



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA QUIMICA
E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS**

**PROBLEMAS COMÚNMENTE PRESENTADOS EN
UNA PLANTA DE AMINA TIPO “GIRBOTOL” Y SU
IMPACTO ECOLÓGICO DERIVADO DE LA MALA
OPERATIVIDAD Y SUS SOLUCIONES PROPUESTAS
MEDIANTE LA EXPERIENCIA.**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

INGENIERO QUÍMICO PETROLERO

P R E S E N T A

ISRAEL ISLAS CEREZO

A S E S O R:

DRA. MIRIAM NOEMI MORENO MONTIEL



MEXICO, D.F

NOVIEMBRE DE 2011



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS



DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO ACADÉMICO

T-158-11

México, D. F., 4 de Noviembre del 2011.

Al C. Pasante:
ISRAEL ISLAS CEREZO
Juan Aldama No. 4 Bis
Irolo
Tepeapulco
Hidalgo.
C.P. 43991

Boleta:
2005360167

Carrera:
IQP

Generación:
2004-2009

Mediante el presente se hace de su conocimiento que este Departamento acepta que la C. **Dra. Miriam Noemí Moreno Montiel**, sea orientadora en el tema que propone usted desarrollar como prueba escrita en la opción **Tesis individual**, con el titulo y contenido siguiente:

“Problemas comúnmente presentados en una planta de amina tipo Girbotol y su impacto ecológico derivado de la mala operatividad y sus soluciones propuestas mediante la experiencia”.

- Resumen.
- Introducción.
- I.- Proceso “GIRBOTOL” y beneficios ecológicos.
- II.- Problemáticas en la zona de absorción.
- III.- Problemáticas en la zona de regeneración.
- IV.- Problemáticas en la zona de purificación y preparación.
- V.- Problemas presentados en los equipos de bombeo causados por amina
- VI.- Quemador elevado y sus emisiones contaminantes de proceso girbotol
- VII.- Problemáticas derivadas de la mala calidad de servicios de servicios auxiliares
- VIII.- Análisis de resultados
- Bibliografía.

Se concede un plazo máximo de un año, a partir de esta fecha, para presentarlo a revisión por el Jurado asignado.


M. en C. René Hernández Mendoza
Presidente de la Academia de Conocimientos Científicos


Dra. Miriam Noemí Moreno Montiel
Profesor Asesor o Director
Ced. Prof. 2926826


Lic. Guillermo Alberto de la Torre Arteaga
Jefe del Departamento de Evaluación y
Seguimiento Académico


Dra. Guadalupe Silva Oliver
Subdirectora Académica

c. c. p.- Control Escolar.
GATA/ams



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS
DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO ACADÉMICO



T-158-11

México, D. F., 24 de noviembre de 2011.

Al C. Pasante:
ISRAEL ISLAS CEREZO
PRESENTE

Boleta:
2005360167

Carrera:
IQP

Generación:
2004-2009

Los suscritos tenemos el agrado de informar a usted, que habiendo procedido a revisar el borrador de la modalidad de titulación correspondiente, denominado

“Problemas comúnmente presentados en una planta de amina tipo Girbotol y su impacto ecológico derivado de la mala operatividad y sus soluciones propuestas mediante la experiencia”.

encontramos que el citado Trabajo de **Tesis Individual**, reúne los requisitos para autorizar el Examen Profesional y **PROCEDER A SU IMPRESIÓN** según el caso, debiendo tomar en consideración las indicaciones y correcciones que al respecto se le hicieron.

Atentamente

JURADO

M. en C. René Hernández Mendoza
Presidente

Dr. José Felipe Sánchez Minero
Vocal

Dra. Miriam Noemí Moreno Montiel
Secretario



INDICE CAPITULAR

	Página
RESUMEN.....	3
INTRODUCCION.....	4
I.-PROCESO “GIRBOTOL” Y BENEFICIOS ECOLOGICOS.....	5
- I.1.-BENEFICIO ECOLOGICO DE UNA PLANTA GIRBOTOL OPTIMIZADA.....	5
- I.2.-DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO.....	7
- I.3.-TIPOS DE AMINA QUE SE USAN COMUNMENTE Y SUS CONDICIONANTES.....	11
- I.4.-REACCIONES QUIMICAS EN GENERAL.....	14
II.-PROBLEMÁTICAS EN LA ZONA DE ABSORCIÓN.....	16
- II.1.-PROBLEMÁTICA PRESENTADA DESDE LA CARGA A PROCESO.....	16
- II.2.-PROBLEMÁTICA PRESENTADA EN LA TORRE ABSORBEDORA.....	19
- II.3.-PROBLEMÁTICAS EN LA TORRE CONTACTORA.....	23
- II.4.-PROBLEMÁTICA PRESENTADA EN EL TANQUE FLASH.....	25
III.-PROBLEMÁTICAS EN LA ZONA DE REGENERACIÓN.....	28
- III.1.-PROBLEMÁTICA EN INTERCAMBIADORES DE CALOR AMINA-AMINA.....	28
- III.2.-PROBLEMÁTICAS COMUNES EN TORRES REACTIVADORAS.....	31
- III.3.-PROBLEMATICAS DE ENFRIADORES DE FLUIDO O TIPO SOLOAIRES.....	36
- III.4.-PROBLEMATICAS DE ACUMULADORES DE AGUAS AMARGAS.....	41
- III.5.-IMPORTANCIA Y PROBLEMÁTICA FISICO-MECANICAS OPERATIVAS DEL REBOILER.....	45
IV.- PROBLEMÁTICAS EN LA ZONA DE PURIFICACIÓN Y PREPARACIÓN.....	50
- IV.1.-VITAL IMPORTANCIA DE UN SET DE FILTRACION Y SU PROBLEMAS.....	50
- IV.2.-VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE TANQUES DE BALANCE EN EL CIRCUITO DE AMINA.....	57
- IV.3.- PROBLEMÁTICA PRESENTADA EN LAS FOSAS DE PREPARACION DE SOLUCIONES ACUOSAS DE DIETANOLAMINA, MEA, MDEA.....	63
V.-PROBLEMAS PRESENTADOS EN LOS EQUIPOS DE BOMBEO CAUSADOS POR AMINA.....	68
VI.- QUEMADOR ELEVADO Y SU EMISIONES CONTAMINANTES DERIVADAS DE PROCESO GIRBOTOL	73
VII.-PROBLEMATICAS DERIVADAS DE LA MALA CALIDAD DE SERVICIOS AUXILIARES.....	77
VIII.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	82
- VIII.1.-ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y EL PORQUE DE LAS DISYUNTIVAS.....	83
- VIII.2.-SALES TERMICAMENTE ESTABLES TEMOR DE LOS INGENIEROS.....	95
- VIII.3.- CONCEPTOS TERMODINAMICOS DEL PROCESO.....	97
- VIII.4.-10 REGLAS DE ORO PARA LA OPTIMA OPERACIÓN DE LA PLANTA GIRBOTOL..	99



RESUMEN

En resumen históricamente es importante mencionar que estas plantas se encontraban en el abandono las cuales en décadas anteriores no se les daba la relevancia que estas representan, no fue hasta finales de la década de los 90's con la implementación rigurosa de normatividades enfocadas al cuidado del medio ambiente; cuando se comenzó a mencionar el tan famoso cambio climático y calentamiento global que se encontraban en las platicas comunes de la sociedad que los ingenieros que operan las plantas de una refinería se enfocaron en ellas.

Por lo que en conjunto con las Unidades de Ingeniería de Proceso y Gestión de Negocios (UIPGN) coordinado con la Unidad de Seguridad Industrial y Protección Ambiental (USIPA) mediante la implementación del Sistema Integral de Administración para la Salud y Protección Ambiental (SIASPA) como se le conocía anteriormente, lo que posteriormente se convertiría en un solo sistema para todo Petróleos Mexicanos (PEMEX) el denominado sistema de Salud, Seguridad y Protección Ambiental (SSPA) los cuales se unificaron para colocar a la seguridad al nivel e incluso por encima de la Producción.

En años anteriores se encontraba por arriba la producción de todos los rubros, a costa inclusive de vidas humanas, la transgresión al ambiente y así mismo a la seguridad industrial, con los cambios implementados a nivel mundial, lo cual en la actualidad la eficiencia va de la mano al favorecimiento del medio ambiente y no a lo operacional; como antes se media, lo que ha llevado a que la ingeniería a nivel mundial también se viera beneficiada, en la implementación de nuevos procesos más complejos y tecnológicos donde la optimización sea un sinónimo no solo de la buena operatividad de una planta sino también de las cero emisiones ambientales.

Fue entonces donde la plantas de amina fueron un revulsivo y los grupos de ingeniería pusieron todo el énfasis de enfoque a las mismas, mediante la innovación de técnicas de proceso y equipos para mejorar notablemente el proceso girbotol el cual, aunque no es un proceso complejo en cuanto a equipos de ingeniería química, si resulta difícil de mantener bajo limites de control lo cual ha sido históricamente. Es por ello que anteriormente no representaban ninguna rentabilidad en cuanto a su costo-beneficio que estás se llegaron a abandonar porque se conjuntaba con el desperdicio del recurso humano por su difícil operación con su rentabilidad.

Actualmente, lo que antes era una carga, ahora es la tarjeta de presentación de una empresa líder en el mercado nacional y mundial cuidar sus emisiones de contaminantes al medio ambiente ya sea en cuanto aire, acuífero o en subsuelos, por lo que en años anteriores al no tener en operación estas plantas el acido sulfhídrico derivado de la hidrosulfurización de un producto de destilado ligero, intermedio o pesado se mandaba directamente al quemador, lo que no solo representa una contaminación ambiental sino que atentaba substancialmente contra las vidas de las personas de pueblos circundantes aunque estos no estuviesen tan próximos al predio de una Refinería.



INTRODUCCIÓN

Para la mejor comprensión del lector en turno, una planta de amina tipo "Girbotol" es aquella que utiliza un medio o sustancia absorbente de la familia de las aminas, para la eliminación total o parcial del Acido Sulfhídrico con el objetivo del endulzamiento de un gas amargo, derivado de la reacción de formación de una planta deshidrosulfuradora de un destilado hidrocarburo de un proceso anterior, dando lugar a dos productos con valor agregado de manera instantánea.

En primera instancia como lo es el gas dulce o combustible derivado a una red de gas combustible para ser enviado a la criogénica para ser licuado, obteniendo un producto de alto valor agregado y rentable como lo es el gas LPG con amplio uso domestico. El segundo producto que se obtiene es un gas acido con un alto contenido de Acido Sulfhídrico, el cual su estado ideal es una concentración de 99% -100% del mismo, para ser derivado a una planta de proceso que usa este producto ahora como materia prima para, dar lugar a una reacción de formación que da paso al Azufre elemental, el cual ya puede ser comercializado dando un costo-beneficio para el proceso ya que este producto se utiliza en medicinas, cosméticos entre otros usos importantes.

Aunque esta planta es medida principalmente en sus beneficios AMBIENTALES-ECOLOGICOS, los cuales son incuantificables. Es por ello que estas plantas han tenido un resurgimiento en auge e importancia más que nunca debido a los estrictos controles ambientales y normatividades rigurosas enfocadas al cuidado de medio ambiente, lo que da prestigio a una empresa amigable su entorno.





CAPITULO I.- PROCESO “GIRBOTOL” Y BENEFICIOS ECOLOGICOS

I.1.- BENEFICIO ECOLOGICO DE UNA PLANTA GIRBOTOL OPTIMIZADA

Son innumerables los beneficios que se obtienen cuando una planta de amina tipo “Girbotol” se encuentra operando dentro de límites de control en todo su conjunto de equipos, que conforman dicho proceso, llegando a la optimización de todas las variables independientes de flujo, temperatura, presión y nivel dentro de parámetros de manuales de operación.

Años de estudio e investigación avalan la mayor eficiencia de absorción y reactivación en las torres de proceso dentro de valores óptimos, lo que desemboca substancialmente en beneficios ecológico-ambientales, ya que cuando se tiene una torre absorbidora, a la cual entra un gas amargo con una concentración variable en % mol de ácido sulfhídrico (H_2S) y trabajando esta misma torre en un estado operativo ideal, el gas dulce que arroja como producto de la misma tendrá un máximo de 50 Partes Por Millón (PPM), lo que es un indicativo de la funcionalidad de la torre y lo amigable del proceso ecológicamente.

Ahora bien, enfocándonos al caso contrario cuando la operación de la torre absorbidora esta fuera de parámetros en una o más de sus variables, el gas dulce que sale por el domo estará fuera de especificaciones llegando a valores inclusive superiores a 800 PPM lo que representa un daño ecológico significativo, ya que este gas se envía directamente a red de gas combustible general de toda la refinería, contaminando a los gases de otras plantas de amina que se encuentra dentro de la concentración especificada por las normatividades de la Secretaria del Medio Ambiente y Recurso Naturales (SEMARNAT). Por ende elevando dicha concentración de H_2S en el tanque de recibo de estos gases.

Después de pasar por la planta criogénica estos son enviados a los diversos centros de repartición y distribución de gas LPG a los hogares de la republica, lo cuales al ser quemados en las estufas o boilers del tipo casero causarían daños a mediano plazo a la salud humana, así como aumentando las emisiones de SO_x y diversos contaminantes derivados de la combustión de este, así como afectando a la vida útil de estos calentadores, ya que el ácido sulfhídrico es precursor de graves problemas de corrosión en todos estos equipos así como del proceso mismo.

Por otra parte, enfocándonos al otro producto derivado de este proceso, que es el Gas Acido, el cual como se ha dicho previamente cuando el proceso se encuentra en un punto optimo debe tener concentraciones superiores de H_2S del 98 % en el caso de la plantas “Girbotol” de Hidrodesulfuradoras. Para el caso de plantas de amina del proceso FCC este debe ser sumado en conjunto con el CO_2 , lo que se conoce como gases ácidos $H_2S + CO_2$.



Ahora bien, si existen problemas operacionales dentro del proceso esta PUREZA DEL GAS ACIDO llega a descender críticamente a valores de 88%, lo que propicia que el otro porcentaje sea compuestos químicos indeseables como sulfuros, bisulfuros, compuestos amoniacales, amina de arrastre, entre otros e inclusive agua amarga que es un caso donde se llega a encontrar liquido en la planta de azufre, lo que da como resultado “Taponamientos” de la planta de azufre (SRU por sus siglas en ingles Sulfur Reacting Unit) sacando temporalmente de operación esta planta.

La SRU es vital para el medio ambiente ya que es la única que convierte el acido sulfhídrico en Azufre Elemental, evitando que este se envía a quemador donde causa daños ambientales y de salud al ser enviado directamente a la atmosfera después de ser quemado, incrementando radicalmente las emisiones de SOx a la intemperie, por lo que es de suma importancia enviar el producto con la más alta pureza posible a la planta de azufre, con lo se evitara el arrastre de impurezas que propicia el paro no programado de plantas de este tipo, que aunque si es una realidad que el azufre no es un producto con un valor agregado importante que sea prioridad para una refinería, debido a su bajo costo en el mercado y su producción en masa en toneladas tan extensa que desemboca en su abaratamiento, estas hoy en día más que nunca se deben mantener dentro de operación porque sus beneficios no son económicos son ecológicos lo cual es incuantificable.

En conclusión y en una sola frase las Plantas de Azufre evitan las emisiones de SOx al medio ambiente circundante por la conversión del H₂S a S elemental mediante el proceso Claus y Superclaus.



I.2.- DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO

Profundizando más acerca de este proceso el cual se ha hecho indispensable, ya que este se encuentra en la mayoría de los sectores que conforman una refinería, inclusive es parte esencial de un tren de refinación conformado por una planta de Destilación primaria, Desintegración catalítica (FCC) e Hidrodesulfuradoras de Destilados Intermedios y ligeros (HIDROS), Hidrodesulfuradora Profunda de Diesel (HDD), Hidrodesulfuradora de Gasóleos (HDG) así como Hidrodesulfuradora de Residuos (HDG) es decir desde los productos más ligeros hasta el más pesado de acuerdo a sus densidades API, lo que prueba que su presencia es valiosa en todo el seguimiento de los productos de corte del petróleo crudo hasta su etapa final.

A continuación se muestra un diagrama típico de una planta de amina tipo “Girbotol” extraído del Control Distribuido de la Unidad 600 de Hidros II de la Refinería “Miguel Hidalgo”, esto con fines de mejor comprensión de la descripción general del proceso.

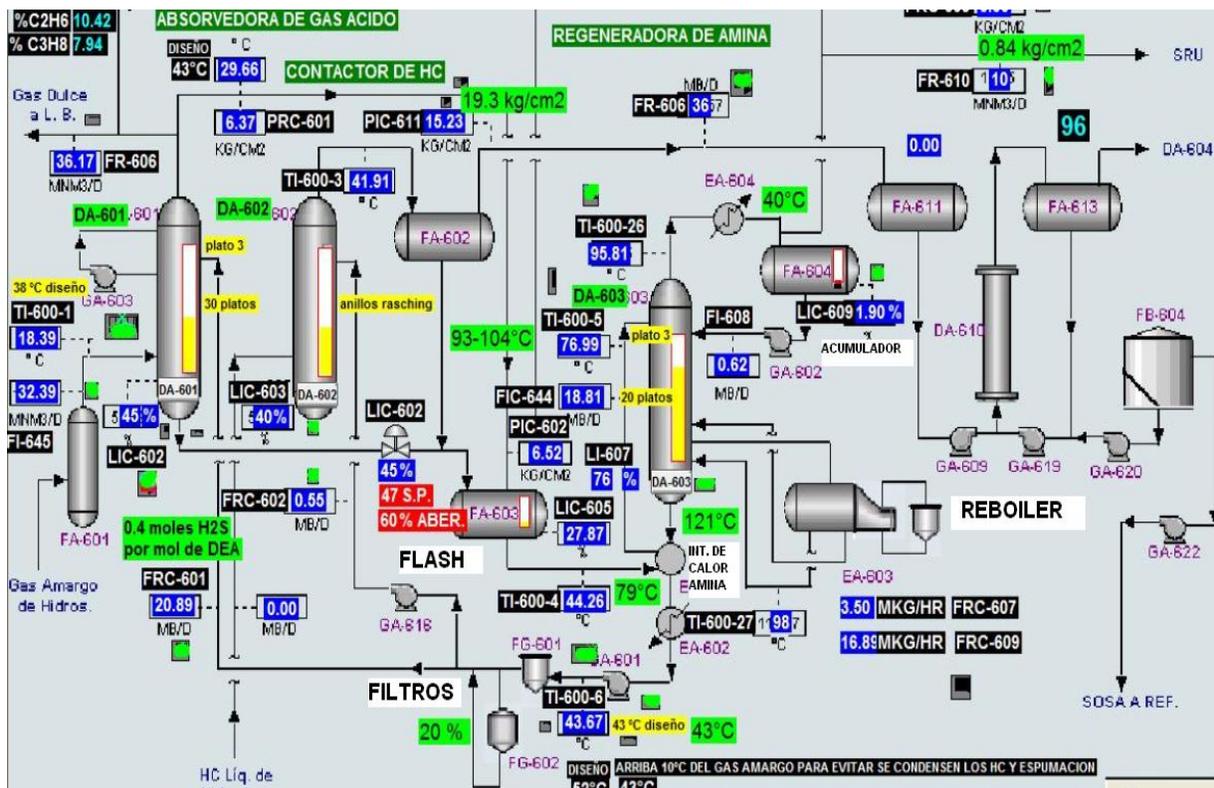


Fig. 1.- Planta de amina Tipo “Girbotol”

La carga es un **Gas amargo** denominado así por su alto contenido de contaminantes tales como $H_2S + CO_2$ los cuales son el objetivo a eliminar del proceso principalmente, este gas es enviado a un lavado previo para eliminar mayormente los compuestos nitrogenados que vienen en la misma naturaleza de la carga, mediante una torre lavadora, con la cual cuentan solo algunas unidades únicamente, o en la línea de entrada mediante un chorro de aspersión a contracorriente esto para evitar posteriormente problemas en los equipos.



Este gas es enviado al equipo fundamental de este proceso que es la **Torre absorbedora**, la cual se puede ver en el diagrama con nomenclatura DA-601, que trabaja mediante un principio fundamental de la ingeniería química que es un contacto de absorción contracorriente gas-liquido.

El gas amargo, con alto contenido de contaminantes, principalmente con los gases ácidos como el H_2S + CO_2 (CO_2 Encontrado Primordialmente en el proceso de Desintegración Catalítica) y el liquido, que es un medio absorbente de suma importancia para la industria petrolera denominada **AMINA** de las cuales hay diversos tipos de acuerdo a las necesidades de cierta planta, (Dietanolamina, Monoetanolamina, Monodietanolamina, etc.) la más comúnmente utilizada por sus propiedades de absorción, en conjunto con el costo beneficio es la Dietanolamina (DEA).

La DEA trabaja en solución acuosa al 20% w, por lo que, el otro 80 %w debe ser agua de buena calidad mezclada en la fosa de preparación, ya sea de condensado o mejor aun desmineralizada de las Unidades Desmineralizadoras de Agua (UDA), estas concentraciones van directamente relacionadas a la cantidad de H_2S contenido en el gas amargo enviado al mismo.

Este contacto contracorriente se efectúa entre la amina pobre así denominada por su baja concentración de H_2S (de mínima a nula 0.02-0.05%mol) la cual entra por el plato superior de la torre realiza su labor de absorción de los gases ácidos provenientes en el gas de alimentación, esta torre cuenta con platos de válvulas para una superficie de contacto de mayor eficiencia, al realizar esta absorción la amina pobre se convierte en "amina rica" ya que se vuelve rica en H_2S y contaminantes, la cual es enviada a una separación Flash después de salir por el fondo de la torre de absorción.

Este equipo **Flash** (FA-603 en diagrama) opera mediante el cambio súbito de presión y un tiempo de residencia el cual debe ser superior a 10 segundos, con lo cual desprende los Hidrocarburos (HC) pesados, inmersos en la amina rica para evitar la espumación en la torre reactivadora.

Esta amina rica es enviada mediante una bomba centrifuga hacia otro equipo importante del proceso que es un **Intercambiador de Calor amina-amina** (EA-601), donde intercambia calor la amina rica que necesita incrementar su temperatura que va hacia la torre reactivadora, con la amina pobre que sale del fondo de la misma torre, que necesita decrementar su temperatura; por lo que este es la parte del proceso que optimiza y administra en cierta medida la energía del proceso, utilizando un principio fundamental de la termodinámica y de transferencia de energía.

Posteriormente, la solución acuosa de amina rica la cual debe contener una concentración dentro de límites de control de 1.7-2.5 % mol de H_2S es enviada a la **Torre Reactivadora** (DA-603) denominada de este modo ya que como su nombre lo dice que reactiva o regenera la amina, mediante la eliminación del ácido sulfhídrico y otros contaminantes importantes como el CO_2 en forma gaseosa, los cuales se desprenden por el domo de la torre reactivadora.

Estos son enviados a un enfriador (EA-604) donde condensan y a un tanque acumulador (FA-604) donde se dividen mediante un fraccionamiento súbito separando el liquido el cual tiene un alto contenido de cianuros, compuestos nitrogenados y de compuestos amoniacales, por otra parte se desprenden los gases ácidos ricos en H_2S , los cuales son enviados a la planta de azufre para someterse al proceso Claus mediante la inyección de oxígeno en un reactor para obtener azufre elemental como producto final más agua amarga a tratamiento.



Por otra parte, enfocándonos nuevamente en la solución acuosa de amina, que al ya haberse desprendido de los contaminantes que la hacían rica en los mismos, con ayuda de un **reboiler** (EA-603) que le da mayor energía calorífica al fondo de la torre, el cual utiliza como medio de calentamiento vapor de baja presión de 3.5 Kg/cm^2 y de $169 \text{ }^\circ\text{C}$ de temperatura, sale por el fondo de la Torre Reactivadora siendo nuevamente **“amina pobre”** por su nulo contenido de contaminantes principalmente de H_2S . Es por ello que la correcta operación de esta torre es un punto medular para todo el circuito de amina por ende el proceso general.

La amina pobre sale del fondo a una temperatura de $121 \text{ }^\circ\text{C}$ y una presión de 1.5 Kg/cm^2 enviándose al intercambiador de calor amina-amina nuevamente, donde decreta su perfil de temperatura a $70 \text{ }^\circ\text{C}$, algunas unidades trabajan con un sistema en serie hasta de tres intercambiadores de calor para mayor eficiencia en la transferencia de calor, pero el principio de un sistema Tipo “Girbotol” es el mismo y a perdurado intacto durante muchos años, después al haber realizado intercambio de energía la Amina Pobre sigue el curso del circuito hacia un set de filtración.

Cabe hacer un paréntesis en este punto para mencionar lo trascendental que es un set de filtración para un circuito de amina, ya que es el único medio de protección interno que tiene una solución acuosa de amina contra las partículas contaminantes, conocidas en el medio petrolero como Sólidos Suspendidos Totales y Sólidos Disueltos Totales que son producto de formación de Óxidos de hierro, Sulfuros de hierro etc.

Por lo que continuando con la solución acuosa de dietanolamina pobre, un excelente sistema de filtración es aquel que cuenta primeramente con un Pre-filtro de partículas suspendidas, ya sea tipo cartuchos o con elementos filtrantes tipo malla o canasta que no permita el paso de partículas mayores a un diámetro de 10 micras; y posteriormente debe contar con un **filtro de Carbón activado (FG-602) el cual es el “hígado”** de la planta, este es muy valioso porque retiene partículas hasta de 1 micra de diámetro, por lo mantenerlo siempre en excelentes condiciones de mantenimiento es esencial para este proceso.

Es por ello, que es importante que lleve un escudo protector previamente, que es el filtro de partículas, para darle un mayor tiempo de vida al carbón activado y monitorear de forma constante tres veces al día que la caída de presión no supere los 2 Kg/cm^2 ; por último no de menor importancia es la colocación de un tercer filtro después del carbón activado, también de elemento filtrantes tipo cartuchos o canasta para tener una protección completa, y mantener siempre bajo parámetros los sólidos totales disueltos y suspendidos abajo de las 50 ppm para que la apariencia visual de la amina siempre permanezca del tipo limpia y transparente.

Un punto relevante de destacar en cuanto a la operación de estos filtros es que nunca deben de trabajar con el 100 % de flujo volumétrico de solución acuosa de amina, sino deben estar en un bypass constante haciendo pasar el 30% de flujo únicamente por estos; para evitar la pronta saturación y la disminución radical de su tiempo de vida útil.

Siguiendo con el circuito de amina; el 30 % del flujo volumétrico de la solución acuosa de amina pobre filtrada es mezclada con el 70% de amina que no paso por el set y es enviada a un enfriador. Ya sea del tipo soloaíres o utilizando agua como medio de enfriamiento para disminuirle el calor latente esto para dejarla lista para ser introducida otra vez a la torre absorbidora de 50 a $55 \text{ }^\circ\text{C}$.



Donde comenzara el ciclo previamente descrito en su totalidad nuevamente; esta solución acuosa debe tener una diferencial de temperatura (ΔT) de 10 °C para realizar de manera eficiente la reacción exotérmica de absorción y no debe haber una caída de presión en la torre, mayor a 500 gr/cm², así mismo esta torre debe trabajar a una capacidad mayor al 50 % de los Millones de pies Cúbicos Standard enviados por día de gas amargo MMPCS/D, sino presenta problemas del tipo operativo, así mismo esta debe tener un nivel mayor al 50 % de liquido en el indicador Tipo LIC.

La mayoría de las unidades integran una tercera torre, empacada con anillos rashing de cerámica, denominada **Torre Contactora** ya que el contacto que se da en la misma es liquido-liquido, mediante la amina pobre, que se bifurca una parte del flujo volumétrico a la torre absorbadora y la otra a esta torre, realizando el contacto contra el gas-liquido amargo aunque suene contradictorio así es denominado ya que una mezcla de hidrocarburos más pesados que ya están en estado de agregación liquido, ya que son cadenas superiores al butano, al cual se le elimina el acido sulfhídrico también con la solución acuosa de dietanolamina.

He aquí la importancia de esta sustancia química para la industria petrolera, el gas-liquido amargo primeramente pasa por un separador donde mediante densidad se le elimina el agua mediante una acumulador pequeño y algunos HC pesados para después ser enviado a la torre contactora donde se realiza el contacto liquido-liquido en la columna empacada, esta torre trabaja a 18 kg/cm² posteriormente la amina al hacer su labor sale por el fondo de la torre y es dirigida hacia el flash, donde se mezcla con la que es extraída del fondo la torre para continuar con el circuito antes descrito.

A continuación se muestra una tabla con las concentraciones típicas de los fluidos de la planta de amina, donde el gas dulce debe tener como máximo 50 ppm de H₂S como se puede ver.

ANÁLISIS DE PRODUCTOS DE PLANTA DE AMINA

TABLA I

CORRIENTES DE PROCESO PARA CONTROL ANALITICO DE LA SECCION DE TRATAMIENTO CON DEA (1)

COMPONENTE	GAS AMARGO DE PTA. HDS DE NAFTAS	GASES AMARGOS DE LAS PTAS. DE DEST. INT. 3 Y 4	GAS DULCE A L.B.	H.C. LIQ. AMARGOS DE HDS NAFTAS	H.C. LIQ. A SECC. DE TRATAMIENTO CAUSTICO	GAS ACIDO A L.B.	DEA RICA	DEA POBRE (2)
DEA							4.04	4.10
H2	29.73	11.13	22.32	.20	.20			
H2S	2.55	40.22	50 ppm max	1.10	50 ppm max	94.02	1.61	.19
H2O	----	1.69	1.67	----	----	5.98	94.35	95.71
C1	14.09	18.24	76.02 (+)	.89	99.80 (+)			
C2	14.48	12.88		4.89				
C3	14.52	7.78		19.45				
iC4	4.60	1.42		14.32				
nC4	12.84	1.58		54.80				
iC5	2.81	2.94		3.27				
nC5	2.56	2.12 (+)		1.08				
iC6	.68							
nC6(+)	1.14							

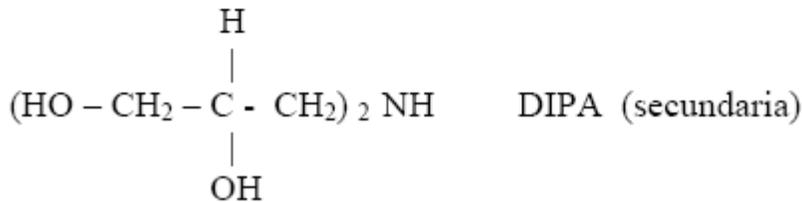
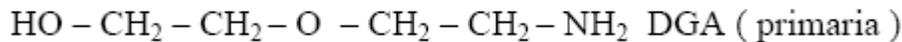


I.3.-TIPOS DE AMINAS QUE SE USAN COMUNMENTE Y SUS CONDICIONANTES

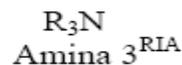
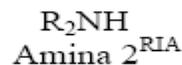
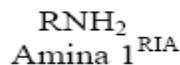
Numerosos Procesos han sido desarrollados para el endulzamiento de gas y líquidos amargos, basados en equipos físicos y químicos Tales como:

Solventes químicos : monoetanolamina (MEA), dietanolamina (DEA), trietanolamina (TEA), diglicolamina (DGA), disopropanolamina (DIPA) y metildietanolamina (MDEA), al respecto, un estudio de 1980 indico que $\frac{3}{4}$ de las plantas de desulfurización de gas en EEUU usaron MEA y DEA. Otros solventes químicos son los carbonatos de potasio caliente y los carbonatos formulados comercialmente.

Solventes físicos: formulaciones patentadas tales como Selexol, Rectisol, Shell, Fluor.



En este caso; el enfoque esta, sobre las alcanolaminas las cuales pueden ser primarias, secundarias o terciarias de acuerdo al número de grupos orgánicos unidos al átomo central de nitrógeno:



Las aminas primarias; como la Monoetanolamina, son bases más fuertes que las secundarias, como la Dietanolamina; y estas que las terciarias como la Trietanolamina. Cuanto mayor es la basicidad de la amina más fuerte es la unión de reacción con CO₂ y H₂S.

Basándonos en lo anterior, se podría pensar que la mejor elección de un tipo de amina a usarse en el proceso es la Monoetanolamina (MEA); **pero se debe considerar que casi el 70% del costo operativo de una planta es la generación de la energía térmica necesaria para romper la unión**



de reacción. Las aminas que se ligan “fuerte” a los gases ácidos, por ejemplo la MEA tendrá un alto costo de ruptura de unión (Regeneración).

Es por esta razón con bases solidas; **que la más frecuentemente utilizada en la industria, en este caso de Refinación, es la Dietanolamina (DEA)** porque es un balance entre la eficiencia de operación y el costo-beneficio de las plantas, porque requiere menos calor necesario en el reboiler para romper la unión de reacción.

La mezcla optimizada de aminas; **como la Metildietanolamina (MDEA) que es otra de las más comúnmente utilizadas** (Aunque su costo es superior en el mercado al de la DEA, pero en términos del proceso favorece su operación), puede producir un solvente con excelente absorción de $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$ y con superior calidad de Regeneración (Stripping) o sea menos calor necesario en el Reboiler.

Las compañías petroleras con ramo de investigación siguen sumando esfuerzos para la innovación y el abaratamiento de los procesos; con el objetivo de encontrar mezclas aun más idóneas de alcanolaminas.

CONDICIONANTES DE CONCENTRACIÓN DE UNA AMINA

Como se ha dicho previamente las alcanolaminas no se utilizan puras en los circuitos, sino en solución acuosa y en concentraciones variables entre 5% a 50 %. El agua de dilución debe cumplir la siguiente especificación.

Sólidos Totales Disueltos	< 100 ppm
Dureza total	< 3 granos/gal
Cloruros	< 2 ppm
Sodio	< 3 ppm
Potasio	< 3 ppm
Hierro	< 10 ppm

Como se ve el rango de concentración de una amina es amplio, la principal **CONDICIONANTE** para determinar una concentración de una amina en solución acuosa es; **el tipo de gas amargo que procesa**, por ejemplo el gas amargo que se procesa en la unidad 600 de la descripción del proceso general anterior, es derivado de Destilados Intermedios y ligeros, por lo que la concentración de gases $\text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2$ que este contiene, es menor en comparación al Gas amargo de la Hidrodesulfuradora de Gasóleos (HDG) del sector 11 de la refinería Miguel Hidalgo, **el cual tiene una concentración sumamente superior de contaminantes, por su origen de un corte pesado.**

Este es un ejemplo perfecto para transmitir la idea, ya que las dos plantas utilizan DIETANOLAMINA en su proceso Girbotol y la concentración de la solución acuosa de Amina de acuerdo a especificaciones de diseño de la U-600 debe situarse en **20% w**, mientras que para la HDG la especificación de su solución acuosa debe encontrarse entre **30-35% w**, lo que nos indica que la condicionante es; que cuanto más pesado sea el corte que origina el gas amargo, contendrá una mayor concentración de contaminantes, como bien se sabe en la industria petrolera.



Esto también se ve desde la planta de destilación primaria donde, los cortes que van saliendo de la torre fraccionadora entre; más pesados van siendo, más contenido de azufre van presentando entre otros.

Otra condicionante, sería la especificación del producto que requiera la planta para cumplir los estándares del mercado, por ejemplo en el caso de un producto que necesita ser de Ultra Bajo Azufre; como la gasolina Premium o el diesel UBA, su proceso Girbotol debe tener una solución de alcanolamina con mayor eficiencia y superior calidad de regeneración como la Metildietanolamina.

PROPIEDADES FISICO QUIMICAS DE LA AMINA MÁS FRECUENTEMENTE UTILIZADA

Dietanolamina (DEA)

Es una amina secundaria comúnmente utilizada en cantidades menores al 35% en peso, sin embargo, su uso aumenta la posible corrosión en la tubería y equipos de proceso. Tiene las siguientes ventajas:

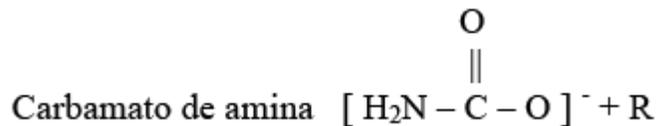
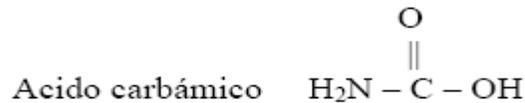
- Selectividad hacia el CO_2 y H_2S
- Se usa a presiones altas
- Volatilidad relativamente baja
- Baja energía de regeneración (relativa inestabilidad de sus productos de
- ♦ Olor ligeramente amoniacal
- ♦ Peso molecular: 105.14 g/mol
- ♦ Densidad: 1.097 g/cm³
- ♦ Densidad experimental: 1.0942 g/cm³
- ♦ Punto de fusión: 28 °C
- ♦ Punto de ebullición: 268.8 °C a 760 mmHg
- ♦ Punto de ebullición: 217 °C a 150 mmHg
- ♦ Muy soluble en agua, alcohol y acetona



I.3.- REACCIONES QUIMICAS EN GENERAL

PARA ACIDO SULFÍDRICO (H₂S) y DIOXIDO DE CARBONO (CO₂):

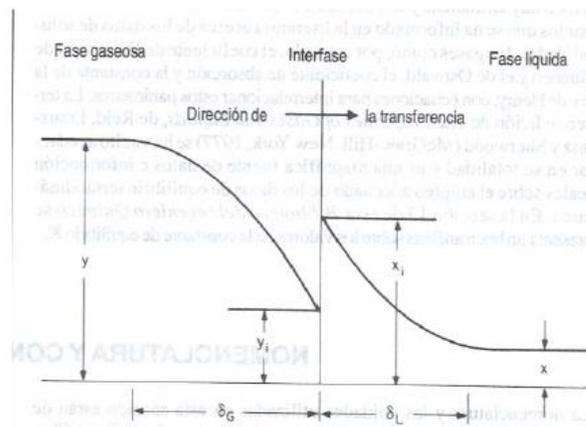
- El H₂S reacciona con las etanolaminas (DEA, MEA) formando sulfuros (S²⁻) y sulfuros ácidos (SH)
- El CO₂ reacciona formando carbonatos, carbamatos y bicarbonatos.



La reacción de formación de carbamato es rápida y forma un compuesto estable que se hidroliza lentamente a carbonato y bicarbonato. Si predomina la reacción de carbamato, usual con MEA, 0.5 moles de CO₂ reaccionan rápido con cada mol de amina y la relación molar usualmente alcanzable es menor a 1 (cerca a 0.5). Esto se debe a la lenta hidrólisis del carbamato. Dado que las aminas terciarias no pueden formar carbamatos teóricamente puede alcanzarse una relación molar 1 CO₂ / amina (la reacción es lenta pero puede ser catalizada).

Termodinámica de la reacción de absorción gas (H₂S + CO₂)-Líquido (Amina):

Cuando existe una transferencia de masa de una fase a otra, a través de la interface que las separa, la resistencia a la transferencia de masa de una fase a otra provoca un gradiente de concentraciones. Las concentraciones del material que se difunde desde el gas hasta el líquido son diferentes y suponen una relación de equilibrio termodinámico. Por lo tanto; se cree que alcanza ese equilibrio termodinámico en la interfase gas- líquido casi inmediatamente que entren en contacto el gas y el líquido. Y esa velocidad de transferencia de masa se rige con la ecuación:



Gradientes de concentración cerca de la interfase gas-líquido



$$N_A = k'_G(p - p_i) = k'_L(c_i - c)$$

en donde:

N_A = velocidad de transferencia de masa

k'_G = coeficiente de transferencia de masa en la fase gaseosa

k'_L = coeficiente de transferencia de masa en la fase líquida

p = presión parcial del soluto en el gas

p_i = presión parcial del soluto en la interfase

c = concentración del soluto en el líquido

c_i = concentración del soluto en el líquido de la interfase

Hemos hablado hasta ahora de las reacciones “**deseadas**”, nos referimos a continuación a los problemas usuales en planta y comenzaremos refiriéndonos a reacciones “**no deseadas**”.

Podemos encontrar dos grupos de reacciones “**secundarias**” en los circuitos de aminas:

1. La formación de productos de degradación.
2. La formación de sales térmicamente estables (no reaccionan al stripping liberando la amina a la solución).

Veamos primero la degradación:

Los productos de degradación de la amina reducen la tensión interfacial y forman laminas gelatinosas que, como veremos adelante favorecen la formación de espumas. Se han observado en MEA, DEA, y MDEA. Algunas reacciones de degradación son:

- Oxidación de amina a ácido carboxílico / amoniaco.
- Deshidratación interna de amina para formar HEOZD – N (hidroxietil) etilendiamina.
- Deshidratación simultánea y decarboxilación de HEOZD – N a THEED (tridhidroxietil) etilendiamina.
- Doble deshidratación de la DEA en presencia de MEA para formar HEP – N (hidroxietil piperazina).
- Condensación de 2 moléculas MEA a piperazina.
- Acilación de aminas terciarias a sales de amonio cuaternarias.

Otros productos de degradación son: hidroxietil imidazolina (HEI), amina etil etanolamina (AEEA) oxazolidona (OZI), dietanol piperazina (DEP). Además de la tendencia a formar espumas estables los productos de degradación producen el ensuciamiento de intercambiadores y líneas.

En cuanto a las sales térmicamente estables se establecen sus reacciones en el último capítulo de la presente tesis.



CAPITULO II.- PROBLEMÁTICAS EN LA ZONA DE ABSORCIÓN

CAPITULO II.1- PROBLEMÁTICA PRESENTADA DESDE LA CARGA A PROCESO

Entrando en tema a continuación se describen las problemáticas más comunes por etapas en un proceso "Girbotol" las cuales, como se ha dicho con anterioridad son de la más complicadas de operar a pesar de no ser tan compleja como otros procesos de refinación en cuanto a los equipos que lo componen.

Se tiene que tener un minucioso cuidado inclusive desde la carga que es lo más importante ya que de ella **dependerán la calidad de los productos**, entonces cuales son los principales problemas que se tienen desde la carga, se puede iniciar este diagnostico externando que el primer problema en cuanto a la carga se presenta desde el diseño de la capacidad de la planta para el cual fue prospectada.

Una torre absorbedora se diseña en base a la carga de gas amargo que se enviara a la misma, la cual debe ser mayor al 50%, por ejemplo para la industria de la refinación en particular una torre absorbedora se diseña con una base de cálculo de 10 MMPCSD en unidades inglesas que es la referencia internacional lo que equivale aproximadamente a 10 000 m³/hr que es la unidad usada en las refinerías del país, por lo que para que una carga no de problemas al proceso, como ya se dijo debe rebasar el 50 % en este caso ejemplificado la mínima carga debe ser de 5 MMPCSD con lo cual se garantiza un mejor contacto entre gas-liquido, ya que si la carga es mínima la cantidad de liquido inundaría a la del gas y no sería equiparable.

Otra problemática presentada comúnmente en la carga en el cual no se pone especial atención por parte del personal técnico-operativo de estas plantas; es el lavado del gas de carga mediante el agua denominada de lavado aunque suene redundante, ya que un problema con graves daños a líneas y equipos es permitir que ingrese al proceso un alto número de compuestos nitrogenados que son precursores de interreacciones los cuales van a dar directamente al acumulador de agua acida-amarga de la torre reactivadora, en forma de **cianuros** además de **compuestos amoniacales** que al disociarse dan como resultado hidrogeno atómico, el cual tiene un efecto de picaduras en los equipos disminuyendo radicalmente el espesor de los mismos; derivando en sustitución de equipos lo cual va directamente a perjudicar el costo-beneficio del sector operativo en general.

Por lo que retomando el tema, toda carga de gas amargo a una sección de amina debe ser lavado, ya sea en una torre especializada o en la línea que va a la parte inferior de la torre absorbedora, pero el modo más adecuado de lavar un gas de este tipo es mediante un chorro en aspersión atomizado a "contracorriente", no direccionalmente al flujo. Esto garantizara la reducción en gran medida de los compuestos nitrogenados los cuales no deben superar el parámetro de **1000 ppm** en la amina pobre y de **1500 ppm** en la amina rica.



Cabe destacar un caso real de la planta de HDD-5 de La Refinería Miguel Hidalgo de Tula de allende, Hgo. Donde en el año 2010 y lo que va del 2011 el promedio de los compuestos nitrogenados que se dejan pasar en la carga supera los **3000 ppm** constantemente, lo que en el último mes de agosto provoco una fisura en el cordón de soldadura en el Reboiler del fondo de la torre reactivadora, la causa fue un ataque de hidrogeno atómico elemental en las paredes del mismo precisamente, por la alta concentración de estos compuestos.

Los operadores de planta solo se enfocaban en un flujo constantemente de agua de lavado de $0.8 \text{ m}^3/\text{hr}$ por banco, sin monitorear los análisis físico-químicos diarios, donde la grafica de acido sulfhídrico que ingresa se elevaba radicalmente ciertos días en conjunto con sus diversos contaminantes, entonces el agua de lavado inyectada no era suficiente para eliminar la elevada cantidad de compuestos nitrogenados al proceso.

Es por ello que un proceso de la industria química no debe ser rígido siempre debe tener como una de las 10 reglas de oro “FLEXIBILIDAD OPERACIONAL” que significa ajustar una variable de acuerdo a la necesidad de la planta, por lo que el apartado de operación debió incrementar sincronizadamente el agua de lavado con respecto al incremento de estos compuestos, cuando estos superaban el limite paramétrico permisible de 1000 ppm; se cálculo que el agua de lavado promedio aceptable para estas plantas es de $1 \text{ m}^3/\text{hr}$ por 4 bancos igual a **$4 \text{ m}^3/\text{hr}$ de forma atomizada.**

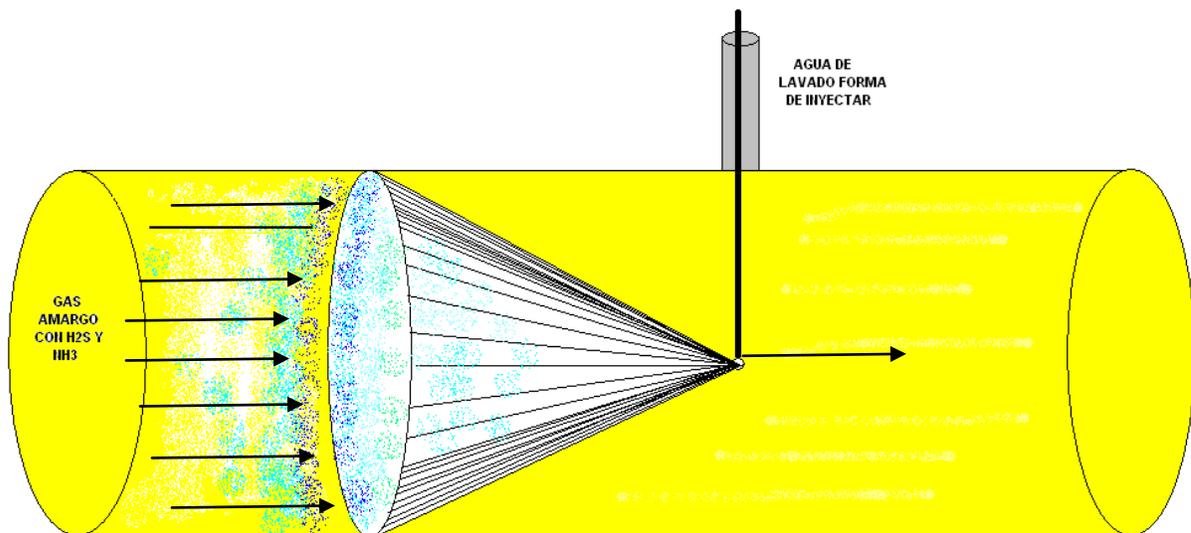


Fig. 2.- Forma correcta de inyectar agua de lavado contra gas ácido

Otro punto que se debe erradicar como problema en la carga de gas amargo a las plantas de amina es que, estas en muchas ocasiones contienen altas concentraciones de HC pesados ya que el separador que se pone previamente bajo diseño no se opera de manera adecuada bajo



condiciones de presión y temperatura para eliminar estas cadenas de HC pesadas; que a la larga repercuten posteriormente en la espumación de la torre regeneradora, así como afectan la absorción gas-liquido para la cual la torre fue diseñada.

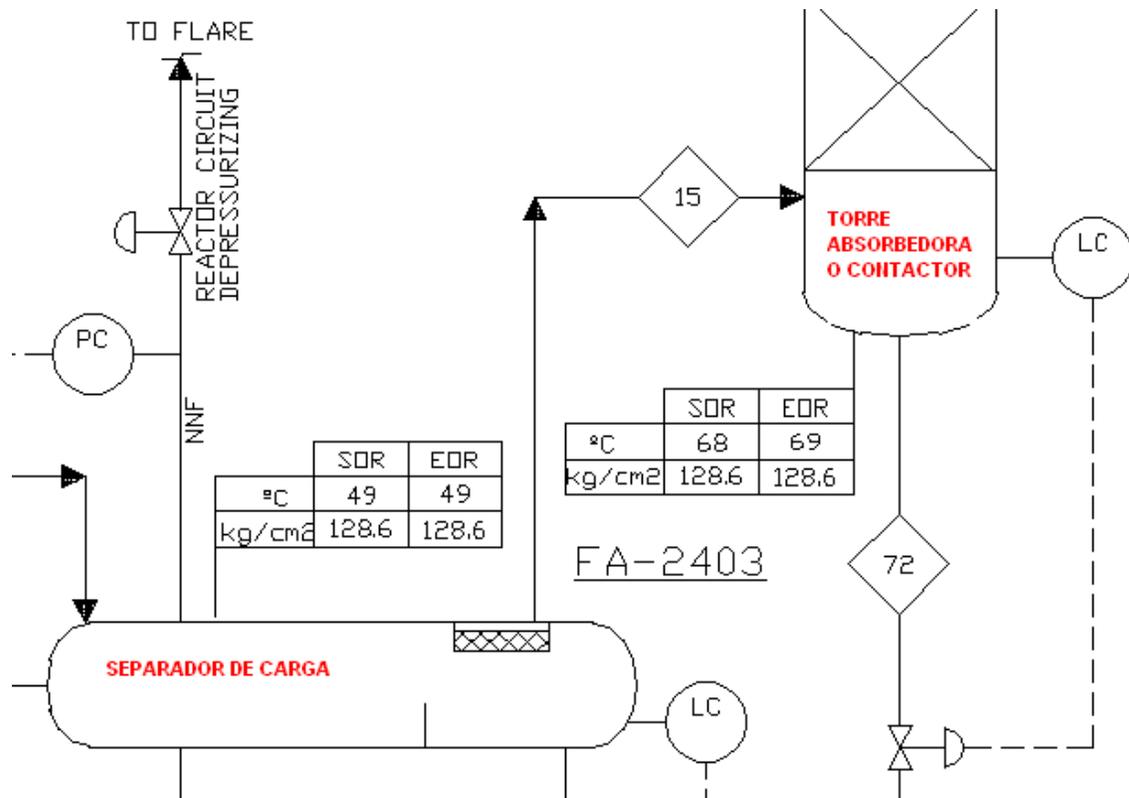


Fig. 3.- Separador de carga previo a torre

Siempre es importante también saber diferenciar los tipos de carga de gas amargo a las secciones de amina, ya que no es lo mismo darle un tratamiento específico a una gas proveniente de un destilado ligero, como la nafta, que a un gas amargo precedido de un corte pesado como un gasóleo el cual tendrá un numero de contaminantes radicalmente mayor por su misma naturaleza de la carga misma, es por ello siempre tener en cuenta la cantidad de flujo volumétrico de solución acuosa de dietanolamina la cual variara de acuerdo al tipo de carga.



CAPITULO II.2- PROBLEMÁTICA PRESENTADA EN LA TORRE ABSORBEDORA

Este equipo es un punto medular para el correcto funcionamiento del proceso en general, porque de esta depende directamente la calidad de uno de los productos de valor agregado en el mercado como lo es **gas dulce combustible**, el cual debe salir dentro de especificaciones máximas de 50 ppm de ácido sulfhídrico para poder ser utilizado por la sociedad después de la criogénica. Primero establezcamos un diagrama esquemático par mayor comprensión de la idea:

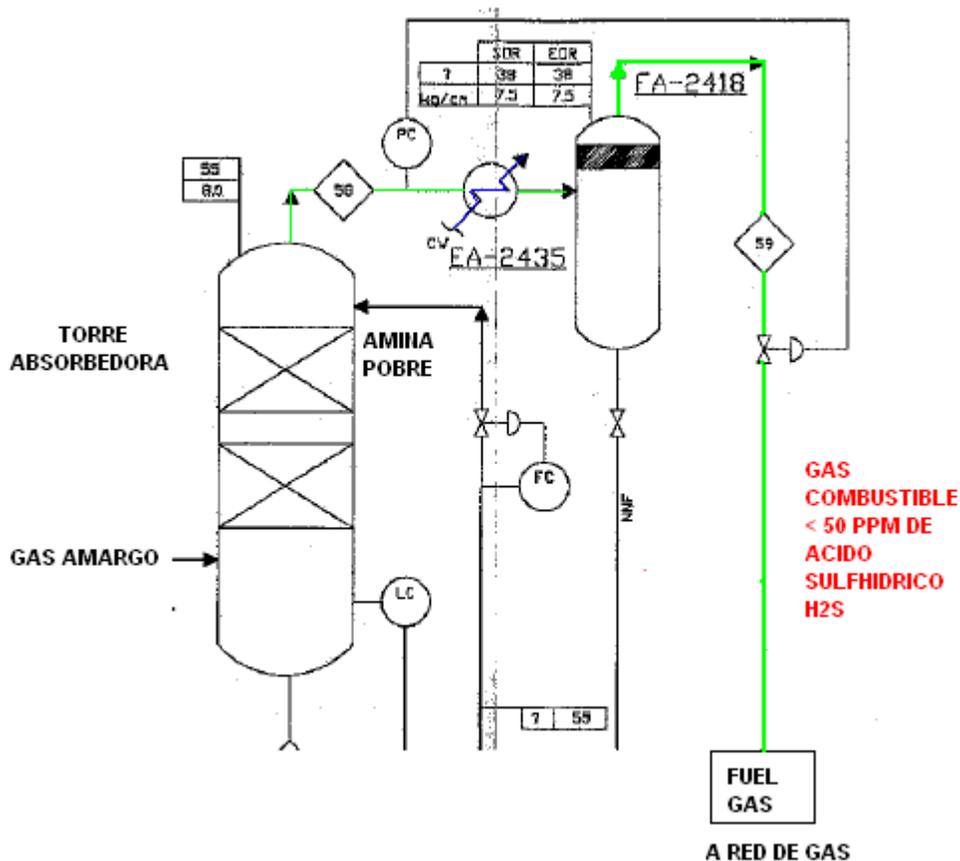


Fig.4 - Torre absorbedora y circuito de gas dulce combustible

Esta torre tiene una gran diversidad de condiciones operacionales independientes, pero que deben de cumplir estrictos límites de operación, para en conjunto lograr el objetivo de sacar dentro de especificaciones el producto, lo cual no es sencillo ya que depende de la correcta sincronización de las variables operativas, tal como la temperatura de entrada del gas amargo de alimentación y su presión.

La Temperatura la cual debe de ser para una torre absorbedora estándar de entre 35-45 °C es un parámetro constante, lo que varía de acuerdo al diseño de cada planta es la presión ya que hay las denominadas torres de alta presión las cuales algunas operan de entre 50-55 Kg/cm² (HDDV) y otras de entre 120-125 kg/cm² como en el caso de la Hidrodesulfuradora de Gasóleos y existen las de baja presión que operan de 8-9 kg/cm².



La segunda regla de oro que deben cumplir estas torres de absorción para el proceso es una diferencial de temperatura entre el gas amargo y la amina pobre es una $\Delta T=10\text{ }^{\circ}\text{C}$ por lo que la temperatura de la amina pobre debe ser de entre $45\text{-}55\text{ }^{\circ}\text{C}$, ya que si no se cumple esta diferencial el gas amargo se endulza deficientemente, saliendo fuera de especificaciones hasta de 800 ppm, repercutiendo gravemente en el medio ambiente, en el balance general de la red combustible.

Cabe mencionar que se debe cuidar sigilosamente la temperatura de entrada de la amina pobre a la torre absorbidora ya que si rebasa los 56°C la solución acuosa de amina pobre sufre una degradación térmica donde esta **pierde importantemente la propiedad de absorber**, así mismo en caso contrario si esta se encuentra demasiado fría menor a $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ tampoco hay la absorción correcta, ya que la reacción del tipo exotérmica que debe existir no se lleva a cabo y afecta al proceso ya que se dirige al flash con una temperatura baja que dificulta su separación de HC pesados.

Otra de las reglas de oro trascendental para la optimización de este proceso es cumplir con la llamada **RELACION MOL, QUE ES EL COCIENTE ENTRE LOS MOLES DE GASES ÁCIDOS $\text{H}_2\text{S}+\text{CO}_2$ PROVENIENTES EN LA CARGA DE GAS AMARGO/ SOBRE LOS MOLES DE AMINA PURA DE DIETANOLAMINA PROVENIENTES EN LA AMINA POBRE QUE REALIZARAN EL CONTACTO GAS-LIQUIDO DEBE SER IGUAL A 0.4 EN LA TORRE ABSORBIDORA.**

Es decir; en el análisis cromatográfico de la carga el porcentaje de H_2S en conjunto con el CO_2 , debe de ser convertido mediante cálculos a un flujo molar considerado de una unidad de tiempo estandarizada, la cual debe de eliminarse para dejar únicamente la relación mol, ya que si esta no es cumplida los moles de amina pueden inundar radicalmente los moles de H_2S por lo que se tendrá un exceso de dietanolamina innecesario lo cual repercutirá directamente en el costo beneficio de la planta; ya que se están gastando demasiado en barriles de dietanolamina pura, lo que representa pérdidas económicas.

En caso contrario si los moles de H_2S de gases ácidos, rebasan en gran cantidad a los moles de amina pura esto significara que no habrá la suficiente dietanolamina para absorber el ácido sulfhídrico, propiciando que el gas dulce salga fuera de especificaciones ya que no habrá las suficientes moles de amina para la absorción del mismo derivando inclusive en aceleramiento de la corrosión de líneas y equipos.

Cuando el cociente da menor de 0.4 es decir que hay un excedente en el flujo de amina pura en solución, lo que está repercutiendo directamente en la divisoria de la relación molar y en su caso contrario cuando se encuentra mayor 0.4-0.45 es cuando los ingenieros de operación deben ajustar el flujo volumétrico ya que está siendo en este caso escaso para cumplir la absorción total de los moles de sulfhídrico encontrado en la carga del gas amargo.

Otra problemática frecuentemente en la torre absorbidora es el descuido de la diferencial de presión entre el domo y fondo del equipo el cual no debe superar los 500 gr/ cm^2 para llevar a cabo una correcta absorción, ya que si esto sucede puede indicar platos rotos o caídos e inclusive taponamientos por exceso de Sólidos Totales derivados de la contaminación de las soluciones acuosas de amina, por la deficiente capacidad de filtración del set instalado para este fin.

Por lo que el personal técnico-operativo de una refinería encargado de un proceso no solo deben observar los parámetros operativos de mayor relevancia sino también en los mínimos detalles como este que derivan en la optimización de proceso; el mismo control distribuido tiene el potencial de mostrar con detalle todas las condiciones operacionales de un proceso por eso se



dice que para que una planta sea eficiente debe **CONTAR CON UNA BUENA INSTRUMENTACION;** por lo que es muy importante el departamento de control e instrumentación que muchas ocasiones se deja en segundo plano primero siempre está el operativo, lo cual no debe ser así sino tener una amplia coordinación entre estos departamentos ya que la instrumentación completa y su correcta emisión de las señales al control distribuido, son trascendentales para que los operadores detecten errores en tiempo y forma, e implementar la filosofía de justo a tiempo (just in time) esto es tan importante que incluso evita ACCIDENTES DE TRABAJO.

Otra problemática presentada en las torres de este tipo, es la variación constante del nivel del líquido, el cual debe estar en un 50 % como parámetro ideal, pero este presenta varias fluctuaciones debido a las PERDIDAS QUE SE PRESENTAN DE AMINA que es una de las grandes problemáticas de estas plantas a nivel mundial.

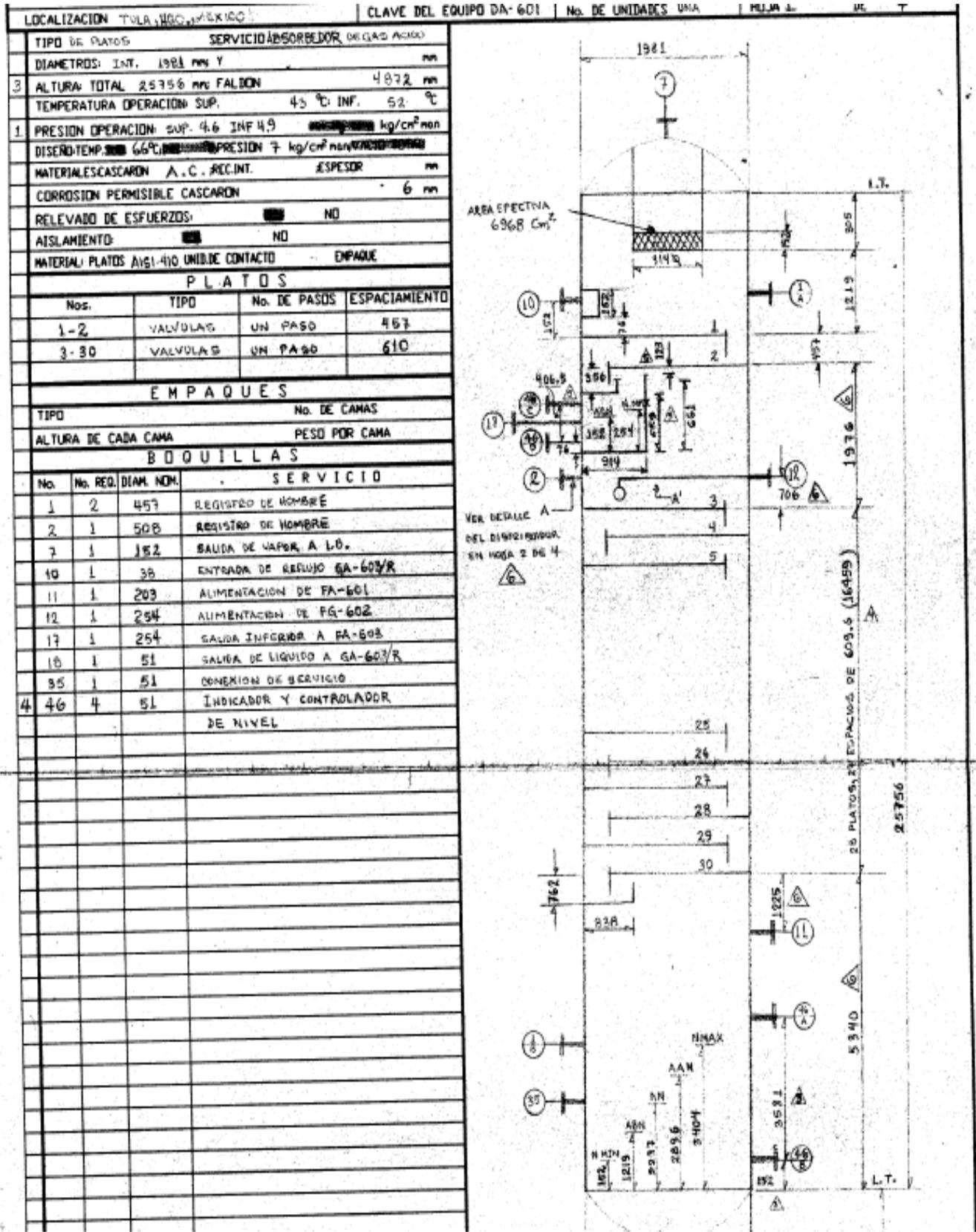
A partir de estas pérdidas el nivel desciende precipitadamente y el operador al observar dicha alarma debe actuar rápidamente para recuperar dicho nivel, pero existe el error más común la cual es una de las peores practicas llevada acaba por el sector operativo, que consiste en regular este nivel mediante CONDENSADO; lo cual es lo mas perjudicial para el proceso, ya que tiene consecuencias catastróficas, porque DILUYE la concentración de la solución acuosa de dietanolamina, que debe de ser de 20 % w.

Por estudios realizados a fondo por los grupos de ingeniería de proceso un punto porcentual de amina es equivalente a 10 tambores de Dietanolamina pura, por lo que, si este es diluido repercute directamente en el costo beneficio de la planta, ya que de acuerdo a la química de soluciones entre mas baje el nivel de la torre, mas condensado se necesitara para restablecer el nivel, pero mas diluirá esta concentración que es la que se necesita para la absorción del H_2S por lo que entre más baje; la relación molar aumentara demasiado lo que significa que las ppm de contaminantes en el gas de endulzamiento aumenta también radicalmente.

Otra problemática presentada en estas torres, es enviar un exceso de flujo volumétrico de solución acuosa de amina pobre a la torre absorbadora, ya que va acompañada de un excedente volumétrico de agua, en una cantidad enorme de metros cúbicos que como hay que recordar representa un 80 % de la solución, lo que además de repercutir en la relación molar, también perjudica que al entrar tal cantidad de agua a la torre el CONSUMO ENERGETICO AUMENTA EXPONENCIALMENTE ya que a la torre necesitara más cantidad de calor para alcanzar las condiciones de presión y temperatura requeridas para efectuar su operación de absorción gas-líquido por lo se ve reflejado directamente en el uso de combustibles y de energía calorífica en Kcal/hr lo cual incrementa.



Fig. 5.- Diseño físico-mecánico estructural interno de Torre absorbidora





CAPITULO II.3-

PROBLEMÁTICAS EN LA TORRE CONTACTORA

Las problemáticas presentadas en una torre contactora son equiparables a las de una torre absorbedora, aquí también es importante mantener una diferencial de perfiles de temperatura $\Delta T = 10^\circ\text{C}$, por lo que aquí radica la dificultad de una minuciosa sincronización; de que tanto la temperatura de entrada del gas amargo hacia la torre absorbedora como el gas-liquido amargo a la torre contactora sean aproximadamente iguales.

Debido a que el circuito de amina pobre sale con una temperatura que debe de oscilar de entre $45\text{--}55^\circ\text{C}$ pero el punto es que esta temperatura será la misma con la que posteriormente se bifurcara a las **DOS TORRES**, ya que esta solución acuosa de amina es la que alimenta a ambas torres lo cual debe de quedar bien en claro; ya que la torre que regenera la amina es la misma, solo hay una existente ya que sería inviable implementar dos procesos independientes en cuanto a estimación de costos presupuestales.

Habiendo asentado estas bases técnicas, entonces para que la diferencial de temperaturas se cumpla para ambas torres de acuerdo a la flexibilidad operacional, la mayor viabilidad se encuentra en ajustar las temperaturas de entrada de las cargas ya que estas son independientes entre sí; pero dependientes directamente de la temperatura de llegada de la amina pobre tal como se muestra en la consiguiente figura anexa.

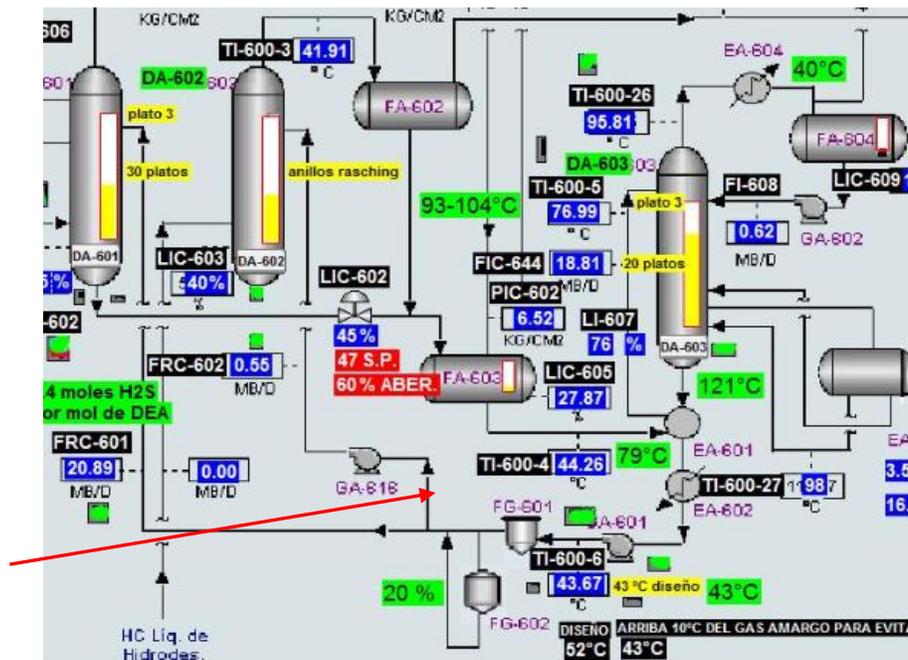


Fig. 6.- Bifurcación de línea de amina pobre a ambas torres

Los problemas que más comúnmente se encuentra en esta torre, es que el personal operativo del Cuarto de Control Centralizado se enfocan mas en cierta medida en la torre absorbedora, por la capacidad de proceso, por lo que en muchas ocasiones descuidan la temperatura de entrada del gas-liquido amargo y pues en consecuencia desemboca en tener Diferenciales de temperatura, hasta de 20°C ; lo que repercute en que la eficiencia de absorción descienda de forma radical



llegando a tener inclusive eficiencias de hasta 80%, lo cual es un numero rojo alarmante ya que el contenido de acido sulfhídrico y de otros contaminantes que llevara el producto saliente es fuera de especificaciones.

Tocando el tema del caso contrario se llegan a encontrar diferenciales de temperatura de operación negativas esto sucede cuando la temperatura del gas amargo rebasa la temperatura del la solución acuosa de dietanolamina pobre, esto principalmente debido a que la temperatura del gas amargo está demasiado alto fuera de parámetros de 29-45 °C, o a que la temperatura de la amina pobre es fría debido a la falla en algunos de los equipos del proceso principalmente en el enfriador previo a la torre contactora o en su caso al fondo de la torre reactivadora por falta de poder calorífico del reboiler lo cual se analizara posteriormente.

Ahora pues, enfocándonos a las consecuencias de esta situación, en primera instancia afecta a la reacción exotérmica, por lo que comúnmente esta anomalía operativa hace que la temperatura con la que sale la amina pobre de la torre contactora sea fría por abajo del parámetro mínimo que es de 50°C; lo que ocasiona que todo el circuito de amina sea afectado, ya que la temperatura de llegada al siguiente equipo que es el tanque flash será menor a la de diseño.

Por lo que no se lograran desgasificar los HC, quedaran emulsionados y seguirán su recorrido hasta la torre reactivadora donde propiciarán ESPUMAMIENTO; así mismo afectando la operación de la planta en general, ya que repercutirá directamente en el diseño de intercambiadores de calor y enfriadores para la temperatura que fueron establecidos, que son los que trabajan con balance energéticos.



CAPITULO II.4- PROBLEMÁTICA PRESENTADA EN EL TANQUE FLASH

Estableciendo primeramente esquemáticamente la conformación de un equipo flash estándar como se muestra en la figura consiguiente:

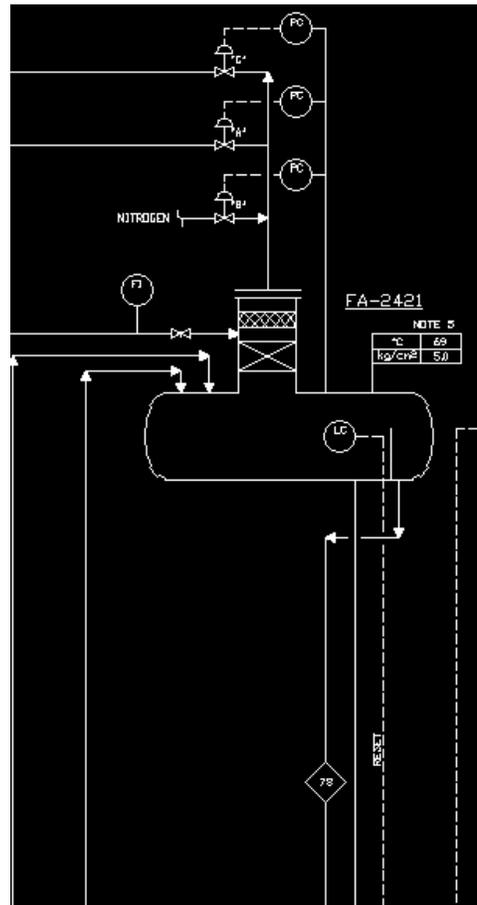


Fig. 7.- Flash de una planta "girbotol"

El principal problema operacional con repercusiones ecológicas que se suscita en un equipo flash, es la de NO PODER DESGASIFICAR LOS HIDROCARBUROS PESADOS; ya sea por dos instancias la presión (P) de operación del mismo no es la adecuada (De acuerdo al diseño del proceso algunos equipos flash, oscila la presión de entre 4.8 a 5.55 kg/cm² y en otros procesos, principalmente en el de torres de alta presión el flash opera de entre 0.780 a 1.1 kg/cm²) o la temperatura de llegada de la solución acuosa de amina "rica", esta demasiado fría que es el problema que se presenta regularmente.

Es propiciado desde atrás en la torre absorbadora, llegando al flash a una temperatura menor de 50°C; entre más alta la temperatura es mejor para desgasear más eficientemente los hidrocarburos, el parámetro debe estar entre arriba de 50 °C a 64 °C de acuerdo a la EXPERIENCIA adquirida en estas plantas.



Otro de los grandes contratiempos presentados por este tipo de equipos por Experiencia, se encuentra desde su diseño; ya que su TIEMPO DE RESIDENCIA es muy corto, la cual debe estar dentro de un límite mínimo de 10 segundos tomando una diferencial de flujo volumétrico desde que una partícula del fluido entra al equipo y hasta que la “misma” sale; ya que este tiempo permite la desgasificación, porque es un tiempo prudente calculado por ingeniería de diseño, y pues en muchas ocasiones no se cumple, ya que tal como se observa en la siguiente figura anexa solo se cuenta con una mampara por lo que el tiempo de residencia solo llega a ser de 5 segundos.

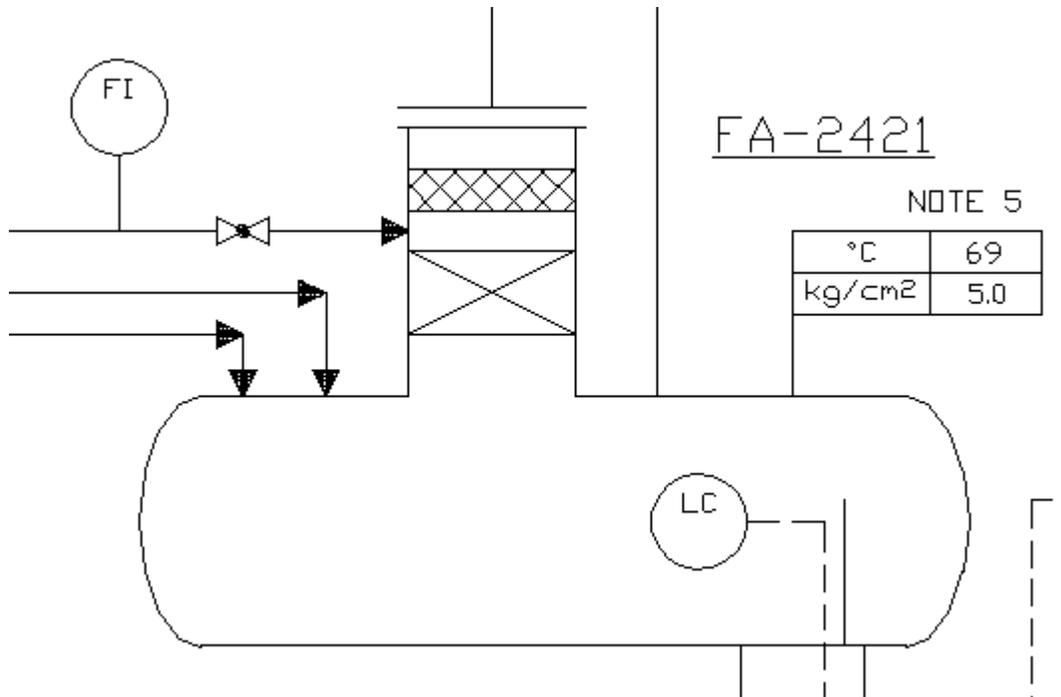


Fig. 8.- Diseño erróneo de un flash desde su Ingeniería estructural

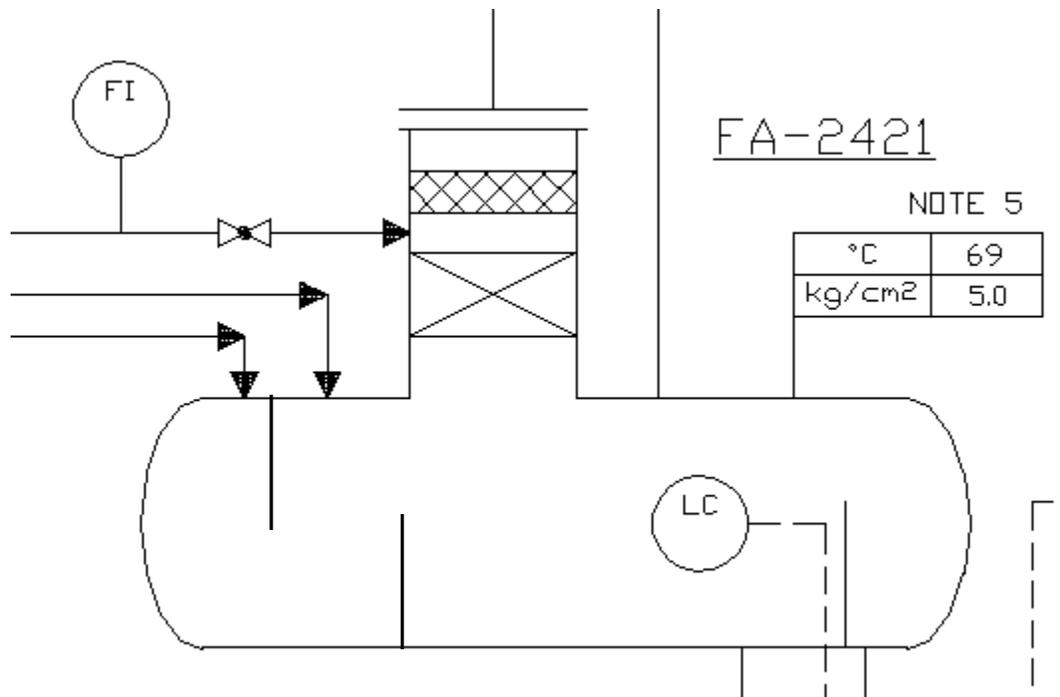


Fig. 9.- Diseño propuesto para aumentar el tiempo de residencia

Para eficientizar la desgasificación de los HC PESADOS

Como se puede observar en esta segunda representación esquemática, cuenta con un mayor número de mamparas internas, lo que permite que el fluido permanezca un mayor tiempo proporcionalmente de RESIDENCIA dentro del equipo; lo que permite que el flash realice con mejor eficiencia su trabajo de desgasificación.

Tal como se observa en la figura, el equipo cuenta con un filtro pequeño de carbón activado en la salida de los gases, esto con la finalidad de retener el ácido sulfhídrico que se pudiesen arrastrar inclusive llega un mínimo flujo volumétrico de amina pobre y se hace una absorción a contracorriente como si fuese una micro torre de absorción; así como cuenta con un Canister para ayudar a eliminar impurezas u otros ácidos, ya que esta línea se va directamente al quemador.

Como se menciona con anterioridad otra de las problemáticas del tipo operacional presentadas en este equipo, es la presión de diseño la cual varía y se sale de límites de control, lo que repercute directamente en que los HC atrapados en la solución acuosa de dietanolamina rica no se desgasifiquen, sino que favorezcan a que continúen en la misma solución ya que no presenta un cambio súbito de presión para llevar una separación tipo flash.



**CAPITULO III.-
PROBLEMÁTICAS EN LA ZONA DE REGENERACIÓN**

CAPITULO III.1

PROBLEMÁTICA EN INTERCAMBIADORES DE CALOR AMINA-AMINA

Este equipo el intercambiador de calor amina pobre-amina rica, es el encargado de minimizar el consumo energético de la planta, para amortizar los costos operativos en cierta medida ya que este utiliza la energía perdida por la amina pobre que necesita ser enfriada para ser enviada a la torre absorbidora; proveniente de la torre reactivadora de entre 119-121 °C y se la otorga a la amina rica; proveniente del tanque flash de entre 50-55°C, la cual necesita ser llevada mediante calentamiento o este caso intercambio de calor mayor a 95 °C para entrar a la torre reactivadora como se observa en la siguiente representación.

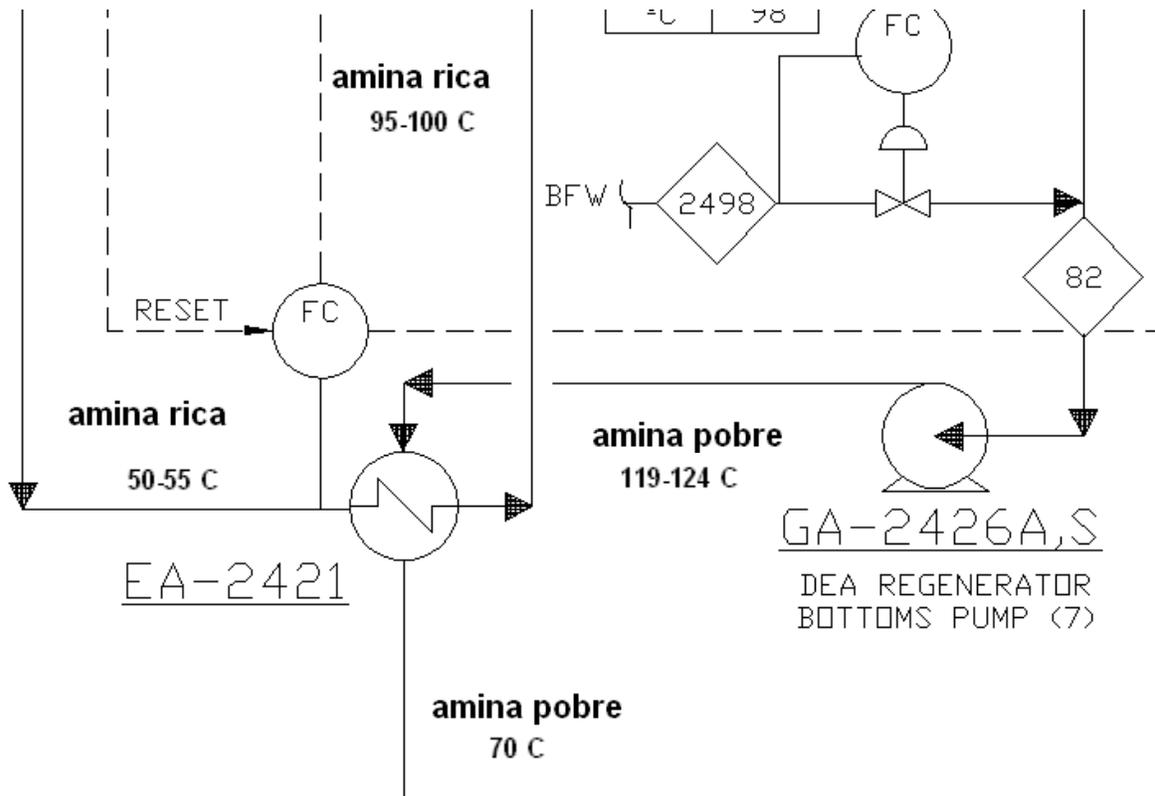


Fig. 10.- Intercambiador de calor amina-amina en planta "Girbotol"



Por lo que una planta de amina que opera óptimamente, tiene un intercambiador calorífico o un sistema de intercambiadores de calor que operan con una alta eficiencia y rendimiento energético, ya que algunos tienen hasta un sistema en serie de 3 intercambiadores de calor bajo diseño como la unidad Hidrodesulfuradora de diesel profundo (HDDV) de la Refinería Miguel Hidalgo; lo cual no siempre significa un eficiente intercambio energético ya que estos enviaban demasiado caliente la amina rica a la torre reactivadora lo que provocaba que el domo de la torre se calentase demasiado provocando arrastre de líquido amina (DEA) hacia el acumulador de agua amarga.

Pero comúnmente, como se sabe en la ingeniería química la problemática que se presenta con mayor frecuencia en los intercambiadores de calor son las incrustaciones en los tubos y lado cuerpo, por contaminantes en las sustancias químicas que manejan en el caso de las soluciones acuosas de amina son los Sólidos Suspendidos Totales o disueltos; así como las sales térmicamente estables entre muchos otros. Los que atacan directamente y provocan deficiencias en el intercambio térmico de las sustancias, por lo que no cumplen los límites de temperatura a la cual deben salir estos; afectando a lo que posteriormente viene en el proceso.

Frecuentemente reciben los ataques de agentes oxidantes siendo precursores de óxidos de hierro, sulfuros de hierro lo que también va provocando que se pierda capacidad de intercambio energético; ya que inclusive paulatinamente van taponando el haz de tubos interno hasta dejar inservible el equipo, propiciando sacar de operación inclusive la planta para limpiar los tubos o cambiar la coraza.

En ciertas ocasiones basado en la experiencia profesional en este tipo de plantas; se observa en las pantallas del Cuarto de Control Centralizado (C.C.C.) que la diferencial de temperaturas de amina pobre no coincide con la diferencial de temperatura de amina rica, es decir; los Grados centígrados que pierde una amina no corresponde a los grados centígrados que GANA la otra lo que significa, una señal errónea transmitida por la instrumentación emitida hacia la pantalla, porque como se sabe la energía no se crea ni se destruye solo se transforma.

La acción que se debe tener constantemente es en primera instancia siempre verificar este valor con los termómetro (TI) colocados en campo; los cuales deben existir, sino deben de ser instalados aunque la tendencia siempre va enfocada al uso de tecnologías que deriven en el control de una planta a distancia no hay como tener un instrumento de campo fiable, "OTRA REGLA DE ORO ES QUE UNA PLANTA SIEMPRE DEBE ESTAR MUY BIEN INSTRUMENTADA YA QUE DE ELLO DEPENDE EL CONTROL OPTIMO DE LA MISMA" como se observa en el ejemplo de la figura contigua; con la finalidad de que el ingeniero operativo pueda corroborar en campo las lecturas con las del control distribuido.



CAPITULO III.2- PROBLEMÁTICAS COMUNES EN TORRES REACTIVADORAS

Así como la torre absorbidora es el corazón de la planta; estas torres del tipo reactivadoras son el RIÑÓN de la planta de amina, ya que es la que se encarga de separar los contaminantes de la amina rica mediante una torre fraccionadora que opera de entre 24-30 platos, como se ilustra a continuación para entender de mejor manera la forma de trabajar de estos equipos de vital importancia en la industria petrolera.

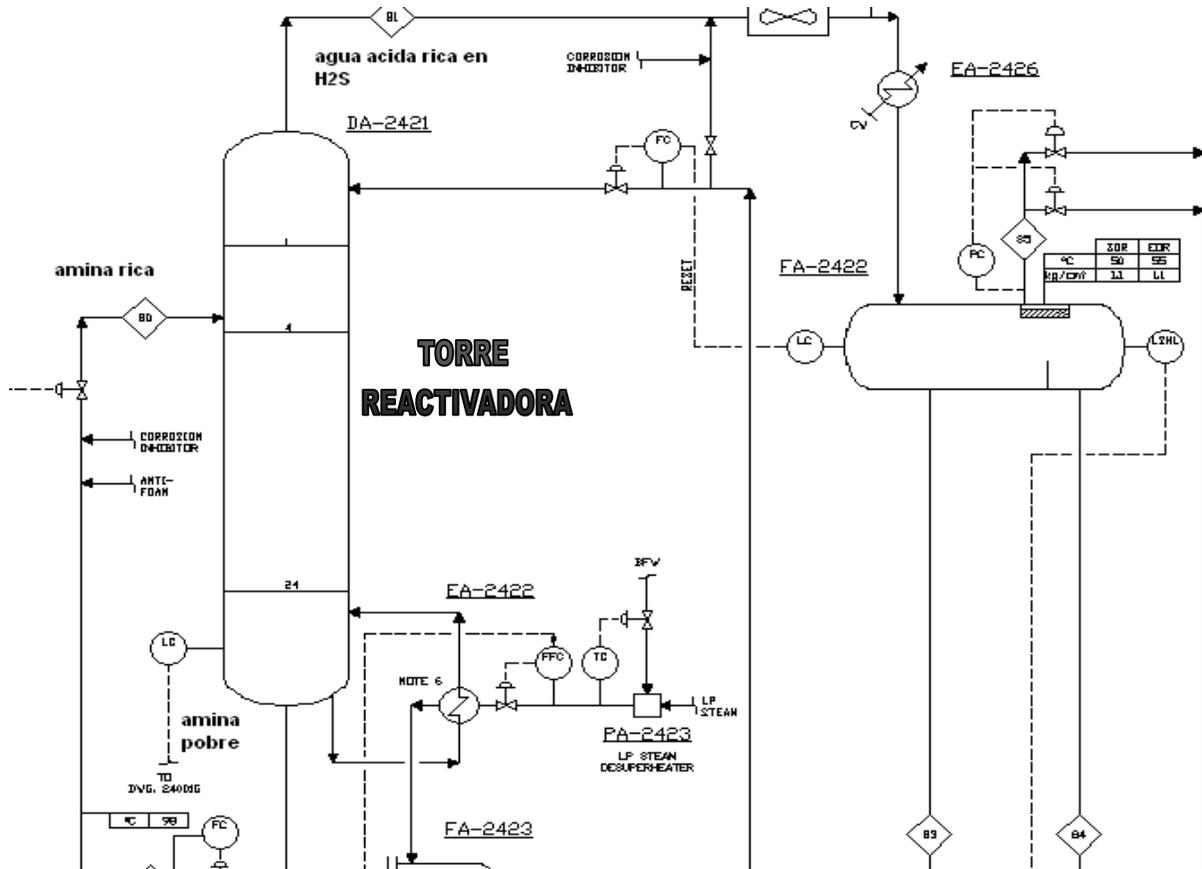


Fig. 12.- Torre Reactivadora de sección de amina HDG

Repasando la forma de operar de estas torres; como se observa la amina rica proveniente del intercambiador de calor, de donde debe salir la amina con una temperatura de entre 95-100 °C, ya que superando dicho límite existirá evaporación de agua con amina la cual se arrastrara al acumulador de agua amarga, donde puede irse en conjunto con el gas acido y taponar la planta de azufre, por lo que la amina rica debe estar dentro de ese parámetro permisible después de salir del intercambiador de calor.

La amina no entra desde el plato superior como cotidianamente se piensa entre el grupo de ingeniería, ya que si uno se fija detalladamente en el esquema previamente plasmado se puede observar que la flecha toca la torre por debajo del plato no. 1, correctamente tiene que ingresar entre el plato 2 y el 3 para evitar que se evapore el agua haciéndose una mezcla de vapor amina arrastrado hacia el acumulador, es por esta razón que se ingresa entre estos platos por lo que la



amina rica va descendiendo por todos los platos realizándose la separación de ácido sulfhídrico y amina agotada; hasta llegar al fondo donde, para realizar una purificación idónea; entra a un recalentador donde en el fondo de la torre se deben alcanzar temperaturas mayores a $121\text{ }^{\circ}\text{C}$ para separar profundamente y terminar de eliminar hacia el domo de la torre reactivadora; el H_2S gaseoso, el cual debe ir con una ALTA PUREZA.

Pues bien, uno de los problemas más comúnmente presentados en estas torres, es la denominada ESPUMACION la cual afecta de manera constante; ha sido objeto de innumerables estudios y congresos a nivel mundial para erradicar el mismo, existen 4 factores principales que propician este tipo de contratiempo:

- 1.- Mezcla de la solución acuosa de amina con HIDROCARBUROS los cuales no fueron eliminados en el Tanque FLASH.
- 2.- Alto contenido de Sólidos Suspendidos Totales y Disueltos en las soluciones acuosas de amina.
- 3.- baja temperatura en el fondo de la torre regeneradora menor a $121\text{ }^{\circ}\text{C}$ y alta temperatura en el domo de la misma mayor a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ lo que aunado correlativamente a la diferencial de presión ΔP mayor a los 0.500 kg/cm^2
- 4.- Velocidad de flujo de llegada a la Torre Reactivadora mayor a 10 ft/s .

Las consecuencias que trae consigo el efecto de la espumación en las torres de Regeneración es PERDIDA DE LA SEÑAL DEL NIVEL del líquido de la misma, por lo que el operario puede percatarse cuando existe espumamiento cuando sus INDICADORES DE NIVEL (LI) oscilan de manera repentina lo cual es peligroso; ya que esta a ciegas, y puede llegar una alarma de bajo nivel (LLA) y alarma de alto nivel (LHA) incluso erróneo desembocando en una confusión general del proceso.

Otra consecuencia con gran repercusión, como ya se ha venido mencionando, con anterioridad es el ARRASTRE DE AMINA HACIA EL ACUMULADOR de aguas amargas; ya que al espumarse es el denominado coloquialmente en la industria de la refinación EFECTO COCA-COLA, donde se “desparra” por el domo todo el líquido de la torre dirigiéndose este hacia el acumulador, donde la AMINA se separa del líquido en forma gaseosa con el ácido sulfhídrico buscando una salida, únicamente por la línea que se direcciona a la planta de azufre, donde provocara el taponamiento de esta planta bloqueando la producción de Azufre elemental; derivado del H_2S de alta pureza el cual al no tener conversión, se direccionara al QUEMADOR donde perjudicara al ENTORNO CIRCUNDANTE como se muestra en el siguiente esquema:

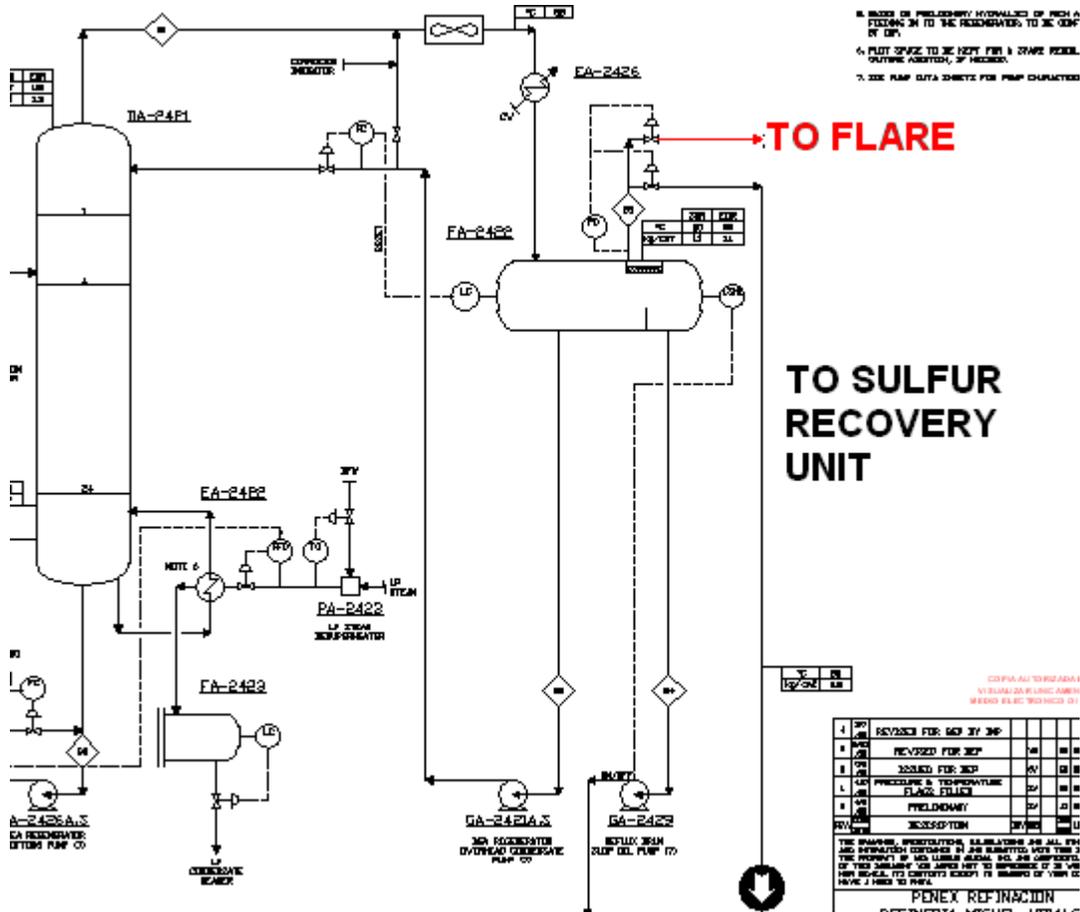


Fig. 13.- DFP Indicativo que al taponarse la planta de azufre el H2S se envía a Quemador directamente esto elevara de forma sustancial las emisiones de NO_x y SO_x a la ATMOSFERA

Y un caso extremo que se llevo a registrar en la década pasada pudiese “apagarse” el quemador propiciando una salida de H2S sin haber tenido combustión; lo cual en pueblos circundantes causaría pérdidas humanas, de flora o fauna circundantes al mismo en un radio de 1 km a la redonda.

Otro de los inconvenientes presentados en este tipo de torre; es que si el flujo volumétrico en GPM o MB/D de amina, el cual ingresa es demasiado lo que se le conoce como una torre INUNDADA, recordemos que en una solución “acuosa” el 80% es agua y el 20 % es dietanolamina, el punto es que el reboiler no alcanza a otorgarle la suficiente energía calorífica para mantener el fondo de la torre con un valor superior a los 121 °C.

No se puede optimizar la torre ya que se podría utilizar mayor cantidad de vapor o en algunos casos se llega a inyectar una línea directa de vapor en el fondo de las mismas, pero repercutiría en el costo beneficio de la planta al utilizar mayores recursos, por lo que en este caso lo prudente para SOLUCIONAR es la de DISMINUIR GRADUALMENTE el flujo de solución de dietanolamina.

Basándose en una RELACIÓN conocida como LIBRAS DE VAPOR/GALONES AMINA la cual se verá más afondo en el capítulo dedicado exclusivamente a los REBOILERS Y SUS PROBLEMÁTICAS, por otra parte sobre la misma línea de cálculo se debe tener en cuenta que del fondo de esta torre



saldará el gasto másico que será enviado la torre ABSORBEDORA por lo que otra forma de calcular el flujo adecuado es basarse en la RELACIÓN MOL mediante balances de materia y energía.

Como se menciona otro de los contratiempos es cuando la solución acuosa de amina rica trae demasiadas partículas de STS y STD el cual el parámetro permisible debe estar entre los límites de <50 PPM para la amina pobre y <100 PPM para la amina rica; ya que muchas veces rebasa este parámetro debido al deficiente sistema de filtración o a la formación de Sales térmicamente Estables; las cuales incrementan las partículas, en una explicación a grandes rasgos se forman por la introducción de oxígeno al sistema el cual forma interreacciones dando lugar a los óxidos de hierro, las mismas sales térmicamente estables, tiosulfuros etc.

Lo que repercute en, no solo espumación; sino grandes daños por corrosión en líneas y equipos que cabe hacer mención, hay varios casos extremos donde las sales térmicamente estables (HSS por sus siglas en inglés) han provocado la muerte o desactivación completa de la solución acuosa de amina ya que hay llegado a incrementar hasta un 10% w como en el caso REAL DE LA HIDRODESULFURA DE DIESEL PROFUNDO DE REFINERÍA MIGUEL HIDALGO como se ve en el análisis físico químico reciente; y la corrosión aumenta como se ve en el incremento fuera de parámetros del óxido de hierro el cual no debe sobrepasar 1 PPM, como se observa el siguiente caso es una contaminación "SEVERA" de las soluciones acuosas de amina de una planta "Girbotol" tabla II:



CASO REAL DE LAS SOLUCIONES ACUOSAS DE AMINA DE LA UNIDAD HIDRODESULFURADORA DE DIESEL PROFUNDO HDDV

Refinería: _____ Miguel Hidalgo _____

Unidad: 4000 - HDD5 _____

Fecha: ____ 04 al 06 de Julio del 2011 _____

Turno: ____ Dos _____

Análisis	Amina Pobre		Amina Rica		PROCEDIMIENTO DE REFERENCIA
	Parámetros	Datos	Parámetros	Datos	
Gravedad Especifica	1.0-1.015	1,044	1-1.015	1,055	ASTM D 1298-99 MAO-OPI-001
Ph	9.5-11	9,26	9.0-11	8,96	ASTM D 1293-99 MAO-OPI-002
%DEA	20-25 %w	10,5	20-25 %w	9,97	MAO-OPI-003 Unión Carbide
%H ₂ S	≤0.02 %mol	0,374	<1.7 %mol	1,088	NMX -AA 084 - 1982 MAO-OPI- 004
%CO ₂	≤0.03 %mol	n/a	≤2.0 %mol	n/a	MAO-OPI-005 Unión Carbide
Contenido de Hidrocarburos	≤1.0 %v	presencia	≤ 1.0 %v	Presencia	EPA 418.1 - 1983 MAO-OPI-006
Comp.Amoniacales (NH ₄)	<1000 ppm	390	<1500 ppm	1480	ASTM D 1426-98 MAO-OPI-007
Sulfuros	<50 ppm	0,322	<50 ppm	0,151	ASTM 4658-92 MAO-OPI-0020
Tiocianatos	<100 ppm	161,0	≤100 ppm	168,0	ASTM D 4193-95 MAO-OPI-008
Cloruros Cl-	<50 ppm	n/a	≤50 ppm	n/a	ASTM 512-89 MAO-OPI-009
Cianuros CN-	<50 ppm	15,3	<50 ppm	60	NMX AA 58-1982 MAO-OPI-0010
Fe Disuelto	<1.0 ppm	15,4	≤1.0 ppm	3,13	HACH - 8008 MAO-OPI-0012
HSS (sales estables)	<1.0 %w	10.1	—	—	MAO-OPI-005 Unión Carbide
Solidos Totales Suspendidos	<50 ppm	1000,0	≤50 ppm	1120,0	ASTM D 6301 MAO-OPI-0013
Tend Espumación	≤10 seg	2 seg = cero	10 ≤ 15 seg	2 seg = cero	MAO-OPI-0014
Conductividad	<10 ms	9,0	≤15 ms	20,0	ASTM D 1125-95 MAO-OPI-0015
Color	AMBAR	café obscuro	AMBAR	café obscuro	MAO-OPI-0017



CAPITULO III.3- PROBLEMATICAS DE ENFRIADORES DE FLUIDO O TIPO SOLOAIRES

Como se recordara por el domo de la torre reactivadora sale el gas acido en conjunto con vapor de agua y algunos otros contaminantes como cloruros, cianuros, sulfuros, bisulfuros, compuestos nitrogenados etc. Lo cual todo este conjunto de forma gaseosa es enviado a un equipo de enfriamiento, con lo cual el objetivo es la condensación de estos contaminantes y enviarlos al acumulador, donde se eliminaran o separaran por completo del H2S gaseoso; el cual se debe enviar con la más alta pureza a SRU.

Entonces pues cabe mencionar que una planta típica comenzó trabajando con un enfriador que utiliza como medio de enfriamiento agua para extraer el calor del fluido corriente por la línea como lo es la unidad 600 de las plantas HIDROS de las refinерías, otras con un diseño más actual utilizan los denominados SOLOAIRES los cuales son un tipo de ventiladores, que utilizan aire como medio de ataque, para lograr el enfriamiento en dichas torres como es el caso de la sección de amina de las Unidades Hidrodesulfuradoras de Diesel Profundo HDDV de la refinерía Miguel Hidalgo.

Otras aun con mayor tecnología como la Unidad Hidrodesulfuradora de Gasóleos HDG utilizan una combinación de ambos tanto un enfriador de fluido como Soloaires de ángulo de ataque lo cual hace al proceso con una alta flexibilidad operacional como se representa esquemáticamente consiguientemente:

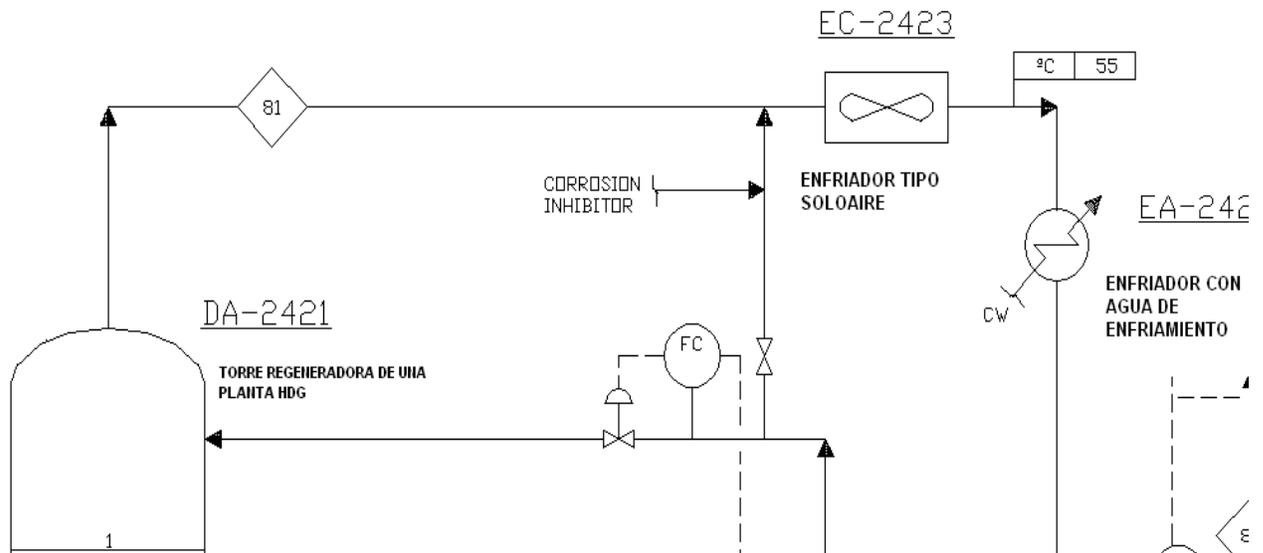


Fig. 14.- Tipos de enfriadores utilizados en una planta de amina



PROBLEMAS PRESENTADOS EN UN ENFRIADOR DE FLUIDO

Comenzando con las problemáticas más comúnmente presentadas con respecto a este tipo de enfriadores; es desde el AGUA DE ENFRIAMIENTO enviada a los enfriadores del domo de la torre reactivadora la cual es de BAJA CALIDAD ya que presenta una alta DUREZA con un alto contenido de Sodio y calcio, tiene una alcalinidad superior a 6.0 ppm, presenta contenido de Óxidos de hierro el cual debe estar bajo un parámetro de 0.5 ppm, su conductividad es muchas veces superior a 2.0 microsiemens, en conclusión todo esto trae como consecuencias un GRAN PROBLEMA DE INCRUSTACIONES.

Habrà que recordar que este también, es un intercambiador de calor que utiliza haz de tubos internos, lo cual arroja también taponamientos y perdidas de tubos así como el agua de enfriamiento presenta el dañino OXIGENO DISUELTO O_2 el cual debe ser de 0.00 ppm; no permite rango de tolerancia en este caso, ya que ataca rápidamente los metales de construcción tanto del lado coraza como del lado tubos, avanzando rápidamente la corrosión sino se cuida la calidad de agua. Por lo que el punto medular es esta agua para enfriamiento, pero recordemos que esta agua viene de las TORRES DE ENFRIAMIENTO como se observa en el siguiente diagrama:

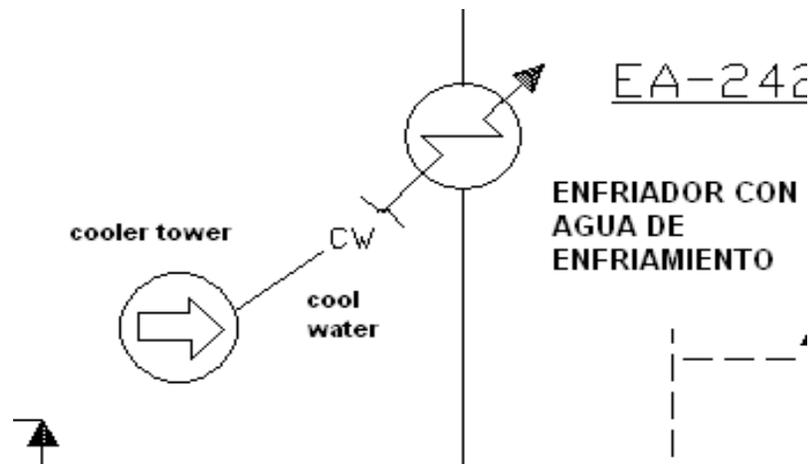


Fig. 15.- Origen del agua de enfriamiento

Estas torres de enfriamiento de las refinerías regularmente tiene grandes problemas de control bacteriológico; así como de contaminantes, ya que por las grandes cantidades volumétricas de agua que procesan se necesitan tratamientos químicos realmente buenos para erradicar por completo estos mismos que se mencionaron anteriormente, los cuales comúnmente utilizan cloro para la eliminación de algunos agentes biológicos dañinos, pero esto trae consigo como consecuencia la formación de cloruros lo cuales son agresivos principalmente para las soluciones acuosas de amina por lo que si se encuentran tubos rotos en un enfriador se realizara un flux másico lo que contamina la amina y los cloruros tacan directamente el poder de absorción de una amina como se muestra gráficamente a continuación:

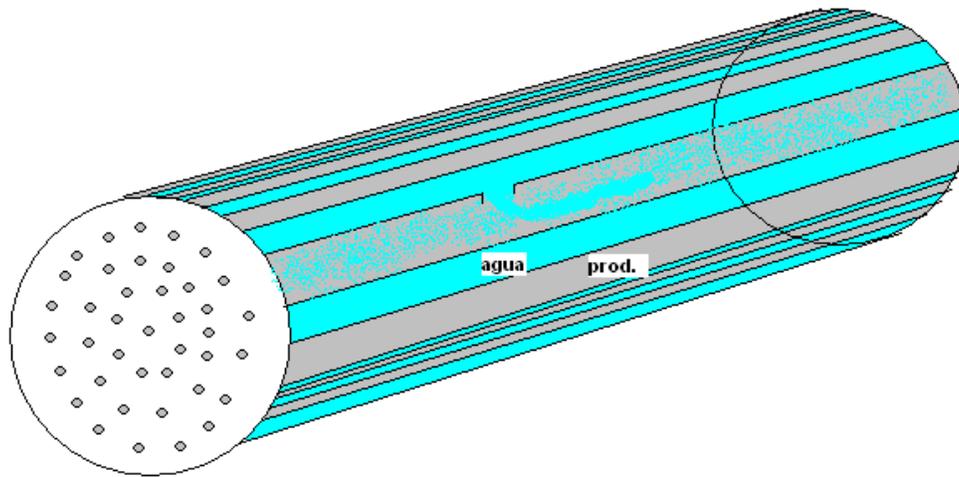


Fig. 16.- Contaminación de productos por tubos rotos por corrosión y erosión

Como bien se observa en la figura, si aunado a la corrosión, el agua de enfriamiento o bien el producto trae demasiados sólidos suspendidos totales o disueltos, estos provocan un EFECTO "LIJA" sobre las superficies metálicas.

Otro problema del tipo operativo presente relativo a estos sistemas de enfriamiento; como se representa:

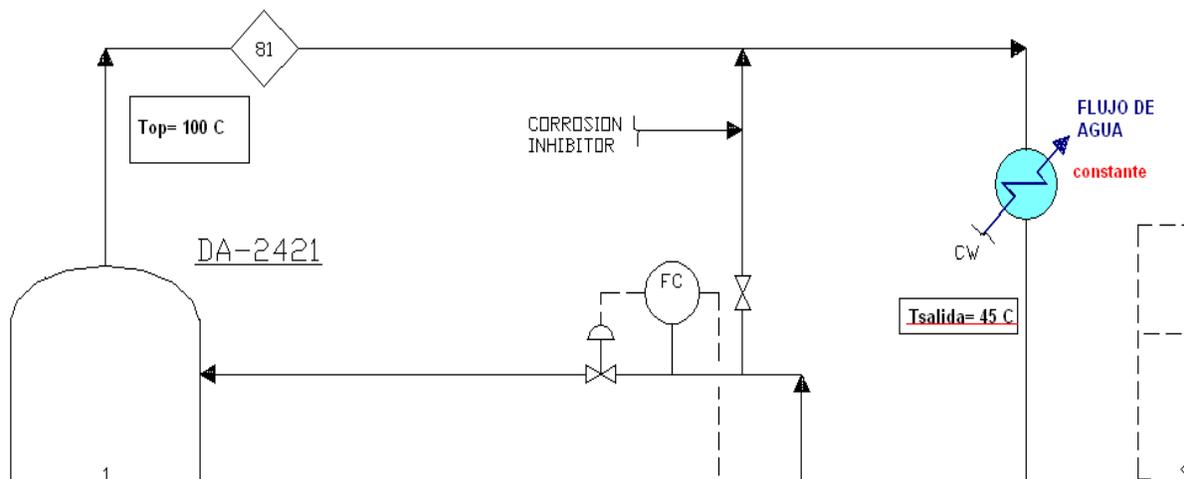


Fig. 17.-Problema de flujo constante de agua de enfriamiento



Es que se sabe que la temperatura idónea con la cual debe salir el gas ácido por el domo de la torre de regeneración es máx. De 100-105 °C, lo cual no permite la evaporación de agua con Dietanolamina, pero cuando se logra el ENFRIADOR como se observa saca el producto con una temperatura de 45 °C; lo cual ya NO ESTA EN PARAMETRO, porque el acumulador para operar de forma correcta debe de trabajar con una condición operacional de temperatura mayor a los 50 °C y como se aprecia, no se cumple, aunque el domo allá cumplido su función el enfriador no lo hace.

El problemas es que este tipo de enfriadores no se les puede controlar el flujo el cual permanece CONSTANTE, por lo que LA SOLUCION PROPUESTA es controlar el flujo mediante una "FLOW VALVE" previamente colocada en la línea de entrada de agua de enfriamiento al equipo de absorción de calor (FV), ya que es un problema regularmente presentado en estos equipos.

Pero esta no existe, por lo que el OPERADOR opta por elevar un poco la temperatura (108-110 °C) del DOMO DE LA TORRE arrastrando amina hacia el acumulador y ya previamente se estudiaron las consecuencias de realizar esta operación lo cual es el taponamiento de la planta de azufre.

PROBLEMAS DE ENFRIADORES TIPO SOLOAIRE

Estos equipos tienen mayor flexibilidad operacional; es por ello que actualmente la tendencia se ha inclinado a su mayor utilización dentro de la industria petrolera, pero son menos eficientes individualmente al momento de realizar su tarea primaria que es el enfriamiento de fluidos por lo que generalmente se utilizan en serie en pares de dos soloaires hasta dos conjuntos y esto genera un problema:

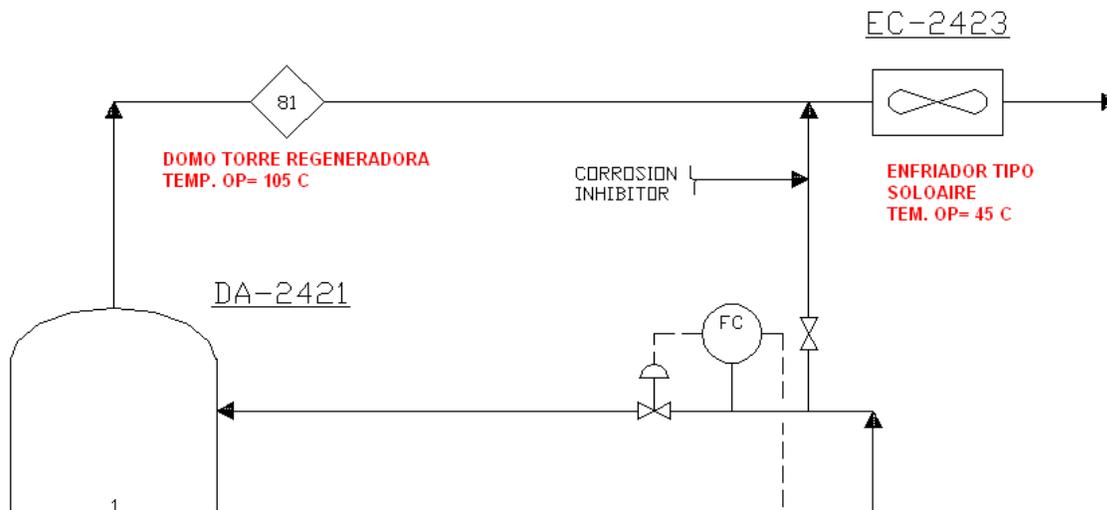


Fig. 18.- Torre Regeneradora con Enfriador Tipo Soloaire

Ya que al querer aumentar la temperatura a la que es enviado el gas ácido-vapor al acumulador de agua amarga se requeriría apagar un soloaire, pero únicamente se puede hacer en serie, por lo que se tendría que apagar un conjunto; la solución que se propone es la de utilizar un MODO OPERATIVO que traen integrado este tipo de equipos que se denomina como ÁNGULO DE ATAQUE que pocos operadores "conocen" donde el soloaire puede ser girado un cierto ángulo hasta de 45° para impedir que el aire le llegue de manera frontal a la tubería de producto logrando desviarlo e



impactando este de manera, que le dé solo de un lado específico propiciando que la TEMPERATURA INCREMENTE dentro del parámetro requerido por el acumulador de agua amarga.

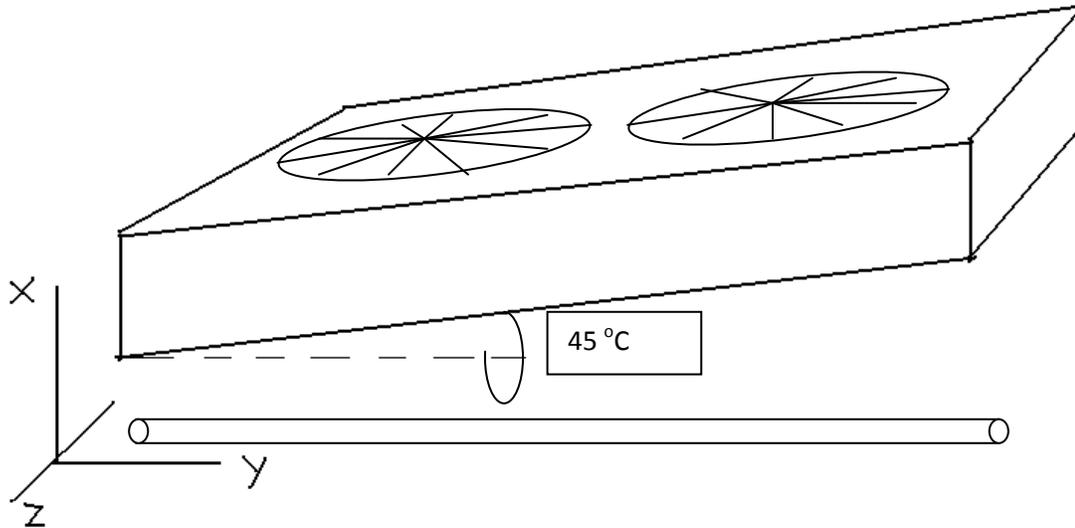


Fig. 19.- Diferentes ángulos de ataque de soloaire a línea de proceso

En conclusión; de acuerdo a las necesidades operativas de una planta de proceso de amina el grupo de ingeniería especializado en el diseño de equipos debe considerar el tipo de enfriador el cual será utilizado o simplemente seguir el ejemplo de la planta con mas tecnología, como la es la Hidrodesulfuradora de gasóleos (HDG), donde se utiliza los dos tipos independientes unos del otro dependiendo si se requiere mayor enfriamiento o en menor medida por lo que los operadores tendrán esa flexibilidad y CONTROLARAN EL PROCESO MEJOR.

CAPITULO III.4-

PROBLEMATICAS DE ACUMULADORES DE AGUAS AMARGAS

Estos juegan un roll demasiado importante, ya que son la “puerta de salida” del producto GAS ACIDO hacia el proceso de recuperación de azufre. Por lo que iniciemos describiendo que son los receptores de la mezcla entre el gas acido-en conjunto con vapor de agua y diversos contaminantes, pero es importante primero observar esquemáticamente donde se sitúan que es después de los enfriadores del domo de la torre regeneradora y las condiciones operacionales a las que debe operar para la correcta desgasificación del H_2S :

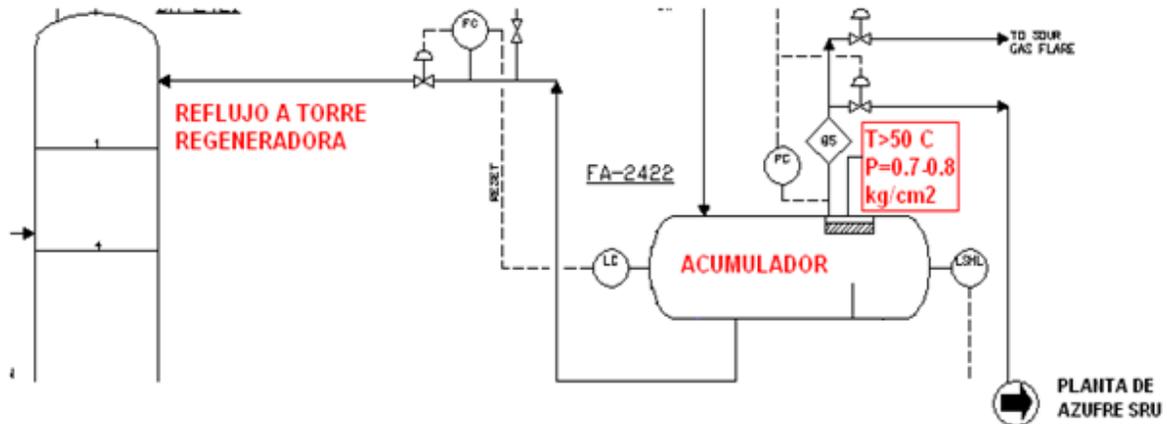


Fig. 20.-Acumulador de Agua amarga de una planta de amina típica

Como se ve en la figura, la temperatura optima de operación de un acumulador es superior a los 50 grados centígrados; pero difícilmente llega a este valor como se ha mencionado previamente debido a que regularmente los operadores no controlan de manera idónea los enfriadores que se encuentran anteriormente, por lo que ese problema no corresponde tanto al equipo del acumulador sino a su antecesor.

Lo que sí; inexorablemente es que la presión si es directamente labor de este equipo, por lo que la presión de forma optima debe ser baja, entra menor sea mejor desgasificara y desprenderá el gas acido del agua amarga, de manera más eficientemente la cual debe oscilar de entre 0.7-0.8 pero esto DIFICILMENTE SE LOGRA cabe observar un análisis REAL directo de una AGUA AMARGA de una sección de amina que es la Unidad Hidrodesulfuradora de Diesel Profundo (HDDV) de la Refinería Miguel Hidalgo (Tabla 3):



AGUA AMARGA HDDV 04-06 DE JULIO 2011

Análisis	Unidad	Parámetros	Datos	Procedimiento de Referencia
pH	---	≤ 7.0	8,05	ASTM D 1293-99 MAO-OPI-002
%AMINA	%w	≤ 1.0	8,4	MAO-OPI-003 Unión Carbide
Cloruros Cl-	ppm	≤ 2.0	55	ASTM D 512-89 MAO-OPI-009
Cianuros CN-	ppm	≤ 50	56,2	NMX AA-58-1982 MAO-OPI-0010
Bisulfuros	ppm	≤ 1500	21196,8	NMX AA--084-1982 MAO-OPI-004 A
Sulfuros	ppm	$\leq 2,000$	23552	NMX AA--084-1982 MAO-OPI-004 A
Comp. Nitrogenados (NH ₃)	ppm	≤ 1500	14800	ASTM D-1426-98 MAO-OPI-007 A
%H ₂ S	ppm	$\leq 2,500$	25024	NMX AA--084-1982 MAO-OPI-004 A
Dureza	ppm	≤ 30	0,0	ASTM D 1126-96 MAO-OPI-0018
Tiocianatos	ppm	≤ 50	2,0	ASTM D -4193-95 MAO-OPI-008 A
Fe Disuelto	ppm	≤ 1.0	0,05	HACH - 8008 , ASTM D-1068-96 MAO-OPI-0012 A
Conductividad	ms	< 15	19,5	ASTM D-1125-95 MAO-OPI-0015
Solidos Totales Suspendidos	ppm	≤ 50	121	ASTM D 6301 MAO-OPI-0013
Color	—	—	blanca turbia	N/A

Esta ejemplificación tomada de un caso real es representativa, ya que en ella se reúnen **todos y cada uno de los problemas Físico-químicos que genera una deficiente operación** arrastrados desde la torre absorbadora y siguiendo todo el circuito de amina hasta llegar al ACUMULADOR DE AGUA AMARGA, por lo que se dedicara todo un capítulo para CORRELACIONAR LO OPERATIVO CON LO FÍSICO-QUIMICO es decir que condición operacional fuera de parámetro consecuencia que el análisis físico-químico salga de parámetro también.



Por ahora solo nos enfocaremos a lo relacionado con lo operacional de acumulador; que perjudica en el agua amarga como se resalta en el análisis anterior; se observa que los bisulfuros están muy FUERA DE PARAMETRO ya que del lado izquierdo podemos observar el parámetro máximo permisible para que esta agua no afecte a la amina a su retorno a la torre regeneradora como se observa:

- Los bisulfuros deben estar por debajo de los 1500 PPM, y en dicho análisis estos se encuentran en una cifra alarmante de 21196 PPM; este problema es ocasionado por LA ALTA PRESION en el acumulador, en este caso se debe encontrar arriba de 1 KG/ CM2 cuando debe de ser por debajo del 0.80 como máximo, el diseño marca que lo idóneo seria de 0.74 KG/CM2, es por ello; que estos compuesto azufrados no logran LIBERARSE en conjunto con el gas acido.
- Los sulfuros se encuentran en un caso similar de 23552 PPM; para los cuales el parámetro máximo es de 2000 ppm, por lo que se encuentra demasiado alejado para cumplir con dicha regla; por lo que en este caso, también se debe a que la presión está muy elevada, IMPIDIENDO LA DESGASIFICACIÓN de estos compuestos también azufrados que deben ser enviados a la planta de azufre.
- LO MAS GRAVE es que el acido sulfhídrico NO SE ESTA DESGASIFICANDO; ya que si realizamos la comparativa entre el parámetro máximo permisible que debe quedar de H₂S en el agua amarga, nos podemos dar cuenta que el límite máximo permisible es de 2500 PPM, no está ni cerca de lo que actualmente existe, 25024 PPM de H₂S se están quedando retenidas en el AGUA AMARGA lo que ya no la hace amarga sino acida
- LAS CONSECUENCIAS de todos estos casos estudiados, es que al tener tantos compuestos azufrados así como H₂S emulsionado dentro del agua amarga, no se desgasificaran retornando a la torre, donde la misma ya no esta teniendo la capacidad de liberar tanto H₂S; por lo que su mayor repercusión está en que CONTAMINA LA AMINA POBRE sacándola fuera de especificaciones el cual debe ser un contenido del mismo menor a 0.05 % mol de H₂S afectando todo el proceso ya que la amina pobre no tendrá la capacidad de absorción que se requiere para el gas combustible.
- **LA SOLUCION** es la siguiente; ahí DOS FORMAS de evitar que esto repercuta en que la solución acuosa de dietanolamina pobre salga FUERA DE ESPECIFICACIONES para ello se ha realizado un Diagrama de Flujo de Proceso:

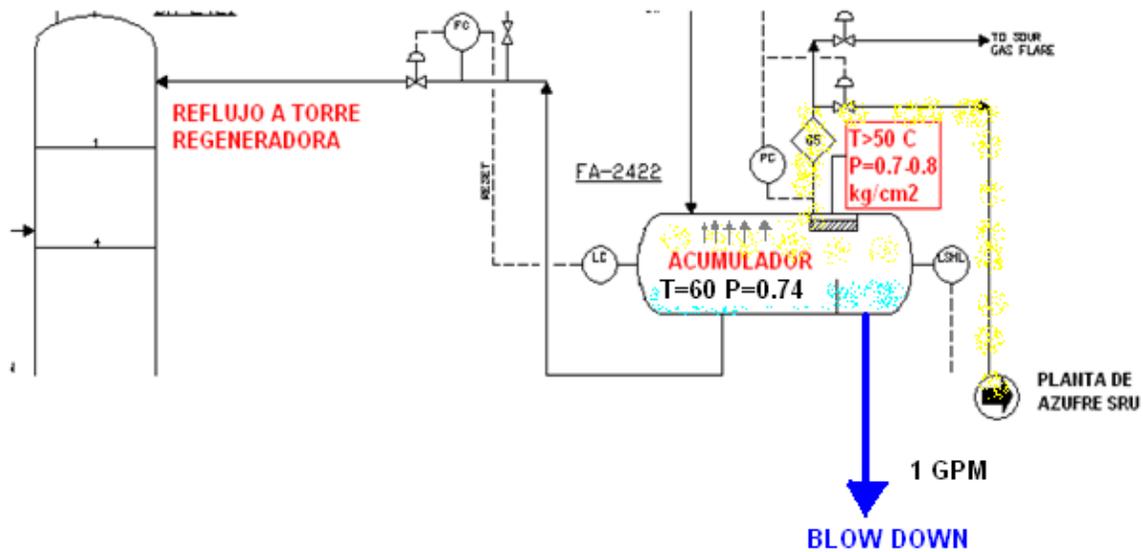


Fig. 21.- Forma de Operar un acumulador óptimamente

Para la mejor comprensión de la explicación; como se observa en la figura anterior LA PRIMERA SOLUCION es la que parece más lógica, que es llevar a las condiciones de diseño OPTIMAS al acumulador para DESGASIFICAR RAPIDAMENTE LOS CONTAMINANTES, que es tener una PRESION DE 0.74 kg/cm^2 y una TEMPERATURA DE $60 \text{ }^\circ\text{C}$ para lograr rápidamente el objetivo de desprenderlos hacia la planta de azufre.

Pero si esto no se puede lograr, ya sea porque la temperatura con la cual envía el producto a los enfriadores es demasiado baja, entonces lo mas viable es ABRIR LA VÁLVULA DE PURGA con un flujo de 1 GPM, para que este reflujo de forma contaminada, no regrese en su totalidad y purgando se eliminaran los contaminantes en gran medida, de hecho aunque no se tenga una contaminación del agua amarga tan severa como en este caso siempre es recomendable mantener un flujo de 1GPM siempre para favorecer el proceso.



CAPITULO III.5-

IMPORTANCIA Y PROBLEMÁTICA FISICO-MECANICAS OPERATIVAS DEL REBOILER

Primeramente enfocándonos al proceso, el Reboiler es el equipo que le ayuda al fondo de la torre regeneradora a aumentar su temperatura, así como a mantenerla de tal forma que siempre se encuentre caliente para estar desgasificando de forma constante los contaminantes por el domo de la torre reactivadora y secuencialmente derivado de esto, su función principal de este; es SACAR CON LA MAS ALTA PUERZA LA SOLUCION ACUOSA DE AMINA POBRE que seguirá el circuito de amina posteriormente hacia la torre absorbidora, establezcamos una representación para apoyarse en el entendimiento y comprensión del tema

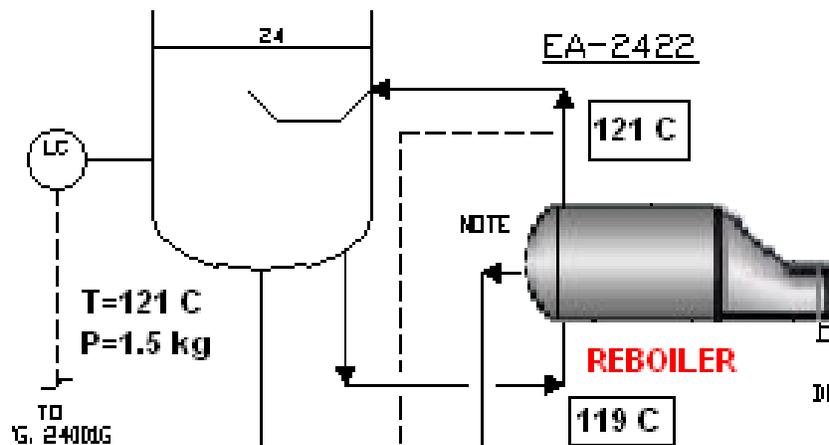


Fig. 22.- Reboiler de una sección de amina típica y condiciones

Como se puede observar el reboiler toma una fracción del flujo volumétrico, el cual es dirigido hacia el equipo, para mantener el fondo de la torre regeneradora en una temperatura de optimización que es de 121 ° C o superior; entre mayor es la temperatura mejor es la regeneración de la solución acuosa de amina pobre, así como la presión del fondo se debe de mantener en 1.5 kg/cm² aquí puede haber un rango de tolerancia de +- 0.100 kg/cm², lo cual si es sumamente importante RESPETAR ES QUE LA DIFERENCIAL DE PRESIÓN $\Delta P < 0.500$ kg/cm², por lo que si se tiene una presión del domo de la torre de 0.9 kg/cm² en el fondo debe existir una presión de 1.4 kg/cm² y así correlativamente dependiendo de las presiones presentadas.



Ahora bien el punto medular para el óptimo funcionamiento del reboiler es el VAPOR DE CALENTAMIENTO DE BAJA PRESION el cual es de $3 \frac{1}{2}$ kg/cm² como se esquematiza a continuación:

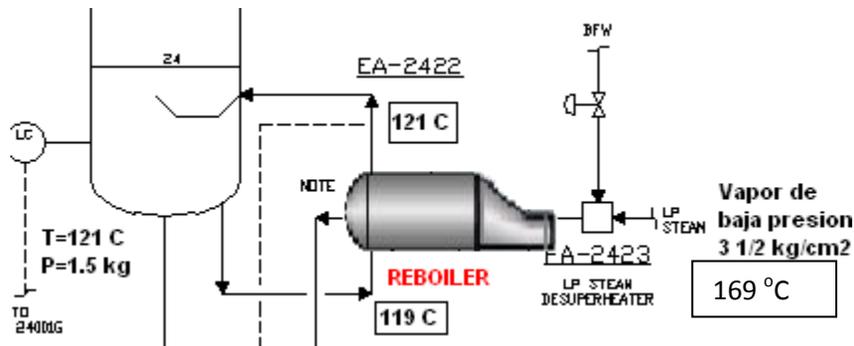


Fig. 23.- El intercambio calorífico se da con vapor de baja presión

Tal como se ve en la figura el intercambio de energía calorífica, se realiza con vapor de baja presión de 3.5 Kg/cm^2 el cual viene a una temperatura de $169 \text{ }^\circ\text{C}$, por lo que al tener el intercambio energético, calienta y mantiene la temperatura de la amina pobre saliendo por el fondo de la torre y regresando el resto a la denominada CUBETA de recepción.

Pero NO todo es tan sencillo como parece, ya que el VAPOR DE BAJA PRESION sino es recibido desde servicios auxiliares con la presión exacta; si este llega a la planta principalmente con menor PRESION de la que se requiere, puede ocasionar hasta un PARO DE PLANTA NO PROGRAMADO por eso es tan IMPORTANTE enviar el Vapor con la presión ADECUADA, ya que empieza haber fluctuaciones de inestabilidad en toda la planta NO SOLO EN LA SECCIÓN de amina.

El otro punto que es fundamental para mantener el fondo de la torre de regeneración de la solución acuosa de dietanolamina pobre, es mantener la temperatura del vapor de llegada al recalentador dentro de $169\text{-}170 \text{ }^\circ\text{C}$, como se menciona anteriormente pero es importante ser redundante en ello; ya que si esto no se cumple al realizar el cálculo de transferencia de calor difícilmente alcanzara el fondo los 121 grados centígrados como mínimo.

PERO SOBRE TODO LO MÁS IMPORTANTE EN UN EQUIPO REBOILER Y QUE MARCARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL PROCESO ES LA DENOMINADA **RELACIÓN LB DE VAPOR/ GAL DE AMINA**, la cual se describirá a detalle a continuación:

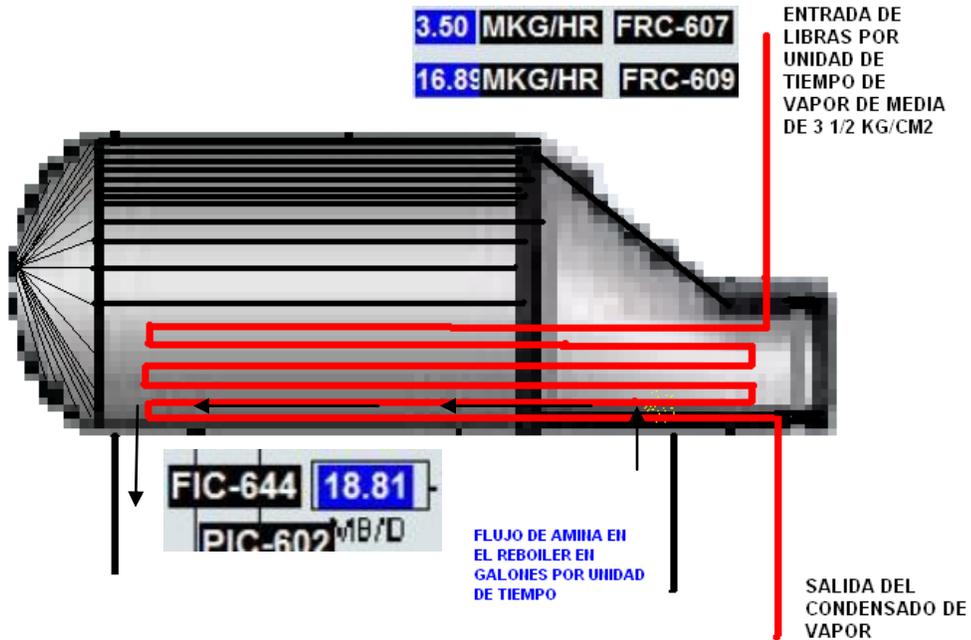


Fig. 24.- Funcionamiento interno de un Recalentador

La imagen que se muestra en la parte superior es un ejemplo de un reboiler típico de la unidad 600 Hidros II y se tomo en un instante determinado, congelando los datos que arrojaba el control distribuido de ese mismo recalentador, los cuales se tomaron como base para el cálculo de la RELACIÓN LB/GAL = 0.8-1.1

Como bien lo indica la formula se debe primero extraer las Libras de vapor, que están entrando al equipo, que tal como lo arroja el sistema de control comúnmente se encuentra en un FLUJO MÁSSICO pero se debe poner mucha atención ya que lo da en Sistema Internacional, como se puede ver se encuentra en MKG/HR:

$$16.89 \text{ Mkg} = 16,890 \text{ kg} = 37158 \text{ libras/hr}$$

$$1 \text{ kg} = 2.20 \text{ lb}$$

Una regla muy importante al realizar este cálculo es que nunca se debe perder de vista la UNIDAD DE TIEMPO como en este caso hacer coincidir las HORAS CON LAS HORAS para eliminarse entre si.

Ahora bien; ya teniendo extraído el valor de las libras de vapor, es decir el gasto másico ingresando al recalentador, ahora se procede a la extracción de los galones de amina, para posteriormente realizar el cociente, y se debe poner atención, ya que como se puede dar cuenta se encuentra en MB/D.

$$18.81 \text{ MB/D} = 18,810 \text{ B/D} \times 159 \text{ LITROS DE CADA BARRIL} = 2,990,790 \text{ LTS}$$

$$\text{Como } 1 \text{ GAL} = 3.785 \text{ LTS}$$



2990790 LTS/ 3.785 LITROS DE CADA GALON= 790169 GAL POR DÍA

POR LO QUE SE DIVIDE ENTRE 24 HRS= 32923.71 GAL/HR

$$\frac{\text{RELACIÓN= 37158 LB-HR}}{32923.71 \text{ GAL-HR}} = 1.1$$

POR LO QUE SE CONCLUYE QUE ESTE CASO LA RELACIÓN CUMPLE EL PARAMETRO PREVIAMENTE ESTABLECIDO.

Es decir la cantidad de vapor está siendo “SUFICIENTE AL FLUJO DE AMINA PASANDO POR EL EQUIPO”

Pero en esta misma torre, se ha presentado el caso en que la alimentación de solución acuosa de dietanolamina se encuentra hasta en 30 MB/D lo cual también es REAL; por lo que si hacemos el cálculo con este flujo de amina y con la cantidad de vapor anterior la cual se observó también en el control distribuido que permaneció constante.

Convirtiendo los 30 MB/D a galones por hora

$$30\ 000 \text{ B/D} \times 159 \text{ L/B} = 4770000 \text{ L/D} / 3.785 \text{ L/GAL} = 1260237.78 \text{ GAL/D}$$

Entre 24 horas = 52 509.90 gal/hr

$$\frac{\text{RELACIÓN= 37158 LB-HR}}{52509.90 \text{ GAL-HR}} = 0.70$$

En este caso REAL tomado de los datos del control distribuido la solución acuosa de dietanolamina estaba AHOGANDO la torre; ya que como se ve en el resultado anterior los GALONES DE AMINA superaban de forma radical EL VAPOR, EL CUAL YA NO ERA SUFICIENTE para mantener caliente dentro de los 121 °C el FONDO de la torre; ya que había demasiado fluido pasando por el reboiler, la consecuencia de esto fue que la temperatura del fondo disminuyó hasta un valor de 116 °C con lo cual la amina pobre sale con demasiado ácido sulfhídrico H₂S hacia la torre absorbidora.

Una SOLUCION PROPUESTA sería aumentar el flujo másico de vapor hacia el equipo, con lo cual se lograra que la relación quede 1:1 por lo que se tendría que tener un aumento de Libras de vapor a 50 000 lb/ hr para lograr que dicha relación quede nivelada.

Por lo que la acción inmediata que le corresponde al operador especialista es mediante el controlador de flujo, permitir el acceso de vapor a la torre para elevar la RELACIÓN rápidamente e inhibir que el ácido sulfhídrico descienda y salga en conjunto con la amina pobre, pero esto habrá que decirlo repercute en el COSTO-BENEFICIO ya que se utiliza mayores servicios auxiliares.

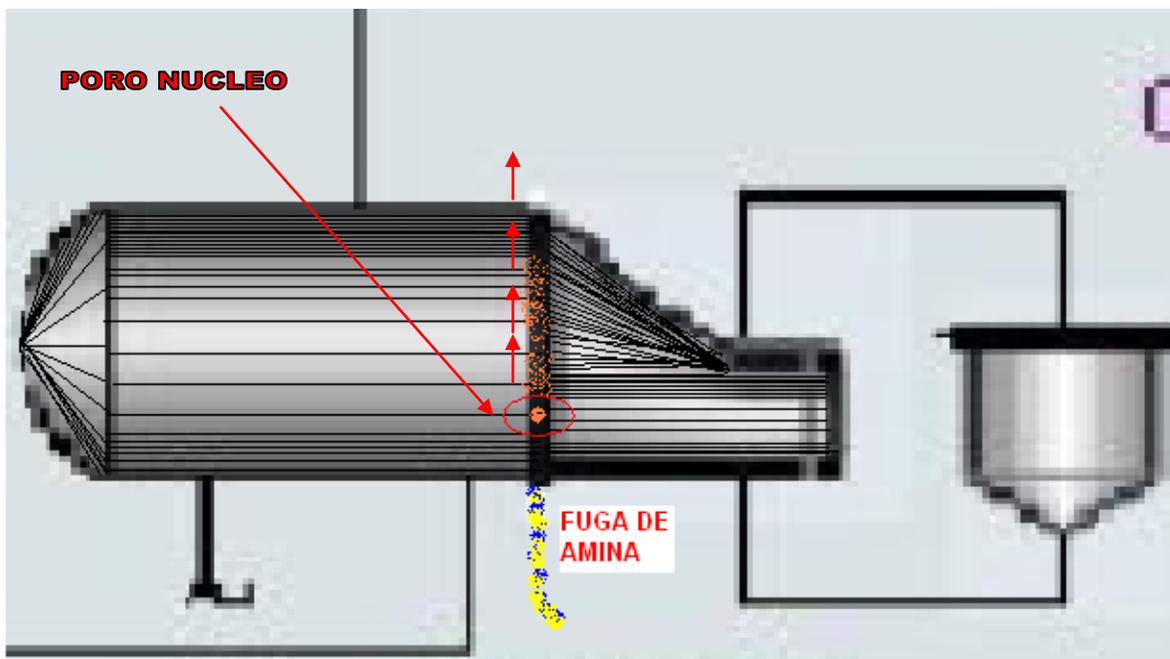


Por lo que; viéndolo por el lado de la OPTIMIZACION la mejor elección es DISMINUIR EL FLUJO DE AMINA, ya que se esta teniendo un exceso de agua, que es el 80% de la solución acuosa de amina.

Existe la idea, que cuanto MAS AMINA, MAYOR ABSORCION LO CUAL ES COMPLETAMENTE ERRONEO, como se demuestra en la RELACIÓN MOL Y LA RELACIÓN REBOILER.

Por lo que disminuyendo el flujo de amina se reducirán el gasto de recursos y se AUMENTA LA CALIDAD DE LA AMINA DE SALIDA.

Bien ahora; hablemos de un problema muy fuerte suscitado en la unidad HDDV en meses pasados denominado la corrosión CREVISE, la cual es provocada por el ataque de los compuestos nitrogenados que vienen en la carga; los CUALES DERIVAN EN HIDROGENO ATÓMICO H^+ haciendo un efecto de picaduras en los equipos, la localización de esta corrosión se presento en los cordones de soldadura, como se muestra a continuación provocando un “poro” en el mismo este tipo de ataque cuando se concentra en los cordones de la soldadura son de cuidado ya que estas AVANZAN PROGRESIVAMENTE afectando paulatinamente a todo el cordón como si se tratase de un virus hasta terminar con el debilitamiento de todo el mismo.



En este caso el poro inicio en un punto localizado del cordón del equipo, para posteriormente crear un hueco cavernoso en el mismo propiciando que el material metálico fuese extraído del mismo, convirtiéndose en oxido ferroso o en sulfuro de fierro contaminando a la amina mientras este se convertía en el núcleo central del ataque de la corrosión tipo crevise; desde el cual progresaría hasta terminar en corrosión erosiva de la mayor parte del cordón como se muestra es teniendo como consecuencia la mayor repercusión que puede existir que es **EL PARO DE PLANTA TOTAL**.



CAPITULO IV.- PROBLEMÁTICA EN LA ZONA DE PURIFICACIÓN Y PREPARACIÓN

CAPITULO IV.1.-

VITAL IMPORTANCIA DE UN SET DE FILTRACION Y SU PROBLEMAS

La importancia de estos es incuantificable en términos del COSTO-BENEFICIO; ya que son los únicos “ESCUDOS PROTECTORES” que tiene la planta Girbotol para protegerse de los SÓLIDOS suspendidos totales y disueltos generados por la formación de óxidos de hierro, sulfuros de hierro, carbonatos, oxalatos etc. así como los directamente provenientes en la carga, los cuales provocan ESPUMAMIENTO en las torres de absorción y de regeneración; a continuación se presenta un diagrama de flujo de proceso seccionado de esta parte de filtración:

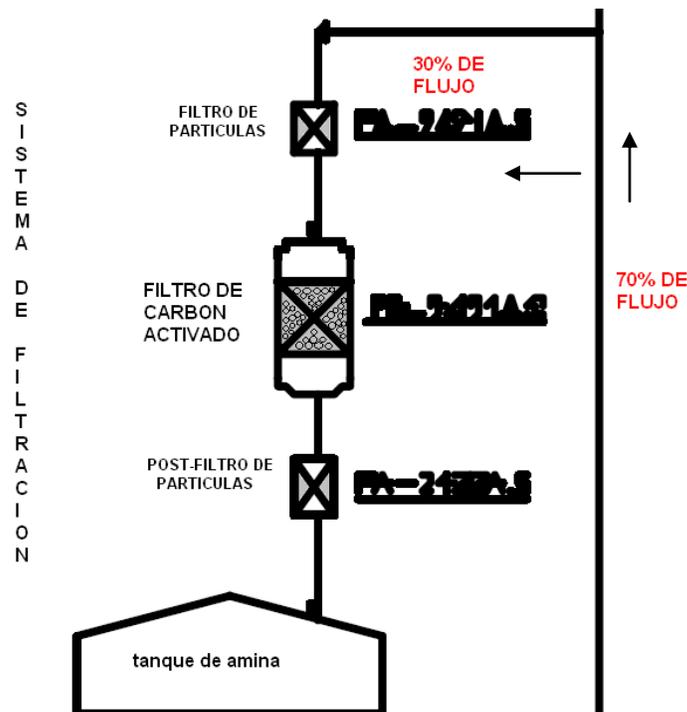


Fig. 25.- Sección de filtración óptima de una planta de amina típica

“OTRA DE LAS DIEZ REGLAS DE ORO ES TENER UN COMPLETO Y OPTIMO SISTEMA DE FILTRACIÓN CON SU RESPECTIVO RELEVO” para nunca dejar desprotegido la sección de amina como se representa:

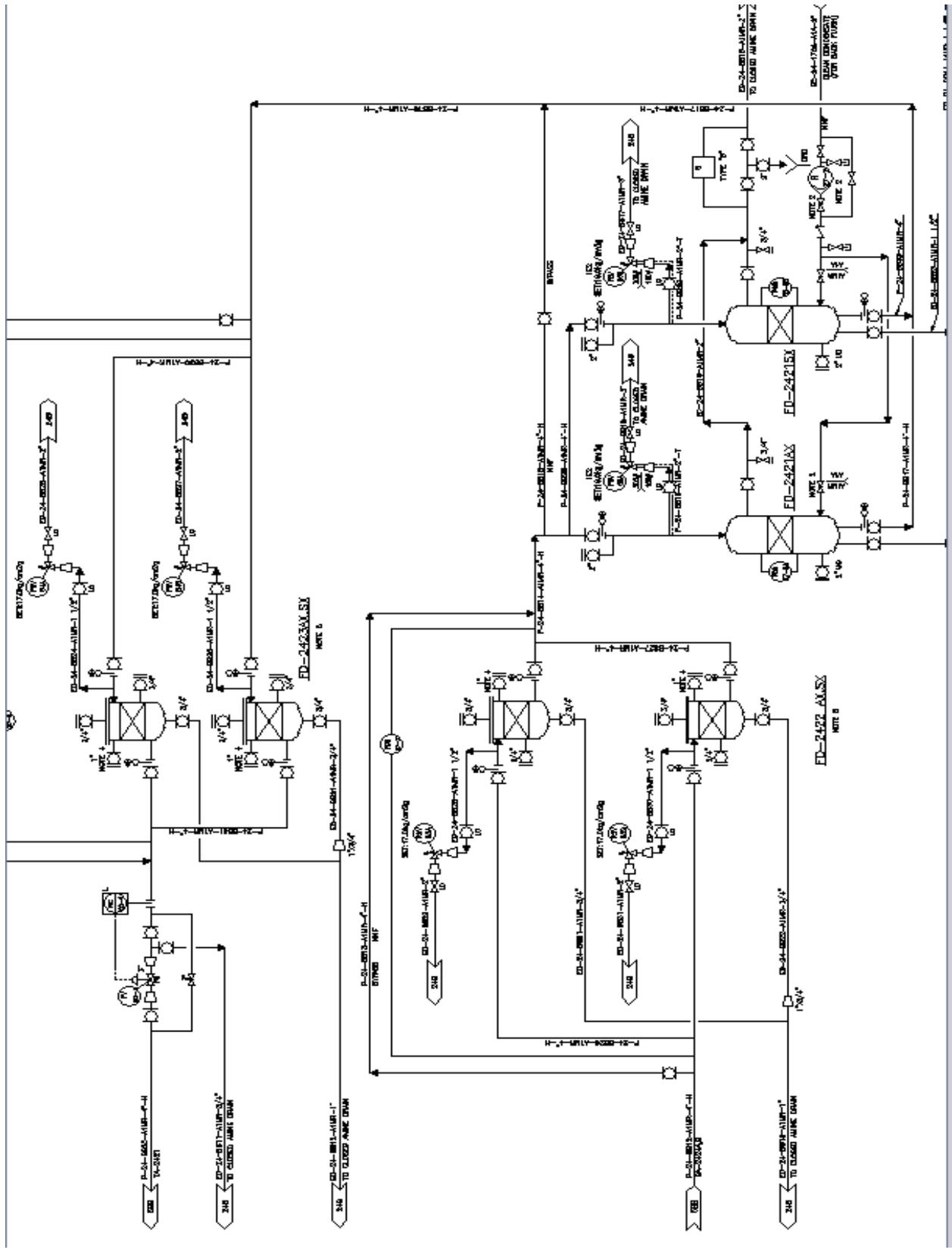
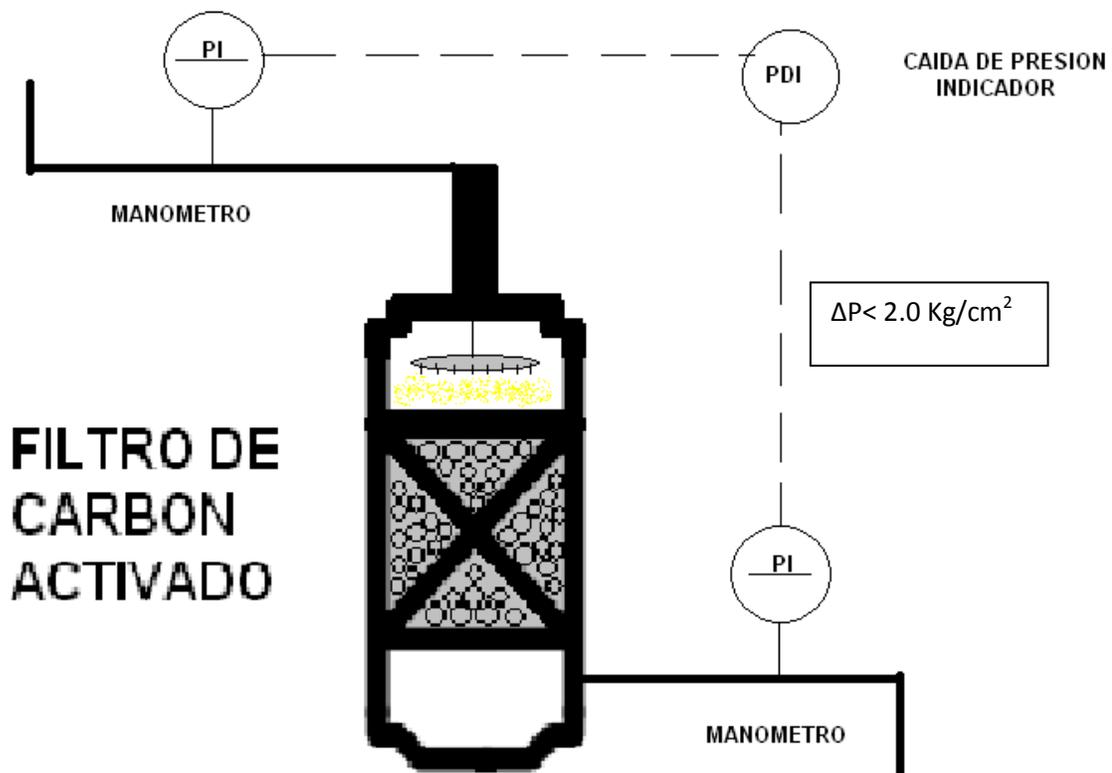


Fig. 26.-"Sistema de filtración completo y con relevo de cada filtro con by-pass"



Un sistema de filtración, como lo representa tácitamente la ilustrativa, es importante que no se sobresaturen haciéndoles pasar todo el flujo, sino que la regla primordial para su operación es permitir el paso de **30% DEL FLUJO únicamente**, para evitar que estos se ROMPAN o sufran alguna alteración física como la ruptura de los cartuchos o elementos filtrantes.

La segunda regla más importante, pero no por ello de menor prioridad es monitorear **diariamente la caída de presión**



Se debe tener muy bien instrumentado el filtro de carbón activado así como el pre y post filtro de partículas, lo cual es el principio básico sino no se podrá monitorear diariamente su caída de presión. La cual no debe **superar los 2 Kg/cm²**, por lo que el personal técnico-operativo debe seguir una rigurosa estadística diaria para predeterminar con anterioridad, cuando estos hayan llegado a su límite de saturación de retención de sólidos.

Esto está sustentado, porque que cuando la diferencial de presión de los sistemas de filtración se encuentra por debajo del límite de 2 Kg/cm² estos retienen sólidos de manera eficiente; pero cuando esta, se encuentra en incremento la filtración de los sólidos disminuye, esto debido a que la lectura de los manómetros de entrada contra la salida cada vez se hace mas amplia; lo que significa que los sólidos han empezado a saturar el elemento filtrante ya sea tipo "CARTUCHO" O DEL TIPO CANASTA" como en la ilustración que se muestra a continuación, el cual es la representación de un elemento filtrante tipo cartucho :

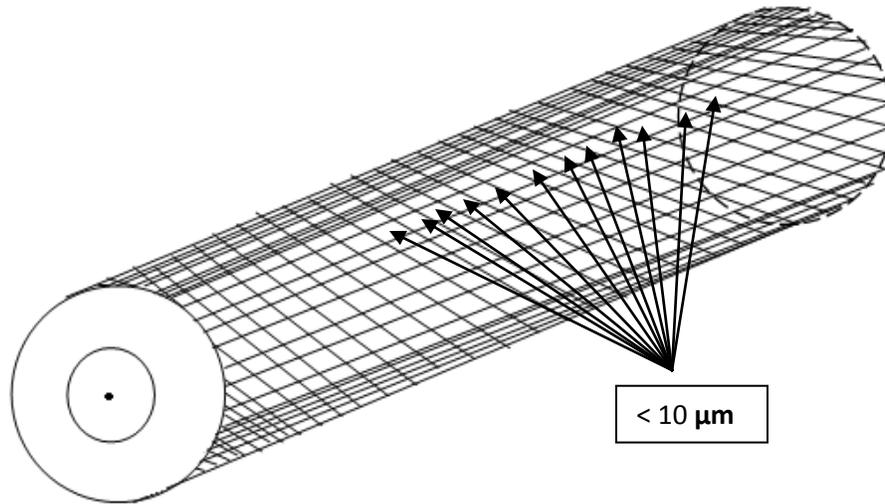


Fig. 27.- Elemento filtrante tipo cartucho de sistema de filtración

El cual se debe cerciorar minuciosamente con el fabricante que el **tamaño de malla filtrante sea menor a 10 micras**, ya que se ha encontrado la problemática que en algunas plantas como la unidad 600 de Hidros II, se llegan a encontrar mallas de **50 μm MICRAS** lo cual es un poro demasiado grande que deja PASAR DEMASIADAS IMPUREZAS hacia la torre absorbidora provocando su espumación, haciendo ineficiente la ABSORCION GAS-LIQUIDO.

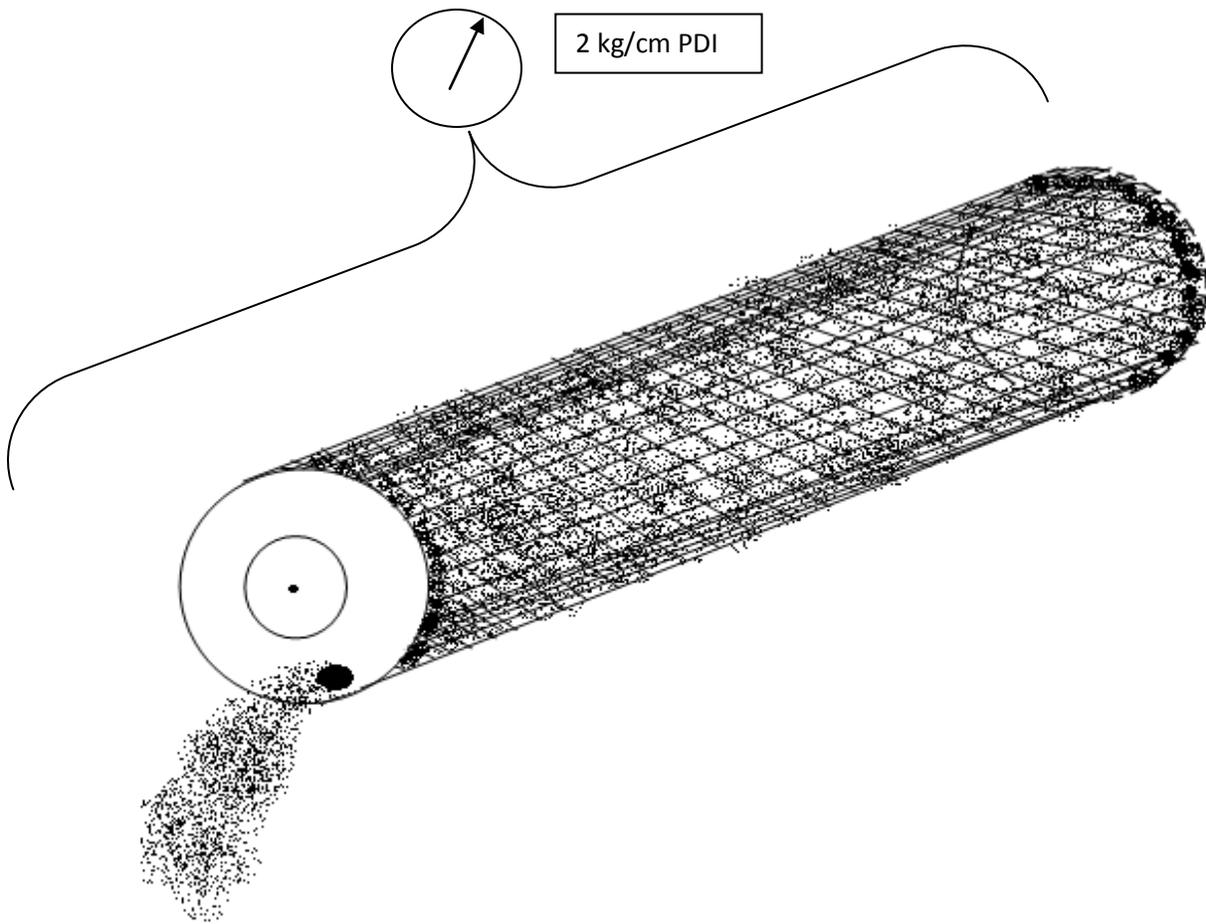


Fig. 28.- Saturación de un elemento filtrante tipo cartucho

El significado de la representación previa, es la saturación de SÓLIDOS de un elemento filtrante del tipo cartucho de un filtro; ya sea horizontal o vertical, como se puede apreciar el instrumento en este caso un Indicador de Presión Diferencial (PDI por sus siglas en ingles Pressure Differential Indicator) marca ya una caída de presión de 2 kg/cm^2 lo que significa que **el filtro debe ser by-paseado y los elementos filtrantes deben ser cambiados.**

Las consecuencias de no hacer caso a la lectura de los instrumentos son graves, porque como se puede visualizar al pasar desapercibida la caída de presión; el cartucho sufre una **ruptura** Y secuencialmente “contamina” la solución acuosa de amina, en este caso en lugar de ayudar al proceso se vuelve a la inversa empieza a regresar al sistema todo lo que retuvo, como son óxidos de hierro, sulfuros de hierro etc. Por lo que en los análisis físico-químicos los sólidos aumentan radicalmente.

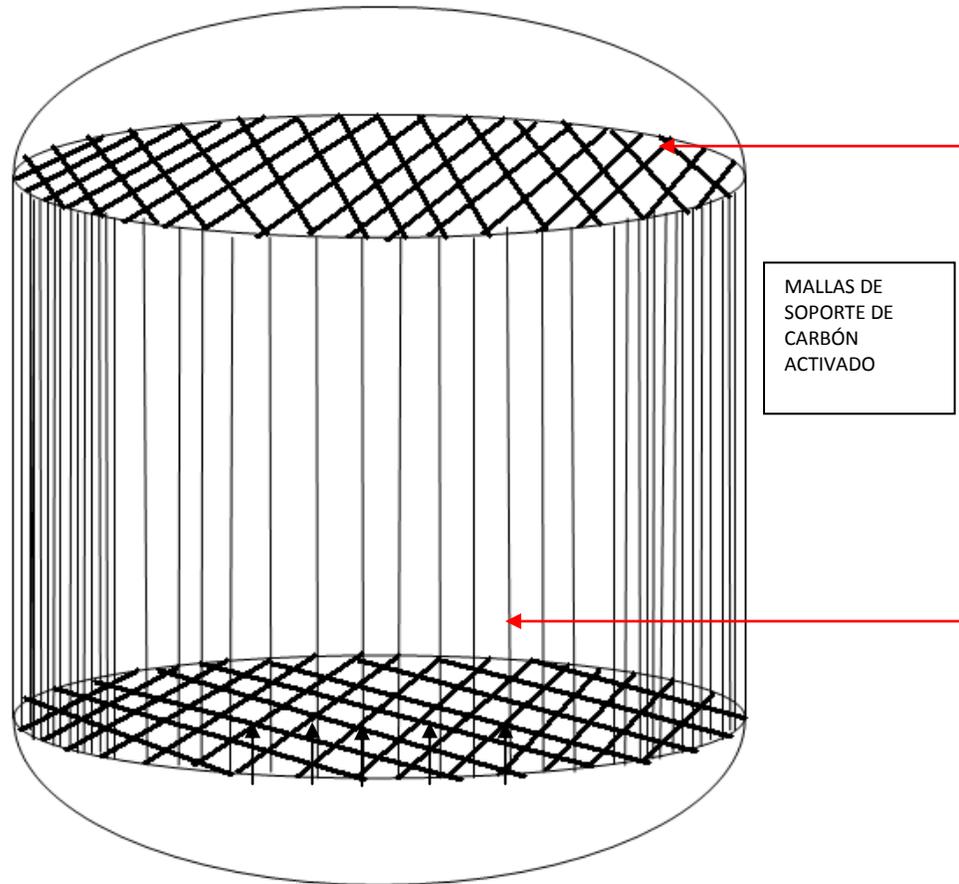


Fig. 29.- Interior de un filtro de carbón activado

Ahora bien; un punto primordial para el proceso son los filtros de carbón activado, los cuales son los únicos que FILTRAN PARTICULAS POR DEBAJO DE LA 1 MICRA; es por ello que son tan esenciales además de clarificar la amina, por esta razón es que ondearemos en ellos

La forma en que el **carbón activado es cargado y colocado** debe seguir un procedimiento riguroso, así como poner mucha atención en la **colocación de las mallas de soporte del carbón activado** ya que estas parecerían ser iguales pero no lo son, ya que posee una MAYOR RESISTENCIA LA DE LA PARTE INFERIOR porque esta debe soportar todo el peso del carbón activado, y la de la parte superior su característica es que es más liviana y tiene una mayor capacidad de aspersion del fluido para repartirlo sobre toda la cama de carbón y así evitar CANALIZACIONES.

Una problemática presentada hace un año en la unidad Hidrodesulfuradora de Diesel Profundo HDDV de la Refinería Miguel Hidalgo fue que el grupo de ingeniería realizo un cambio de carbón activado el cual había llegado su límite de saturación.



AMINA POBRE CORRIENTE

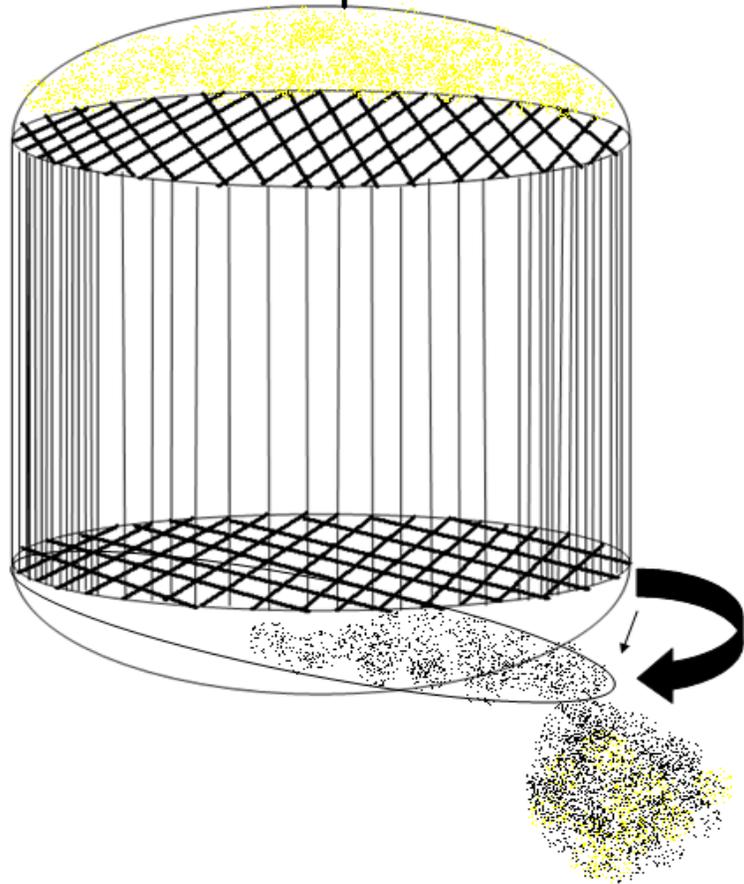


Fig. 30.- Contaminación de solución acuosa de amina por ruptura de malla de soporte

Por lo que al realizarse el cambio del mismo y no seguir el procedimiento de cargado; de acuerdo al manual de operación de la planta, así como **poner inversamente las mallas de soporte DEL CARBÓN**, instalando abajo la que no tiene la capacidad de soportar el tonelaje de carbón activado se venció y se mezcló con la solución acuosa de amina creando una contaminación, donde los **SÓLIDOS** en los análisis físico químicos se elevaron hasta **2000 PPM** además de que la coloración de la amina se tornó **OSCURA** afectando a un sin número de equipos principalmente a las bombas las cuales han sufrido innumerables fallas **POR RUPTURA DE SELLOS** ocasionando Paros de Planta.



CAPITULO IV.2- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE TANQUES DE BALANCE EN EL CIRCUITO DE AMINA

En cuanto a los tanques de almacenamiento de la solución acuosa de amina de las plantas "Girbotol" abra que decir que operacionalmente no representan problema alguno ya que son simplemente un medio de almacenaje, entonces porque dedicar un sub-capitulo para hablar acerca de ellos, he aquí lo realmente interesante la conjetura radica en **su forma de utilización o el uso que se le da al mismo** en términos de ingeniería se refiere a que si estos son **dependientes** del proceso es decir forman parte o **independientes es decir están aislados del proceso**.

Algunos ejemplos para dejar claro el detrimento que se quiere postular, en la unidad Hidrodesulfuradora de destilados intermedios 600 Hidros II de la refinería Miguel Hidalgo el tanque NO FORMA PARTE DEL CIRCUITO sino la que se deja allí en estado estacionario solo se utiliza cuando se requiere realizar una REPOSICION POR PERDIDA DE AMINA.

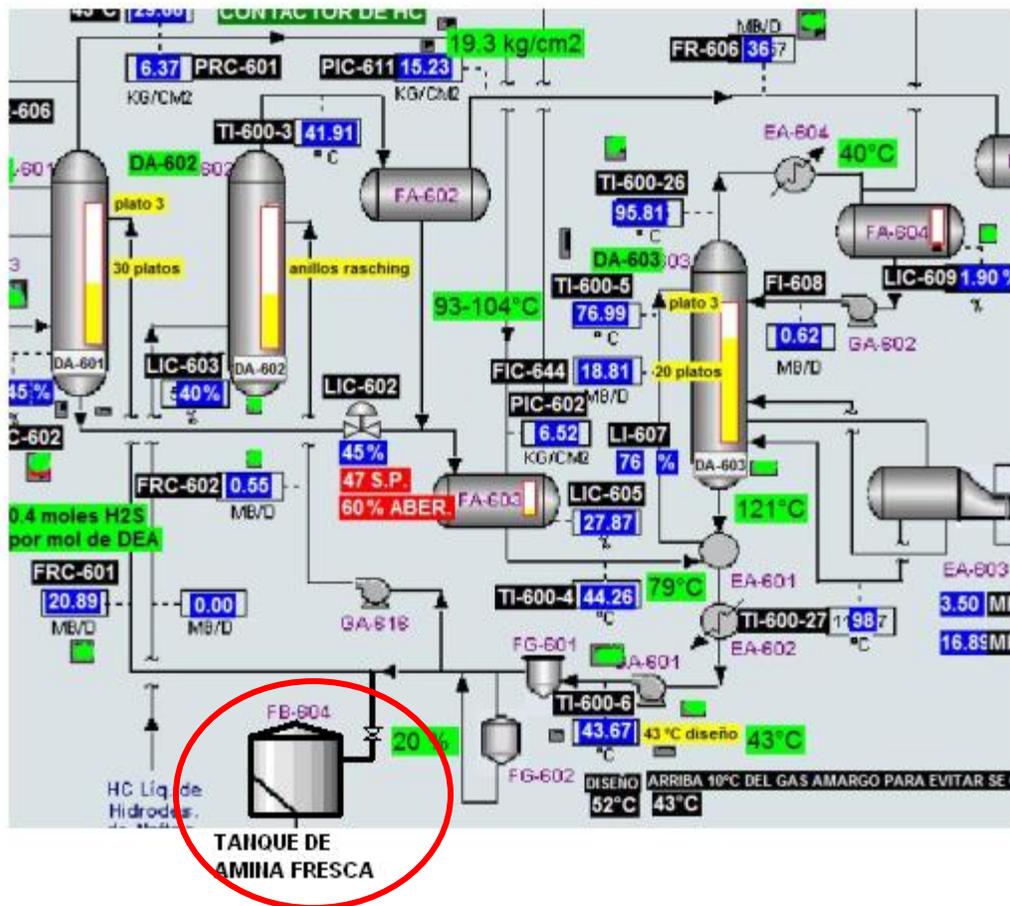


Fig. 31.- Tanque de amina en el circuito de la planta

Como se resalta en la imagen del control distribuido se observa que el tanque de amina tiene un bloqueo, el cual no permite el paso de la amina al sistema; a menos que se requiera, mientras esta no fluye a través del tanque sino que va directamente a la torre absorbidora y contactora siguiendo el diagrama de flujo de proceso, se observa que en este caso este se encuentra de forma INDEPENDIENTE por lo que no influye en el Balance de Materia y energía.



Este diseño de planta es antiguo, ya que las problemáticas con las que se encuentra el Operador especialista es la CONSTANTE VARIACION DE LOS NIVELES de las torres del proceso; por lo que en este caso se dificulta su operación ya que hay que tener vigilancia de los niveles frecuentemente como se observa en la ilustración se comienza a ver un problema de descenso de niveles:

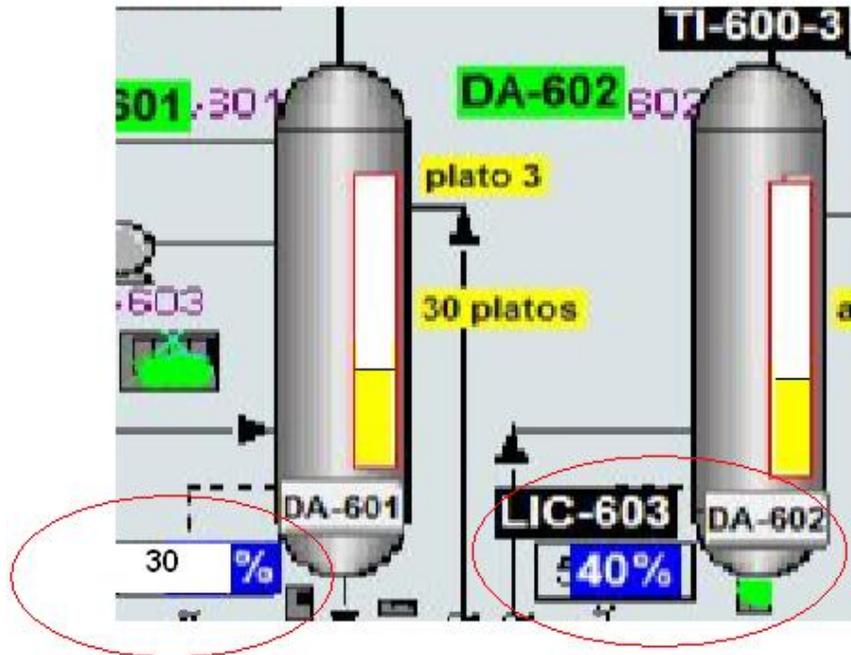


Fig. 32.- Problema de variación de niveles al no tener integrado tanque de balance

Las consecuencias de esto son graves; ya que si se pasa desapercibido, las alarmas de nivel comienzan a notificar el problema llevando a que los operadores realicen una de las PEORES PRACTICAS que se pueden llevar acabo que es **NIVELAR LAS TORRES CON AGUA DE CONDENSADO**; por lo que incluso la integraremos como una de las reglas de oro que sería “jamás reponer niveles de un equipo de la planta de amina con agua de condensado”.

Ya que esto desemboca en la dilución de la concentración de dietanolamina en la soluciones acuosas de amina llevándola debajo de parámetro que debe ser mínimo de 20 % w DEA; incluso cayendo a la mitad, dependiendo de los metros cúbicos de agua que sean ingresados, esto sustentado en análisis físico-químicos como posteriormente se observara, pegando directamente al COSTO-BENEFICIO DE LA PLANTA ya que tendrá que utilizarse tambores y mas tambores de dietanolamina pura para elevar nuevamente la concentración.

Por ejemplo; si la concentración por el ingreso de agua de condensado a la planta hizo que la concentración de dietanolamina pura cayera a 10% y por pruebas realizadas en el laboratorio de análisis físico-químicos revelaron que para subir 1 % punto porcentual la amina se requieren 10 TAMBORES DE DIETANOLAMINA PURA; SE REQUERIRAN 100 TAMBORES DE AMINA DE 200 L

SI 1 TAMBOR DE AMINA CUESTA= \$ 1000 pesos

Y se requieren 100 TAMBORES= 100 X \$1000 = \$ 100, 000.⁰⁰



Se requerirá una inyección de dinero a la planta de 100, 000 pesos M.N. para volver a tener en óptimas condiciones la planta de amina

SOLUCION PROPUESTA:

La solución propuesta de esta tesis aunque suena sencilla no lo es tanto en la realidad operativa, cuando los niveles de una planta "Girbotol" desciendan radicalmente, No meter agua de condensado por ningún motivo, la acción que se debe proseguir es la de EXTRAER AMINA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LA MISMA O DE LA FOSA DE PREPARACION; POR LO QUE SE DEBE MANTENER LIBRE DE CONTAMINACIÓN Y CON UNA CONCENTRACIÓN SUPERIOR AL 15% W DEA COMO MÍNIMO PARA NO DILUIR LA CONCENTRACIÓN TOTAL DEL CIRCUITO.



TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE SOLUCION ACUOSA DE AMINA FRESCA “DEPENDIENTES” QUE FORMAN PARTE DEL PROCESO.

En relación a este tipo de tanques los cuales están en el proceso, que ya es un diseño más reciente por parte de las firmas de ingenierías encargadas de realizar estas plantas, se ELIMINO EL PROBLEMA DE LA VARIACION DE LOS NIVELES EN LAS TORRES DE PROCESO por que se tiene un mejor control en el tanque, el cual se controla un solo nivel y no tres como se previamente se hacía en las plantas como la ejemplificada arriba.

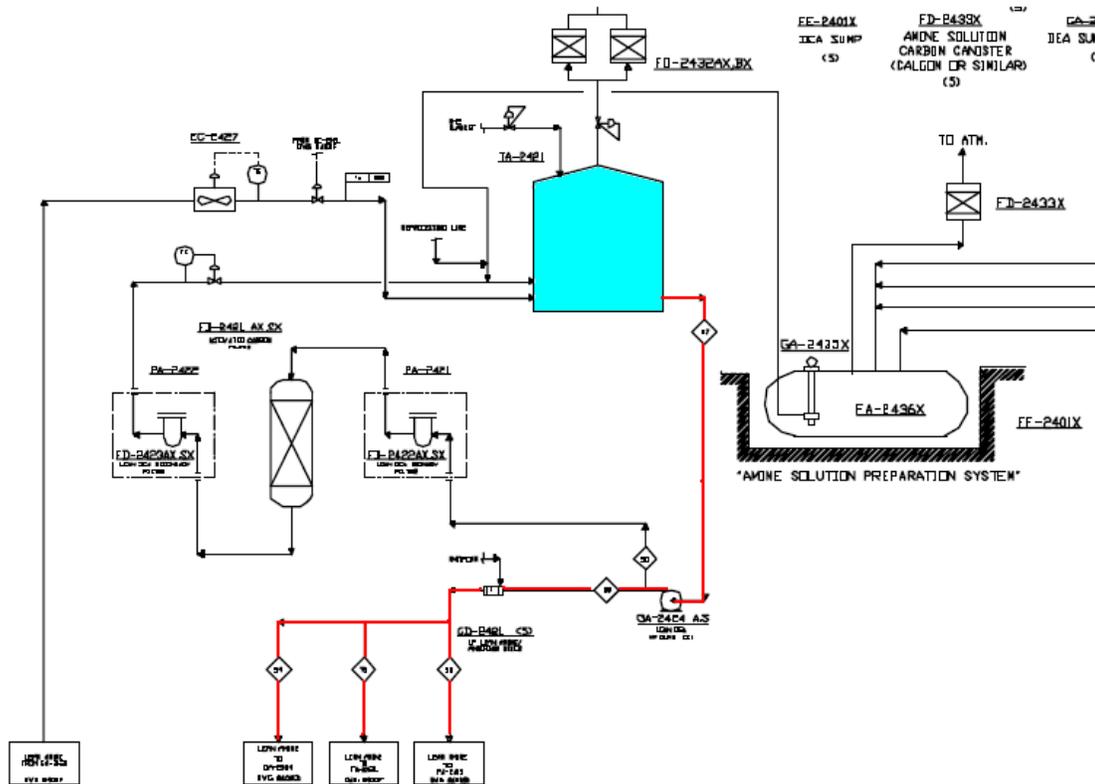


Fig. 33.- Tanque de amina el cual forma parte del proceso

Como se puede observar en el DFP de la parte superior; la solución acuosa de amina pobre es recibida por el tanque proveniente de la torre regeneradora de amina, para posteriormente ser enviada hacia las torres absorbadora y contactora, con lo cual se inhibe la **problemática de controlar los niveles en las torres frecuentemente sino que estos se mantienen ya mas estabilizados con el uso del tanque.**

El Principio operativo de un tanque es mantener bajo el nivel del mismo entre **un 10-15 % como máximo** para evitar la dilución de la concentración de dietanolamina en las soluciones acuosas de amina

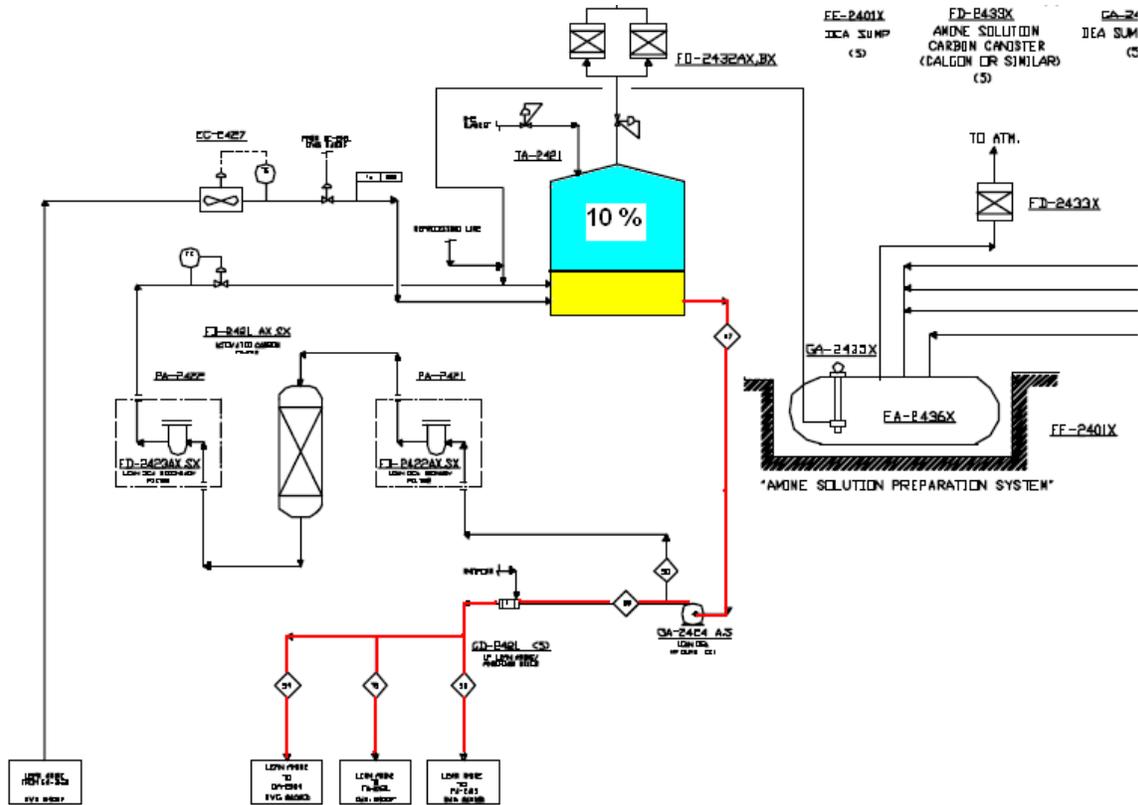


Fig. 34.- Nivel optimo de un tanque de amina

La **desventaja** de este tipo de tanques es que, cuando se tiene un problema fuerte de contaminantes el tanque actúa como un medio de almacenamiento de todos esos contaminantes como los óxidos de hierro, sulfuros de hierro, SALES TERMICAMENTE ESTABLES las cuales por gravedad descienden y se **precipitan en el fondo del tanque** quedando allí asentados; y cada vez que pasa el flujo de la solución acuosa de amina pobre por el tanque, estos contaminan la amina por "baches" y así sucesivamente, para lo cual sino se tiene un buen sistema de filtración perdurara esta contaminación con ayuda del tanque, el cual ahora en esta caso se convierte en un aspecto negativo del mismo proceso



Como se muestra en la representación siguiente mediante una figura de un DFP:

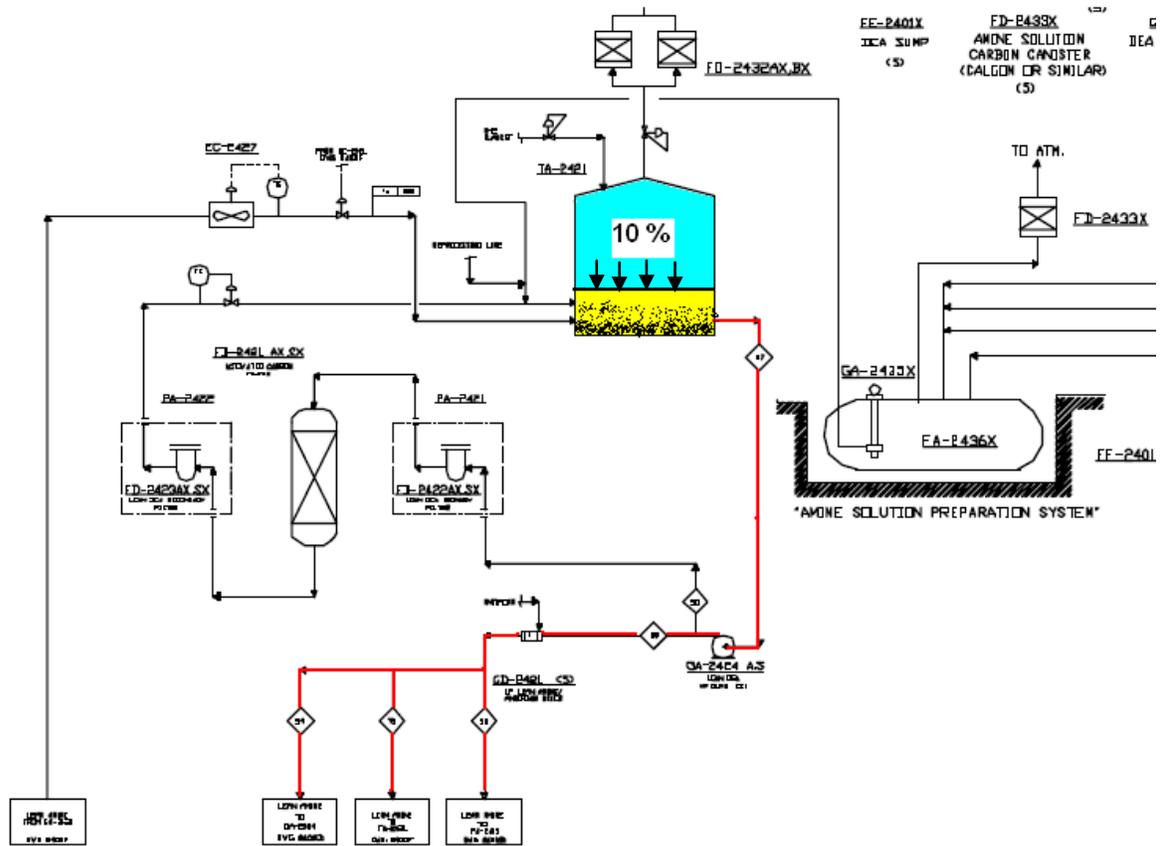


Fig. 35.- Precipitación de Sólidos situándose en el fondo del tanque

Por lo que la elección de la forma de operación de una sección de amina con respecto al tanque de almacenamiento; ya sea en forma dependiente o independiente, será de acuerdo a la pericia de los Operadores o de las necesidades de las plantas, ya que estos aunque estén diseñados para operarse en forma dependiente siempre cuentan con un BY-PASS para operarse de forma independiente cuando así se desee.



CAPITULO IV.3.-

PROBLEMÁTICA PRESENTADA EN LAS FOSAS DE PREPARACION DE SOLUCIONES ACUOSAS DE DIETANOLAMINA, MEA, MDEA

Este capítulo muestra que cada detalle es esencial en una planta de amina; inclusive hasta las denominadas fosas de preparación de amina, las cuales no tendrían que ser utilizadas constantemente, inclusive lo ideal sería después de cada reparación para meter AMINA NUEVA al proceso, lo cual se suscita mínimo cada tres años en un caso ideal.

Pero desafortunadamente esto no sucede de esta manera, ya que como se ha mencionado a través de los diversos pasajes de esta tesis se tienen muchas pérdidas de amina, ya sea por ARRASTRE, DEGRADACION O DILUCION, las cuales son las tres formas más comunes de que la concentración de dietanolamina en porcentaje en peso de la soluciones acuosas disminuye.

Ahora bien, ya con este problema lo que se busca es una manera rápida y eficiente de solucionarlo; por lo cual el camino más viable y directo que encuentra el grupo de ingeniería del ramo operativo es la de **introducir tambores de dietanolamina pura mediante la fosa de preparación**, con lo cual efectivamente se cumple el propósito de elevar en un periodo de tiempo corto la CONCENTRACIÓN.

Pero realmente es no es la solución más efectiva, porque pega directamente al **costo beneficio** de la planta y disminuye las ganancias de la empresa.

Realmente la verdadera solución **es encontrar la causa de la perdida de la concentración de la amina**

-SI ES POR ARRASTRE: Revisar las condiciones de operación de la torre Regeneradora del domo y el fondo, así como de Acumulador de Agua Acida, o si es por el exceso de sólidos por contaminantes realizar un cambio del sistema de filtración.

- SI ES POR DEGRADACION: Revisar la cantidad de compuestos nitrogenados ingresando por la carga y aumentar el agua de lavado; o la forma del contacto no está siendo efectivo, tiene que ser Atomizado.

-POR DILUCION: Si el problema se encuentra por dilución, revisar la variación de niveles y controlarlos minuciosamente para estabilizarlos satisfactoriamente y sobretodo **jamás meter agua sino solución acuosa de amina del tanque.**

Consiguientemente; si el grupo de ingeniería ha decido a corto plazo meter dietanolamina inevitablemente, debido a que la concentración en algunas plantas de amina se ha llegado a encontrar en un numero alarmante **menor a 10% W DEA**

Pues se debe proceder con sumo cuidado, **ya que una de las principales causas de la degradación de una amina es el contacto con el aire el cual contiene oxígeno**; es aquí donde comienza uno de los problemas fundamentales en cuanto se refiere a estas fosas de preparación y la forma de realizar la mezcla dietanolamina-agua.



Debido a que la dietanolamina pura a temperatura ambiente se encuentra en el estado de agregación de la materia, **solido** lo que representa un gran paradigma que a la fecha no se ha podido resolver del todo.

Para dejar más claro el mensaje que se desea transmitir apoyémonos en una figura representativa de una fosa de preparación, de diseño de ingeniería de una planta de "girbotol":

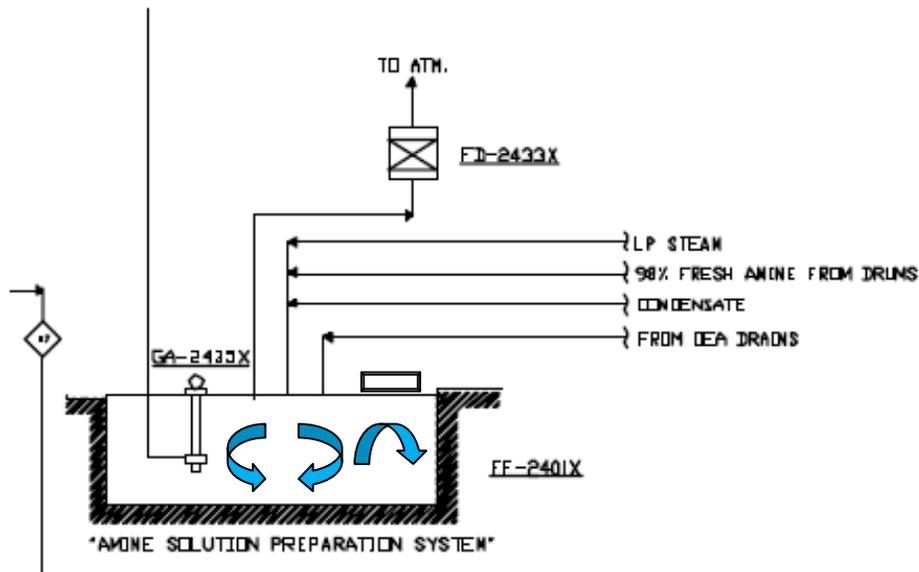


Fig.36.- Entrada de aire y degradación de amina

Aquí podemos observar un modelo de Fosa de preparación, la cual es un tipo de cisterna únicamente con una tapa metálica, esta fosa esta interconectada a un punto del circuito de amina la cual es enviada por una bomba de pozo; la DEA pura es introducida a la misma con un sistema de poleas y cadenas para vaciar los tambores.

Uno de los principales problemas de este tipo de fosa es que **no están hermetizadas** que debe ser clave, para que no permitan el paso del aire hacia la solución acuosa de dietanolamina fresca renovada comenzándola a oxidar y a degradar debido a las porosidades con las que cuenta, por el material con la que están construidas; que es concreto, así mismo aportan partículas solidas a las aminas siendo una fuente.

El anterior modelo de fosas de preparación existe en plantas con un diseño más atrasado, como los e la unidad 600 de Hidros II o la unidad HDD-5; que a pesar de ser un poco más reciente todavía cuenta con ese tipo de fosa.

A continuación se muestra un modelo de fosa de preparación más actualizado e innovador que existe en la planta HDG del Sector 11 de la Refinería Miguel Hidalgo en su sección de amina.

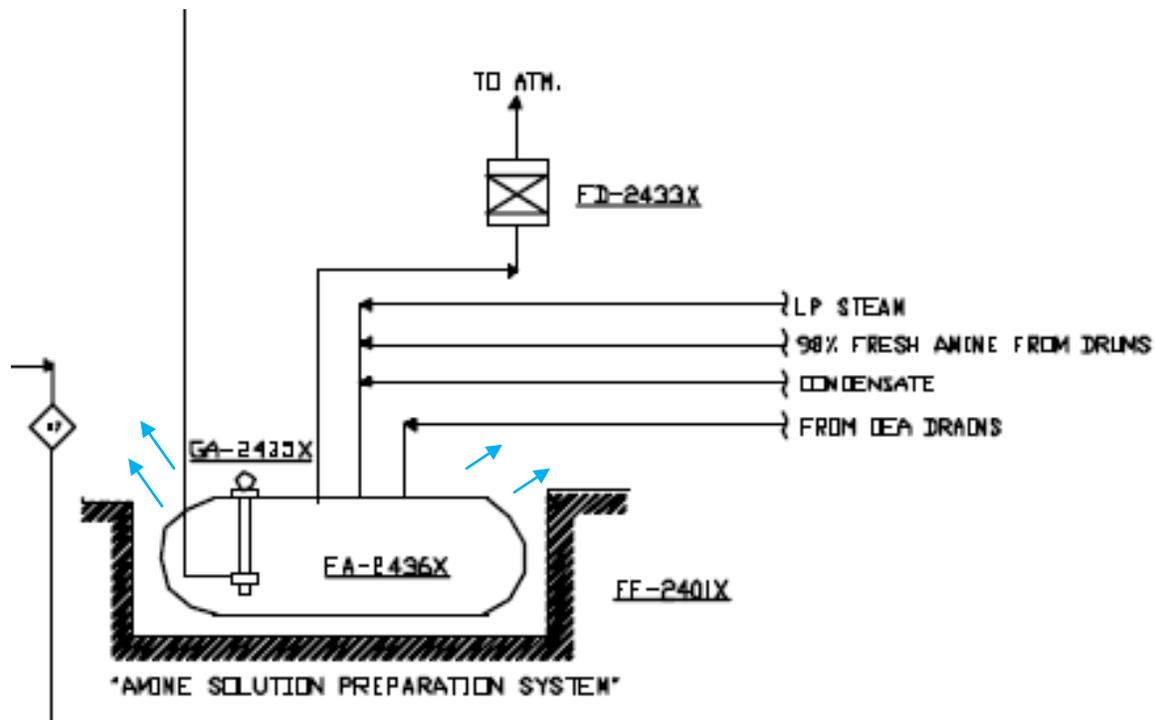


Fig.37.- Fosa adecuada para preparación de amina

Esta ofrece grandes beneficios, como la eliminación de la problemática de la introducción de aire al sistema; ya que como se puede observar es un tanque completamente hermético y sellado, por lo que, no se presentara degradación de solución acuosa de amina por el contacto con el aire, así mismo se puede ver que también que llegan el conjunto de líneas necesarias para la preparación de la mezcla, que aunque es más cara en términos económicos el beneficio a largo plazo será incuantificable debido a que mitiga muchas de las problemáticas, como el problema de sólidos suspendidos desprendidos por las fosa de concreto.

Pero este tipo de fosas a pesar de su magnífico avance en cuanto al diseño físico-mecánico estructural no resuelven el problema de la degradación de la amina en el primer paso, ya que este no está en la fosa sino en la forma en la que los operadores realizan EL VACIADO.

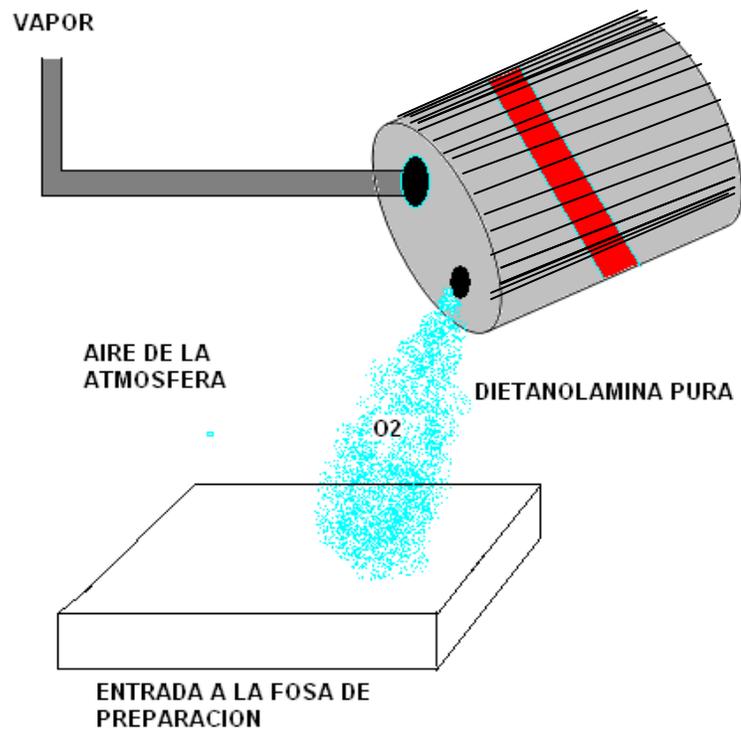


Fig. 38.- Vaciado de dietanolamina pura en Fosa

Arriba se representa burdamente la forma de vaciar un tambor de dietanolamina pura de 200 litros por los operadores de campo de la planta, donde se puede ver que a pesar de la alta complejidad y tecnología de la fosa de preparación no logra inhibir el problema de la oxidación que desemboca en la degradación por el contacto con el aire al vaciar el tanque.

Entonces; explicando el porque se esta haciendo de esa forma el vaciado que da lugar a la imagen de arriba, es muy sencilla la respuesta como se podrá recordar en el tema se menciona que la DIETANOLAMINA PURA A TEMPERATURA AMBIENTE ES "SOLIDA"; es por ello que, para poder vaciarla esta tiene que estar en estado de agregación líquido para así poder de estar forma fluir y ser mezclada con agua.

Por lo que para alcanzar su PUNTO DE FUSION se requiere un medio de calentamiento en este caso es VAPOR a 169 °C para derretir la DEA, lo cual se realiza a la intemperie dicho procedimiento para lo cual, esta ya está siendo atacada por el aire de entorno circundante y posteriormente al inclinar el tambor para vaciarlo por la entrada diseñada de la fosa para la recepción de la DEA; es cuando más sufre DEGRADACION la dietanolamina pura ya que en primera instancia se tiene que destapar la fosa de preparación, por lo que queda al descubierto DIRECTAMENTE con el medio ambiente.

Lo cual la solución propuesta por experiencia de la presente tesis es poner un sello de kerosina que evite el contacto con el oxígeno como se muestra a continuación:

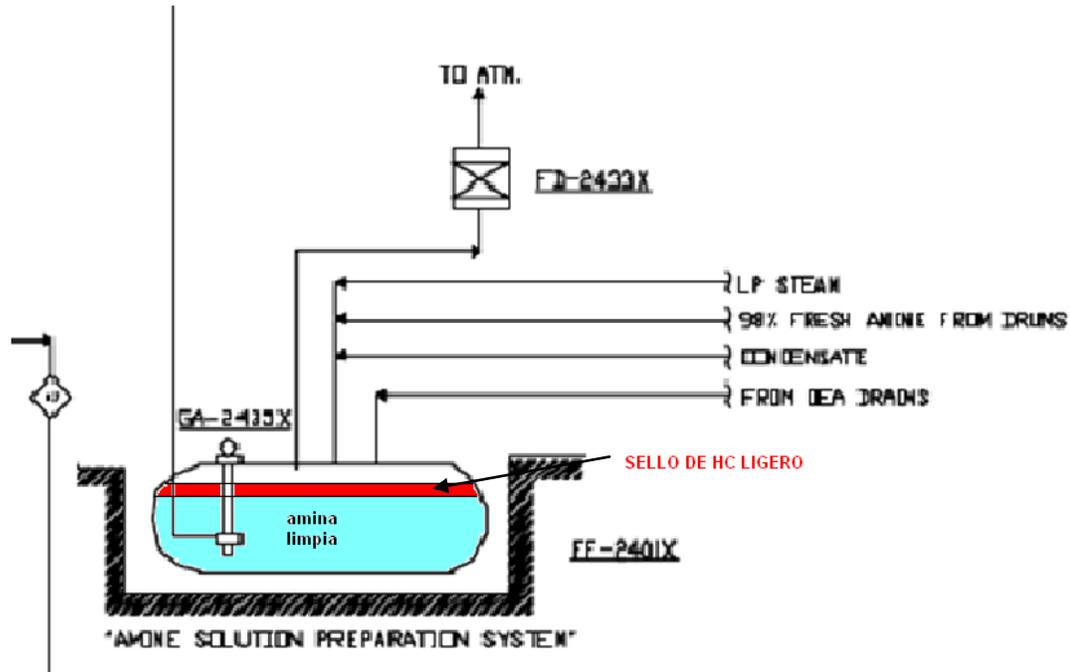


Fig. 39.- Fosa de preparación con sello de HC ligero

Este sello puede ser turbosina también; el único principio que debe cumplir es el de la DENSIDAD la cual debe ser más ligera que el de la solución acuosa de amina, que es de aproximadamente 1.019 por lo que no habrá ningún problema, ya que la densidad entre la turbosina y Kerosina está en aproximadamente 0.70; por lo que se irá a la parte superior sin ningún contratiempo haciendo una capa protectora que inhibirá la entrada de oxígeno al sistema que está causando oxidación.

Ahora bien se tiene asentada con bases; una solución para el problema de tener que destapar forzosamente la fosa de preparación de la solución acuosa de amina para el vaciado de los tambores, pero **que pasa con respecto a la degradación de abrir los tambores a la intemperie o mientras se realiza el vaciado del fluido donde esta atrapando grandes cantidades de aire.**

Pues bien, los grupos de ingeniería han lidiado con esta conjetura y aunque hay algunas propuestas muy innovadoras todavía no se ha solucionado al 100% a este planteamiento simplemente hay prototipos como casetas de vaporizado inertizadas, arreglos de tubería directa, con bombas de diafragma tipo neumáticas, es por ello que la ingeniería es muy amplia y sublime ya que siempre hay problemáticas nuevas que remediar para el mejoramiento continuo tendiendo al perfeccionamiento de los sistemas.



**CAPITULO V.-
PROBLEMAS PRESENTADOS EN LOS EQUIPOS DE BOMBEO
CAUSADOS POR AMINA**

Las repercusiones de tener en circulación una amina contaminada en el circuito de la planta “Girbotol”, que derivan en fallas en equipos de bombeo son graves, ya que frecuentemente desembocan en el PARO DE PLANTA.

Sirvámonos primeramente apoyarnos en un análisis físico químicos para asentar las bases de desarrollo posterior:

Fe Disuelto	<1.0 ppm	15,4	≤1.0 ppm	3,13	HACH - 8008 MAO-OPI-0012
HSS (sales estables)	<1.0 %w	10.1 %	—	—	MAO-OPI-005 Unión Carbide
Sólidos Totales Suspendidos	<50 ppm	1000,0	≤50 ppm	1120,0	ASTM D 6301 MAO-OPI-0013

Entonces bien basándonos en la tabla anterior extraída de un análisis de julio del presente año, los principales problemas que sufre las bombas las cuales tienen una nomenclatura que inicia con GA, seguido de un número de identificación, es por estos tres diferentes contaminantes el Fe disuelto, las Sales Térmicamente Estables y los Sólidos Totales Suspendidos.

Como se puede visualizar esta amina tiene un elevado contenido de SÓLIDOS en general, de 1000 PPM cuando la especificación marca que no deben de superar las 50 PPM; esto causa problemas en los sellos de la bomba por lo que la problemática más comúnmente presentada en una bomba **son fugas por ruptura de sello.**

LA SOLUCION A CORTO PLAZO:

Únicamente se debe de cerciorar que se tenga la bomba de relevo lista “siempre” para entrar en acción operativa, para evitar que cuando se presenta una fuga en los sellos de la bomba se tenga que parar la planta por algo tan simple y sencillo como esto, cabe mencionar que aunque esto suena hasta cierto punto risible, se han presentado casos, que el personal del ramo operacional no pone especial atención a estos pequeños detalles que se magnifican substancialmente de no tener lista la bomba de RELEVO; ni probada constantemente, por lo que cuando llega una contingencia operativa se tiene que detener.

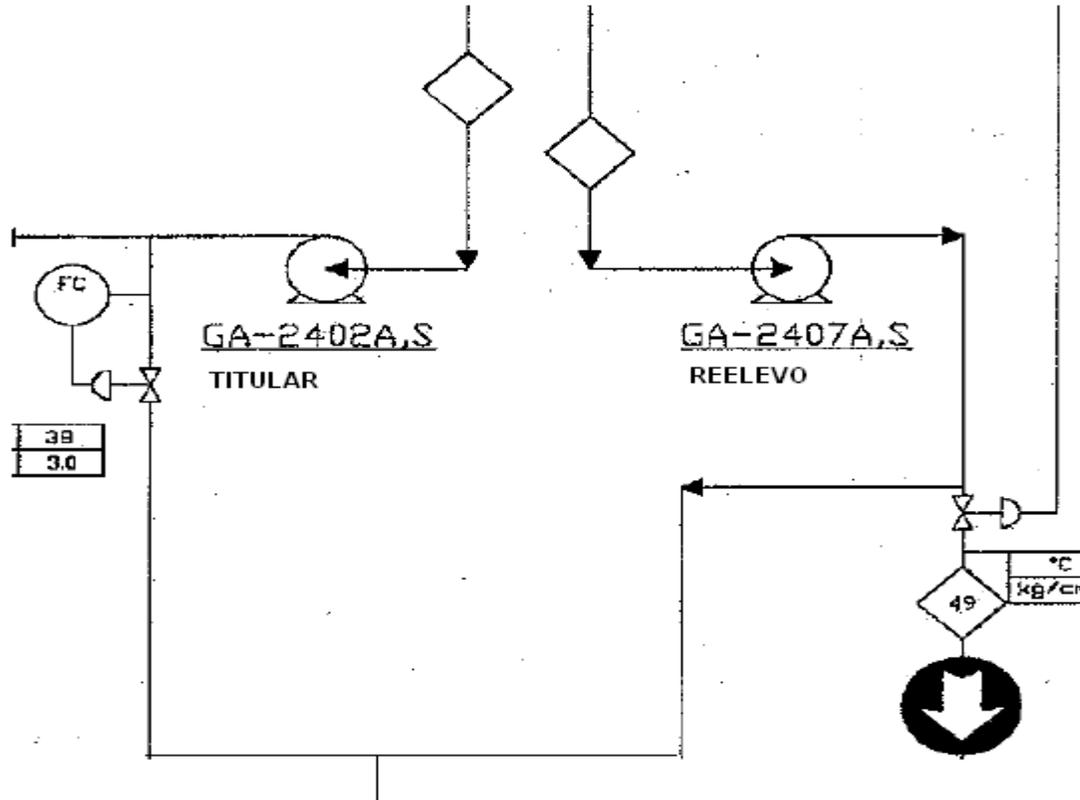


Fig. 40.- Arreglo de bomba titular y relevo en una planta

Por lo que, debe haber una correcta coordinación entre el ingeniero mecánico, el eléctrico y el de operación, hasta así mismo, con el de instrumentación para determinar un programa continuo de revisión de todas las bombas de las planta que se tienen a cargo, para verificar su óptimo funcionamiento, hacer la medición del amperaje, voltaje, presión, temperatura, flujo etc. Lo que sea necesario para descartar cualquier falla por falta de mantenimiento.

Ahora bien se menciona que esta es la solución a corto plazo, ya que si persiste el problema y únicamente el grupo de operación se enfoca a resolverlo estando intercalando bombas; esto se suscitara frecuentemente, ya que por el problema de exceso de sólidos estarán reventando constantemente los sellos de estos equipos haciendo una cadena infinita de reparaciones de equipos por lo que, lo que se tiene que hacer en este caso es atacar "AL PROBLEMA DE RAIZ" lo cual es eliminar la causa derivativa de esta problemática, que inclusive puede causar serios accidentes si las bombas son de alta presión como el caso de las tipo Booster de alta presión hasta de 80 kg/cm^2 .



Entonces habiendo establecido lo anterior la solución propuesta, a largo plazo **es realizar un cambio emergente de todos los elementos filtrantes de los sistemas de filtración así como el carbón activado, las veces que sean necesario hasta reducir los sólidos a un parámetro estable de 50 ppm como máximo** en la solución acuosa de dietanolamina y así estos sólidos que realizan la fricción sobre los sellos dejar de tener ese efecto ABRASIVO.

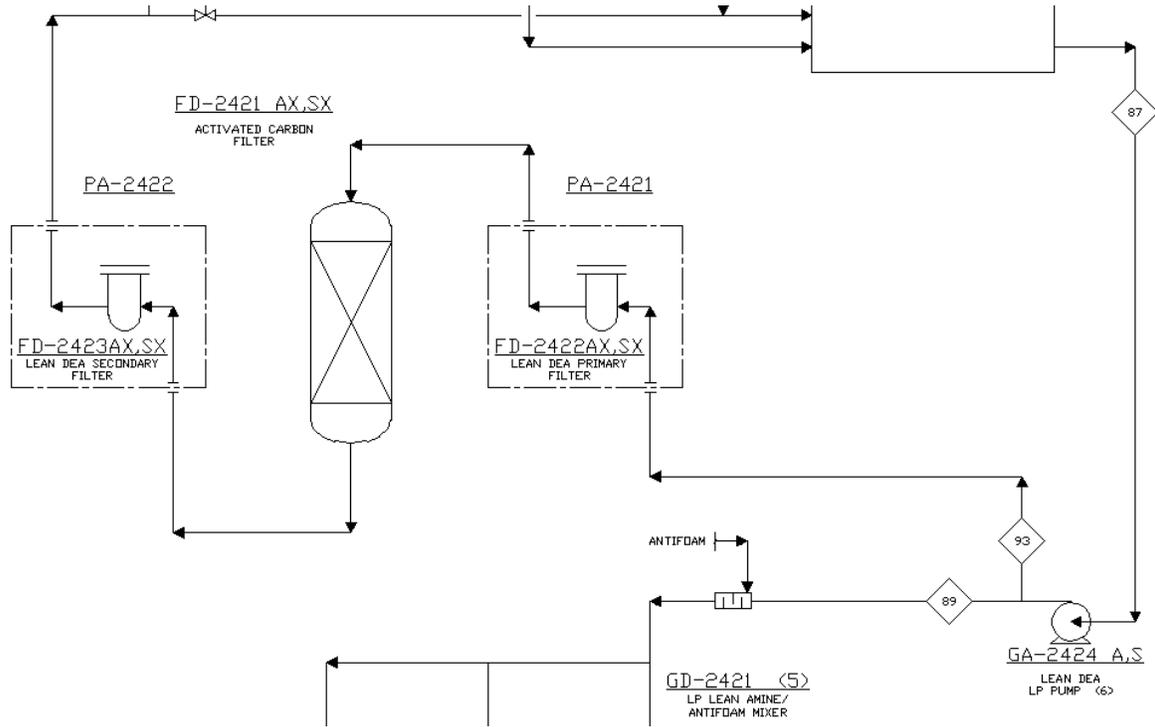


Fig. 40.- Importancia de un sistema de filtración en una amina con altos sólidos



Inclusive siempre es recomendable poner un retenedor de sólidos (pichancha) previamente a cada bomba como se observa en el dibujo

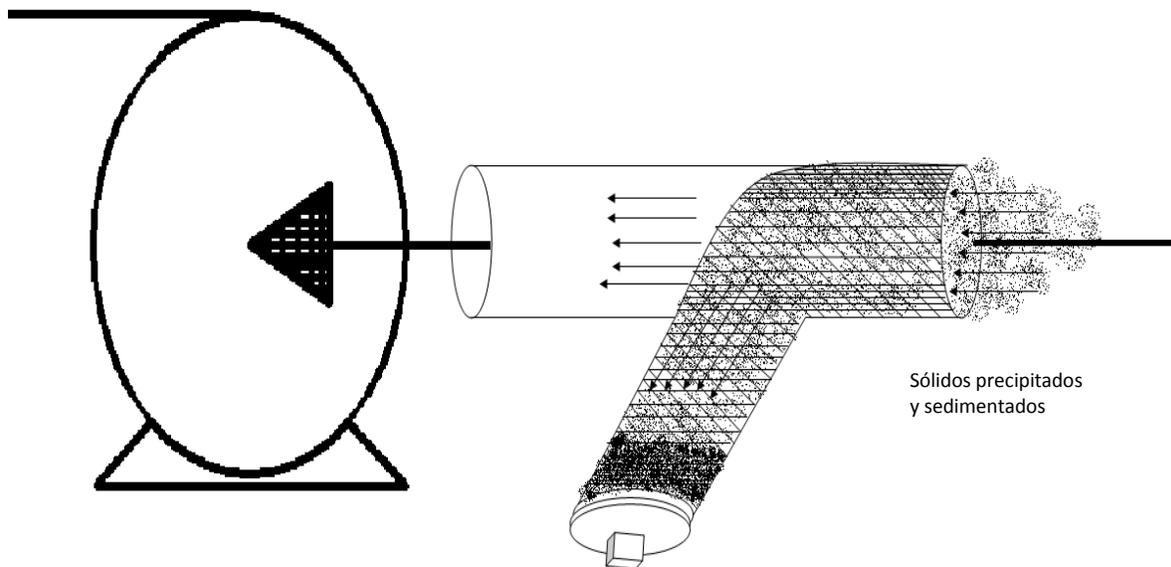


Fig. 42.- Retenedor de sólidos colocado previo a bomba

Tal como se observa en la representación, esta pieza se coloca sobre la línea de proceso de acuerdo a la pulgadas de diámetro que sea la llegada a la bomba (4", 6", 8" etc.) esta cuenta con una malla interna la cual le ayuda a retener los sólidos que puedan haberse escapado de ser filtrados, por el sistema previo y brindan una mayor protección a la bomba, esto cuando una solución acuosa de dietanolamina venga con demasiadas partículas solidas, las cuales dañan los sellos; las mas grandes se retendrán en la malla favoreciendo que el impulsor no sea dañado por estos mismos y DEPOSITANDO estos sólidos atrapados por sedimentación, con ayuda de la gravedad, en el fondo de la denominada pichancha.

Un error muy común en el ámbito petrolero es pensar que **todo funciona automáticamente** y no es así; todo requiere un mantenimiento **preventivo para no llegar al correctivo**, por lo que después de cierto periodo se tiene que abrir el TAPON inferior roscado para precisamente sacar todos los sólidos estancados y evitar que la bomba SUFRA CAVITACION y no permita la llegada de flujo a la bomba botándose por bajo amperaje.

Continuando enumerando los problemas y sus causas que los provocan, toca turno a las sales estables al calor (STE); estas además de provocar fuga de sellos **incrementan la gravedad específica** lo cual repercute, en que el fluido sea más pesado de lo que estaba manejando la bomba, la cual ya se había adecuado a operar con un fluido más ligero; por lo que al incrementar su peso específico propicia que la bomba sufra un calentamiento súbito, esto debido a que se empieza a forzar LA FLECHA DEL MOTOR y pueden dañar el devanado del motor interviniendo en



el campo electromagnético la cual finalmente se quema e inclusive causa un corto circuito, botándose y a la vez su pastilla de protección.

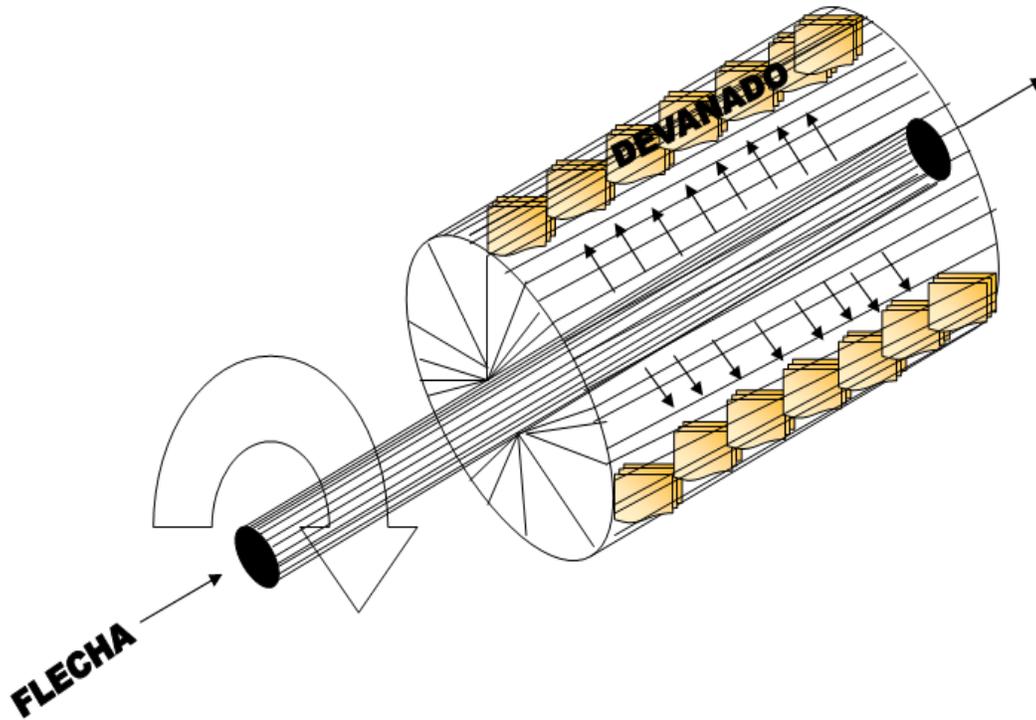


Fig. 43.- Motor de una bomba principio de funcionamiento

Lo mismo pasa cuando se observa un incremento en las partículas de óxido de hierro; estos también repercuten directamente en el mal funcionamiento de una bomba, pero principalmente INDICAN EL AUMENTO EN LA CORROSION GENERAL DE LA PLANTA.



CAPITULO VI.-

QUEMADOR ELEVADO Y SU EMISIONES CONTAMINANTES DE PROCESO GIRBOTOL

Irónicamente aunque la planta de amina es considerada del Tipo ECOLOGICA cuando esta no tiene un funcionamiento correcto; ya no habremos optimizado, se convierte a la inversa ahora será aportador de algunos contaminantes como los que se observan en la siguiente representación para posteriormente ahondar en su precedencia de origen:

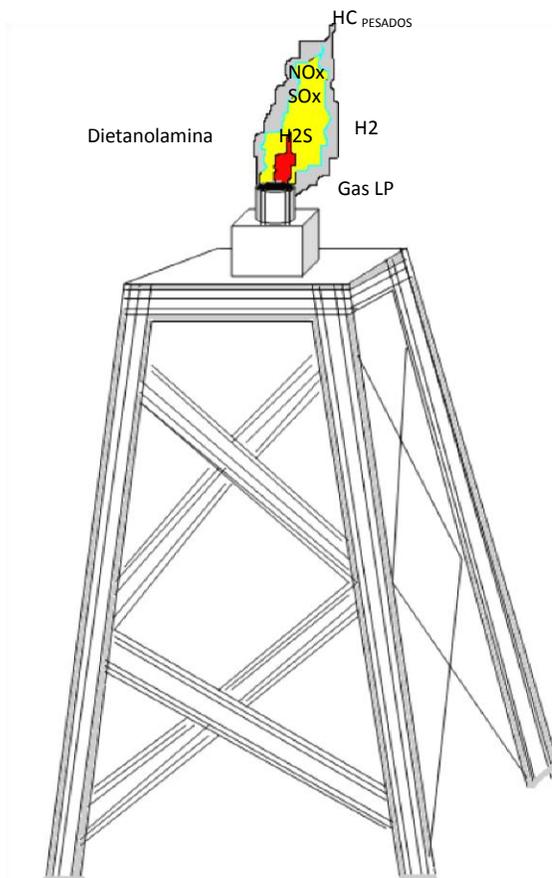


Fig. 44.- Quemador y sus diversas sustancias en combustión

Tal como se visualiza con la figura; al quemador no solo se va **el excedente de gas combustible como debería ser lo idóneo**, para lo cual fueron contruidos y estructurados, también se usa para **el desfogue de hidrocarburos**, desafortunadamente se ha hecho una costumbre cada vez mas imperante entre el grupo de ingeniería de operación de la plantas de refinación usarlo como un APOYO RECURRENTE cuando se tienen problemas operativos donde muchas veces se sigue anteponiendo la **producción antes que el medio ambiente y su cuidado**.



Pongamos esta situación:

- Si ocurriese un taponamiento de la PLANTA DE AZUFRE Proceso Claus por la mala operación de la torre absorbidora en conjunto con el acumulador de agua acida, por lo que se suscita un ARRASTRE DE HC, en conjunto con AMINA a dicha planta así como olefinas las famosas “gomas de zapato” entonces sucede un taponamiento.
- Ahora bien ya teniendo el problema la mejor decisión **ambiental es evitar que uno de los productos mas cancerígenos y tóxicos dañinos a la salud humana** se vaya al quemador el **acido sulfhídrico de 99% de pureza**, pero si esto ocurre se tendría que parar LA PLANTA DE AMINA y entonces todo el proceso de producción de gasolinas; **lo que pega directamente a la producción de la refinería por lo que este problema provoca una reacción en cadena de paro de plantas siendo este el dilema.**
- Es aquí donde el Jefe del sector operativo pone en la balanza **la producción vs la ecología** donde la mayoría de la ocasiones se inclina del lado de LA PRODUCCIÓN; por lo que, para no realizar un paro de la planta en su totalidad necesita que siga en operación la sección de amina; la cual seguirá produciendo ACIDO SULFHÍDRICO DE ALTA PUREZA y **simplemente el personal operativo realiza el by-paseo** del gas acido al quemador; ocasionando además de **grandes consecuencias toxicas un incremento en la producción de emisiones SOx**, así es como llegan estos productos a nuestro MEDIO AMBIENTE.

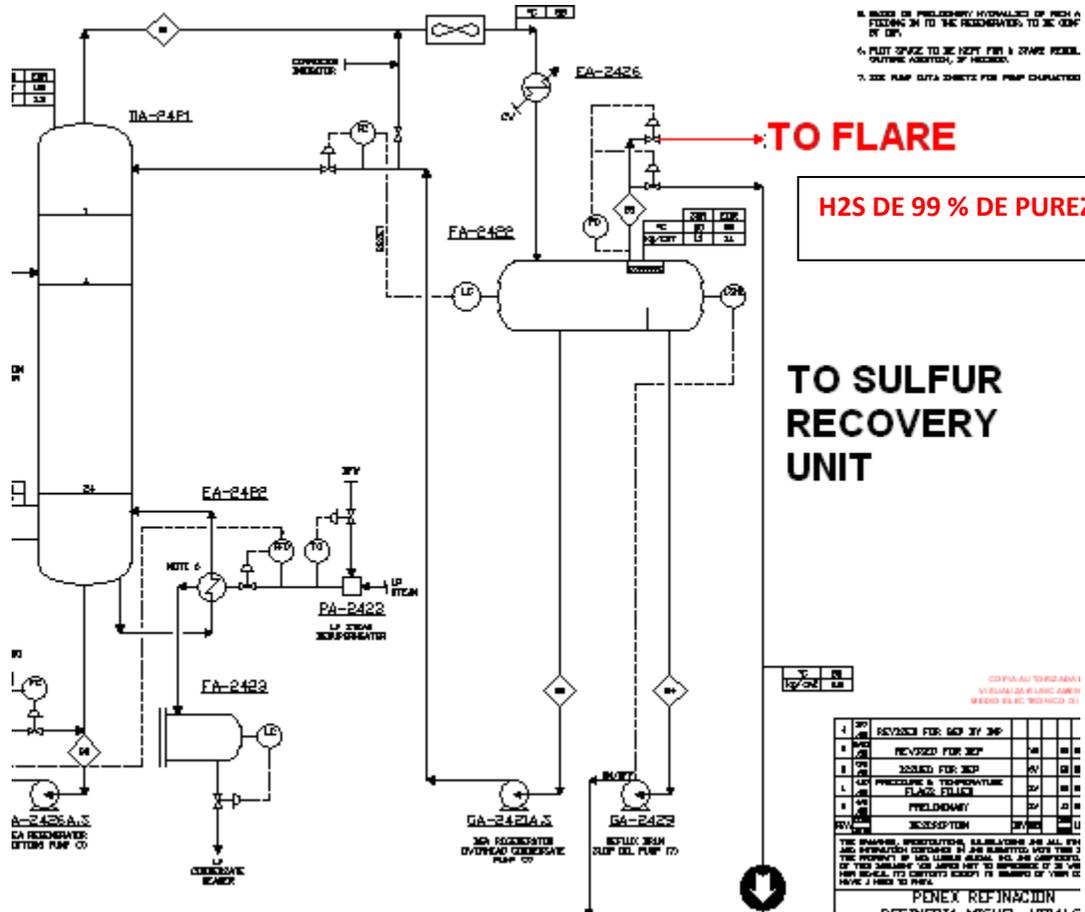


Fig. 45.- Forma simple de ataque al medio ambiente

La llegada de los HC al quemador se suscita cuando en la carga vienen un excedente de los mismos, ocasionando que estos se emulsionen en el contacto de absorción entre la solución acuosa de dietanolamina pobre y el gas amargo en contracorriente, lo ideal es que un gas amargo enviado a la sección de amina estuviera conformado de HC ligeros de cadenas inferiores al BUTANO, pero regularmente estos traen cadenas mas largas; es por ello que se tiene como un **escudo de protección el flash drum** para evitar que estos provoquen problemas de espumacion en la torre Regeneradora, es aquí donde los HC mas pesados se separan y este cuenta con una línea directa al quemador de acuerdo a su diseño estructural, por lo que al realizarse la Separación Flash, por cambio drástico de presiones estos se desgasifican y se envían directamente al Quemador.

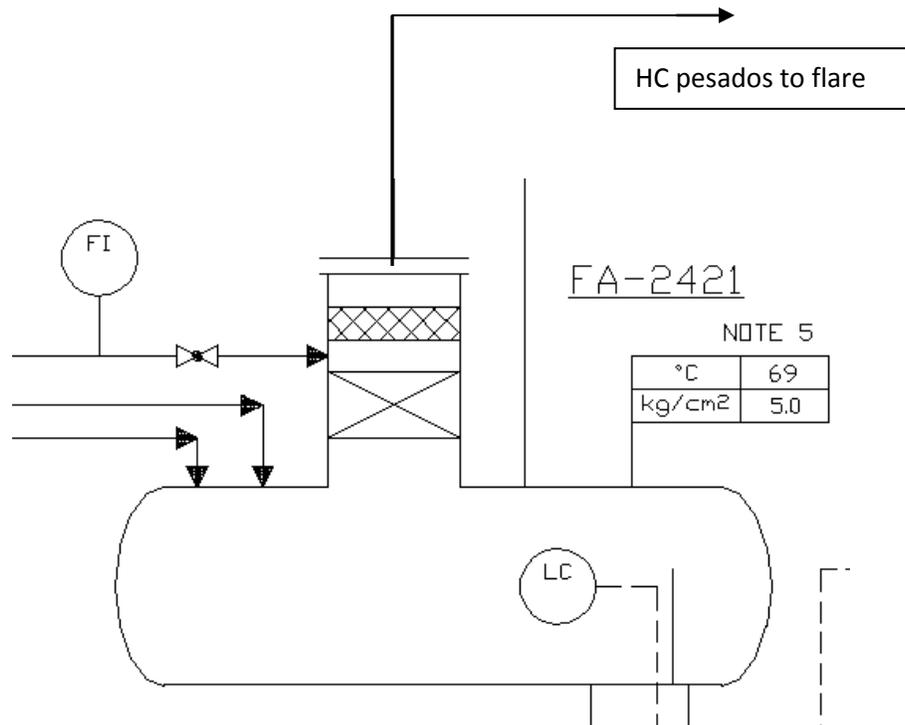


Fig. 46.- Desfogue de HC pesados a quemador

HIDROGENO: El hidrogeno llega al quemador cuando en las reacciones de Hidrodesulfurizacion se produce un exceso de Hidrogeno; el cual TIENE UNO DE LOS MAS ALTOS VALORES AGREGADOS DE LA INDUSTRIA DE LA REFINACIÓN, por lo que al ser enviado a esta instancia, este producto inclusive necesario para las misma plantas, se está perdiendo una cantidad impresionante de divisas inclusive por segundo sobre todo por no tener los medios de almacenamiento como sucede inclusive con el “gas natural”.



CAPITULO VII.-

PROBLEMAS DERIVADAS DE LA MALA CALIDAD DE SERVICIOS AUXILIARES

VAPOR:

Iniciando con las problemáticas causadas por los servicios auxiliares del tipo operacional; con respecto al vapor de calentamiento debe tener dos parámetros de control operativos muy importantes para que sea determinante en el funcionamiento de los equipos donde es utilizado como medio de calentamiento o intercambio calorífico.

Como lo es en el caso de los REBOILERS EN LA PLANTAS DE AMINA para mantener el fondo de las torres regeneradoras caliente y favorecer la desgasificación del ácido sulfhídrico al domo de la torre, para incrementar la pureza del gas ácido, hacia la planta de azufre, pero sobre todo el VAPOR DEBE CUMPLIR UNA DE LAS REGLAS DE ORO antes enumeradas, que es, que el flujo másico en LIBRAS cumpla una relación de 1:1 con los GALONES DE AMINA que circulan por dicha planta de amina es por ello que esta regla enmarca que la cantidad de vapor no debe de ser fija para cada planta sino según el INVENTARIO QUE ESTE POSEA DE CIRCULANTE DE AMINA.

	Presión (P)	Temperatura (T)	Flujo (lb/gal amina)
Condiciones del vapor	3.5 Kg/cm ²	169 °C	1:1

Arriba se realiza la tabulación de las condiciones con las que el vapor de baja presión debe llegar a la planta, una de las problemáticas más frecuentes en relación a la experiencia fue que la presión del vapor descendía hasta 3.2 kg/cm² y con esta variación de 300 gramos afectaba la estabilidad energética de toda la planta de proceso de amina desestabilizando todo el sistema; llegando a alarmarlo ya que las temperaturas de todo el circuito descienden por lo que, el sistema sufre un enfriamiento súbito, por lo que comenzaba a fallar tanto la regeneración de la amina como la absorción en paralelo.

Otra de las situaciones que se presentan constantemente es que, la cantidad másica de vapor no cumple con el flujo volumétrico que se envía de amina; es decir la relación libras de vapor/ galones de amina, se encuentra por abajo, **y el fondo de la torre reactivadora no supera los 121 °C** donde empieza a separar y a regenerar la amina más eficientemente, es por ello que esa idea popular entre los ingenieros de entre más cantidad de solución acuosa de amina circulante mejor trabajara el proceso, es completamente errónea. Es por eso que cuando se tiene este problema lo mejor es incrementar de manera súbita el gasto másico de vapor enviado al recalentador.

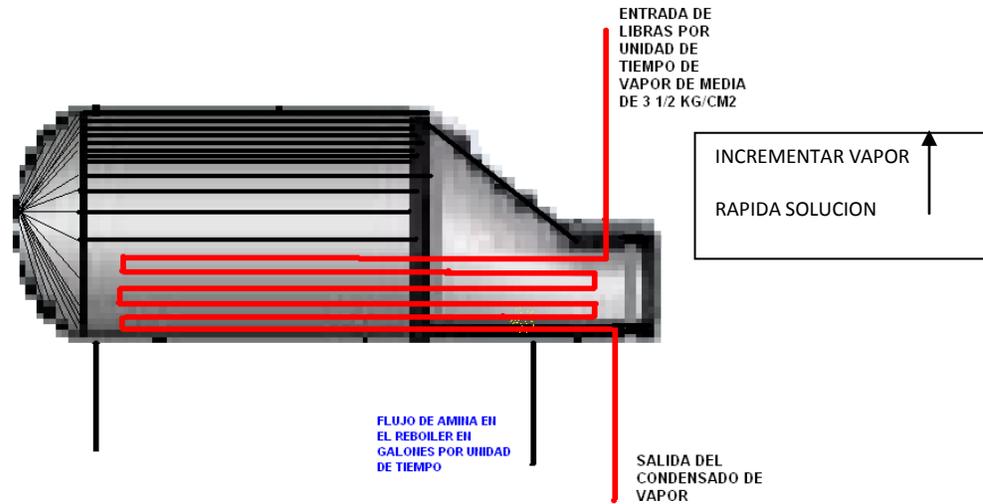


Fig. 47.-Llegada de vapor al reboiler

Otra de las problemáticas del vapor es la procedencia, es decir el agua que se utiliza en las calderas para crear este Vapor **es de mala calidad**, con una alta cantidad de CONTAMINANTES tales como DUREZA por sales de calcio, magnesio o sodio, así como; la cantidad de CLORUROS los cuales son sumamente perjudiciales a los equipos ya que favorecen el tipo de corrosión CREVICE provocando porosidades en la paredes de los tubos y equipos de intercambio, en cuando a la dureza genera **incrustaciones** en las paredes perdiendo eficiencia de intercambio calorífico.

La solución viene desde los servicios auxiliares para el éxito de un proceso, por lo que la CALIDAD de un agua es de vital importancia para el mismo, es por ello que el agua que se debe utilizar es un agua denominada DESMINERALIZADA de donde se debe crear el vapor, ya que este no contendrá **dureza, conductividad así como cloruros radicales y evitara secuencialmente fugas en los equipos**

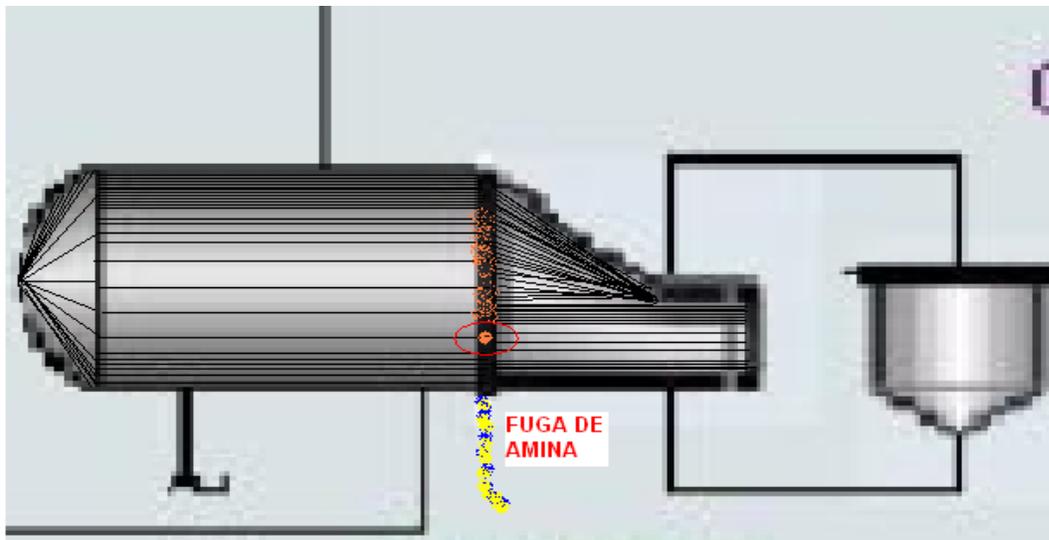


Fig. 48.- Fuga de un reboiler en cordón de soldadura



AGUA DE CONDENSADO O DILUCION:

Para llegar a la optimización de un proceso debe ser todo un conjunto bien sincronizado y armonizado de todas las piezas; como un rompecabezas para llegar al éxito inexorablemente, esta es una más de las claves, ya que la calidad del agua depende de que la SOLUCIÓN ACUOSA DE DIETANOLAMINA NO LLEGUE CONTAMINADA AL PROCESO O EN SU CASO DEGRADADA, por lo que a continuación se presentan los parámetros permisibles que debe cumplir un agua para ser utilizada en la mezcla con dietanolamina pura en la Fosa de preparación:

Análisis	Unidad	Parámetros
Cloruros Cl-	ppm	≤ 2.0
pH	----	$\leq 7.0-7.5$
Fe Disuelto	ppm	≤ 0.5
Dureza	ppm	≤ 30
Alcalinidad	ppm	≤ 6.0
Sólidos Disueltos Totales	ppm	≤ 10
Conductividad	Ms	≤ 2.0
O ₂	ppm	≤ 0.00
NH ₃	ppm	≤ 10

Como se puede constatar los cloruros, están dentro de los parámetros más bajos rigurosamente ya que estos además de degradar la amina; provocan picaduras y favorecen la corrosión en los equipos del proceso, el pH debe ser neutro, como en toda agua de buena calidad, no debe contener hierro así como la dureza no debe superar las 30 ppm para no generar incrustaciones dentro de las paredes de los equipos sobre todo en los intercambiadores de calor, así mismo se debe mantener estable la alcalinidad para mantener el pH estabilizado y no llegue a ser corrosiva dicha agua por compuestos del tipo alcalino.

En cuanto a los sólidos el agua debe ser lo más pura y consistente posible, los sólidos en estas aguas generalmente se deben a compuestos de calcio, sodio así como magnesio y va relacionado de forma directamente proporcional a la CONDUCTIVIDAD; aunque recordemos que estos indican los sólidos pero del tipo DISUELTOS los cuales no podemos visualizar, ni son medidos por el método de los suspendidos, así se conoce con mayor exactitud la limpieza y calidad del agua en cuestión.

El parámetro más importante en cuanto a contaminantes se refiere; que no debe existir en el agua que entra a cualquier planta de amina y que es el más dañino para una solución acuosa de amina es el oxígeno (O₂) ya que este es el precursor de las reacciones de oxidación; así como de la formación de sales térmicamente estables por lo que este rigurosamente se debe encontrar en cero.



La problemática más frecuentemente relacionada con el uso del agua, no es su calidad sino el uso que se le da, ya que esta se utiliza como Solución a la problemática del descenso de niveles por lo que se utiliza para su nivelación de las 3 torres de proceso o del tanque de amina, por lo que esto desemboca inevitablemente en la **dilución de la concentración de la solución acuosa de amina menor a 20 % w**, ahora veamos un análisis de un agua real de condensado que entra a la planta HDDV para observar los problemas físico-químicos que presenta y sus repercusiones:

Análisis	Unidad	Parámetros	Datos
Cloruros Cl-	ppm	≤ 2.0	7.09
pH	----	$\leq 7.0-7.5$	9.12
Fe Disuelto	ppm	≤ 0.5	0.12
Dureza	ppm	≤ 30	0.0
Alcalinidad	ppm	≤ 6.0	9.0
Solidos Disueltos Totales	ppm	≤ 20	2.0
Conductividad	ms	≤ 2.0	0.033
O ₂	ppm	≤ 0.00	0.6
NH ₃	ppm	≤ 30	0.22

El análisis del agua arriba plasmado se considera "REGULAR CALIDAD" ya que existen aguas peores en términos físico-químicos, aunque como podemos observar los cloruros se encuentran superiores al parámetro preestablecido, este ha sido un problema que ha perdurado en las aguas de la presente refinería, lo cual a afectado mucho a todos los procesos en general, ya que el problema radica desde las Unidades Desmineralizadoras de Agua las cuales están generando inclusive vapor de muy mala calidad, por ende el condensado del mismo vapor será malo.

Como también se puede constatar el PH esta demasiado alcalino; afectando la estabilidad del proceso y principalmente a la amina la cual sufrirá degradaciones por ataque corrosivo, esto va directamente enlazado con la alcalinidad que se valoriza en el análisis ilustrado.

Aquí lo realmente alarmante del análisis previo sería el contenido de OXIGENO O₂ que se tiene que aunque parecería una pequeña cantidad 0.6 mg/L extrapolándolo por los metros cúbicos que ingresan por minuto al sistema sería una cantidad impresionante de oxígeno disuelto que esta metiéndose; desembocando en reacciones Oxidantes y de formación de Sales térmicamente estables en el sistema.



AIRE DE INSTRUMENTOS

Este es esencial para el funcionamiento general de toda la instrumentación automatizada de la planta del tipo neumática y si este falla ocasiona graves problemas de lecturas; así como de funcionamiento de válvulas causando una inestabilidad operacional en todo el proceso haciendo inevitable un paro de planta generalizado, este es diferente al aire de plantas.

Ya que el aire de plantas es utilizado para las mascarar de respiración con enchufe de línea de aire, este debe ser respirable por el ser humano por lo que debe traer propiedades de mayor limpieza y pureza, aunque este simplemente es atrapado de la atmosfera que es el que finalmente se respira.

Pero el punto fundamental es que su flujo a las plantas debe ser ininterrumpido, ya que de ello depende **el control e instrumentación** y sus lecturas idóneas en el control distribuido.



**CAPITULO VIII.-
ANALISIS DE RESULTADOS**

**CAPITULO VIII.1.-****ANÁLISIS DE RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS Y EL PORQUE DE LAS DISYUNTIVAS****PLANTA DE ENDULZAMIENTO DE GASES Y LÍQUIDOS AMARGOS DERIVADOS DEL PETROLEO CRUDO**

Refinería: _____ Miguel Hidalgo _____ Unidad: 4000 - HDD5 _____

Fecha: ____ 04 al 06 de Julio del 2011 _____ Turno: ____ Dos _____

Análisis	Amina Pobre		Amina Rica		PROCEDIMIENTO DE REFERENCIA
	Parámetros	Datos	Parámetros	Datos	
Gravedad Especifica	1.0-1.015	1.044	1-1.015	1.055	ASTM D 1298-99 MAO-OPI-001
pH	9.5-11	9.26	9.0-11	8.96	ASTM D 1293-99 MAO-OPI-002
%DEA	20-25 %w	10.5	20-25 %w	9.97	MAO-OPI-003 Unión Carbide
%H ₂ S	≤0.02 %mol	0.374	<1.7 %mol	1.088	NMX -AA 084 -1982 MAO-OPI-004
%CO ₂	≤0.03 %mol	n/a	≤2.0 %mol	n/a	MAO-OPI-005 Unión Carbide
Contenido de Hidrocarburos	≤1.0 %v	presencia	≤ 1.0 %v	presencia	EPA 418.1 - 1983 MAO-OPI-006
Comp.Amoniacales (NH ₄)	<1000 ppm	390	<1500 ppm	1480	ASTM D 1426-98 MAO-OPI-007
Sulfuros	<50 ppm	0.322	<50 ppm	0.151	ASTM 4658-92 MAO-OPI-0020
Tiocianatos	<100 ppm	161.0	≤100 ppm	168.0	ASTM D 4193-95 MAO-OPI-008
Cloruros Cl-	<50 ppm	n/a	≤50 ppm	n/a	ASTM 512-89 MAO-OPI-009
Cianuros CN-	<50 ppm	15.3	<50 ppm	60	NMX AA 58-1982 MAO-OPI-0010
Fe Disuelto	<1.0 ppm	15.4	≤1.0 ppm	3.13	HACH - 8008 MAO-OPI-0012
HSS (sales estables)	<1.0 %w	10.1	-	-	MAO-OPI-005 Unión Carbide



Solidos Totales Suspendidos	<50 ppm	1000.0	≤50 ppm	1120.0	ASTM D 6301 MAO-OPI-0013
Tend Espumación	≤10 seg	2 seg = cero	10 ≤ 15 seg	2 seg = cero	MAO-OPI-0014
Conductividad	<10 ms	9.0	≤15 ms	20.0	ASTM D 1125-95 MAO-OPI-0015
Color	AMBAR	café obscuro	AMBAR	café obscuro	MAO-OPI-0017

En capítulos anteriores se planteo analizar profundamente los resultados físico-químicos reales derivados de una planta de amina; es decir de endulzamiento de gases y líquidos amargos, se ha seleccionado no aleatoriamente este, sino premeditadamente ya que reúne un ESTADO DE CRITICIDAD DE UNA AMINA SUMAMENTE CONTAMINADA, por lo que, es estupendo para una ejemplificación donde se desea analizar la causa raíz que provoco que tal solución acuosa de amina desembocara a tal grado de contaminación, la cual ha sido catalogada una de las **mas contaminadas en la historia de la industria de la refinación**, inclusive sigue circulando ya que a pesar de ello sigue teniendo capacidad de absorción de gases ácidos.



GRAVEDAD ESPECÍFICA

	Amina Pobre		Amina Rica		PROCEDIMIENTO DE REFERENCIA
	Parámetros	Datos	Parámetros	Datos	
Análisis					
Gravedad Especifica	1.0-1.015	1.044	1-1.015	1.055	ASTM D 1298-99 MAO-OPI-001

Siguiendo un orden secuencial a seguir iniciamos tal como se muestra en la hoja del análisis físico-químico con la gravedad específica.

Primero establezcamos esto para entender la magnitud de la problemática, tendiendo a la criticidad, de acuerdo a bibliografía y sustentado bajo análisis físico-químicos la gravedad especifica de la DIETANOLAMINA PURA es de **1.019** PERO en el parámetro visualizado arriba dice que se debe encontrar entre un valor de 1.0-1.015, esto es porque lo que tenemos circulando en la planta sección de amina no es DIETANOLAMINA PURA sino es **“una solución acuosa de dietanolamina”** es decir; tiene un porcentaje de agua de 80% y bien sabemos la gravedad especifica del AGUA ES 1.0, es por ello que, si esta se encuentra en mayor porcentaje dicha propiedad tiene que tender hacia la sustancia de mayor porcentaje de acuerdo a la química de soluciones de aquí el porqué se establece este parámetro situado entre un rango de 1.0-1.015.

Secuencialmente podemos constatar que tanto la AMINA POBRE COMO LA AMINA RICA están por encima del parámetro, lo que significa que se encuentra sumamente **“pesada”** dicha sustancia.

Pero siendo más concretos, **esto se debe a que las aminas circulantes contienen demasiados contaminantes** pero principalmente los que ejercen esta variabilidad sobre la gravedad especifica son las partículas solidas como: ÓXIDOS Y SULFUROS DE FIERRO, SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y DISUELTOS TOTALES Y SALES TÉRMICAMENTE ESTABLES lo que hace que las aminas tengan un mayor efecto **erosivo-friccionante sobre las paredes de líneas y equipos de las plantas desgastando el espesor con suma rapidez.**



pH

	Amina Pobre		Amina Rica		PROCEDIMIENTO DE REFERENCIA
	Parámetros	Datos	Parámetros	Datos	
Analisis					
pH	9.5-11	9.26	9.0-11	8.96	ASTM D 1293-99 MAO-OPI-002

Cabe mencionar que, tanto la gravedad específica previamente explicada como el PH dependen de OTROS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS y los que le siguen como la concentración de dietanolamina, el % de Acido Sulhídrico dependen del ESTADO OPERACIONAL de la planta.

El pH en esta situación se encuentra por debajo del límite preestablecido, así como lo hicimos anteriormente en esta ocasión también se tiene que decir; que se tienen los parámetros que se observan en la parte superior, ya que como sabemos la DIETANOLAMINA es un producto alcalino que en estado de pureza inclusive llega a tener un **pH elevado de 12** es por ello que en solución acuosa tiene que disminuir de acuerdo la porcentaje de agua que se le agregue de forma directa para realizar la solución acuosa de amina.

Así mismo abra que considerar **los compuestos ácidos**, tal es el caso del **acido sulfhídrico** que como se ve, por ello se tiene un rango más flexible en la AMINA RICA, ya que se está teniendo en cuenta los gases ácidos que absorbe.

Pero ni alcanzando su máxima absorción se vendría tan bajo el valor del pH de las soluciones acuosas de amina en cuanto a los gases ácidos, entonces que es lo que realmente esta causando esta desestabilización de dicho análisis, cuya Fluctuación es amplia, pues de acuerdo a LA EXPERIENCIA llevada a cabo el descenso precipitado del pH es porque EL PORCENTAJE % DE DIETANOLAMINA que existe en la solución acuosa de amina está **muy por debajo del límite inferior estipulado de 19% w DEA.**

Lo cual si nos regresamos al análisis físico químico anterior se puede verificar, esta caída de la DEA en la solución acuosa de amina puede ser ocasionada por: DEGRADACION, PERDIDA POR ARRASTRE O FUGAS, ENSUCIAMIENTO Y ESPUMACION O POR DILUCION CON AGUA DE CONDENSADO EN LAS TORRES.

% W DEA EN LA SOLUCION ACUOSA

	Amina Pobre		Amina Rica		PROCEDIMIENTO DE REFERENCIA
	Parámetros	Datos	Parámetros	Datos	
Análisis					
%DEA	20-25 %w	10.5	20-25 %w	9.97	MAO-OPI-003 Unión Carbide

Desde una perspectiva objetiva, este parámetro es el más importante ya que de este depende directamente LA ABSORCIÓN EFICIENTE DEL ACIDO SULFÚDRICO es por ello que esta concentración de Dietanolamina se monitorea **diariamente** tanto por el grupo de ingeniería operativo del sector así como por diversas compañías alternas, como un ejemplo el Instituto Mexicano del Petróleo.

Enfocándonos a la temática de este capítulo, que es transmitir el porqué no se cumplen dichos parámetros estipulados de los análisis, ya que anteriormente se ha profundizado sobre la importancia de esta concentración la cual debe situarse entre un valor de 20-25 % w lo cual sería idóneo para una planta girbotol estándar; siempre tomando en cuenta la capacidad de diseño de procesamiento de la torre de absorción, la cual varía, ya que algunas procesan 10 000 000 de pies cúbicos estándar por día, y otras 1.5 MMPCSD etc.

Es por ello que se realiza en un porcentaje el cual la Solución acuosa de dietanolamina se debe situar en 20% w como mínimo de DEA pura en su concentración y como máximo 25 % aunque cabe mencionar que inclusive que si sobrepasa esta concentración, si es demasiado alta se vuelve muy corrosiva por su alta alcalinidad, pero siempre es más frecuente encontrarse con el problema de que se encuentra por debajo de la concentración, rara ocasión la tenemos muy elevada, como se puede visualizar en la ejemplificación en la parte superior donde se puede constatar que se encuentra muy por debajo del límite inferior permisible, donde regularmente encontraremos que la concentración de DEA en la solución acuosa de amina pobre; es superior a la concentración de DEA de la solución acuosa de amina rica; esto debido a que esta cuenta con un mayor contenido de contaminantes y de ácidos sulfúdrico que ocupan ese porcentaje dentro de la sustancia, pero aun así no es justificable el valor tan bajo arrojado por el análisis de acuerdo al método estipulado en la parte superior derecha de la tabla.



PLANTA DE ENDULZAMIENTO DE GASES Y LÍQUIDOS AMARGOS DERIVADOS DEL PETROLEO CRUDO

Refinería: _____ Miguel Hidalgo _____ Unidad: 4000 - HDD5 _____

Fecha: ____ 04 al 06 de Julio del 2011 _____ Turno: ____ Dos _____

AGUA ACIDA

Análisis	Unidad	Parámetros	Datos	Procedimiento de Referencia
pH	---	≤ 7.0	8,05	ASTM D 1293-99 MAO-OPI-002
%AMINA	%w	≤ 1.0	8,4	MAO-OPI-003 Unión Carbide
Cloruros Cl-	ppm	≤ 2.0	55	ASTM D 512-89 MAO-OPI-009
Cianuros CN-	ppm	≤ 50	56,2	NMX AA-58-1982 MAO-OPI-0010
Bisulfuros	ppm	≤ 1500	21196,8	NMX AA--084-1982 MAO-OPI-004 A
Sulfuros	ppm	$\leq 2,000$	23552	NMX AA--084-1982 MAO-OPI-004 A
Comp. Nitrogenados (NH3)	ppm	≤ 1500	14800	ASTM D-1426-98 MAO-OPI-007 A
%H2S	ppm	$\leq 2,500$	25024	NMX AA--084-1982 MAO-OPI-004 A
Dureza	ppm	≤ 30	0,0	ASTM D 1126-96 MAO-OPI-0018
Tiocianatos	ppm	≤ 50	2,0	ASTM D -4193-95 MAO-OPI-008 A
Fe Disuelto	ppm	≤ 1.0	0,05	HACH - 8008 , ASTM D-1068-96 MAO-OPI-0012 A
Conductividad	ms	< 15	19,5	ASTM D-1125-95 MAO-OPI-0015
Solidos Totales Suspendidos	ppm	≤ 50	121	ASTM D 6301 MAO-OPI-0013
Color	—	—	blanca turbia	N/A



Tal como se puede observar en el análisis superior resaltado en color amarillo, donde es el renglón de la DEA arrastrada al acumulador de agua acida, se puede ver que existe un 8% w DEA en el agua.

Pero si nos enfocamos mas abajo en este mismo análisis del agua amarga-acida encontraremos que en el apartado de solidos suspendidos totales tenemos también una cantidad elevada de los mismo en 121 ppm lo que también nos esta indicando de que aparte de tener el arrastre por las malas condiciones operativas también este se esta debiendo a LA ESPUMACION DE LA TORRE POR EXCESO DE SOLIDOS TOTALES avalado por este análisis; donde también subsisten solidos DISUELTOS por la conductividad que arroja su valor superior al parámetro de 15 microsiemens situándose en 19.5 ms.

Así mismo si enfocamos nuestra atención a los sulfuros y bisulfuros, en general los compuestos azufrados nos podemos dar cuenta de que el acumulador de agua acida no esta desgasificando de manera correcta estos compuestos, sobre todo el ACIDO SULFHIDRICO donde la pureza del GAS ACIDO enviado a la planta de azufre esta disminuyendo.

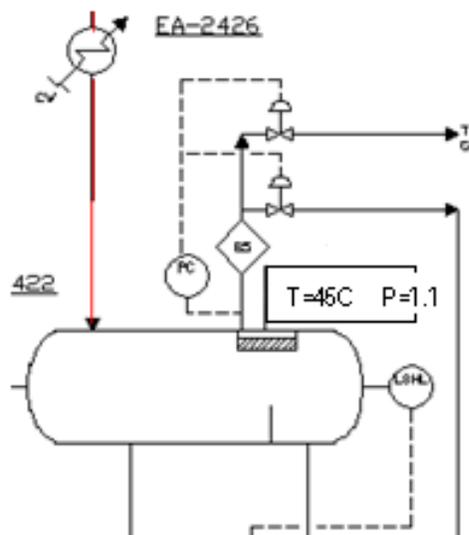


Fig. 47.- Acumulador de agua acida con condiciones de operación fuera de parámetros disminuyendo la pureza de gas acido menor a 98%

Como se puede observar no se desprenden 25024 ppm de acido sulfhídrico, así mismo compuestos de bisulfuros y sulfuros, por lo que esto ocasionara problemas a la planta de azufre a ya que se arrastrara amina taponando la misma.

Y otro problema que esta ocasionando esta agua; es que sufrirá problemas de picaduras y ampollamiento el acumulador en sus paredes internas por el alto contenido de CIANUROS, compuestos nitrogenados Y CLORUROS DESEMBOCANDO EN HIDROGENO ATOMICO, realizando porosidades y cavidades al equipo así mismo al domo de la torre es por ello que ciertas compañías inyectan anti-ampollante al domo para evitar su desgaste tan rápido protegiéndolo con una película química.



ACIDO SULFHIDRICO

Análisis	Amina Pobre		Amina Rica		PROCEDIMIENTO DE REFERENCIA
	Parámetros	Datos	Parámetros	Datos	
%H2S	≤0.02 %mol	0.374	<1.7 %mol	1.088	NMX -AA 084 - 1982 MAO-OPI-004

Ahora bien siguiendo con el enfoque del análisis principal que se esta estudiando, seguimos con el del acido sulfhídrico presente en las soluciones acuosas de amina circulante donde se puede visualizar que la concentración presente en la amina pobre, es superior en gran medida que al del parámetro de 0.02 % mol el cual se encuentra en 0.374 % mol; lo que quiere decir que el problema esta en la regeneración de la torre y específicamente en el FONDO, de esta el cual se encuentra demasiado frio.

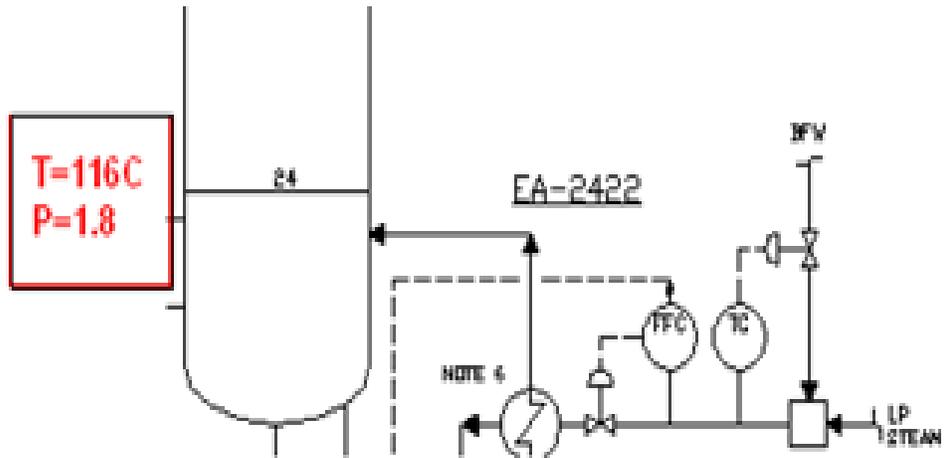


Fig. 51.- Condiciones del fondo de la torre fondo la temperatura es menor a la del limite inferior de 121 °C



Y para sustentar mediante cálculos de la ingeniería química lo planteado anteriormente realizaremos el cálculo del % porcentaje de regeneración de la torre, donde lo idóneo es que fuera de un 98-100% de reactivación de la amina mediante el desprendimiento del ácido sulfhídrico inmerso:

$$\% \text{ REG. AMINA} = \frac{\% \text{ H}_2\text{S A.R} - \% \text{H}_2\text{S A.P}}{\% \text{ H}_2\text{S A.R}} * 100$$

$$\% \text{REG. AMINA} = \frac{1.088 - 0.374}{0.374} * 100 = \underline{\underline{65 \%}}$$

El resultado arrojado es del 65 % esto es un indicativo de lo mal que esta operando esta planta, pero principalmente la torre reactivadora; ya que esto trae como consecuencia posteriormente que la absorción sea deficiente en la torre absorbidora, porque esta llega SATURADA DE ACIDO SULFHIDRICO, propiciando un problema cíclico mientras no se remedia la condición físico-química de la amina y la operativa de la torre.

La solución es incrementar la temperatura del fondo de la torre mayor a 121 a grados centígrados y eliminar los sólidos mediante un intercambio rápido y constante de filtros, así mismo eliminar las sales térmicamente estables mediante un intercambio iónico.

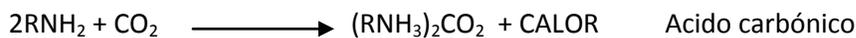
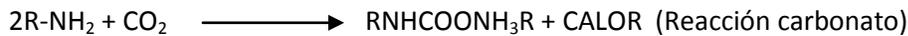


Análisis	Amina Pobre		Amina Rica		PROCEDIMIENTO DE REFERENCIA
	Parámetros	Datos	Parámetros	Datos	
%CO ₂	≤0.03 %mol	n/a	≤2.0 %mol	n/a	MAO-OPI-005 Unión Carbide
Contenido de Hidrocarburos	≤1.0 %v	presencia	≤ 1.0 %v	presencia	EPA 418.1 - 1983 MAO-OPI-006
Comp. Amoniacales (NH ₄)	<1000 ppm	390	<1500 ppm	1480	ASTM D 1426-98 MAO-OPI-007
Sulfuros	<50 ppm	0.322	<50 ppm	0.151	ASTM 4658-92 MAO-OPI-0020
Tiocianatos	<100 ppm	161.0	≤100 ppm	168.0	ASTM D 4193-95 MAO-OPI-008

Se decidió poner estos análisis en conjunto debido a su menor importancia a los previos pero no por ello menos significativos e influyentes en el proceso.

El dióxido de carbono en este caso no se realizó porque en estas plantas, no es significativo se encuentra en cantidades mínimas que no causan problemática al proceso, PERO EN EL CASO DE LAS PLANTAS DE DESINTEGRACION CATALITICA FLUIDIZADAS FCC-1,FCC-2 este se encuentra en grandes cantidades por ello allí si se monitorea de forma detallada y diaria.

Ya que como se observa siguientemente en sus reacciones con la amina da lugar a compuestos indeseados para el proceso:



El contenido de hidrocarburos se refiere a la cantidad no desprendida tanto en la torre absorbadora, como en el flash y se hace por un método de decantación debido a la diferencia de densidades y se determina su presencia o no, en este caso se ve que el flash no está realizando su labor en su totalidad ya que se encontró HC en el proceso favoreciendo la ESPUMACION en las torre así como el ENSUCIAMIENTO; además de que los hidrocarburos líquidos como el butano y el pentano causan alteraciones en la TENSION SUPERFICIAL de la solución

Los compuestos amoniacales como se menciona se refiere, sobre todo a la forma en que se está LAVANDO EL GA,,S la cual en este caso se está realizando de forma precaria, ya que en la amina pobre no llegan en gran medida sino que aumentan en la carga donde los absorbe la amina y sale esta rica, también en esos compuestos tan dañinos ya que son precursores de ampollamiento.

En cuanto a los sulfuros todavía no se presenta problema alguno como se ve.

Pero en cuanto a los Tiocianatos empieza a salir de parámetro, estos también están presentes en las cargas de gas amargo y favorecen la formación de cianuros en el acumulador de agua acida.



Análisis	Amina Pobre		Amina Rica		PROCEDIMIENTO DE REFERENCIA
	Parámetros	Datos	Parámetros	Datos	
Fe Disuelto	<1.0 ppm	15.4	≤1.0 ppm	3.13	HACH - 8008 MAO-OPI-0012
Solidos Totales Suspendidos	<50 ppm	1000.0	≤50 ppm	1120.0	ASTM D 6301 MAO-OPI-0013
Tend Espumación	≤10 seg	ALTA	10 ≤ 15 seg	ALTA	MAO-OPI-0014
Conductividad	<10 ms	9.0	≤15 ms	20.0	ASTM D 1125-95 MAO-OPI-0015

Todos estos análisis ahora se pusieron en conjunto pero no porque sean de menor importancia como los anteriores, sino porque **DEPENDEN CORRELATIVAMENTE UNOS DE LOS OTROS** es decir todos son indicativos de **partículas solidas** en sus diferentes presentaciones dentro de las soluciones acuosas de amina.

Iniciando con el Fe disuelto a simple vista denota que algo anda mal; ya que esta muy por encima del parámetro lo que nos esta diciendo que estamos teniendo grandes problemas de **CORROSION** en líneas y equipos los cuales, están desprendiendo oxido de fierro o sulfuro de fierro por el desgaste de sus paredes incrementando substancialmente el contenido en los análisis; esto se respalda por que al instante que se detecto este incremento súbito de fierro de 3 ppm a 15 ppm al día siguiente **SE PRODUJO UNA FUGA EN EL REBOILER DE LA TORRE REGENERADORA DESEMBOCANDO EN PARO DE PLANTA.**

Pero entonces si solo son 15 ppm de fierro del total de **SOLIDOS** en el circulante de amina entonces que esta aportando la otra parte, en este caso se debe **AL DESPRENDIMIENTO DE COMPUESTOS DE CARBON** del filtro de carbón activado el cual se reventó en su soporte inferior contaminándola a tal grado que la luz “no traspasa ni siquiera una muestra de amina” siendo color café oscuro tendiendo a **NEGRO.**

Por consecuencia la tendencia a la espumacion aumenta de forma radical por tanta cantidad de solidos presentes en la amina afectando a la tensión superficial de la amina al entrar en la torre de regeneración.

Y la conductividad también incrementa de forma paralela sobre todo por presencia de sólidos disueltos.



CAPITULO VIII.2.-

SALES TERMICAMENTE ESTABLES, MAXIMO TEMOR PARA LOS INGENIEROS DE OPERACIÓN DE LAS PLANTAS

Análisis	Amina Pobre		Amina Rica		PROCEDIMIENTO DE REFERENCIA
	Parámetros	Datos	Parámetros	Datos	
HSS (sales estables)	<1.0 %w	10.1	-	-	MAO-OPI-005 Unión Carbide

Las Sales térmicamente estables STE (HSS por sus siglas en ingles) es a los compuestos que mas temor le tienen los ingenieros del sector inclusive por arriba de la degradación y de la baja concentración de dietanolamina en las soluciones acuosas; es a este tipo de compuestos, pero porque estos son tan temidos, es por dos simples razones concretas:

- **NO SON FILTRABLES:** Este tipo de compuestos de una vez que se forman no se pueden erradicar con el SISTEMA DE FILTRACIÓN INTEGRADO EN LA PLANTA, ni con los filtros de partículas ni siquiera con el filtro de carbón activado que tiene una capacidad de retención de micras inferiores a las 10 µm.
- **SON ESTABLES A ALTAS TEMPERATURAS:** Significa que estos no se degradan a temperaturas elevadas como la del fondo de la torre absorbadora donde se llegan a tener temperaturas superiores a los 126 °C, es por ello que una vez formadas es casi imposible erradicarlas del sistema

Pero cuales son las problemáticas que causan a la planta de amina, pues bien, estas en primera instancia **son altamente corrosivas** por lo que comienzan a **deteriorar las líneas y equipos con una gran rapidez reduciendo su espesor en un periodo de tiempo muy corto, causan ensuciamientos y taponamientos, crean picaduras y su formación significa que se están DEGRADANDO LAS SOLUCIONES ACUOSAS DE AMINA DEA;** ya que estas, se forman de interreacciones con OXIGENO, además están matan o se alimentan de la DEA existente en las solución acuosa ocasionando que aunque se reponga la misma con tambores de DEA pura esta caerá rápidamente sin ninguna perplejidad, no dejando que esta se estabilice es por ello que estas son la mayor causa de PAROS DE ESTE TIPO DE PLANTAS.

Las reacciones de formación de las sales térmicamente estables son las siguientes:

El oxigeno como ya se ha estipulado en innumerables ocasiones anteriormente es el precursor de muchas de las problemáticas en este caso el OXIGENO oxida al Acido Sulfhídrico H₂S para convertirlo en **TIOSULFATOS Y EN IONES DE SULFATO**, lo cuales son considerados como **SALES TÉRMICAMENTE ESTABLES AL CALOR (HSS)** y otra de las cualidades por lo cual son temidas es porque reducen drásticamente la capacidad de tratamiento de la unidad, estos contaminantes se depositan en las soluciones acuosas de amina.



Las Sales Térmicamente Estables también pueden ser **SULFATOS, ACETATOS, FORMATOS, OXALATOS QUE SON SALES CORROSIVAS.**

Esto es muy importante denotar el hecho de que las sales térmicamente estables son corrosivas es por ello que el personal técnico-operativo de ingeniería trata de evitar su formación en lo más posible ya que estas deterioran una planta en líneas y equipos significativamente llegando a las máximas consecuencias que es el paro total de una plantas, lo que se evita en una medida extrema **desechando totalmente la solución de amina circulante y reponiéndola por completamente nueva** lo que obviamente repercute directamente en los costos-beneficios disminuyendo la rentabilidad del sector.

Se han efectuado estudios de **corrosión** en presencia de las sales citadas y, a pesar de las dificultades halladas en su interpretación han surgido recomendaciones límites de HSS:

Oxalatos	250 ppm	Formiatos	500 ppm
Sulfatos	500 ppm	Acetatos	1000 ppm
Tiosulfatos	10.000 ppm		
Cloruros	500 ppm		
Tiocianatos	10.000 ppm		

Los HSS pueden neutralizarse con cáusticos, de esta formula se restituye la amina pero puede elevarse peligrosamente el pH de la solución.

Después de estos parámetros, el tiempo de vida de la planta será muy corto hasta quedar "Inservible y corroída"



VIII.3.- CONCEPTOS TERMODINAMICOS DEL PROCESO

- *Gas amargo*: aquel que contiene impurezas de ácido sulfhídrico (H_2S) y dióxido de carbono (CO_2), denominados compuestos amargos.
- *Gas dulce*: aquel gas que surge después de la remoción o eliminación de los compuestos amargos mediante procesos de endulzamiento.¹

SISTEMA LÍQUIDO - GAS

Los sistemas de contacto líquido–gas son utilizados para diferentes tipos de transferencia como son la transferencia de masa, calor y cantidad de movimiento entre las fases, con las limitaciones del equilibrio físico y químico. Los equipos de proceso para este tipo de sistemas se diseñan con el objeto de realizar las operaciones apropiadas de transferencia con un consumo mínimo de energía e inversiones de capital.

Gases ácidos

Al H_2S y al CO_2 se les denomina gases ácidos del gas natural. En muchos campos de donde es extraído el gas natural la presencia de estos compuestos es elevada los cuales le dan la denominación de “amargo”. El ácido sulfhídrico, también conocido como sulfuro de hidrógeno, tiene la característica de tener un desagradable olor y ser muy tóxico. Cuando es separado del gas natural mediante el proceso de endulzamiento, es enviado a plantas recuperadoras de azufre en

Cromatografía de Gases con detector de Espectro de Masas

La cromatografía de gases constituye un poderoso instrumento en la determinación de los componentes de una muestra, al permitir tanto la separación de éstos como su detección individual.



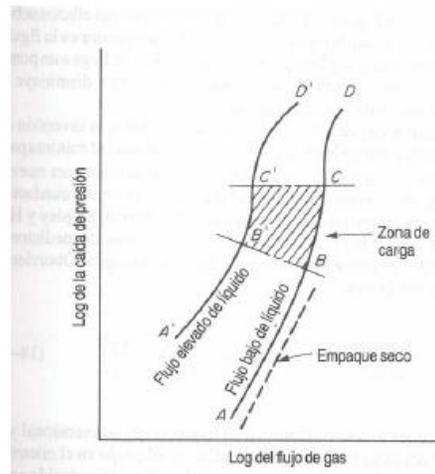
Absorción

“Absorción es la transferencia de un componente soluble de una mezcla en fase gaseosa a un absorbente líquido, cuya volatilidad es baja en las condiciones de proceso.”²

“La Absorción de gases es una operación en la cual una mezcla de gas se pone en contacto con un líquido, para disolver de manera selectiva uno o varios componentes del gas, obteniendo una solución de éstos en el líquido.”³

Hidráulica de columnas empacadas

La caída de presión del gas que fluye hacia arriba por el empaque, a contracorriente del líquido, se ve representado gráficamente en la figura 4.1.



Características de caída de presión de columnas empacadas

ESPUMA

“Una burbuja es un glóbulo de gas o vapor rodeado por una masa de película delgada de líquido.”⁶ Un grupo de burbujas separadas unas de otras por películas delgadas constituye la espuma.



10 REGLAS DE ORO PARA LA ÓPTIMA OPERACIÓN DE UNA PLANTA DE AMINA TIPO "GIRBOTOL"

1.- FLEXIBILIDAD OPERACIONAL

2.- LA DIFERENCIAL DE TEMPERATURA ENTRE EL GAS AMARGO Y LA AMINA POBRE DEBE SER DE 10 °C EN LA TORRE ABSORBEDORA

3.- RELACION MOL QUE ES EL COCIENTE ENTRE LOS MOLES DE GASES ÁCIDOS H_2S+CO_2 PROVENIENTES EN LA CARGA DE GAS AMARGO/ ENTRE LOS MOLES DE AMINA PURA DE DIETANOLAMINA PROVENIENTES EN LA AMINA POBRE QUE REALIZARAN EL CONTACTO GAS-LIQUIDO DEBE SER IGUAL A 0.4

4.- UNA PLANTA SIEMPRE DEBE ESTAR MUY BIEN INSTRUMENTADA YA QUE DE ELLO DEPENDE EL CONTROL OPTIMO DE LA MISMA"

5.- RELACIÓN LIBRAS DE VAPOR AL RECALENTADOR O REBOILER DEL FONDO DE LA TORRE REGENERADORA SOBRE GALONES AMINA CIRCULANTES DEBE DE SER IGUAL DE ENTRE 0.8-1.1 ADIMENSIONALMENTE SIEMPRE TENIENDO EN CUENTA REALIZARLO BAJO LA MISMA UNIDAD DE TIEMPO.

6.- UN EFICIENTE SISTEMA DE FILTRACIÓN CON RELEVO

7.- JAMÁS REPONER NIVELES DE UN EQUIPO DE LA PLANTA DE AMINA CON AGUA DE CONDENSADO

8.- PURGAR 1 GPM DE AGUA ACIDA POR EL BLOW DOWN DEL ACUMULADOR PARA NO DEVOLVERLA A LA TORRE

9.- EL PORCENTAJE DE REGENERACION DE LA AMINA EN LA TORRE REACTIVADORA DEBE SER SUPERIOR AL 98% MEDIANTE CÁLCULO.

10.- NO TENER SALES TÉRMICAMENTE ESTABLES EN EL SISTEMA CIRCULANTE SUPERIOR A 1% W



BIBLIOGRAFIA

MANUAL DE DATOS DE PROCESO Unidad Tratadora y Fraccionadora de Hidrocarburos, Instituto Mexicano del Petróleo.- Diciembre 1991.

**Procesos de transferencia de Calor.- Donald Q. Kern Trigésima Novena Reimpresión
México, 2007**

VOLUMEN II MANUAL DE HIDRODESULFURADORA DE DESTILADOS Instituto Mexicano del Petróleo.- Agosto, 1990.

Elementos de ingeniería de las reacciones químicas, Cuarta Edición, H. Scott Fogler, 2008

Procesos de transporte y principios de procesos de separación, Christie John Geankoplis, 2006

GPA ESTUDIOS Y SERVICIOS PETROLEROS S.R.L.

⁶ PERRY, Robert H.; GREEN, Don W.. "Perry Manual del Ingeniero Químico". Editorial Mc Graw Hill. Sexta Edición. México. 1992