

Normas aplicables RDM 4-2 /UOP 250

Código Construcción ASME

Zona de Localización

Tipo de Cabeza ELIPTICA 2:1

Tipo de Plataforma

Tipo de Rociador NO

Soportes de la Vasija SI

Aislamiento NO

MATERIALES

Cabeza y Casco KILLED C.S.

Elementos Internos

Soportes Externos

Soportes Internos

BOQUILLAS Y BRIDAS DE INSPECCION

Id.	SERVICIO	Nom.	TAMAÑO
A	ENTRADA DE AGUA	1	6"
B	LC	2	1 1/2"
C	SALIDA/ENTRADA GAS	1	2"
D	MANWAY	2	20"
E	RELEVO	1	4"
F	LC	2	1 1/2"
G	SALIDA DE AGUA	1	6"
H	DRENAJE	1	3"
I	DRENAJE DE HIDROC.	1	1 1/2"
J	VENTEO	1	3"
K	HAND HOLE	1	8"
L	SALIDA DE VAPOR DE AGUA	1	1 1/2"
M	LG	4	1"
N	PT	1	1"

BRIDAS IGUALES Y CARACTERISTICAS RF

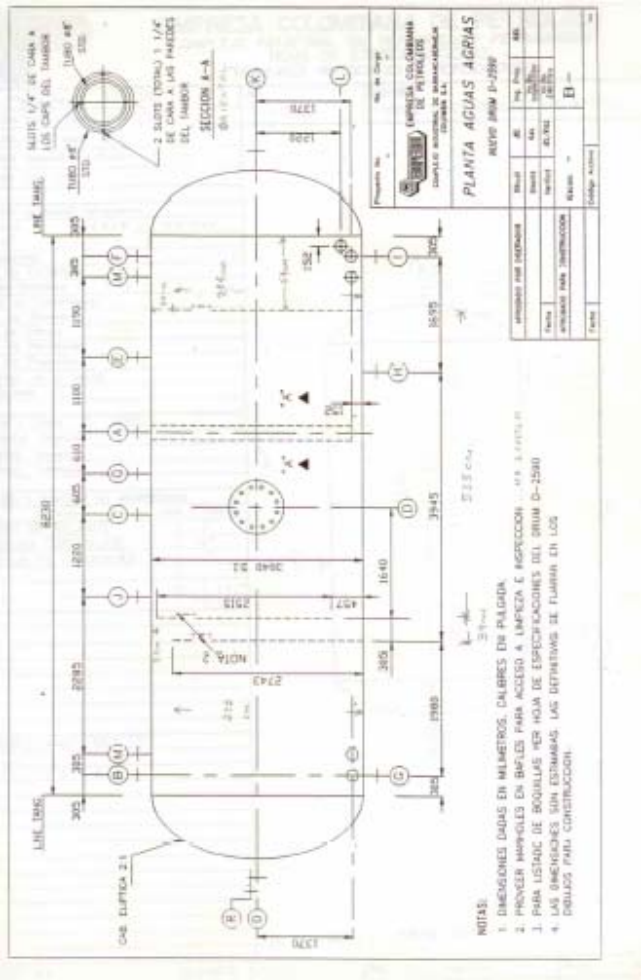
NOTA RF

NOTAS

* Proveer manholes en baffles para acceso a limpieza e inspección.

R	VENTEO	1 1 1/2"

PROYECTO No. A-53305	NUMERO D-2590	REV. RJL APROBO.	HOJA 1 DE 2
NUMERO D-2590	1	FECHA SEP./94	REV. 1


PLANTA AGUAS AGRIAS
NUEVO DRUM D-2500
EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS
SECCION A-A
NOTAS:
1. DIMENSIONES DADAS EN MILIMETROS. CALIBRES EN PULGADA
2. PROVEER MANGUILLO EN BAFLES PARA ACCESO A LIMPIEZA E INSPECCION
3. PARA LISTADO DE BOQUILLAS VER HOJA DE ESPECIFICACIONES DEL DRUM D-2500
4. LAS DIMENSIONES SON ESTIMADAS. LAS DEFINITIVAS SE FIJARAN EN LOS DIBUJOS PARA CONSTRUCCION.

ANEXO 2.

HISTORIAL DE LAS VARIABLES OPERACIONALES Y ANALÍTICAS

Datos PI desde 1 de Enero de 2005 hasta 30 de junio de 2006

Listado de tag utilizados por el modelo de simulación.

Estos Tags pueden ser consultados en la base de datos PI y CDLab de ECOPETROL SA.

IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES DE LA UNIDAD 2590			
Nº	**TAG**	**TAG SIMULACIÓN**	**POCISIÓN**
48	U2590-FI_25903	U2590-FI_25903	REFLUJO A T-2590
52	U2590-FI_25909	U2590-FI_25909	CONDENSADO DE D_25 92
55	U2590-FT_25901	U2590-FT_25901	ENTRADA CARGA A T_ 2590
56	U2590-FT_25902	U2590-FT_25902	VAPOR 150# A E_259 3
76	U2590-LT_25903	U2590-LT_25903	FONDO T_2590
86	U2590-PI_25904	U2590-PI_25904	FONDO T_2590
102	U2590-PT_25901	U2590-PT_25901	CIMA T_2590
117	U2590-TI_25904	U2590-TI_25904	FONDO T_2590
118	U2590-TI_25905	U2590-TI_25905	SALIDA REHERVIDOR T_2590
120	U2590-TT_25906	U2590-TT_25906	SALIDA DE T_2590
123	U2590-IN_H2S	U2590-IN_H2S	2590-1 ENTRADA AGUA ACIDAH
124	U2590-IN_NH3	U2590-IN_NH3	2590-1 ENTRADA AGUA ACIDAN
125	U2590-IN_PH	U2590-IN_PH	2590-1 ENTRADA AGUA ACIDAP
126	U2590-OUT_H2S	U2590-OUT_H2S	2590-2 SALIDA AGUA ACIDAH2
127	U2590-OUT_NH3	U2590-OUT_NH3	2590-2 SALIDA AGUA ACIDANI
128	U2590-OUT_PH	U2590-OUT_PH	2590-2 SALIDA AGUA ACIDAPH

ANEXO 3.

CARACTERÍSTICAS PAQUETES TERMODINÁMICOS

Los paquetes termodinámicos permiten predecir las propiedades de los compuestos y mezclas del proceso a simular. Los software de simulación cuentan con paquetes termodinámicos para el cálculo de las propiedades especiales para casos particulares como el de aguas agrias.

Estos paquetes termodinámicos usan la ecuación de estado apropiada para calcular las fugacidades y entalpías de las fases.

Paquetes convencionales - Sour Peng Robinsón

En el caso del software de simulación Hysys, la opción Sour Peng Robinsón (Sour PR), combina la ecuación de estado Peng Robinsón con el modelo de Wilson API-Sour, para el cálculo de propiedades del sistema de agua agria. El software utilizado también cuenta con el paquete Sour Soave Redlich Kwong (Sour SRK), el cual combina la ecuación de estado SRK con el modelo de Wilson.

Estos modelos son aplicables para intervalos de temperatura entre 68 y 285 F y presiones hasta de 50 psi. El paquete termodinámico puede aplicarse en simulaciones de torres despojadoras, hidrotratadoras, unidades de crudo o cualquier proceso que contenga hidrocarburos, gases ácidos y agua. En corrientes donde no este presente la fase acuosa , el método produce idénticos resultados que las ecuaciones de estado (PR o SRK).

Para la presente simulación se seleccionó el paquete termodinámico Sour PR, que utiliza la ecuación de estado explícita en volumen:

$$P = (RT / V-b) – (a /(V(V+b)+b(V-b))$$

Donde a y b son variables que dependen de las condiciones críticas y factor acéntrico de los componentes puros involucrados, los cuales son suministrados automáticamente desde la base de datos del software y deben ser alimentados si los componentes no se encuentran en la base de datos. De acuerdo con la literatura y los proveedores del software, este modelo predice satisfactoriamente las propiedades y distribución de componentes para sistemas gas ácido / agua agria, considerando las especies NH3, H2S, CO2 y H2O.

TEORÍA QUÍMICA DEL AGUA AGRIA EN LAS UNIDADES DESPOJADORAS (PRESENCIA DE ELECTROLITOS)

Las aguas agrias contienen principalmente NH3, H2S, CO2 y cianuros. Otras especies químicas se presentan en fase acuosa, tal como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Especies químicas en aguas agrias

Sour Water Species	
Vapour Species	H_2O, CO_2, H_2S and NH_3
Aqueous Neutral Species	H_2O, CO_2, H_2S and NH_3
Aqueous Ionic Species	H^+, OH^-, NH_4^+, HS^-, S^{2-}, HCO_3^-, CO_3^{2-}, and $NH_2CO_2^-$

Las reacciones químicas dadas en fase liquida o en el equilibrio liquido-vapor (VLE) se pueden resumir como sigue:

Tabla 2. Equilibrio molecular y electrolítico en aguas agrias

Vapour - Liquid Equilibrium Reactions (Molecular Equilibrium)
$H_2O_{(vap)} = H_2O$
$NH_{3(vap)} = NH_{3(aq)}$
$CO_{2(vap)} = CO_{2(aq)}$
$H_2S_{(vap)} = H_2S_{(aq)}$

Aqueous Chemical Reactions (Electrolyte Equilibrium)*
$H_2O = H^+ + OH^-$
$NH_{3(aq)} + H_2O = NH_4^+$
$CO_{2(aq)} + H_2O = H^+ + HCO_3^-$
$HCO_3^- = H^+ + CO_3^{2-}$
$NH_2CO_2^- + H_2O_{(aq)} = NH_{3(aq)} + HCO_3^-$ (hydrolysis of ion)
$H_2S_{(aq)} = H^+ + HS^-$
$HS^- = H^+ + S^-$

Para esta descripción química se ilustra la importancia de considerar reacciones en fase acuosa y las especies electrolíticas que se presentan.

A continuación se presenta en la Tabla 3 una comparación de resultados de simulación suministrados por ASPENTECH para un sistema de aguas agrias a 20ºC y 60ºC, donde se comparan los datos experimentales de presiones parciales de componentes con los resultados de un modelo de simulación de equilibrio liquido-vapor (VLE) clásico y un modelo de simulación mas robusto (OLI) que incluye las especies electrolíticas.

Tabla 3. Comparación de presiones parciales experimentales de componente vs. las calculadas por modelos de simulación VLE y OLI

Temp (C)	Liquid Concentration (molality)			Partial Pressure (mmHg)								
				NH3			CO2			H2S		
	NH3	CO2	H2S	Exper.	OLI	VLE	Exper.	OLI	VLE	Exper.	OLI	VLE
	2.076	1.516	0.064	14.744	12.388	121.6	751.488	592.192	79594.8	31.616	36.936	1033.6
60	2.098	1.601	0.052	13.604	10.792	129.2	738.112	744.572	84762.8	23.256	35.112	843.6
	1.954	1.471	0.04	11.476	11.172	114	691.904	638.4	76820.8	22.8	25.004	638.4
	2.16	1.581	0.05	13.68	12.92	129.2	705.28	590.52	83524	22.42	28.12	813.2
	1.231	0.424	0.196	4.104	3.648	12.16	1.444	1.672	8580.4	3.192	3.04	1292
	1.236	0.507	0.201	2.888	2.66	12.16	3.496	3.42	10290.4	5.092	4.484	1325.44
	1.45	0.517	0.407	2.432	2.736	14.44	3.724	4.028	10526	12.54	10.944	2690.4
	1.439	0.665	0.396	1.52	1.444	14.44	13.072	13.148	13611.6	26.98	20.672	2634.16
20	1.132	0.681	0.1	1.368	1.216	11.4	12.16	13.984	13892.8	5.32	4.94	663.48
	1.234	0.694	0.199	1.292	1.216	12.16	13.072	16.036	14181.6	11.172	11.096	1322.4
	1.238	0.712	0.203	1.292	1.064	12.16	19	18.62	14561.6	15.276	12.464	1345.2
	1.234	0.725	0.199	0.912	0.988	12.16	20.444	20.672	14835.2	15.96	13.072	1079.2
	1.235	0.771	0.2	0.912	0.836	12.16	29.184	30.324	15808	27.36	17.024	1333.04
	1.126	0.794	0.095	0.684	0.684	11.4	35.188	36.252	16271.6	12.236	8.892	633.08

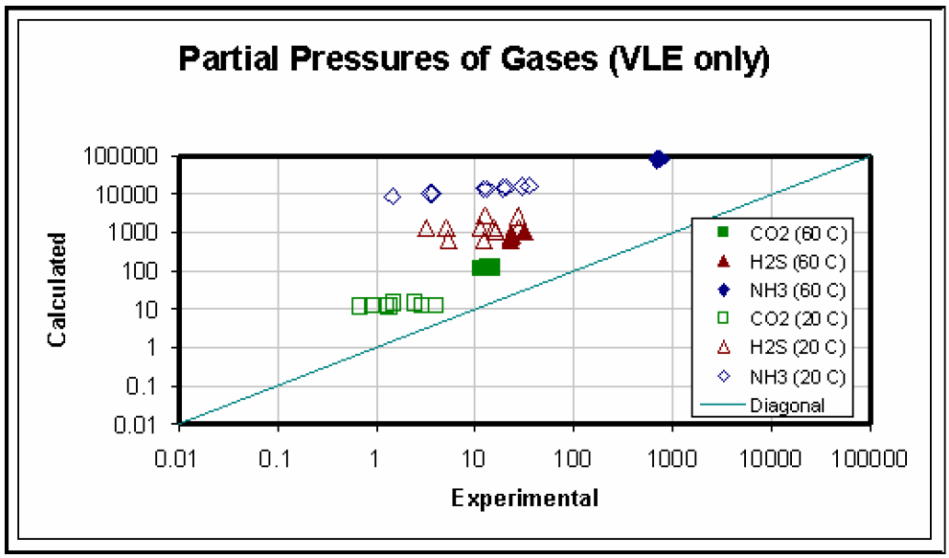


Figura 1a. Presiones parciales experimentales vs. las calculadas con el modelo VLE

Tal como se presenta en la Figura 1a, las presiones parciales calculadas por el modelo clásico VLE para los gases como en el caso de amoníaco, la predicción de resultados tiene un error mayor a cinco órdenes de magnitud.

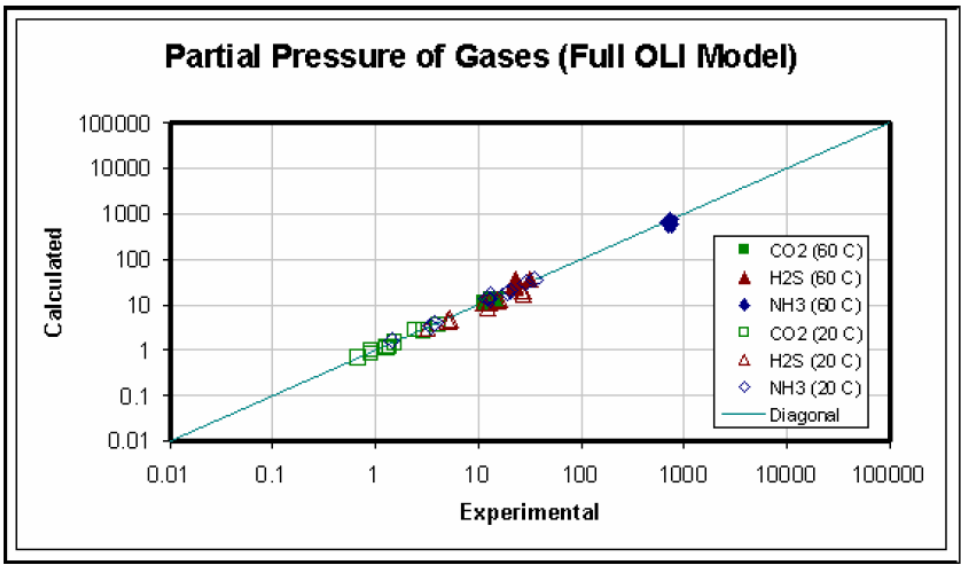


Figura 1b. Presiones parciales experimentales vs. las calculadas con el modelo OLI de Hysys

Tal como se presenta en la Figura 1b, cuando todos los datos de equilibrio químico se incluyen en la simulación aplicando el modelo OLI (con reacciones en fase acuosa), el cálculo de la presión parcial de los gases está de acuerdo con los valores experimentales.

En el alcance de este estudio se debe tener en cuenta que las herramientas de simulación, en este caso de HYSYS no incluye el modulo de descripción del fluido que incluya la presencia de especies electrolíticas en el sistema, lo cual hace menos riguroso el modelo y puede afectar la precisión de los resultados obtenidos.

Paquetes rigurosos - Electrolitos

Los equilibrios líquido/vapor en soluciones electrolíticas, involucran fenómenos físico químicos tales como disociaciones parciales o completas de sales e interacciones electrostáticas que normalmente no son considerados en los modelos clásicos termodinámicos y son requeridos si se requieren modelos rigurosos que se acerquen cada vez más a las condiciones reales de los procesos. Los sistemas de aguas agrias son una muestra de soluciones acuosas de electrólitos, que requieren el desarrollo de modelos específicos que permitan considerar la contribución de la mezcla de electrólitos fuertes al proceso.

Los modelos agua agria/electrólitos, consideran:

- ✓ Disociación parcial de electrólitos
- ✓ Equilibrio químico entre iones y especies no disociadas
- ✓ Equilibrio físico entre especies en fase vapor y moléculas no disociadas en fase líquida.
- ✓ Comportamiento no ideal de la fase líquida.

En la Tabla 5.1 se listan a manera de ejemplo los equilibrios considerados en el paquete electrolítico *Sour Water UNIQUAC electrolytes* (UQSW), desarrollado por Simsci.

Tabla 5.1. Equilibrios considerados en el paquete UQSW

H2O = H + OH	Na2CO3 = 2Na + CO3
H2O + NH3 = NH4 + OH	Na2SO4.10H2O = Na2SO4 + 10H2O
H2O + CO2 = H + HCO3	KCl = K + Cl
HCO3 = H + CO3	K2SO4 = 2K + SO4
NH3 + HCO3 = H2O + NH2COO	HNO3 + H2O = H3O + NO3
HCl = H + Cl	NaNO3 = Na + NO3
H2SO4 = H + HSO4	KNO3 = K + NO3
HSO4 = H + SO4	(NH4)NO3 = NH4 + NO3
Na2SO4 = 2Na + SO4	K2CO3 = 2K + CO3
(NH4)2SO4 = 2NH4 + SO4	H2O + SO2 = H + SO3
NaCl = Na + Cl	HSO3 = H + SO3
NH4Cl = NH4 + Cl	2HSO3 = S2O5 + H2O
NaOH = Na + OH	Na2S2O5 = 2Na + S2O5
(NH4)2CO3 = 2NH4 + CO3	Na2S2O5.7H2O = 2Na + S2O5 + 7H2O
(NH4)HCO3 = NH4 + HCO3	Na2SO3 = 2Na + SO3
NaHCO3 = Na + HCO3	Na2SO3.7H2O = 2Na + SO3 + 7H2O

A la fecha de realización de este trabajo, ECOPETROL – ICP no cuenta con la licencia del paquete de electrolitos.

ANEXO 4.

PERFILES HIDRÁULICOS REPORTADOS POR HYSYS
Carga Actual

HYPROTECH LIFECYCLE INNOVATION	Ecopetrol S.A Barrancabermeja, Colombia.	Case Name: C:\Helver Ecopetrol\TRABAJO REALIZADO\Historial de simulaciones\U-25
		Unit Set: Unidades Ecopetrol
		Date/Time: Thu Jul 27 10:27:40 2006

Column Sub-Flowsheet: T-2590 @Main

PROFILES

General Parameters

Sub-Flow Sheet:	T-2590 (COL1)	Number of Stages:	12 *

Profile Estimates

	Temperature (F)	Net Liquid (lbmole/hr)	Net Vapour (lbmole/hr)
1__Main TS	180.0 *	2.149e+004	89.85
2__Main TS	186.6	2.148e+004	2441
3__Main TS	192.5	2.136e+004	2432
4__Main TS	209.4	1.248e+004	2311
5__Main TS	225.0	1.240e+004	2890
6__Main TS	239.7	1.239e+004	2808
7__Main TS	250.8	1.241e+004	2795
8__Main TS	257.6	1.244e+004	2820
9__Main TS	261.2	1.246e+004	2849
10__Main TS	263.1	1.248e+004	2871
11__Main TS	264.3	1.249e+004	2885
12__Main TS	265.1	1.250e+004	2896
Reboiler	265.2	9591	2905

Material Stream: Agua despojada @Main

Fluid Package: Sour PR
Property Package: Sour PR

COMPOSITION

Overall Phase — Vapour Fraction 0.000000

COMPONENTS	MOLAR FLOW (lbmole/hr)	MOLE FRACTION	MASS FLOW (lb/hr)	MASS FRACTION	LIQUID VOLUME FLOW (barrel/day)	LIQUID VOLUME FRACTION
H2O	9590.1480	0.9999	172767.4791	0.9999	11853.7513	0.9999
H2S	0.0513	0.0000	1.7495	0.0000	0.1519	0.0000
Ammonia	0.7189	0.0001	12.2432	0.0001	1.3608	0.0001
Total	9590.9182	1.0000	172781.4719	1.0000	11855.2640	1.0000

Aqueous Phase — Phase Fraction 1.000

COMPONENTS	MOLAR FLOW (lbmole/hr)	MOLE FRACTION	MASS FLOW (lb/hr)	MASS FRACTION	LIQUID VOLUME FLOW (barrel/day)	LIQUID VOLUME FRACTION
H2O	9590.1480	0.9999	172767.4791	0.9999	11853.7513	0.9999
H2S	0.0513	0.0000	1.7495	0.0000	0.1519	0.0000
Ammonia	0.7189	0.0001	12.2432	0.0001	1.3608	0.0001
Total	9590.9182	1.0000	172781.4719	1.0000	11855.2640	1.0000

Energy Stream: Q REHERVIDOR @Main

Fluid Package: Sour PR
Property Package: Sour PR

CONDITIONS

Duty Type:	Direct Q	Duty Calculation Operation:	Reboiler		
Duty SP:	4.941e+007 Btu/hr	Minimum Available Duty:	---	Maximum Available Duty:	---

Hyprotech Ltd. HYSYS v3.2 (Build 5029) Page 1 of 1

Licensed to: ECOPETROL

* Specified by user.

Carga futura

HYPROTECH LIFECYCLE INNOVATION	Ecopetrol S.A Barrancabermeja, Colombia.	Case Name: C:\Helver Ecopetrol\TRABAJO REALIZADO\Historial de simulaciones\U- Unit Set: Unidades Ecopetrol Date/Time: Thu Jul 27 18:26:13 2006

Column Sub-Flowsheet: T-2590 @Main

PROFILES

General Parameters

Sub-Flow Sheet:	T-2590 (COL1)	Number of Stages:	12 *

Profile Estimates

	Temperature (F)	Net Liquid (lbmole/hr)	Net Vapour (lbmole/hr)
1__Main TS	192.4	2.176e+004	152.6
2__Main TS	199.7	2.175e+004	2667
3__Main TS	207.7	2.164e+004	2660
4__Main TS	224.7	1.894e+004	2553
5__Main TS	237.3	1.892e+004	3878
6__Main TS	247.6	1.894e+004	3856
7__Main TS	254.8	1.898e+004	3882
8__Main TS	259.2	1.902e+004	3924
9__Main TS	261.8	1.905e+004	3960
10__Main TS	263.3	1.907e+004	3986
11__Main TS	264.3	1.908e+004	4005
12__Main TS	265.1	1.909e+004	4020
Reboiler	265.2 *	1.506e+004	4034

Material Stream: Agua despojada @Main

Fluid Package: Sour PR
Property Package: Sour PR

COMPOSITION

Overall Phase — Vapour Fraction 0.000000

COMPONENTS	MOLAR FLOW (lbmole/hr)	MOLE FRACTION	MASS FLOW (lb/hr)	MASS FRACTION	LIQUID VOLUME FLOW (barrel/day)	LIQUID VOLUME FRACTION
H2O	15058.8002	0.9999	271285.7991	0.9999	18613.1928	0.9999
H2S	0.0826	0.0000	2.8141	0.0000	0.2444	0.0000
Ammonia	1.1514	0.0001	19.6091	0.0001	2.1794	0.0001
Total	15060.0342	1.0000	271308.2223	1.0000	18615.6167	1.0000

Aqueous Phase — Phase Fraction 1.000

COMPONENTS	MOLAR FLOW (lbmole/hr)	MOLE FRACTION	MASS FLOW (lb/hr)	MASS FRACTION	LIQUID VOLUME FLOW (barrel/day)	LIQUID VOLUME FRACTION
H2O	15058.8002	0.9999	271285.7991	0.9999	18613.1928	0.9999
H2S	0.0826	0.0000	2.8141	0.0000	0.2444	0.0000
Ammonia	1.1514	0.0001	19.6091	0.0001	2.1794	0.0001
Total	15060.0342	1.0000	271308.2223	1.0000	18615.6167	1.0000

Energy Stream: Q REHERVIDOR @Main

Fluid Package: Sour PR
Property Package: Sour PR

CONDITIONS

Duty Type:	Direct Q	Duty Calculation Operation:	Reboiler		
Duty SP:	6.862e+007 Btu/hr	Minimum Available Duty:	---	Maximum Available Duty:	---

Licensed to: ECOPETROL
* Specified by user.

Carga mínima

Ecopetrol S.A Barrancabermeja, Colombia.	Case Name:	C:\Helver Ecopetrol\TRABAJO REALIZADO\Historial de simulaciones\U-
	Unit Set:	Unidades Ecopetrol
	Date/Time:	Thu Jul 27 10:32:23 2006

Column Sub-Flowsheet: T-2590 @Main

PROFILES

General Parameters

Sub-Flow Sheet:	T-2590 (COL1)	Number of Stages:	12 *

Profile Estimates

	Temperature (F)	Net Liquid (lbmole/hr)	Net Vapour (lbmole/hr)
1__Main TS	180.0 *	1.751e+004	48.25
2__Main TS	173.0	1.750e+004	1962
3__Main TS	177.2	1.740e+004	1950
4__Main TS	192.8	7476	1850
5__Main TS	209.5	7364	1992
6__Main TS	228.5	7309	1880
7__Main TS	244.8	7310	1826
8__Main TS	255.1	7329	1826
9__Main TS	260.3	7345	1846
10__Main TS	262.9	7355	1862
11__Main TS	264.2	7362	1872
12__Main TS	265.1	7368	1879
Reboiler	265.2	5484	1884

Material Stream: Agua despojada @Main

Fluid Package: Sour PR
Property Package: Sour PR

COMPOSITION

Overall Phase — Vapour Fraction 0.000000

COMPONENTS	MOLAR FLOW (lbmole/hr)	MOLE FRACTION	MASS FLOW (lb/hr)	MASS FRACTION	LIQUID VOLUME FLOW (barrel/day)	LIQUID VOLUME FRACTION
H2O	5483.1804	0.9999	98780.0453	0.9999	6777.3987	0.9999
H2S	0.0293	0.0000	0.9999	0.0000	0.0868	0.0000
Ammonia	0.4098	0.0001	6.9783	0.0001	0.7756	0.0001
Total	5483.6195	1.0000	98788.0235	1.0000	6778.2612	1.0000

Aqueous Phase — Phase Fraction 1.000

COMPONENTS	MOLAR FLOW (lbmole/hr)	MOLE FRACTION	MASS FLOW (lb/hr)	MASS FRACTION	LIQUID VOLUME FLOW (barrel/day)	LIQUID VOLUME FRACTION
H2O	5483.1804	0.9999	98780.0453	0.9999	6777.3987	0.9999
H2S	0.0293	0.0000	0.9999	0.0000	0.0868	0.0000
Ammonia	0.4098	0.0001	6.9783	0.0001	0.7756	0.0001
Total	5483.6195	1.0000	98788.0235	1.0000	6778.2612	1.0000

Energy Stream: Q REHERVIDOR @Main

Fluid Package: Sour PR
Property Package: Sour PR

CONDITIONS

Duty Type:	Direct Q	Duty Calculation Operation:	Reboiler		
Duty SP:	3.205e+007 Btu/hr	Minimum Available Duty:	---	Maximum Available Duty:	---

Hyprotech Ltd. HYSYS v3.2 (Build 5029) Page 1 of 1

Licensed to: ECOPETROL

* Specified by user.

TABLA 1

HIDRAULICA DE LA TORRE DESPOJADORA T-2560

	CARGA MINIMA				CARGA ACTUAL				CARGA FUTURA			
BANDEJA No.	TEMP °F	PRES. PSIG	LIQUIDO LBMOL/H	VAPOR LBMOL/H	TEMP °F	PRES. PSIG	LIQUIDO LBMOL/H	VAPOR LBMOL/H	TEMP °F	PRES. PSIG	LIQUIDO LBMOL/H	VAPOR LBMOL/H
1	180.0	20.0	1767.0	9.5 ●	180.0	20.0	2140.0	8.5 ●	174.4	20.0	2375	13.6 ●
2	184.8	20.38	1775	23.0	184.4	20.36	2160	24.0	181.7	20.36	2388	31.0
3	191.7	20.73	1783	21.0	189.1	20.73	2182	23.0	188.2	20.73	2399	29.0
4	200.4	21.09	1803	20.0	200.4	21.09	2208	20.0	200.1	21.09	2408	24.0
5	210.0	21.45	1830	17.0	210.0	21.45	2234	19.0	210.0	21.45	2413	19.0
6	219.5	21.82	1858	20.0	219.7	21.82	2259	17.0	219.2	21.82	2423	20.0
7	226.3	22.18	1888	20.0	226.6	22.18	2284	20.0	226.4	22.18	2432	20.0
8	230.0	22.55	1912	20.0	232.2	22.55	2308	20.0	231.4	22.55	2439	20.0
9	232.2	22.91	1929	20.0	232.2	22.91	2329	20.0	232.7	22.91	2447	20.0
10	234.0	23.27	1940	20.0	234.0	23.27	2348	20.0	234.7	23.27	2454	20.0
11	236.6	23.64	1954	20.0	236.6	23.64	2375	20.0	236.5	23.64	2463	20.0
12	240.2	24.00	1974	20.0	240.2	24.00	2394	20.0	240.2	24.00	2472	20.0

● PRODUCTO

ANEXO 5.

AGUAS AGRIAS DE LA GCB

ELABORADO POR:

HELVER CRISPINIANO ALVAREZ CASTRO
ING QUÍMICO

ESTUDIANTE EN PRÁCTICA EMPRESARIAL

ATP-DPTO CRACKING
GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA
ECOPETROL
2006

AGUAS AGRIAS DE LA GCB

Principales aportantes de aguas agrias en la GCB

- Cracking (Modelo IV, Orthoflow, UOPI, UOPII).
- Parafinas
- Unibón
- topping
- viscorreductora

CRACKING MODELO IV

- **D-305 sistema de baja presión**

El agua Agria se genera de la condensación del vapor inyectado a la fraccionadora y el agua de lavado de gases de la cima de la fraccionadora.

- **D-307 sistema de alta presión**

El agua agria se genera en la etapa de lavado de gases del compresor C-304. Luego del proceso se recogen **86gpm** en el D-338 y finalmente se envían al D-2590.
Un promedio de cinco veces al año, ya sea por saturación de carga de la T-2590 o por reparación no se reciben las aguas y son enviadas directamente del D-328 a aguas aceitosas.

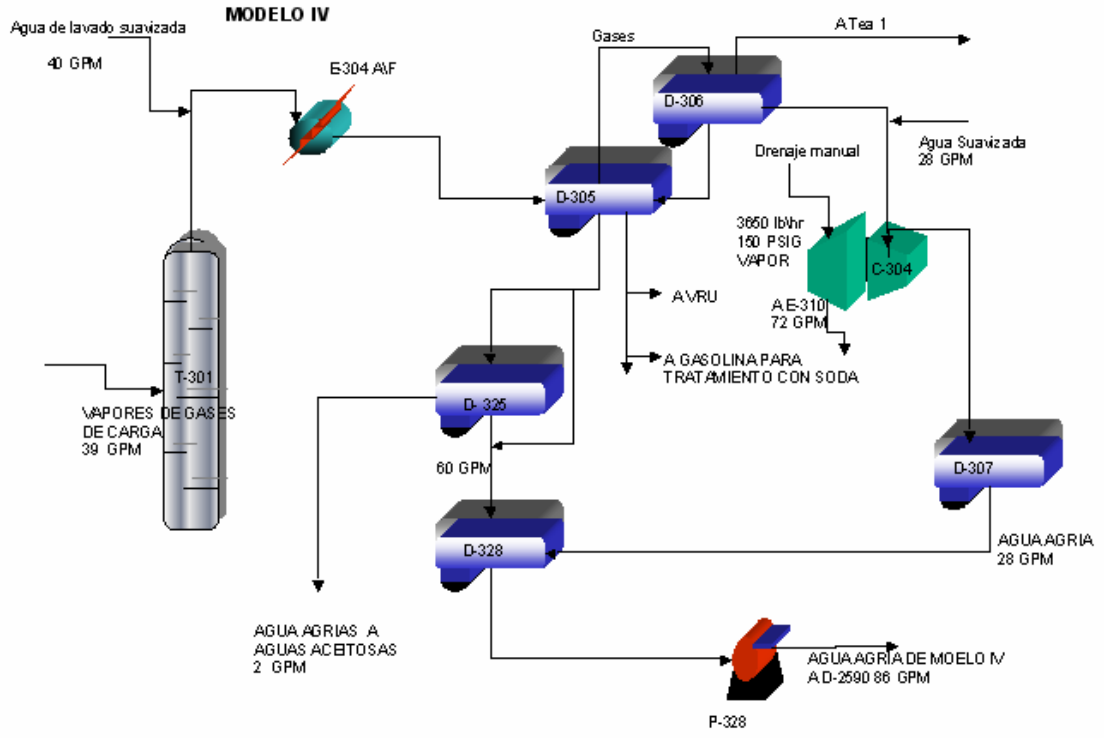


Figura 1. Aguas Agrias Modelo IV.

CRACKING ORTHOFLOW

- **<u>D-503 baja presión</u>**

El agua agria proviene de la condensación de los vapores inyectados al sistema de reacción y del agua de lavado de los gases de la cima de la fraccionadora principal (T-501).

- **<u>D-554 alta presión</u>**

El agua agria se genera del lavado de los gases del compresor C-551, 35 gpm del Agua Agria acumulada en este sistema se re-usa como agua de lavado en el sistema de baja presión.
El Agua Agria al final es enviada a modelo IV al D-338 para posterior envió a D-2590 .
En la actualidad 1/07/06 debido a fallas en la bomba, **165 gpm** de agua agria en su totalidad se envían a Aguas Aceitosas.

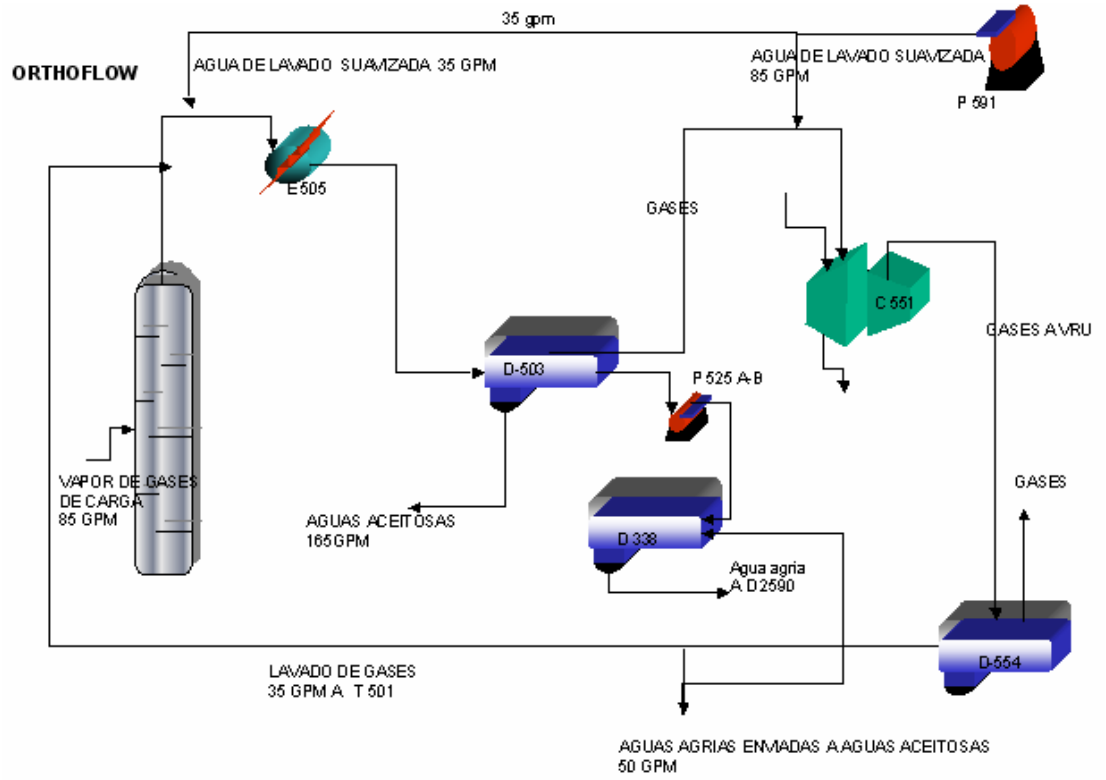


Figura 2 Aguas Agrias Orthoflow.

CRACKING UOP I

- **<u>D-2705 sistema de baja presión</u>**

El Agua Agria se genera por la condensación del vapor inyectado al reactor y por la inyección de agua de lavado a los gases de cima de la fraccionadora principal (T-2701). Esta última corresponde al reciclo de la totalidad del agua agria generada en el sistema de alta presión.

- **D-2754 sistema de alta presión.**

El Agua Agria se genera durante el lavado de los gases de la Unidad recuperadora de Vapores.
En el tambor de cima de la fraccionadota principal se acumula el agua del lavado de los gases más el agua producto de la condensación de los vapores al riser del Reactor de Cracking, en total son en promedio **95 gpm**, que se envían al D-2590, tambor de carga de la torre despojadora T2590.

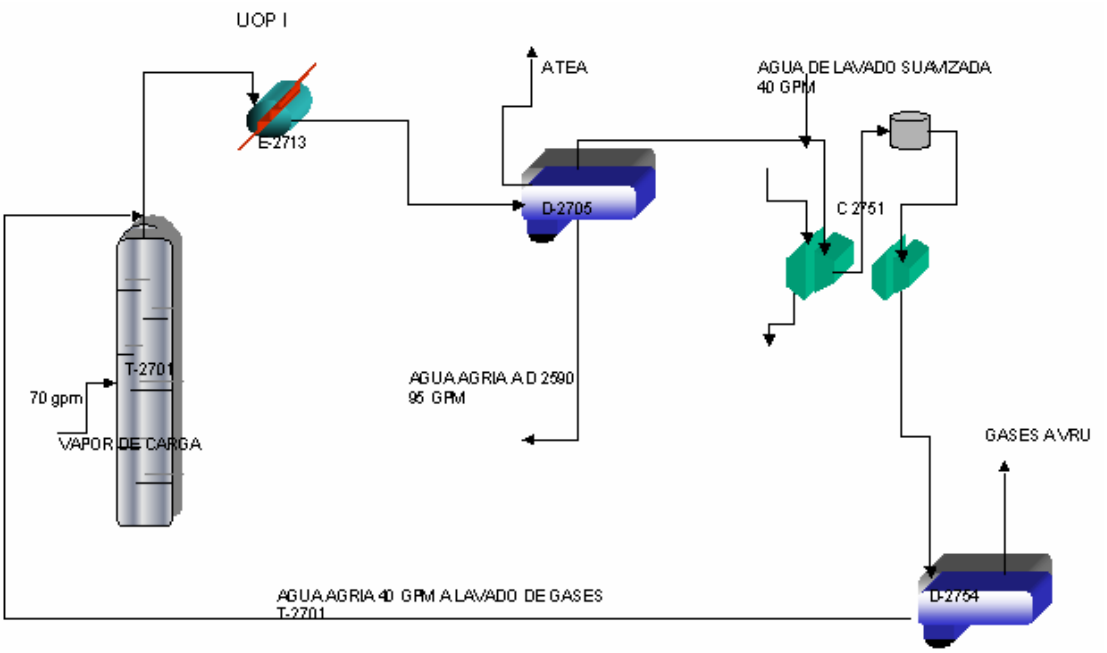


Figura 3. Aguas Agrias UOP-I.

CRACKING UOP II

- **D-4206 sistema de baja presión**

El Agua Agria se acumula en el tambor y se genera como consecuencia de la condensación del vapor inyectado al sistema de reacción y por la inyección de agua de lavado (AA del D-4253) a los gases de cima de la fraccionadora principal (T-4201).

- **D-4253 sistema de alta presión**

El Agua Agria se acumula en el tambor D-4253 y se genera en la etapa de lavado de los gases del compresor C-4251 en la unidad recuperadora de vapores.

Actualmente la totalidad de estas Aguas Agrias se utiliza en el lavado de gases de la T-4201, sin embargo, el sistema cuenta con facilidades para enviar el Agua Agria directamente al tambor D- 2590.
Esta planta produce un total de **100 gpm** de Agua Agria la cual finalmente se acumula en el D-4205 y se envía al D-2590 para su tratamiento.
Nota: cuando U-2590 no le recibe las aguas estas se envían a aguas aceitosas, esto ocurre con una frecuencia de 4 veces al año.

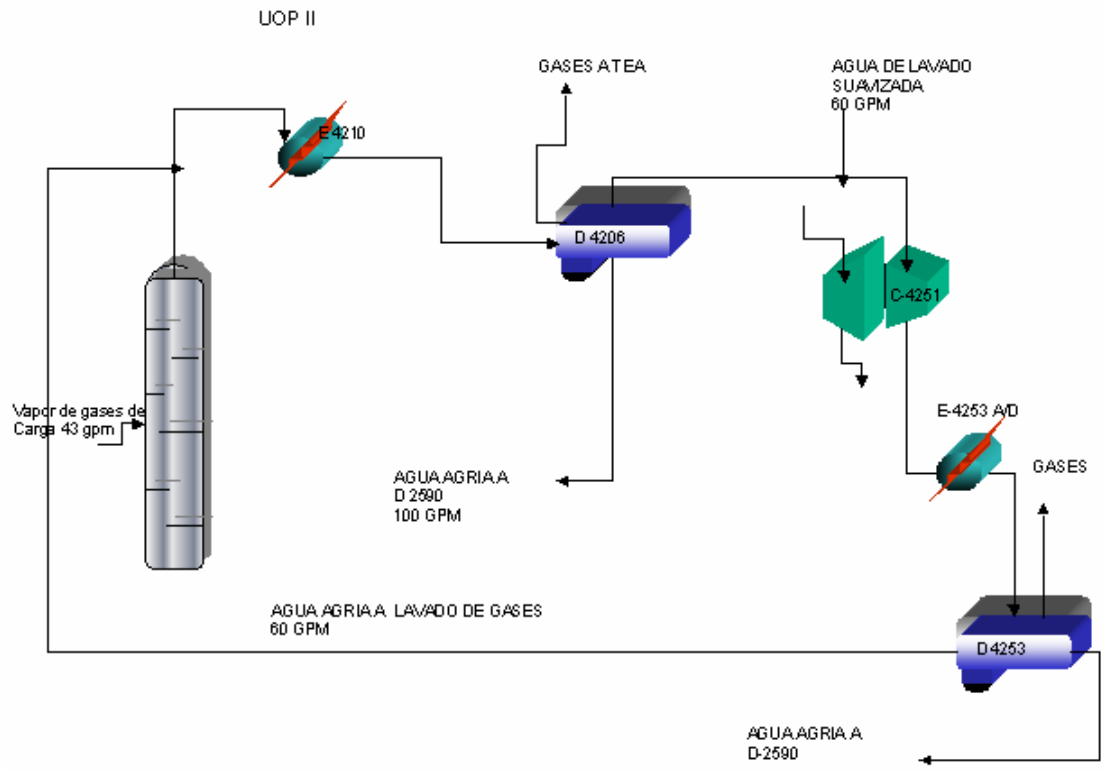


Figura 4. Aguas Agrias UOP- II.

UNIBON

- **<u>D-2653 sistema de alta presión</u>**

Las Aguas Agrias se acumulan en el D-2653 y provienen de la inyección de condensado usado como agua de lavado del catalizador del reactor R-2651.

- **<u>D-2657 baja presión</u>**

El agua agria generada en la zona de alta presión se acumula en el D-2657 y proviene de la condensación del vapor inyectado a la torre T-2652.
En esta planta se produce un total de **40 gpm** de Aguas Agrias, las cuales se envían al D-2590 para su tratamiento.

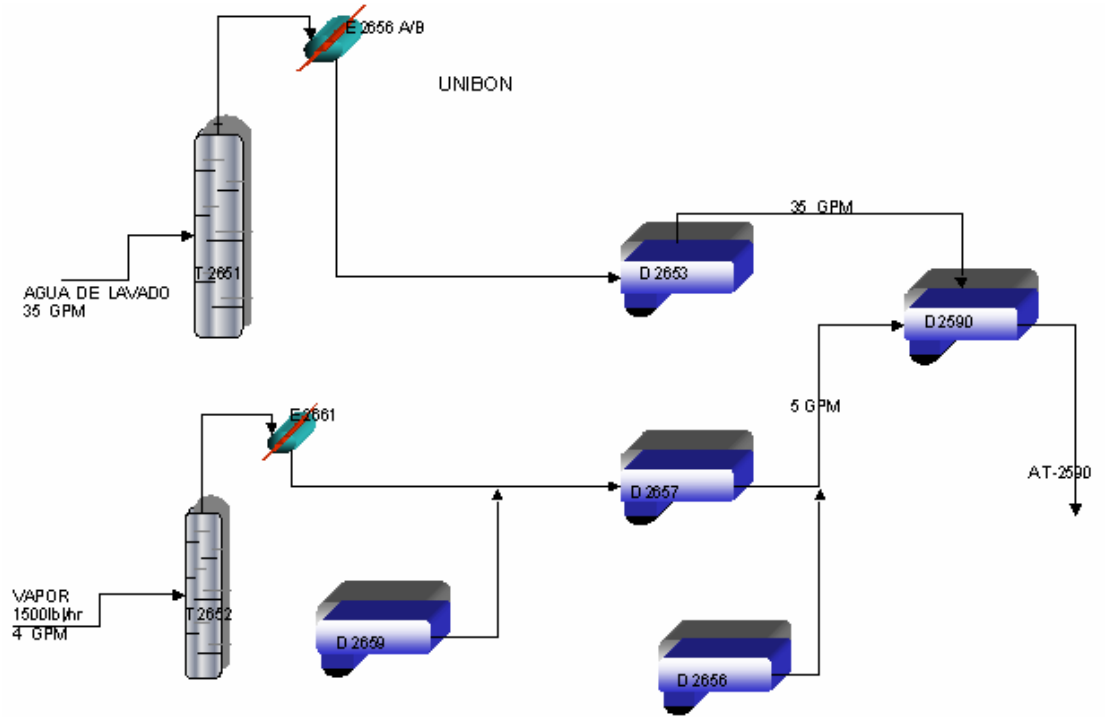


Figura 5. aguas agrias planta de Unibón.

PARAFINAS

Las Aguas Agrias son producidas en cada una de las 3 unidades de tratamiento (U-1100, U-1110 y U-1120) con hidrógeno del lado sur de parafinas, las cuales se generan durante el lavado de gases.

Las Aguas Agrias se condensan en los tambores D-1112 (Tratamiento naftenico), D-1102 (tratamiento parafínico) y D-1122 (tratamiento de ceras), produciendo alrededor de 12 gpm después las Aguas Agrias se mezclan en el D-1170 y se envían al tambor acumulador de Aguas Agrias (D-338) localizado en la cracking modelo IV, de donde se envían al D-2590. En total se generan **36 gpm** de agua agria.

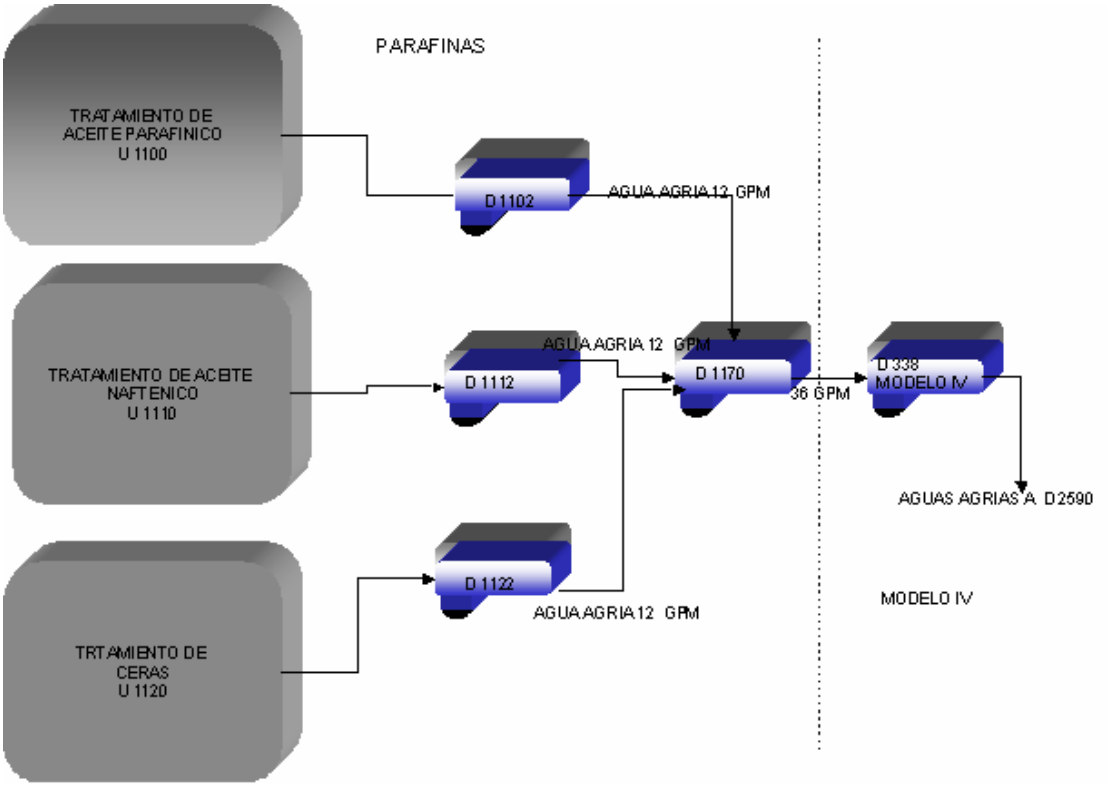


Figura 6. Aguas agrias Parafinas.

TOPPINGS

Las Aguas Agrias corresponden a los condensados de cima de las torres atmosférica y de vacío. La Tabla 1 presenta un resumen de los volúmenes generados y su destino actual.

Tabla 1. agua agria en las unidades Topping

Topping	Condensado atmosférico		Condensado de vacío (gpm)		Total Aguas agrias (gpm)
	(gpm)	Destino	(gpm)	Destino	
U-150	10	Desalador	36	PTAR	46
U-200	25	Desalador	9	Desalador	34
U-250	15	PTAR	6	PTAR	21
U-2000	13.5	Desalador	8	PTAR	21.5
U-2100	16.5	PTAR	4	Desalador	20.5
TOTAL	80		63		**143**

VISCORREDUCTORA

De las torres T-2801, T-2802, T-2803 se recogen en los respectivos tanques de almacenamiento D-2802, D-2804, D2803 **25 gpm** que se envían directamente al D-2590 para su respectivo tratamiento.

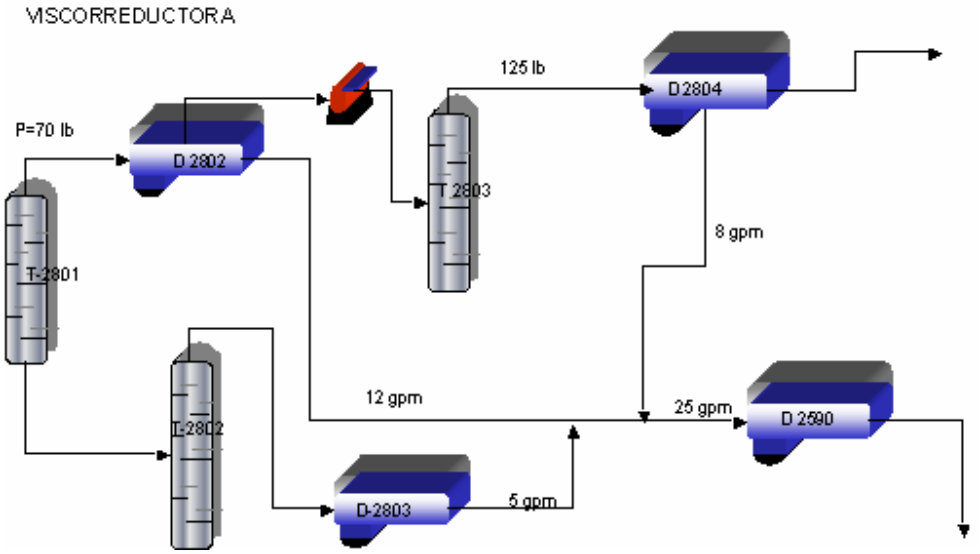


Figura 7. Aguas agrias Viscorreductora.

RESUMEN GENERAL DEL MAPA ACTUAL DE AGUAS AGRIAS DE LA GCB

Actualmente se tratan en la U-2590 entre 280 y 380 gpm de agua agria y se vierten sin tratamiento al sistema de aguas aceitosas 165 gpm provenientes de cracking y 143 gpm de las topping

Tabla 2 aguas agrias de la GCB**.**

Planta	**Aguas agrias (gpm)**	**7.1.1.1.1 Destino**
Modelo IV	86	U-2590
Orthoflow	165	Aguas aceitosas
UOP I	95	U-2590
UOP II	100	U-2590
Unibon	40	U-2590
Parafinas	36	U-2590
UDC	143	desalador→ aguas aceitosas
Viscorreductora	25	U-2590
TOTAL	**690**	

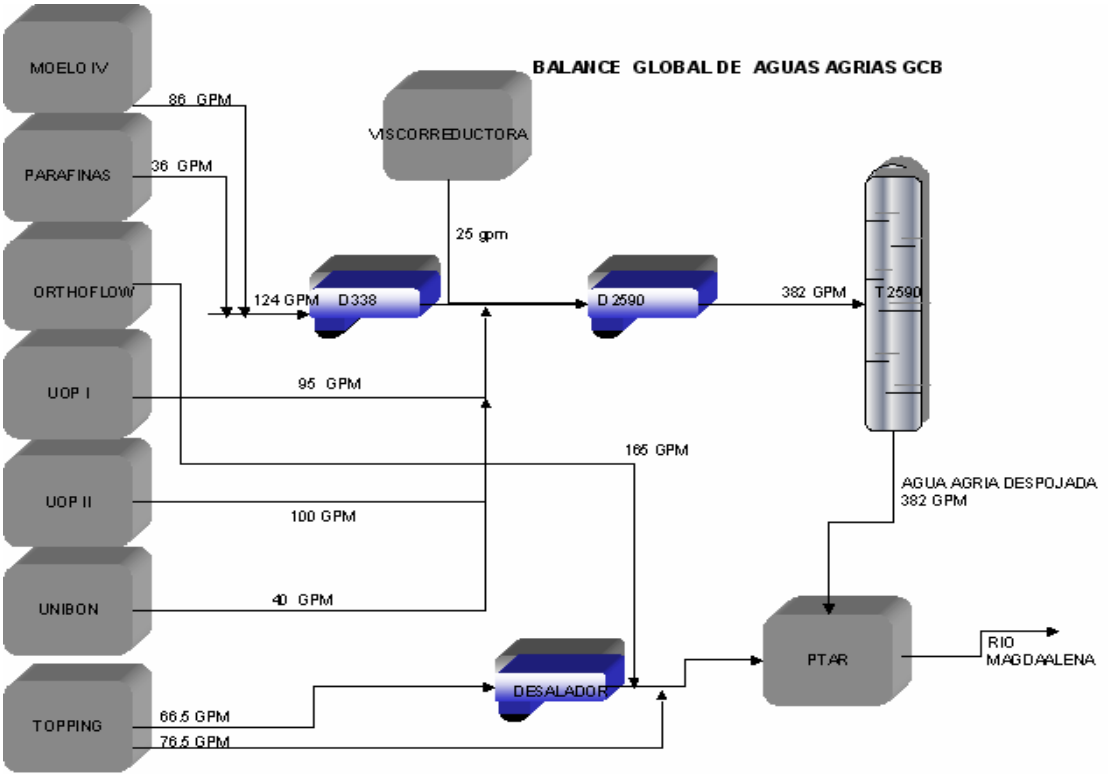


Figura 8. Esquema general del manejo actual de aguas agrias en la GCB.

RECOMENDACIONES PARA EL BUEN MANEJO DE LAS AGUAS AGRIAS

- Mantener un muestreo de aguas agrias, con el fin de identificar las diferencias de composición(NH3,H2S.HC,Dureza,Cloruros) a nivel de cada aportante.

- Garantizar que el lavado de gases se haga con agua suavizada o desmineralizada con el fin de no afectar la operación del Rehervidor de la T-2590 y los platos de la torre despojadora T-2590 ya que la dureza causa daños severos de incrustación. Se tiene evidencia de las reparaciones realizadas.

- Instalar toma-muestras sobre las líneas provenientes de UOP II, Refinería, Bloque I y Bloque II de Balance de los diferentes aportantes de aguas agrias con el fin de tener una caracterización exacta del envió de cada aportante y detectar rápidamente la fuente de HC cuando ocurren arrastres hacia el D-2590.

- Capacitar a todos los operadores de refineria sobre conceptos básicos de Tratamiento y Disposición final de las aguas agrias con el fin de sensibilizarlos y que tengan una visión global del impacto que sus acciones pueden llegar a tener sobre la T-2590.