

47  
243



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

Descripción Y Operación de una Planta de  
Deshidratación de Gas con Glicol

## T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :  
INGENIERO PETROLERO  
P R E S E N T A :

EFREN C. OBREGON TERRAZAS

MEXICO, D. F.

1986





Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA

FACULTAD DE INGENIERIA

Dirección  
60-I-121

Señor OBREGON TERRAZAS EFREN CERVANDO.  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Profr. M.I.- José Angel Gómez Cabrera, para que lo desarrolle como tesis para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO PETROLERO.

"DESCRIPCION Y OPERACION DE UNA PLANTA DE DESHIDRATAACION DE GAS CON GLICOL"

- INTRODUCCION.
- I DESCRIPCION DEL FLUJO.
- II EQUIPO.
- III AGOTADOR.
- IV APLICACION DEL GLICOL EN LA DESHIDRATAACION DEL GAS.
- V PLANTA DE DESHIDRATAACION DE GAS CON GLICOL.
- REFERENCIAS.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar -- Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como -- requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así -- como de la disposición de la Coordinación de la Administración -- Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los -- ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria, D.F., junio 23 de 1986.

EL DIRECTOR

Dr. Octavio A. Rascón Chávez

ARCH' MRV!gtg



	PAGINA
III.4.D.4. Otros puntos de Control.	92
III.5.- Diagnóstico de Fallas	94
III.5.A. Exceso de componente residual en la solución pobre.	95
III.5.B. Formación de espuma o exceso de solución.	96
III.5.C. El Recalentador no Suministra el calor necesario.	97
III.5.D. Fugas en el Recalentador	99
IV APLICACION DEL GLICOL EN LA DESHIDRATACION DEL GAS.	101
V PLANTA DE DESHIDRATACION DE GAS CON GLICOL	103
V.1.- Contenido de Humedad del Gas	103
V.2.- Punto de Condensación (Rocío)	110
V.3.- Gasto de flujo de glicol para el control.	113
V.4.- Concentración de glicol	117
V.5.- Otros puntos de Control	123
V.6.- Operación	124
V.6.A. Arranque	124
V.6.B. Operación Normal	127
V.6.C. Paro	129
V.7.- Diagnóstico de Fallas	131
V.7.1. Formación de espuma	132
V.7.2. Rebosamiento	134
V.7.3. Corrosión	135
V.7.4. Alto Contenido de Humedad en el Gas de Salida	136
Nomenclatura	140
Respuestas de los problemas propuestos	145
Referencias	152

## I N T R O D U C C I O N

Deshidratación es el término usado, que describe un proceso para la extracción de la humedad de un gas o líquido. La humedad del gas es extraída por un proceso llamado absorción. El glicol -- absorbe la humedad del gas; esto es, sólo un ejemplo de diferentes procesos de absorción. Glicol es el nombre que se le da al líquido usado para la extracción del vapor de agua en el proceso de deshidratación de gas. Existen diferentes tipos de glicoles como son:

Trietilen-glicol (T E G) es el glicol más usado en la deshidratación. Dietilen-glicol (D E G) es usado en algunas plantas antiguas, pero de menor eficiencia que el TEG para la deshidratación.

Una unidad de deshidratación de gas con glicol está constituida del siguiente equipo; contactores, intercambiadores de calor, bombas, agotadores (reconcentradores) y filtros. En este trabajo se explica de manera general, el funcionamiento integral, operación y diagnóstico de fallas en una planta.

En esta tesis se describe el procedimiento más común para la deshidratación del gas natural de los pozos o gas de refinación.

Además, para una mejor comprensión del tema, se incluyen -

ejercicios resueltos y problemas propuestos con los resultados al final de la tesis, y la nomenclatura de las unidades utilizadas.

UNIDAD DESHIDRATADORA DE GAS CON GLICOL

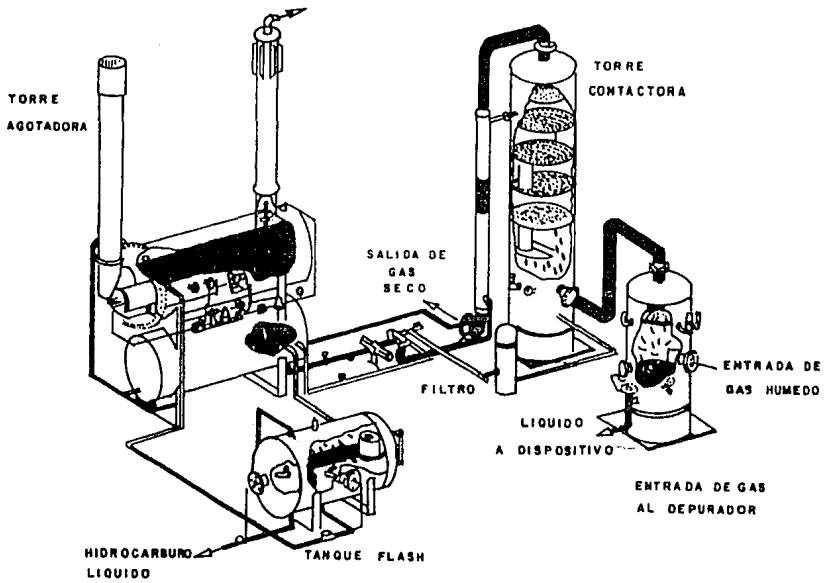


FIG. 1



## C A P I T U L O I

## DESCRIPCION DEL FLUJO

Un diagrama de flujo simplificado de una planta de deshidratación de gas con glicol se muestra en la Fig. 2. La trayectoria del flujo se describe de la siguiente manera:

La corriente de gas húmedo de entrada fluye del fondo del contactor hacia arriba del recipiente, haciendo contacto con la solución de glicol fluyendo hacia abajo, en cada plato. Algo de humedad es absorbida por el glicol en cada plato. El gas residual en el plato de la parte superior tiene la mayor cantidad de la humedad extraída. Este fluye hacia una tubería u otro destino.

El glicol, el cual es acumulado en el fondo del contactor contiene la humedad absorbida del gas. Este es llamado glicol rico. Fluye a un agotador, donde la solución es calentada por el recalentador y la humedad absorbida en el contactor es evaporada y fluye hacia la atmósfera. La solución residual del agotador es llamada glicol pobre, el cual es almacenado en un tanque y de éste es bombeado nuevamente al contactor.

Una planta de deshidratación de gas con glicol esta constituida considerablemente de más equipo, que el mostrado en el diagrama simplificado de la Fig. 2. En la Fig. 3 se describe la tra-

DIAGRAMA SIMPLIFICADO DEL FLUJO DE UNA PLANTA DE DESHIDRATACION DE GAS CON GLICOL

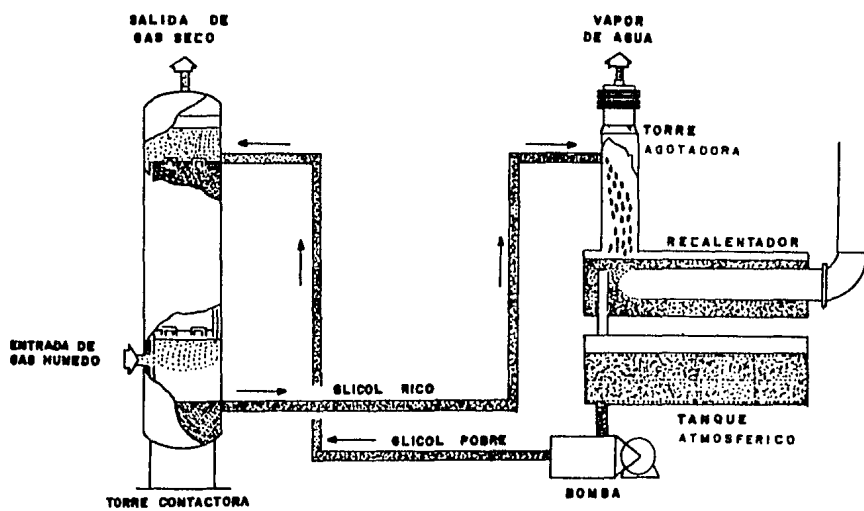


FIG. 2

DIAGRAMA DEL FLUJO DE UNA PLANTA DE DESHIDRATACION DE GAS CON GLICOL

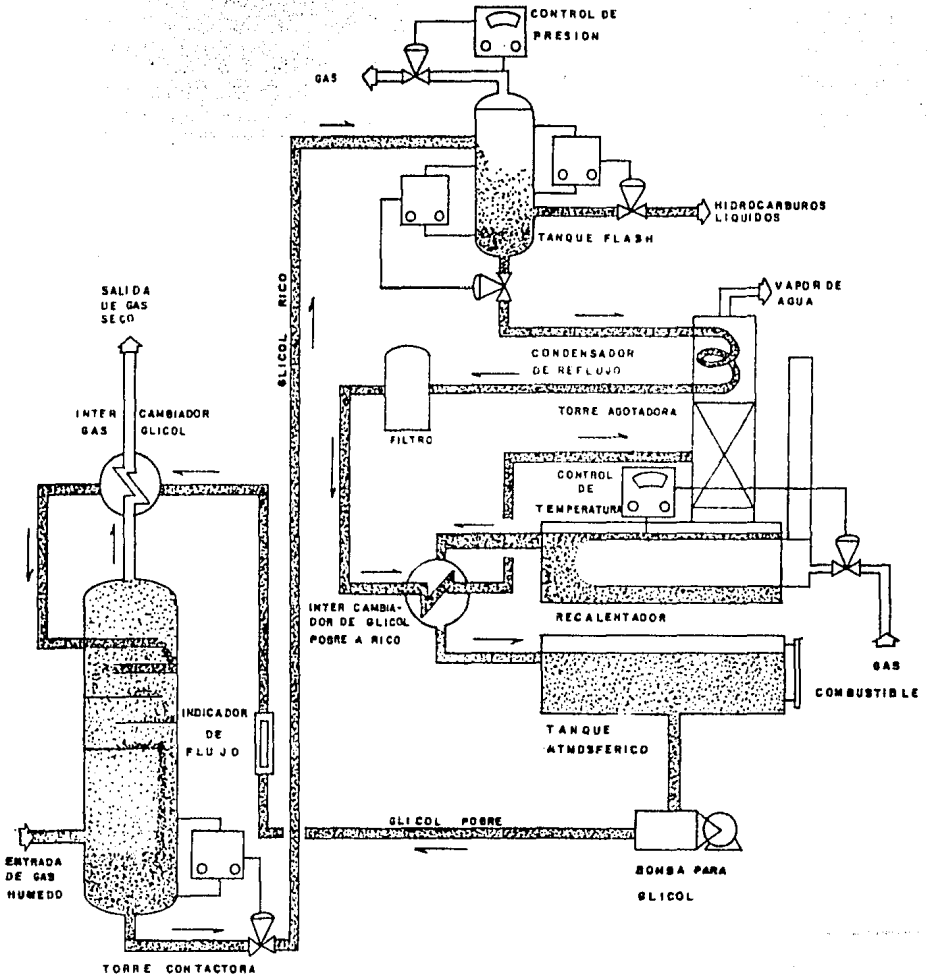


FIG. 3

yectoria de flujo y el equipo en una planta típica de deshidratación de gas con glicol. La trayectoria de flujo se describe de la siguiente manera:

El gas húmedo entra en el fondo del contactor y fluye hacia arriba de la torre, burbujeando a través del glicol fluyendo hacia abajo, sobre cada plato, mientras éste pasa hacia arriba. Mucha de la humedad del gas, es absorbida por el glicol; por lo tanto, el gas que sale del contactor es seco. Este fluye a través de un intercambiador de calor, para enfriar la corriente de glicol pobre y abandonar la planta.

El glicol rico se acumula en el fondo del contactor, y es descargado mediante un sistema de control de nivel y fluye hacia un tanque "flash", para separar el gas y los hidrocarburos líquidos, que pueden estar contenidos en éste. El tanque flash generalmente opera, a una presión ligeramente arriba, que la del sistema de combustible; de manera que el gas pueda ser usado, como combustible, por facilidad de operación. El tanque flash generalmente tiene dos sistemas de control de nivel: uno para descargar los hidrocarburos líquidos, y el otro para controlar el flujo de glicol residual del recipiente. Los hidrocarburos fluyen a un drenaje o a otro dispositivo.

El glicol del tanque "flash", fluye a través de un serpentín de reflujo, en la parte superior del agotador, y pasa por un filtro para eliminar las partículas sólidas de la corriente. En la entrada del intercambiador glicol pobre-a-glicol rico, donde la co-

Corriente rica, es calentada por la corriente residual caliente, que sale del recalentador del agotador. La corriente rica entra al agotador, donde la humedad absorbida en el contactor es eliminada de ésta, y descarga hacia afuera por la parte superior. El glicol fluye hacia abajo del agotador y entra al recalentador, el cual es generalmente un calentador, que usa gas como combustible. El glicol pobre del recalentador fluye a través del intercambiador de glicol pobre-a-rico, donde la solución pobre caliente es parcialmente enfriada por la solución rica, y entra al tanque. La solución sale del tanque y es succionada por la bomba, la cual eleva su presión ligeramente arriba que la del contactor. La solución pobre pasa a través de un indicador de flujo, y fluye a través del intercambiador glicol-a-gas, donde éste es enfriado con el gas de salida, y entra en el plato de la parte superior del contactor.

Problema 1. Relacionar cada renglón de la columna derecha con la columna izquierda.

- |                |  |
|----------------|--|
| — Contactor    | a. Elimina el material sólido del glicol.              |
| — Agotador     | b. Elimina el gas e hidrocarburos líquidos del glicol. |
| — Tanque flash | c. Parte superior del agotador.                        |
| — Filtro.      | d. Transfiere calor del glicol pobre al glicol rico.   |
| — Recalentador | e. Extrae la humedad del gas.                          |

- Serpentin de reflujo            f. Suministra el calor para el agotador.
- Intercambiador de glicol rico-a-glicol pobre.            g. Extrae la humedad del glicol rico.

## C A P I T U L O      I I

## EQUIPO.

## II.1. Contactor.

En el contactor es extraída la humedad del gas. Este es un recipiente a presión hecho bajo especificaciones rigurosas, y generalmente contiene de 4 a 12 platos sobre los cuales el gas burbujea, fluyendo hacia arriba a través del glicol que fluye hacia abajo. -- Los platos pueden tener cápsulas de burbujeo o válvulas, las cuales dispersan al gas a través de la solución de glicol. Normalmente los contactores tienen un diámetro de 45 cm. (18 Pg ) o menor y pueden disponer en su interior de empacamiento en lugar de platos.

El número de platos en el contactor, esta en función de la cantidad de humedad extraída del gas, por el glicol; por lo consi- -- guiente, a mayor número de platos se extrae mayor humedad.

Arriba del último plato superior del contactor, se instala usualmente un extractor de niebla, con la finalidad de extraer el - glicol que es arrastrado por la corriente del gas de salida.

Un sistema de control de nivel es instalado en el fondo - del contactor para regular el flujo del glicol rico que sale de la torre.

El contactor es frecuentemente llamado absorbedor. Indiferentemente de cómo es llamado, su función es la misma; extraer la humedad del gas mediante la absorción en el glicol ( Ver Fig. 4.).

## II.2. Tanque "flash" o separador.

En el contactor se disuelve algo de gas, en la solución de glicol rico. Además, el gas que entra, puede contener algo de hidrocarburos líquidos; los cuales, se almacenan en el fondo del contactor y salen del recipiente en la corriente de glicol rico.

En un tanque "flash" son separados el gas y los hidrocarburos líquidos del glicol rico. Un tanque flash es simplemente un separador en el cual el gas, los hidrocarburos líquidos, y el glicol son segregados uno del otro. El gas sale por la parte superior del recipiente y generalmente fluye al sistema de combustible. Un sistema de control de presión regula el flujo de gas de salida del recipiente. La presión de operación es generalmente de 350 a 500 kpa (50 a 75 lb/pg<sup>2</sup>).

En el tanque "flash" se instalan dos sistemas de control de nivel. El sistema superior regula el flujo de hidrocarburos líquidos, y el inferior regula el flujo de glicol rico, mismo que se puede observar en la Fig. 1.

Un tanque flash generalmente no está incluido en plantas



TORRE CONTACTORA

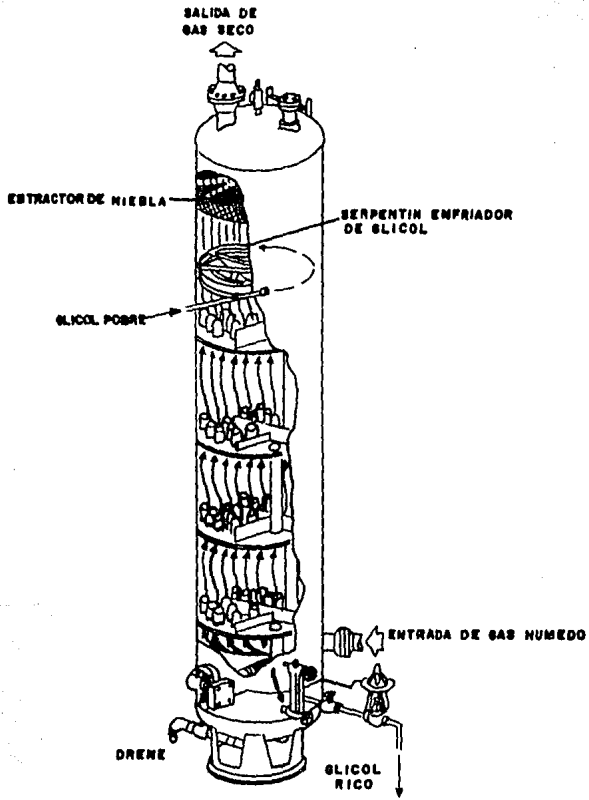


FIG. 4

de tratamiento que tienen una capacidad de gas menor de 100,000 --  
 $m^3$ /dfa (3 MMPCD) , ya que la cantidad de gas recuperado no justifica  
su instalación.

### II.3 Agotador.

El agotador extrae la humedad que el glicol absorbe del --  
gas en el contactor, a una presión de operación atmosférica o cer-  
ca de ésta, de modo que éste no tiene que ser construido con el --  
mismo código de rigidez que el aplicado al recipiente que opera a  
una presión mayor a la atmosférica.

El agotador tiene una altura cerca de 2 metros (6 pies), --  
contiene de dos a tres platos o empacamiento, si su diámetro es me  
nor de 50 cm. (18 pg) , con un serpentín de reflujo instalado en -  
la parte superior del agotador; el cual, mejora la eficiencia de la  
unidad. El glicol rico fluye a través del serpentín y condensa al-  
go del vapor de agua, fluyendo alrededor de éste.

El recalentador se encuentra localizado en la base del ago  
tador, para suministrar el calor necesario, para evaporar la hume--  
dad de la solución de glicol. En muchas aplicaciones del campo pe-  
trolero, el recalentador tiene calentador accionado con gas, el -  
cual provee el calor para el proceso de agotamiento. Un sistema -  
de control de temperatura regula el flujo de combustible al calen  
tador, para mantener la temperatura idónea. El agua que es evapora

da del glicol rico en el agotador, fluye hacia afuera, por la parte superior, la cual, generalmente descarga a la atmósfera.

Uno de los principales factores, que afectan la cantidad de humedad, que el glicol extrae del gas en el contactor, es la pureza o concentración de la solución de glicol pobre. La mayoría de las unidades con glicol operan con una pureza o concentración de 98 a 99.5% en peso de glicol y el remanente de 0.5 a 2.0% en peso de agua. Una corriente altamente pura, extraerá más humedad del gas, que una de una pureza inferior. Si la concentración de glicol pobre, fuera de 100%, éste podría extraer virtualmente el 100% de la humedad del gas.

La concentración de glicol es controlada en el agotador. La corriente de glicol rico es calentada por el recalentador, hasta una temperatura de 205°C (400°F), colocado en la base del agotador. A esta temperatura, la concentración de glicol es cerca de 98.5%. Una alta concentración puede ser obtenida elevando la temperatura del recalentador, pero esto, provoca una descomposición química del glicol, de manera que éste ya no absorbe la humedad del gas. Por consiguiente, si una concentración arriba del 98.5% es requerida, para extraer la cantidad necesaria de humedad del gas, algún otro método que eleve la temperatura del recalentador debe ser empleado.

#### II.4. Tanque atmosférico.

En la corriente de gas de la descarga del contactor, y en la línea de vapor de agua del agotador es arrastrada, en algunas ocasiones, grandes cantidades de glicol. Se recomienda que una planta deshidratadora de gas con suministro de glicol, las pérdidas de éste no debe exceder la cantidad de 13 litros por millón de  $m^3$  de gas (0.1 galón por MMPCD de gas) para que se considere que está trabajando eficientemente. Sin embargo, las pérdidas de glicol en una planta deshidratadora de gas de diseño son frecuentemente de 65 litros por millón de  $m^3$  (0.5 galones por MMPCD).

El tanque atmosférico proporciona almacenamiento para el glicol, de manera que éste no tenga que ser continuamente adicionado para compensar las pérdidas. El tanque atmosférico es generalmente diseñado para almacenar, cuando menos, el abasto de un mes de glicol.

El tanque atmosférico opera a presión atmosférica, por lo que éste no está construido a especificaciones rígidas de presión, para recipientes. El glicol pobre en el tanque, está generalmente a una temperatura superior de  $93^{\circ}C$  ( $199^{\circ}F$ ) de modo que éste, es aislado para protección al personal. Este tanque tiene un nivel óptico de cristal, para observar la variación del nivel de glicol. El glicol reciente fresco, es adicionado al sistema cuando el nivel de glicol baja del punto de referencia.

El tanque atmosférico en plantas deshidratadoras pequeñas frecuentemente dispone de un serpentín intercambiador de glicol pobre-a- glicol rico (Ver Fig. 5). En esta situación es importante que el nivel de glicol, en el tanque atmosférico, sea mantenido arriba de la parte superior del serpentín, para que se lleve a cabo la máxima transferencia de calor. En algunas ocasiones, es necesario - agregar una o dos veces a la semana glicol al sistema, para mante--ner el nivel en el tanque atmosférico arriba del serpentín.

#### II.5. Intercambiadores de glicol.

El glicol pobre que sale del agotador se encuentra a una - temperatura de aproximadamente 200°C (392°F). Este glicol debe ser enfriado previamente para entrar al contactor, de modo que absorba la máxima cantidad de humedad del gas. El enfriamiento se puede -- efectuar en dos etapas, mismas que se explican a continuación:

La primera etapa, es el intercambiador de glicol pobre -a -glicol rico. En este intercambiador de calor, cerca del 65% del - calor, contenido en la solución pobre caliente, es transferido a la solución rica, que entra al agotador. La temperatura del glicol - pobre, saliendo de éste intercambiador, es cercano a 100°C (212°F).

Son empleados diversos tipos de intercambiadores de gli--col pobre -a- glicol rico. Las plantas deshidratadoras pequeñas - generalmente tienen un serpentín en el tanque atmosférico, a través

RECONCENTRADOR DE GLICOL MONTADO EN PATIN

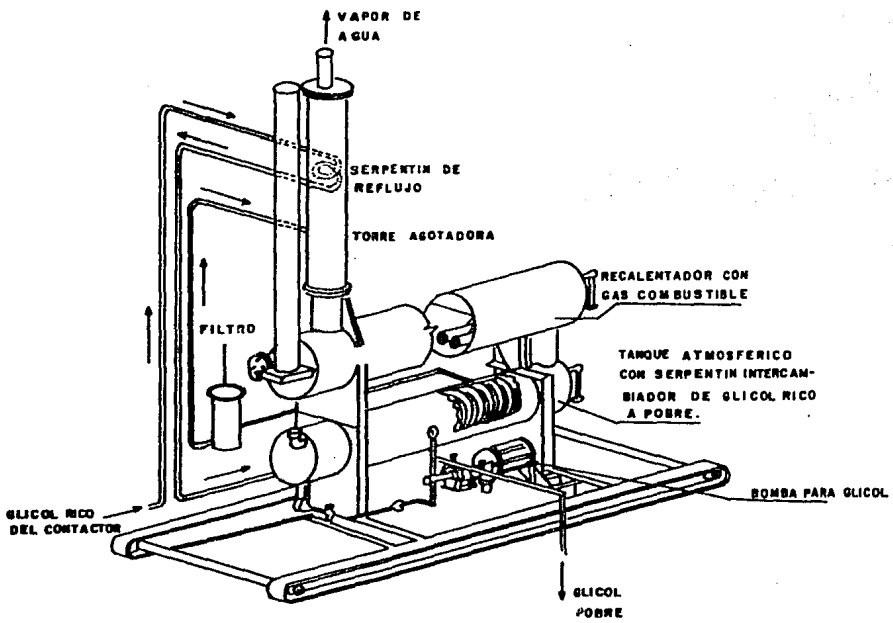


FIG. 5

del cual fluye la solución rica. El calor se transfiere de la solución pobre caliente, en el exterior del serpentín, a la solución rica, fluyendo interiormente en el serpentín. (Fig. 5).

Las plantas de mayores dimensiones (capacidad) tienen una o más horquillas intercambiadoras o un intercambiador tipo plancha, para transferir calor del glicol pobre al glicol rico.

Este tipo de intercambiador es importante en la eficiencia de operación total de la planta. El calor que transfiere a la solución rica en el intercambiador, reduce la cantidad de calor requerido en el recalentador. Si el intercambiador no estuviera presente, el calor del recalentador (y gas combustible) sería el doble o más.

La etapa final de enfriamiento del glicol pobre, se efectúa, en un intercambiador que enfría el glicol, a una temperatura cercana a 5°C (41°F) arriba de la temperatura del gas que entra al contactor. Esta es generalmente efectuada con un intercambiador; en el cual, el gas seco que sale del contactor, enfría al glicol pobre fluyendo al contactor. La densidad del gas es considerablemente mayor que la del glicol, de manera que la temperatura del gas se eleva sólo unos cuantos grados.

En unidades deshidratadoras pequeñas, el intercambiador -- del glicol pobre -a- gas es frecuentemente en forma de tubos para

lelos, (Ver Fig. 6 ), en el cual, no es obvia una inspección visual. - La línea de descarga de gas del contactor, tiene un tubo de diámetro amplio soldado alrededor, a través del cual, fluye el glicol - pobre.

Otro tipo de intercambiador de glicol -a- gas es un serpen-  
tín localizado en la parte superior del contactor, como se muestra  
en la Fig. 4. Este tipo de intercambiador es también usado en --  
plantas pequeñas.

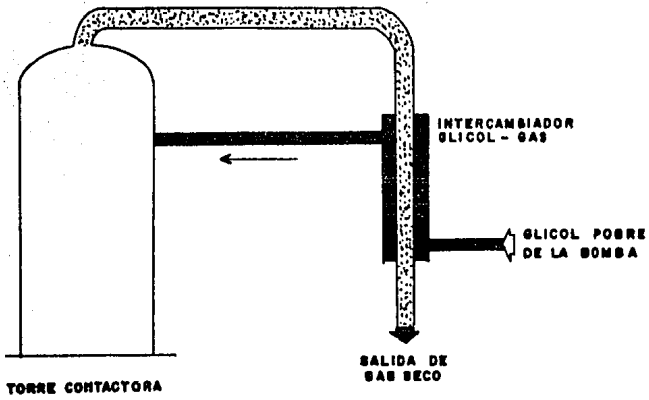
Las plantas grandes para glicol frecuentemente tienen un -  
intercambiador tipo pared y tubo; en el cual, el gas de salida en-  
fría la corriente de glicol pobre.

Algunos fabricantes de plantas deshidratadoras de gas con  
glicol, instalan 2 ó 3 platos extras en el contactor; los cuales, --  
son usados para enfriar el glicol pobre caliente, con el gas de sa-  
lida. Los platos son simplemente partes del contactor, pero su fun-  
ción es, enfriar el glicol con gas burbujeando a través de éste. --  
Muy poca absorción de humedad ocurre en los platos de enfriamiento.

La temperatura del gas de salida se eleva unos cuantos --  
grados, cuando éste enfría la solución pobre de glicol. Cuando el  
gas de salida entra a una planta de procesamiento a baja tempera-  
tura, el calor que éste retiró al enfriar el glicol pobre, debe --  
ser extraído con refrigeración adicional, en la planta de proceso.



**INTERCAMBIADOR GLICOL POBRE A GAS**



**FIG. 6**

En esta situación, la etapa final de enfriamiento del glicol es -- frecuentemente del tipo aereal.

#### II.6. Filtros para glicol.

Como el glicol circula a través del sistema, éste recoge -- partículas sólidas, parte de las cuales, ingresan en la corriente del gas de entrada. Estas partículas puede obstruir al empacamiento en el agotador y causar la formación de espuma en el contactor; por lo anterior, debe ser instalado un filtro en la corriente de -- glicol para extraer el material sólido de éste.

El filtro es generalmente del tipo que contiene elementos cilíndricos que son reemplazados cuando sean cubiertos de partículas sólidas (Fig. 7). El glicol fluyendo a través de los elementos nuevos, tendrá una caída de presión de 20 a 40 KPa. (3 a 6 lb/pg<sup>2</sup>) cuando éste fluye a través del filtro. Como los elementos extraen material sólido del glicol, éstos se tapan, y se incrementa -- la caída de presión.

Un registrador de presión diferencial, es instalado en el -- filtro, para medir la caída de presión a través de los elementos internos. Los elementos en los filtros, serán reemplazados cuando la caída de presión se eleve de 100 a 140 KPa. (15 a 20 lb/pg<sup>2</sup>). Si -- los elementos no son reemplazados, se taponarán y detendrán el -- flujo de glicol o se colapsarán.

FILTRO PARA GLICOL

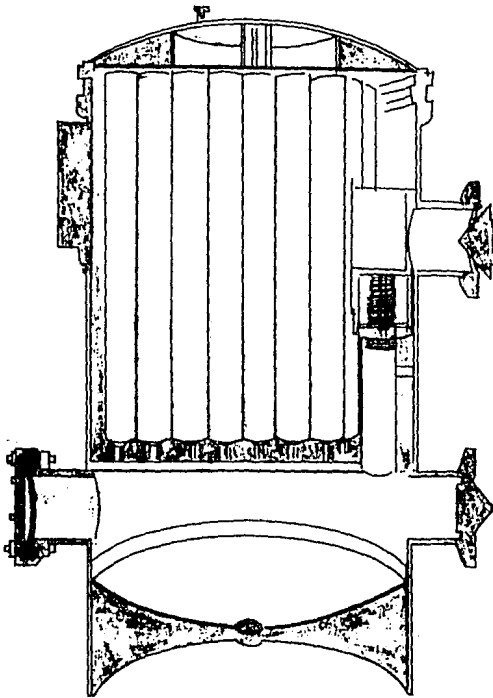


FIG. 7

## II.7. Bomba para inyección de glicol.

La bomba que se emplea para inyectar glicol, es del tipo reciprocante convencional, o una del tipo operada por el fluido. Esta es usada en muchas plantas de deshidratación de gas pequeñas. - Una bomba de émbolo de tipo reciprocante es generalmente usada para circular glicol en plantas grandes. El diámetro y número de émbolos depende del gasto de glicol que será desplazado. Estas bombas son generalmente accionadas con bandas por un motor eléctrico. Consecuentemente, la única manera de cambiar el gasto será al cambiar el diámetro de la polea de la banda o al desviar una porción de la descarga de líquido de la parte posterior de la bomba hacia el lado de succión.

La mayoría de las bombas para impulsar glicol son fabricadas por la KIMRAY, Inc. Estas son llamadas bombas kimray. Estas -- bombas utilizan la energía de presión contenida en el glicol rico sobre la base del contactor para elevar la presión del glicol pobre saliendo del tanque atmosférico.

La energía requerida para elevar la presión del glicol pobre de la presión atmosférica, a la presión del contactor, es mayor que la energía contenida en el glicol rico en el fondo del contactor. La diferencia es compensada con energía de presión del gas en el contactor. Así, la corriente que entra al empuje final de la -- bomba es una mezcla de gas y glicol rico.

La bomba de empuje por fluidos tiene dos ventajas operativas sobre la bomba de émbolos:

1. Su velocidad puede ser regulada al ajustar el flujo de gas y glicol rico entrando en ésta, la cual provee una manera de variar el flujo de glicol pobre hacia el contactor.

2. Se elimina la necesidad de un sistema de control de nivel en el contactor.

Un tanque flash debe ser instalado, cuando es empleada una bomba de empuje por fluidos, con el objeto de recuperar el gas; el cual, entra al empuje final de la bomba.

La manera de cómo opera una bomba de glicol se describe a continuación:

#### OPERACION.

La bomba para glicol "Kimray" es de doble acción, accionada por el glicol rico y una pequeña cantidad de gas a la presión del contactor.

El glicol rico del contactor fluye a través del puerto #4 y es regulado a través de la válvula de control de velocidad ha-

cia la izquierda del pistón de la bomba, moviendo este ensamble de izquierda a derecha. El glicol pobre es bombeado del cilindro izquierdo al contactor, mientras el cilindro derecho es llenado con glicol pobre del tanque atmosférico. Al mismo tiempo, el glicol rico es descargado del lado derecho del ensamble del pistón de la bomba, a un tanque "flash".

A medida que el ensamble del pistón de la bomba se acerca al final de su carrera, el anillo de posición en el vástago del pistón contacta con el lado derecho del actuador. El movimiento posterior hacia la derecha mueve el actuador, y el deslizamiento de la bomba para descubrir el puerto #1 y comunicar el puerto #2 y #3. Esto descarga el glicol rico del lado derecho del piloto del pistón a través del puerto #2 y #3 hacia el tanque "flash".

Al mismo tiempo el puerto #1 (el cual fue comunicado con el puerto #3) admite glicol rico sobre el lado derecho del pistón del piloto. Esto causa que el pistón del piloto y el deslizador del piloto sean empujados de derecha a izquierda.

En esta nueva posición el deslizador del piloto descubre el puerto #5 y comunica los puertos #4 y #6. Esto descarga el glicol rico del lado izquierdo del ensamble del pistón de la bomba a través de los puertos #4 y #6 hacia el tanque flash. El puerto #5 (el cual fue comunicado con el puerto #6) ahora admite glicol rico por la válvula de control de velocidad localizada a la derecha

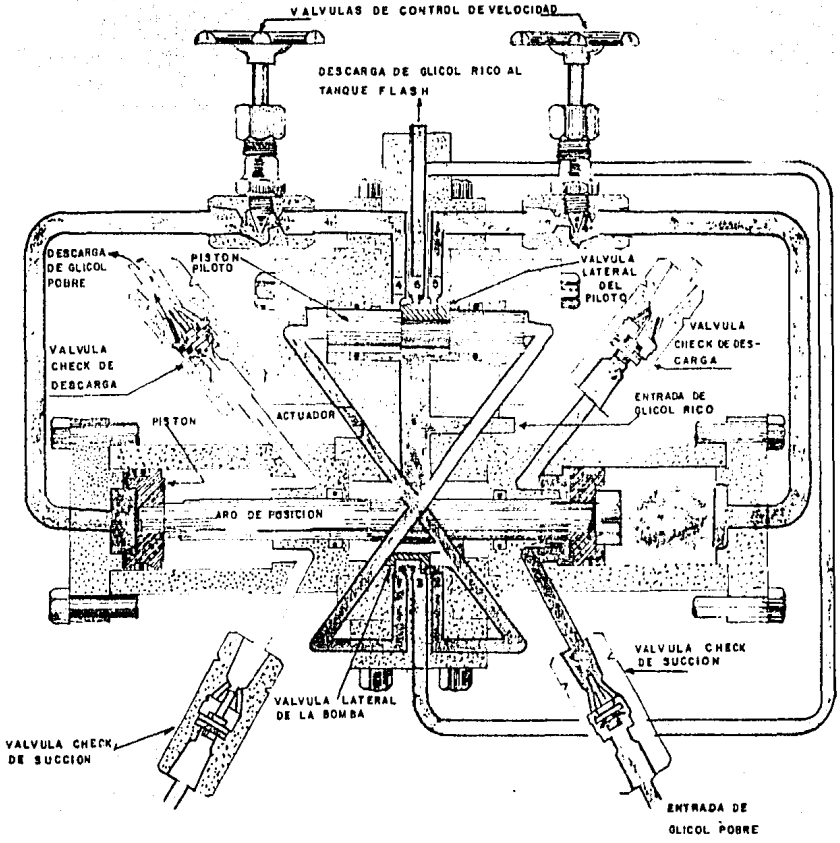
del ensamble del pistón de la bomba.

El ensamble del pistón de la bomba, ahora inicia su carrera de derecha a izquierda. Siguiendo el procedimiento anterior. (Fig.

8).

Problema 2.

- a. ¿Cuándo son requeridas dos etapas de agotamiento?
- b. ¿Cuál sería el resultado, si el intercambiador glicol pobre-glicol rico no fuera instalado?
- c. ¿Cuándo es instalado en la parte superior del contactor un serpentín intercambiador?
- d. El gasto de glicol pobre de una bomba impulsada por fluido es cambiado por:
- e. ¿Cuándo serán cambiados los elementos del filtro?



VALVULA CHECK = VALVULA DE RETENCION  
OPERACION DE LA BOMBA MARCA KIMRAY POR EMPUJE DE LIQUIDO

FIG. 8



## C A P I T U L O      I I I

## AGOTADOR

Un agotador o alambique como algunas veces es llamado, es un recipiente en el cual un componente o grupo de componentes similares, son eliminados de una solución por la acción del gas de agotamiento.

Con el propósito de comprender como funciona un agotador, se deben definir primero algunos términos que son empleados:

La "solución" es el líquido que contiene algunos "componentes" que se desean agotar. "Solución rica" es la que tiene los componentes disueltos; y "solución pobre" es el líquido del cual se han eliminado los componentes. El fluido de alimentación del agotador es la "solución rica"; el producto de la parte superior son los "componentes"; y el producto de la parte inferior es la "solución pobre". (Ver Fig. 9).

## III.1. Construcción.

Un dibujo de un agotador típico y sus accesorios se muestran en la Fig. 10. La torre es el agotador, y los accesorios son el recalentador y los dispositivos de reflujo. Ya que los accesorios son esenciales para la operación del agotador, serán incluidos

## TORRE AGOTADORA

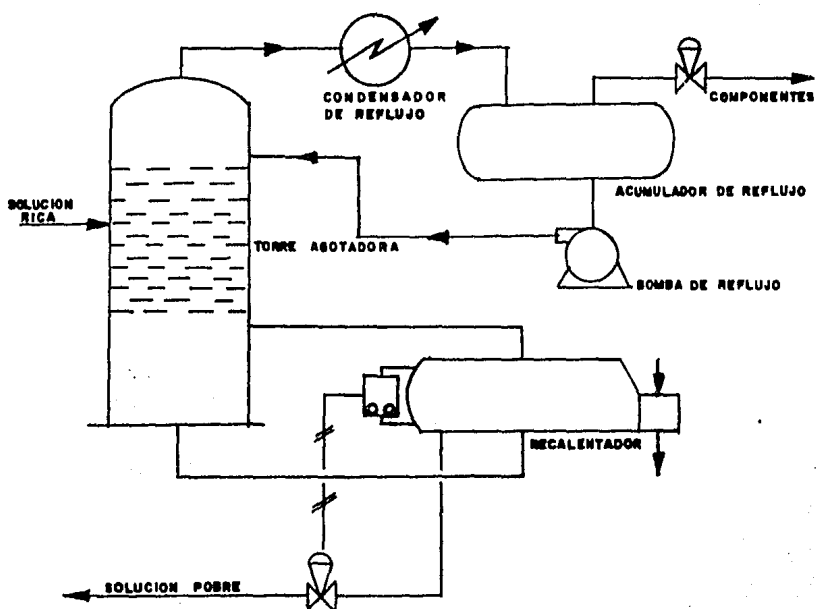


FIG. 9

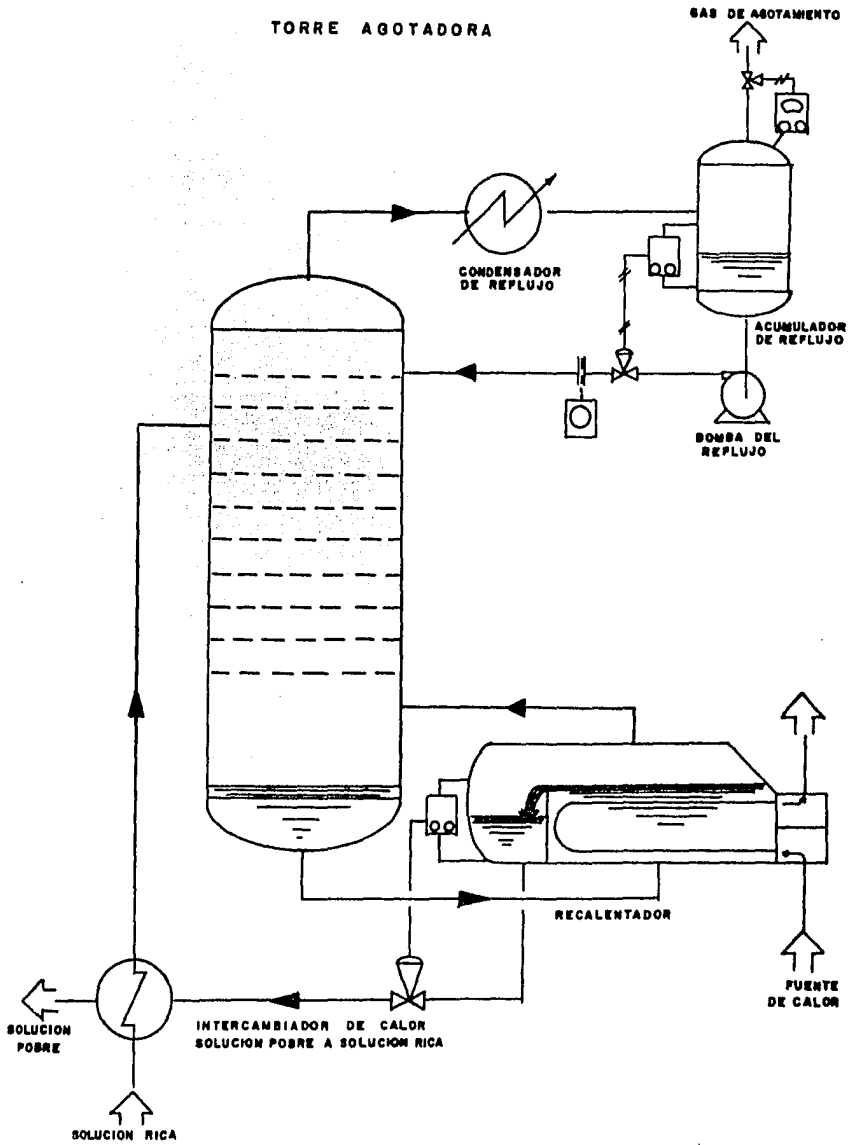


FIG. 10

dos en el estudio.

La torre de agotamiento tiene dos componentes: el recipiente y los platos. En algunas torres de diámetro pequeño, se usa un empacamiento en el lugar de platos.

Algunos agotadores operan a presión atmosférica; lo cual significa, que éstas son venteadas a las condiciones ambientales. La fabricación de tales recipientes, no tiene que apegarse a ningún código de especificaciones. Ya que el recipiente no tiene presión interna, su espesor de pared necesita únicamente ser el suficiente para soportar los internos de la torre y resistir las cargas por viento y por el fluido.

Si un agotador opera arriba de la presión atmosférica, entonces su diseño y construcción deberán apegarse al código de especificaciones para recipientes rígidos a presión. Todas las costuras deben ser soldadas y las toberas deben unirse de manera que no deformen al recipiente cuando la tubería se instale en ellas.

El recipiente es construido generalmente de acero, revestido de acero monel o acero inoxidable, si se anticipa que habrá una severa corrosión. Muchas torres de 90 cm. (36 pg.) o más de diámetro, tienen un registro de hombre en la parte inferior del recipiente, y frecuentemente, uno en la parte superior, de tal forma que una persona pueda entrar a inspeccionar y reparar el interior del

recipiente.

Generalmente se emplean dos tipos de platos en los agotadores:

1. Tipo válvula.
2. Tipo cápsula de burbujeo.

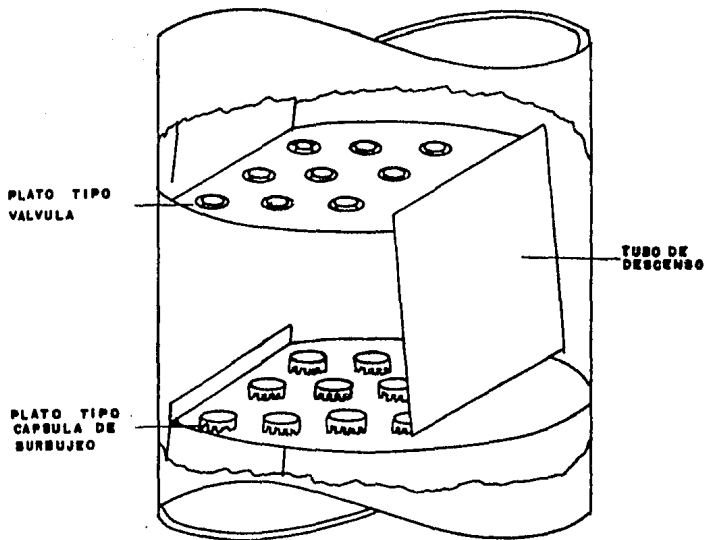
ambos tipos de platos se muestran en la Fig. 11. Los tipo válvulas pueden ser circulares o rectangulares.

La selección del tipo de plato está en función de los costos y de las propiedades y gastos del flujo. En general, los platos de válvula tienen una mayor eficiencia a bajos gastos de flujo de gas, que las de cápsulas de burbujeo. Las de cápsulas de burbujeo tienen una mayor eficiencia que las de válvula, si el líquido en la torre tiene una alta viscosidad.

La mayoría de los agotadores usan platos de cápsula de burbujeo debido a la alta viscosidad del líquido.

Los platos generalmente se construyen con acero. Estos pueden estar sujetos con pernos a un anillo de soporte que está soldado al recipiente, o pueden estar soldados al recipiente directamente. Los platos con diámetro de 75 cm (30 pg) o más, generalmente se hacen de 40 cm. (16 pg) a 45 cm. (18 pg) de ancho, de manera que

## PLATOS USADOS EN LA TORRE



INSTALACION DE PLATOS EN LA TORRE CONTACTORA

FIG. II

pueden ser reemplazados, a través de un registro de hombre en la torre. Los platos con diámetro de 90 cm. (36 pg) o más generalmente tienen una sección cuadrada de 45 cm. (18 pg) en el centro del plato, lo cual es retenida en su posición con abrazaderas, que pueden ser liberadas de la parte superior o de la parte inferior del plato. La sección cuadrada es para proveer de una abertura de acceso arriba o abajo.

En algunos agotadores, se usa empacamiento en lugar de platos. La Fig. 12, muestra los tipos de empacamientos disponibles. -- Los empacamientos están hechos de plástico, metal, y cerámica. La selección depende de la corrosividad y de las propiedades solventes de la solución en el agotador. Debe tenerse una especial atención en el diseño de un cabezal de distribución de líquidos arriba del empacamiento, de manera que el líquido no canalice, conforme fluye hacia el fondo de la torre. El empacamiento es sostenido por una fuerte rejilla de soporte en el fondo.

El material del empacamiento puede romperse o deformarse, si en éste, es acumulado más de 4.5 a 6 m. (15-20 pies). Si se necesita una mayor altura, pueden usarse secciones adicionales con rejillas de soporte y cabezales de distribución para cada una de las secciones.

La selección del empacamiento o platos está generalmente en función de un análisis económico previo. Las torres con empaca-

DETALLE DE UNA TORRE CON DOS  
SECCIONES DE EMPACAMIENTO

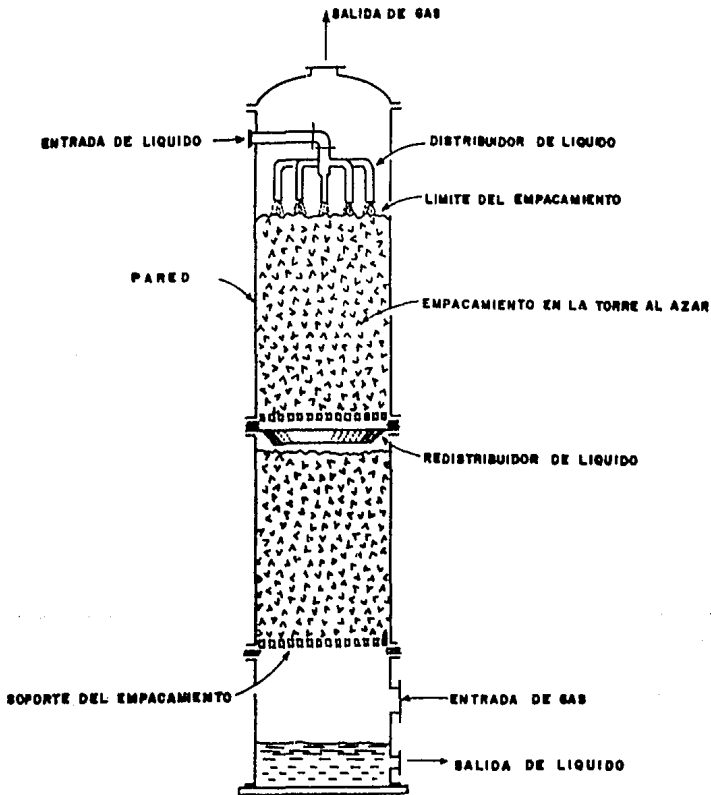


FIG. 12



mientos son mas baratas en torres con un diámetro de 60 cm (24 pg) o menos. Los platos, son generalmente menos costosos para diámetros grandes.

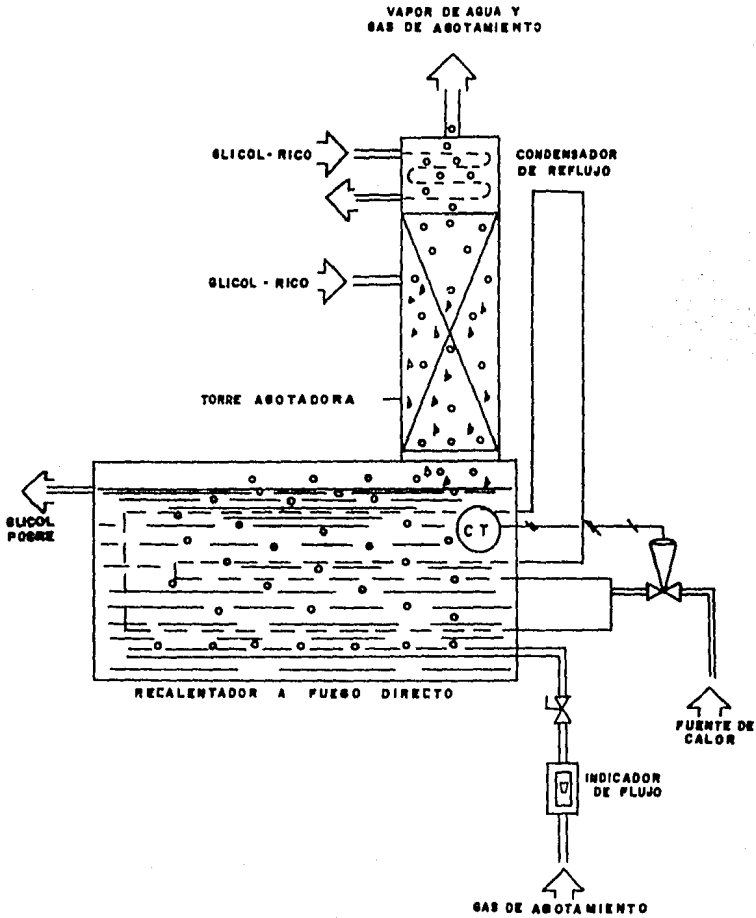
El recalentador es un intercambiador de calor en el cual, el calor de una fuente de temperatura (vapor, aceite caliente, gas combustible, etc.) es transferido al liquido, que fluye del fondo -- del agotador, al costado de la pared del recalentador. El recalentador de un agotador que opera a presión atmosférica, es simplemente un recipiente cilíndrico con un haz de tubos, a través del cual fluye un fluido caliente o un calentador indirecto de fuego, como se muestra en la Fig. 13.

Los recalentadores de los agotadores, que operan arriba de la presión atmosférica, tienen generalmente una construcción del tipo caldera convencional, como se muestra en la Fig. 10; ya sea con un calentador de haz de tubos o indirecto de fuego.

En casos donde el liquido del agotador es corrosivo, el recalentador es forrado con acero monel o con acero inoxidable, y los tubos o tubo de fuego se hacen del mismo material.

Los accesorios de reflujó de un agotador, pueden variar desde un serpentín condensador, localizado en la torre, arriba del plato superior, como se muestra en la Fig. 13; hasta un sistema externo -- que incluye un condensador, acumulador, y bomba como se muestra en

**TORRE AGOTADORA CON CONDENSADOR INTEGRAL DE REFLUJO Y RECALENTAMIENTO DIRECTO DE GAS USANDO FUENTE EXTERNA DE GAS DE AGOTAMIENTO**



**FIG. 13**

la Fig. 10. El condensador interno, tipo serpentín, es generalmente usado en agotadores a baja presión con un diámetro menor de 90cm -- (36 pg), y con un bajo gasto de reflujo. Las instalaciones internas son usadas en agotadores que operan arriba de la presión atmosférica, cuando el gasto de reflujo es mayor, del que puede manejar un -- serpentín.

El condensador es un intercambiador convencional de pared y tubo o de horquilla o enfriador de aire. El acumulador es un recipiente a presión, que sirve como tanque de agitación combinado para la bomba, y como separador gas-líquido cuando parte de la corriente es gas. La bomba generalmente es de tipo centrífuga.

En algunos agotadores el condensador de reflujo y el acumulador están localizados, arriba del agotador, de manera que, el líquido condensado, fluya hacia adentro por gravedad por la parte superior de la torre y no se requiera el uso de la bomba.

Problema 3.

Relacionar cada renglón de la columna derecha con el renglón de la columna izquierda.

- |                            |                                    |
|----------------------------|------------------------------------|
| — 1. Registro de hombre    | a. Separador gas-líquido.          |
| — 2. Empacamiento          | b. Abertura de inspección.         |
| — 3. Recalentador          | c. Cápsulas de burbujeo.           |
| — 4. Acumulador de reflujo | d. 4.5 -6 m (15-20 pies) de altura |
| — 5. Platos                | e. Intercambiador de calor.        |

### III.2. Principios de Operación.

#### III.2.A. Descripción del flujo.

Para comprender la trayectoria del flujo, es conveniente observar la Fig. 10.

La solución rica suministrada al agotador, generalmente, proviene de un absorbedor o contactor. Es una mezcla de un solvente líquido y el componente o componentes que recogió en el absorbedor o contactor.

La solución rica fluye a través de un intercambiador de calor, donde es calentada con la solución pobre caliente, procedente del recalentador. La solución rica entra a la torre agotadora, y generalmente, cerca del plato superior del recipiente.

La porción líquida del suministro fluye hacia abajo de la torre y entra al recalentador, donde parte de la corriente se vaporiza. El líquido en el recalentador se derrama sobre el vertedero -

dentro de una cámara de salida. La parte superior del vertedero, se encuentra arriba del tubo calentador del recalentador; de manera que, el tubo esté siempre sumergido en el líquido. Los componentes absorbidos, han sido extraídos de la solución que derrama dentro de la cámara de salida. Esta se conoce como "solución pobre". Después fluye al intercambiador de calor de la solución, donde cede algo de su calor a la corriente suministrada.

Los vapores formados en el recalentador, pasan por la parte superior del recipiente y fluyen de nuevo dentro del agotador, bajo el plato inferior. Si se emplea gas de agotamiento, también se introduce bajo el plato inferior como se muestra en la Fig. 13. Los vapores pasan hacia arriba de la torre y fluyen hacia afuera, por la parte superior, a través de un condensador, en donde la corriente es enfriada, de modo que una porción (en algunos casos toda) de la corriente se condensa. El líquido condensado retorna al plato superior de la torre, en donde fluye hacia abajo del recipiente.

La porción de vapor de la corriente, que sale del condensador, está constituida de los componentes que fueron agotados del flujo del suministro a la torre; más el gas de agotamiento, que es introducido en el fondo de la torre (cuando se emplea gas de agotamiento). El gas se separa del líquido en el acumulador de reflujos y fluye a un respiradero u otra fuente de disposición.

El agotador tiene platos o empacamiento, en los cuales, los vapores que fluyen hacia arriba de la torre, se mezclan con el líquido que fluye hacia abajo. En la Fig. 14 se puede observar la trayectoria del flujo en un plato.

El líquido fluye hacia abajo del tubo de descenso, desde el plato de arriba, y fluye a través del plato siguiente y se derrama sobre el vertedero, dentro del tubo de descenso al otro plato. El vertedero mantiene un nivel de líquido, sobre los platos de 5 a 8 cm. (2 ó 3 pg) de profundidad. Notése que el fondo del tubo de descenso se encuentra bajo el nivel del líquido, sobre el plato para sellar el espacio detrás de él; de modo que, el vapor no se desvíe del plato y fluya hacia arriba del tubo de descenso.

El gas que se mueve hacia arriba de la torre, fluye a través del tubo de ascenso de la cápsula de burbujeo, alrededor de la cápsula, y burbujea a través del líquido sobre el plato. En los platos tipo válvula, el gas levanta la válvula y burbujea a través del líquido. La función de las válvulas o de las cápsulas de burbujeo, es dispersar el gas de manera que éste fluya uniformemente a través del líquido en vez de fluir en baches. Las válvulas operan de manera que cuando el flujo de gas se incrementa, las válvulas se elevan y permitan más paso de gas.

El gas abandona un plato y fluye hacia el superior, donde -

FLUJO SOBRE LOS PLATOS DE LA TORRE

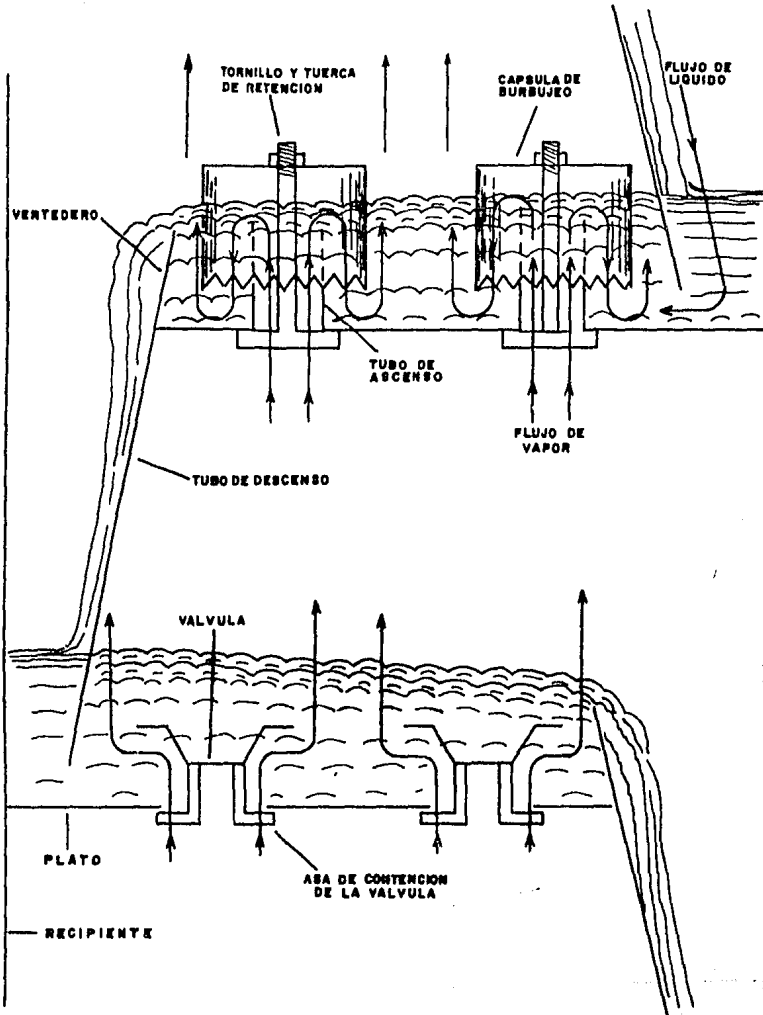


FIG. 14

otra vez burbujea a través del líquido.

Los platos tipo válvula y cápsula de burbujeo se muestran en la Fig. 14, para propósitos ilustrativos. En la realidad una torre tiene cápsulas de burbujeo o válvulas, pero no ambas.

Cuando se emplea un empacamiento en lugar de platos, el mezclado vapor-líquido es continuo a través del empacamiento. La forma del empacamiento provoca flujo hacia abajo de líquido y el flujo de vapor hacia arriba se dispersen de manera que ocurra un mezclado completo.

Problema 4.

Relacionar cada renglón de la columna derecha con el renglón de la columna izquierda.

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| —1. Suministro al agotador | a. Acumulador de gas                    |
| —2. Solución pobre         | b. Introducido en el fondo de la torre. |
| —3. Componentes agotados   | c. Solución rica.                       |
| —4. Reflujo                | d. Líquido del recalentador.            |
| —5. Gas de agotamiento     | e. Vapor de agotamiento condensado.     |



### III.2.B. Principios de operación.

El objetivo del agotador, es transferir uno o más componentes contenidos en una solución líquida, a una corriente de gas de agotamiento. Para que exista la transferencia, el gas debe tener una mayor atracción por el componente que la del líquido tiene por éste. Se puede imaginar al gas de agotamiento como un imán, y al componente por extraer como partículas de hierro. A medida que las partículas entran en contacto con el imán éstas se adhieren a éste.

La primera condición para el diseño y operación de un agotador es que el gas de agotamiento debe tener una mayor atracción por el componente que la del líquido tiene por éste.

Ahora bien, lo que se tiene que hacer es mezclar completamente el gas de agotamiento y la solución líquida, de manera que el componente pueda moverse del líquido al gas.

El proceso de agotamiento se ilustra por medio de un ejemplo. Supóngase que se tiene una solución líquida que contiene 100 partes de componente X, y un gas que tiene una mayor atracción por el componente que la que ejerce el líquido. Póngase el gas y el líquido en un recipiente y agítase vigorosamente por unos cuantos minutos, de manera que el gas y el líquido se mezclen completamente.

Desconéctese el agitador y permitase que el gas y el líquid

do se separen. Un análisis de cada fase muestra que el gas a absorbido arriba de 75 partes del componente y 25 partes permanecen en el líquido. En la Fig. 15 se representa el proceso.

Nótese que el gas de agotamiento separó sólo 75 partes del componente X de la solución. Este no extrae todo el componente, -- porque el gas de agotamiento va perdiendo su atracción por el componente, conforme la absorbe.

Finalmente, se alcanzará un punto, donde el gas de agotamiento y la solución tendrán igual atracción por el componente y ya no habrá transferencia adicional. La pérdida de atracción, es similar a la de un imán que recogen más partículas de hierro cuando esta limpio, que cuando tiene una capa de partículas sobre él.

Agregando un segundo recipiente mezclador, abajo del primero, de manera que el arreglo sea como el de la Fig. 16.

La solución sucia con 100 partes de componente X es mezclada en la segunda etapa con el gas de agotamiento, procedente de la primera etapa. Después de mezclarlo, el líquido de la segunda etapa es mezclado con gas de agotamiento limpio. La concentración resultante del componente X en cada corriente se muestra en la Fig. 16.

Al agregar una segunda etapa de mezclado se reduce la con-

## AGOTAMIENTO EN UNA ETAPA

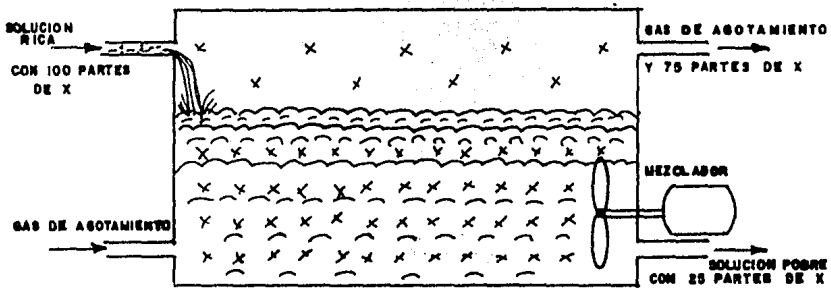


FIG. 15

## AGOTAMIENTO EN DOS ETAPAS

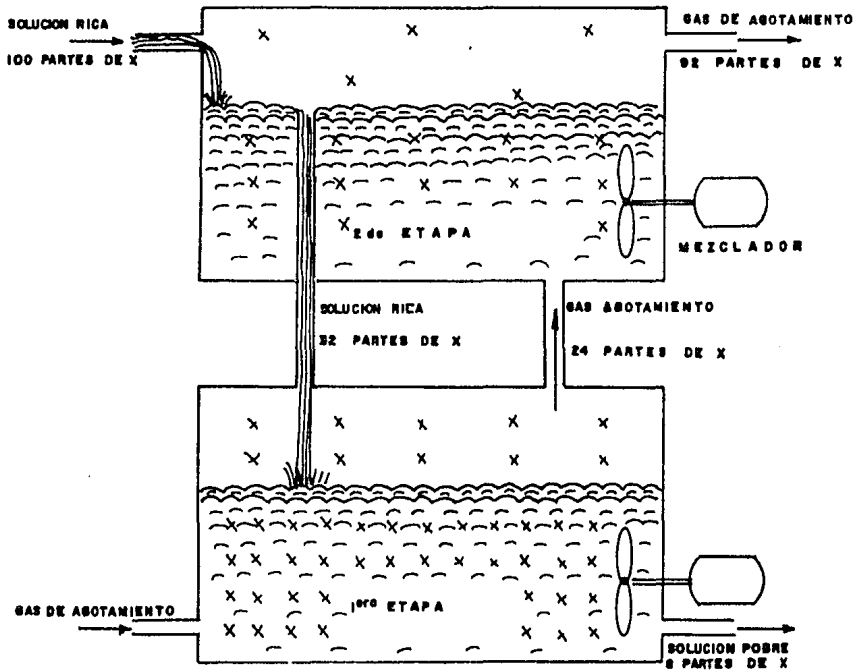


FIG. 16

centración de X en la solución pobre de 25 a 8 partes. Al mismo tiempo, su concentración en el gas de agotamiento se incrementa de 75 a 92 partes. Agregando una tercera etapa, la recuperación se incrementa a 97 partes, y con una cuarta etapa a 99 partes. Un número infinito de etapas permitirá al gas de agotamiento recuperar todo el componente de la solución.

Puede observarse que si se usa un mayor volumen de gas de agotamiento para el mismo volumen de solución, se recuperará más componente de la solución.

Si se incrementa al doble el volumen de gas, la recuperación en el mezclador de dos etapas, podría incrementarse de 92 a 96%. La segunda condición para el diseño y operación de un agotador es que "la cantidad de componente recuperado por el gas de agotamiento, se incremente cuando el flujo de gas de agotamiento aumente".

Hay otros factores que afectan la cantidad del componente agotado, estos son:

1. Presión de agotamiento - Hay un mayor agotamiento cuando la presión se disminuye.

2. Temperatura de agotamiento - Hay un mayor agotamiento cuando la temperatura se incrementa.

3. La presencia de otros componentes en la solución que -- son atraídos por el gas de agotamiento. En este caso, debe usarse - suficiente gas de agotamiento para recuperar el componente deseado, más un volumen adicional para recuperar los otros componentes que son atraídos por éste.

4. Pureza del gas de agotamiento - A mayor pureza mayor -- agotamiento.

Durante el proceso de agotamiento, el componente que es agotado de la solución rica, cambia de estado líquido en la solución - a vapor en el gas de agotamiento. Con objeto de que el cambio ocurra, debe agregársele el calor requerido para vaporizar el componente; de otra forma, permanecerá como un líquido. El calor de vaporización proviene del recalentador.

A continuación, se resumen los factores que afectan la cantidad de componentes que el gas de agotamiento pueda recuperar de una solución rica:

Factor	Efecto sobre el agotamiento
1. Gasto de gas de agotamiento	Mayor agotamiento con más gas.
2. Presión del agotador	Mayor agotamiento a baja presión
3. Temperatura del agotador	Mayor agotamiento a alta temperatura.
4. Otros componentes en la solución rica que el gas de agotamiento recupera.	Mayor agotamiento de componente deseado.

Factor	Efecto sobre el agotamiento
5. Pureza del gas de agotamiento	Mayor agotamiento a más alta pureza.

Ejemplo 1. (Ver Fig. 17). Un agotador en una planta de en-  
dulzamiento con MEA requiere  $0.2 \text{ m}^3$  de vapor de agotamiento por li-  
tro de sulfinol rico ( $27 \text{ pie}^3/\text{galón}$ ). ¿Cuántas libras por hora de  
vapor de agotamiento se requieren, si el gasto de flujo del sulfi-  
nol es  $190 \text{ l/min. (50 gpm)}$ ?

Solución	Unidades Métricas	Unidades Inglesas
Flujo de MEA	$190 \text{ l/min.}$	$50 \text{ gpm}$
Unidad del gasto de vapor de agotamiento	$0.2 \text{ m}^3/\text{l}$	$27 \text{ pie}^3/\text{gal.}$
Volumen de vapor de agota- miento por minuto.	$0.2 \times 190 = 38 \text{ m}^3/\text{min.}$	$27 \times 50 = 1350 \text{ pie}^3/\text{min.}$
Volumen de vapor de agota- miento por hora	$38 \times 60 = 2280 \text{ m}^3/\text{min.}$	$1350 \times 60 = 81,000 \text{ pie}^3/\text{min.}$
Peso del vapor	$1.3 \text{ m}^3/\text{Kg}$	$21 \text{ pie}^3/\text{lb}$
Gasto de vapor por hora	$\frac{2280}{1.3} = 1750 \text{ kg/hr}$	$\frac{81,000}{21} = 3860 \text{ lb/hr}$

Problema 5. (Ver Fig. 18).

Un agotador en una planta deshidratadora de gas con glicol,  
usa gas de agotamiento para extraer agua de la solución rica de --  
glicol. El gasto de flujo de gas de agotamiento es  $0.04 \text{ m}^3$  por li-  
tro de glicol ( $5.3 \text{ pie}^3$  por galón de glicol). El gasto de flujo de

## EJEMPLO No 1

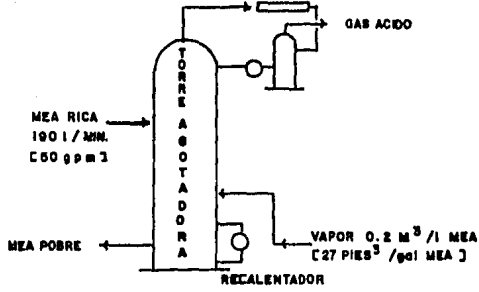


FIG. 17

## PROBLEMA 5

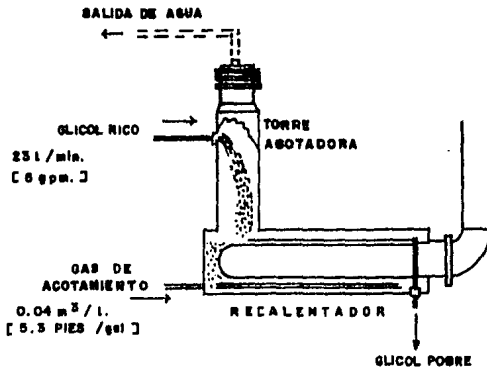


FIG. 18



glicol rico para el agotador es 23 l/min. (6 gpm).

a. El flujo de gas de agotamiento por minuto es:

Unidades Métricas: — 0.92 m<sup>3</sup> — 0.024 m<sup>3</sup> — 575 m<sup>3</sup>

Unidades Inglesas: — 32 pie<sup>3</sup> — 0.1 pie<sup>3</sup> — 144 pie<sup>3</sup>

b. El flujo diario de gas de agotamiento es:

Unidades Métricas: — 46 m<sup>3</sup>/dfa — 1325 m<sup>3</sup>/dfa — 15000 m<sup>3</sup>/dfa

Unidades Inglesas: — 46 MPCD — 1325 MPCD — 15000 MPCD

El diseño de un agotador, para una aplicación específica, está basada en dos factores principales:

1. La velocidad de ascenso del vapor en la torre.
2. El número de platos.

La velocidad del vapor debe ser suficientemente alta para - que el gas agite al líquido en los platos (o en el empacamiento) - de manera que ocurra un buen mezclado; pero no tan alta, que éste - bloquee la salida del líquido de los platos o impida un flujo uniforme del líquido, hacia abajo de la torre. Una velocidad del vapor de aproximadamente 30 cm /seg. (1 pie/seg.) proveerá normalmente un mezclado adecuado, sin que salga el líquido de los platos.

El flujo de vapor hacia arriba de un agotador es una mezcla

de gases de cuatro fuentes:

1. Reflujo vaporizado.
2. Vapores del componente agotado de la solución.
3. Vapores de solución formado en el recalentador para agregar calor al agotador.
4. Gas de agotamiento (cuando una fuente de gas externa es usada).

Retrocediendo al proceso de una y dos etapas de mezclado. - Este tipo de aparato es usado en el laboratorio para probar varios gases de agotamiento para conocer su capacidad para recuperar componentes de una solución rica. Suponiendo que se descubre que 3 etapas son necesarias, para lograr el agotamiento deseado. Ahora, se tiene que determinar cuántos platos son equivalentes a tres etapas de mezclado. Se determina que una torre con 9 platos, proporciona el mismo resultado de agotamiento que las tres etapas de mezclado, o tres platos son equivalentes a una etapa; puesto que tres platos son requeridos para una etapa, la eficiencia de cada plato es  $33 \frac{1}{3}\%$ .

Problema 6.

Un agotador con MEA contiene 20 platos. La eficiencia de cada plato es 70% ¿Cuántas etapas de mezclado se encuentran en la torre?

La eficiencia de un plato depende de la efectividad de mezclado, que ocurra en éste. El grado de mezclado depende principalmente, de la viscosidad del líquido en el plato. El gas se dispersará y mezclará con un líquido fluyendo libremente como agua o gasolina mucho más fácilmente, que, con un líquido viscoso como el glicol.

Consecuentemente, mientras menos viscoso sea el líquido, mayor es la eficiencia del plato. Es importante que contaminantes tales como barro, incrustaciones, sal, etc., sean extraídos del líquido, de manera que su viscosidad no se incremente. De otra forma, la eficiencia de los platos disminuirá, y el gas de agotamiento no recuperará tanto componente del líquido.

La efectividad del mezclado en un plato disminuirá si incrustaciones o sedimentos, interfieren en el flujo. Los platos nuevos deben ser limpiados, antes de iniciar el arranque, para eliminar escorias de soldaduras y otros restos que se acumulen durante su construcción. Las torres que han estado en servicio, deben ser inspeccionadas y limpiadas, según lo necesiten de acuerdo a las características del fluido que se maneja.

El número de cápsulas de burbujeo o válvulas en un plato, es generalmente determinada por el fabricante del plato, de acuerdo a las necesidades y requerimientos del comprador. En función de su experiencia el número, tamaño y la disposición requerida para la -

aplicación particular del agotador. El diseño de platos para una aplicación, no necesariamente debe ajustarse a otra.

### III.2.B.1. Rebosamiento.

El líquido de un plato fluye hacia abajo sobre el tubo de descenso al próximo plato. El espacio entre el tubo de descenso y la pared del recipiente, debe ser suficientemente grande para permitir el libre flujo del líquido hacia abajo de la torre. Si el tubo de descenso se obstruye con incrustaciones o desechos, de manera que el flujo del líquido se restringa, el líquido se acumulará en la torre. Por ejemplo, si el flujo del líquido hacia abajo de una torre es de 190 l/min. (50 gpm), pero el flujo hacia abajo del tubo de descenso es restringido a 150 l/min. (40 gpm), el líquido llenará el tubo de descenso, y se acumulará en los platos un gasto de 40 l/min. (10 gpm). Eventualmente, la torre probablemente rebosará. (Ver Fig. 14).

Cuando una torre rebosa la mayoría del líquido, en la parte superior del recipiente, es expulsado por la parte superior de la torre. El rebosamiento generalmente ocurre a un alto gasto de líquido y un bajo gasto de gas. Esto sucede de la siguiente manera: a un alto gasto de líquido, el nivel de líquido en cada plato se elevará. Conforme el nivel se eleva, el flujo de gas, arriba de la torre, se irá restringiendo.

La presión del gas en el fondo de la torre comenzará a elevarse. Se alcanzará el punto en que un oleaje de gas se moverá súbitamente hacia arriba de la torre, con suficiente velocidad para -- arrastrar al líquido.

Al reducir el gasto de flujo del líquido generalmente se -- elimina el rebosamiento.

El rebosamiento no debe ser confundido con el "derrame" el rebosamiento ocurre casi instantáneamente. Además, si el gasto del líquido no se reduce, la torre rebosa otra vez cuando el líquido se vuelva a acumular.

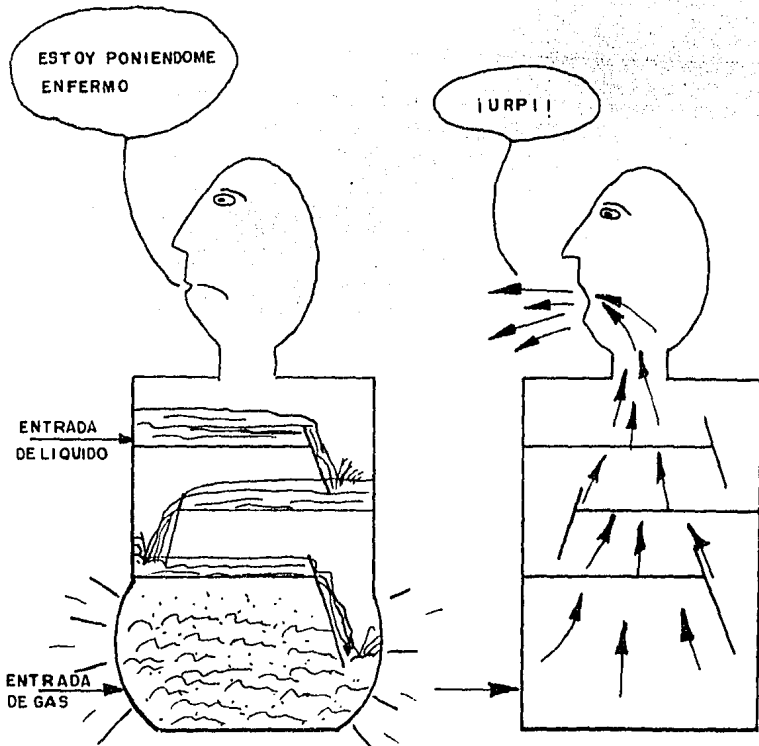
El derrame es generalmente causado por un alto gasto de vapor de flujo. Esto sucede continuamente; mientras, el rebosamiento es algo intermitente.

Los principios de diseño para los platos también se aplica en empacamientos. El empacamiento es clasificado según la cantidad de metros o pies equivalentes a una etapa de mezclado.

Ejemplo 2. (Ver Fig. 20).

Un agotador requiere tres etapas de agotamiento. Un empacamiento es usado en vez de platos. Cada etapa requiere 1.2 m. (4 pie) de empacamiento. ¿Qué altura de empacamiento es necesaria?.

## REBOSAMIENTO



El líquido fluye hacia abajo de la torre restringiéndose y empieza a acumularse sobre los platos, la presión del gas empieza a aumentar en el fondo de la torre.

La presión de gas aumenta hasta que ésta es suficiente para vencer la columna de líquido en los platos. Al mismo tiempo, un bache de gas se mueve hacia arriba de la torre. Este viaje a una alta velocidad y acarrea líquido con él, cuando fluye hacia afuera por la parte superior.

FIG. 19

## EJEMPLO No. 2

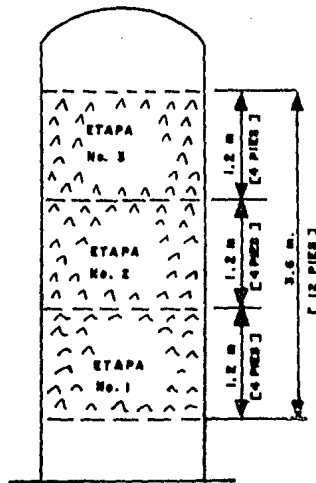


FIG. 20

	Unidades Métricas	Unidades Inglesas
Número de etapas	3	3
Altura del empacamiento por etapas.	1.2 m	4 pie
Altura total del empacamiento.	$1.2 \times 3 = 3.6 \text{ m}$	$4 \times 3 = 12 \text{ pie}$

### Problema 7.

Un agotador con glicol contiene 1.8 m (6 pie) de empacamiento. ¿Cuántas etapas de mezclado tiene la torre, si 1.2 m (4 pie) es equivalente a una etapa?.

—— 2.4      —— .67      —— 1.5

El reflujo en la parte superior del agotador, y un recalentador en el fondo, son accesorios esenciales en un agotador. A continuación se tiene una descripción de cada uno.

#### III.2.B.2. Reflujo.

El reflujo, es el líquido que alimenta la parte superior del plato de un agotador, que limpia al gas que sale de la torre, para extraer la solución que éste haya recogido.

Conforme el gas de agotamiento burbujea a través de la solución fluyendo hacia abajo de la torre, una pequeña cantidad de so-



lución se evapora, y entra a la corriente de gas de agotamiento - fluyendo hacia arriba de la torre. La solución, es generalmente cos tosa, de manera que su recuperación del gas de agotamiento es esencial. La función del reflujo es ilustrada en la Fig. 21, y es presentada de esta manera: supóngase que se tiene un agotador con 20 platos. Los 18 platos inferiores son requeridos para el proceso de agotamiento. Los vapores fluyendo hacia arriba del 18avo plato son: gas de agotamiento, componentes extraídos de la solución, y una peque ña cantidad de solución que se ha vaporizado. Los vapores son ca-- lentados debido al calor suministrado por el recalentador.

El reflujo frío, es alimentado por la parte superior o - -- 20avo plato de la torre. Conforme éste fluye a través del 20avo y 19avo platos, se mezcla con los vapores calientes que fluyen hacia arriba de los platos 19avo y 18avo, respectivamente. La solución - que se encuentra en los vapores es absorbida en el reflujo del líquido en la parte superior de los platos. Los vapores que fluyen - fuera de la torre no tienen solución remanente en ellos.

El reflujo del líquido fluye hacia abajo de la torre, y se - mezcla con el líquido alimentado de la corriente que va al fondo de la torre. El líquido en la parte inferior de la torre, que flu ye al recalentador, es una mezcla del reflujo y la solución pobre. La porción del reflujo es vaporizada en el recalentador, y fluye -- hacia arriba de la torre en fase gaseosa.

### FUNCION DEL REFLUJO

Los vapores de la parte superior de la torre fluyen a través del condensador de reflujo donde parte de los vapores se licúan y se separan en el acumulador

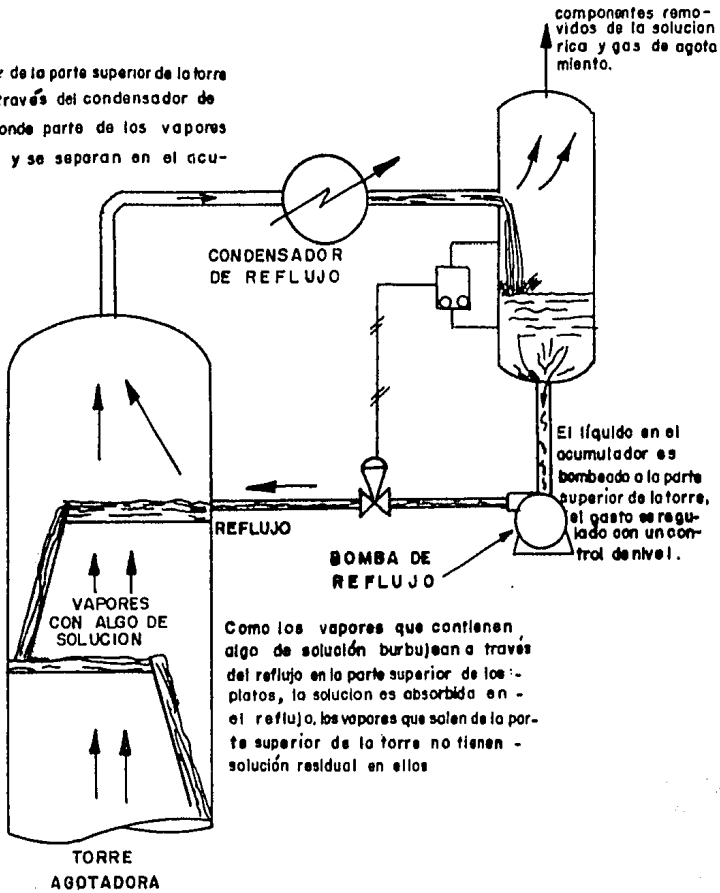


FIG. 21

La cantidad de reflujo dependerá de la cantidad de solución, que recupere el gas de agotamiento.

Cuando el vapor es usado como gas de agotamiento, éste se condensa en agua en el condensador de reflujo, y es retornado a la torre para el reflujo.

El reflujo es obtenido por condensación de una porción de los vapores superiores del agotador en un intercambiador de calor. Si el condensador del reflujo está localizado arriba del agotador, el reflujo puede fluir hacia la torre, por la fuerza de gravedad. Si el condensador se localiza abajo de la parte superior del agotador, el reflujo debe ser bombeado a la parte superior de la torre.

La porción del vapor de la corriente que sale del condensador de reflujo, es el componente que se ha extraído de la solución rica, y gas de agotamiento no condensado.

### III.2.B.3. Recalentador.

El recalentador suministra el calor requerido en el proceso de agotamiento.

Se recordará que ocurre un mayor agotamiento cuando la temperatura es elevada. Una de las funciones del recalentador es la de elevar la temperatura del líquido que fluye hacia abajo de la

torre. Esto se hace al vaporizar algo de la solución que fluye dentro del recalentador (Fig. 22).

Los vapores de solución del recalentador fluyen al fondo del agotador y suben a la torre, mientras los vapores burbujan a través del líquido sobre los platos, éstos calientan al líquido, y en el proceso, los vapores son enfriados al punto que se condensan, y fluyen hacia abajo de la torre. Se establece un ciclo continuo de líquido hacia abajo y de vapor hacia arriba de la torre para calentar el líquido en el agotador.

Otra función del recalentador es suministrar el calor de vaporización, requerido para cambiar los componentes que son agotados de líquido a gas. Este calor, es suministrado al incrementar la cantidad de solución que es vaporizada en el recalentador, de manera que éste contenga suficiente calor para elevar la temperatura del líquido, y también para vaporizar los componentes en la solución.

La tercera función del recalentador, es la de vaporizar el reflujo que fluye hacia abajo de la torre.

Si se usa gas natural o algún otro gas inerte como gas de agotamiento, debe ser calentado de manera que éste no enfríe al líquido sobre los platos, y reduzca la eficiencia de agotamiento. El recalentador suministra el calor requerido para elevar la temperatura del gas de agotamiento.

### FUNCIÓN DEL RECALENTADOR

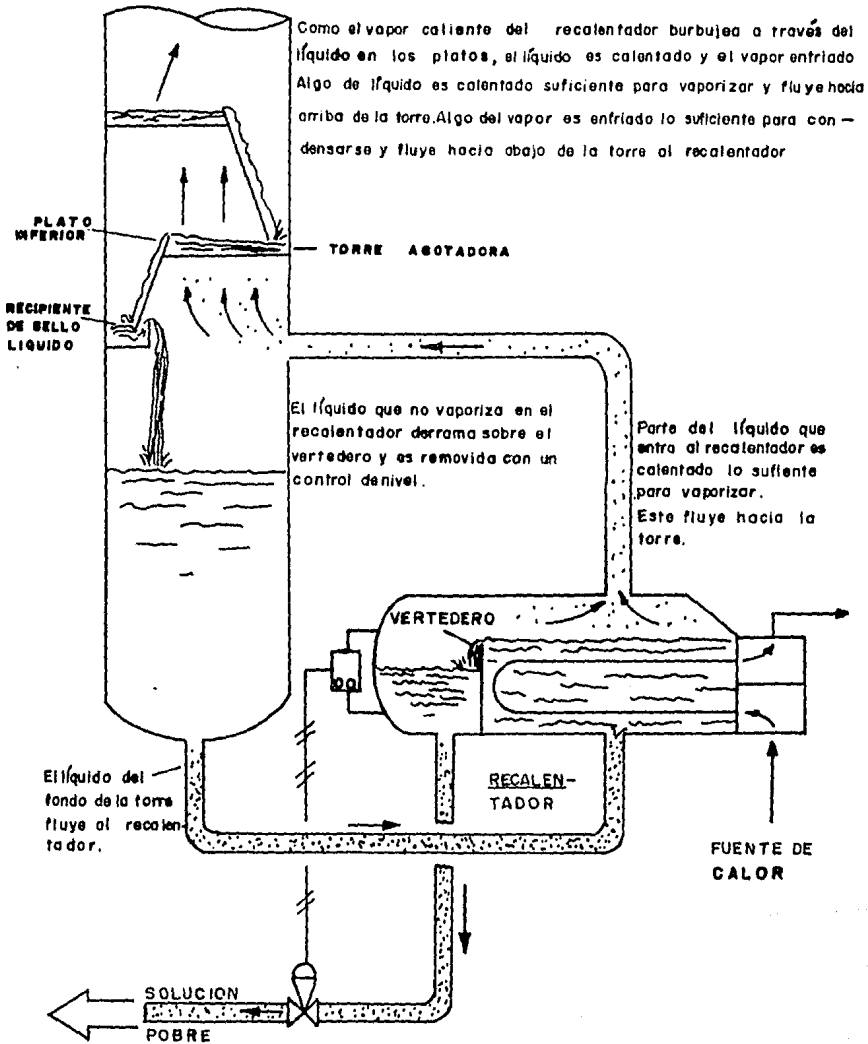


FIG. 22

El calor requerido del recalentador, es la suma de los siguientes factores:

1. El calor requerido para elevar la temperatura del líquido en el agotador.
2. El calor requerido para vaporizar componentes de la solución.
3. El calor requerido para vaporizar el reflujo.
4. El calor requerido para calentar el gas de agotamiento.

Ejemplo 3:

Un agotador en una planta endulzadora usa vapor como gas de agotamiento. Los requerimientos del proceso de calentamiento son:

1. Elevar la temperatura del líquido en el agotador - - - -  
180,000 kcal./hr (720 MBTU/hr).
2. Vaporizar el reflujo - 45400 Kcal./hr (180 MBTU/hr).
3. Vaporizar componentes - 34000 Kcal./hr (135 MBTU/hr).

¿Cuál es el requerimiento del recalentador?.

Solución:

Ya que el vapor es usado como gas de agotamiento, éste será reflujo vaporizado. El requerimiento del recalentador es la suma de los requerimientos de calor.

	Unidades Métricas	Unidades Inglesas
Para calentar el líquido	18 000 Kcal./hr	720 MBTU/hr
Para vaporizar el reflujo	45 400 Kcal./hr	180 MBTU/hr
Para vaporizar los componentes.	<u>34 000 Kcal./hr</u>	<u>135 MBTU/hr</u>
Requerimientos del recalentador.	259 400 Kcal./hr	1035 MBTU/hr

Problema 8.

Un agotador en una planta deshidratadora de gas con glicol, que usa gas natural como gas de agotamiento, tiene los siguientes requerimientos de calor del proceso:

1. Elevar la temperatura en el agotador - 470 Kcal./l de glicol (7000 BTU/gal. de glicol).
2. Vaporizar el agua en el glicol - 33 Kcal/l de glicol - (500 BTU/gal. de glicol).
3. Vaporizar el reflujo - 16 Kcal/l de glicol (250 BTU/gal.

de glicol).

4. Calentar el gas de agotamiento - 1Kcal./l de glicol (15 - BTU/gal. de glicol).

¿Cuál es el requerimiento de calor del recalentador en Kcal/hr - - (BTU/hr) para un gasto de circulación de 38 l/min. (10 gpm)?.

Unidades Métricas — 1185600Kcal/hr — 19760Kcal/hr — 31200Kcal/hr  
 Unidades Inglesas — 4659000 BTU/hr — 77650 BTU/hr — 466000 BTU/hr

El líquido que alimenta al recalentador, es el líquido que fluye del plato inferior en el agotador. El líquido es parcialmente vaporizado en el recalentador y los vapores son retornados a la torre, bajo el plato inferior. El líquido que es retirado del recalentador es la solución pobre.

Frecuentemente, la solución en un agotador, es una sustancia química, que se deteriora cuando su temperatura se incrementa, arriba de un cierto punto. Cuando sucede lo anterior, se forman componentes que desactivan la solución e incrementan su tendencia a formar espumas. Los productos de merma, normalmente pueden ser extraídos a un recuperador.

### III.3. Aplicación.

Los agotadores son comunmente empleados en los siguientes --



procesos:

1. Para extraer componentes recuperados, por una solución - en un contactor o absorbedor.
2. Para extraer componentes indeseables del agua, aceite, - u otros líquidos.

El uso más común del agotador, es en plantas de proceso de - gas, que usan algún tipo de solución para eliminar uno o más compo- nentes del gas, antes que éste fluya dentro de una tubería, en estas plantas. Los agotadores son también usados para los siguientes prop- óósitos:

1. Para extraer el agua del glicol, en una planta de deshi- dratación con gas. El gas natural es usado como gas de - agotamiento.
2. Para extraer gases ácidos, tales como el  $H_2S$  y  $CO_2$ , de - soluciones de Amina en una planta endulzadora. El vapor es usado como gas de agotamiento.
3. Para extraer hidrocarburos del aceite de absorción en una planta de gasolina. El vapor y/o vapores de hidrocarbu- ros se emplean como gas de agotamiento.

Las aplicaciones de los agotadores para extraer componentes

indeseables del líquido, también incluye los siguientes puntos:

1. Para remover oxígeno del agua, que será inyectada en un yacimiento de aceite. El oxígeno puede causar corrosión excesiva en la tubería de inyección. El gas natural es usado como gas de agotamiento.
2. Para extraer  $H_2S$  del aceite crudo. El  $H_2S$  en el aceite reduce su valor, y también causa contaminación en el aire. El gas natural es usado como gas de agotamiento.

#### III.4. Operación y Control.

##### III.4.A. Arranque.

1. Si la torre tiene un controlador de presión, poner éste en servicio.
2. Iniciar el suministro del líquido hacia la torre.
3. Cuando el nivel del líquido, en el recalentador, es lo suficientemente alto, para cubrir el tubo empacado o tubo de calentamiento, abrir la fuente de calor y elevar la temperatura del recalentador, hasta la temperatura de operación.

4. Si el recalentador tiene un control de nivel, en la cámara de derrame del vertedero, poner éste en servicio de manera que el líquido fluya fuera de la torre.
5. Abrir el fluido enfriador hacia el condensador de reflujo.
6. Cuando el líquido aparezca en el acumulador de reflujo, - arrancar la bomba de reflujo y establecer el flujo de reflujo.
7. Iniciar el flujo del gas de agotamiento.
8. Ajustar el calor en el recalentador y los controles de nivel del acumulador de reflujo y del recalentador para mantener el gasto de diseño.

El procedimiento de arranque se representa en la Fig. 23.

#### III.4.B. Paro.

1. Cerrar la entrada de calor al recalentador.
2. Cerrar el flujo de gas de agotamiento.
3. Parar la bomba de reflujo.
4. Bloquear el enfriador de fluido al condensador de reflujo.

## SECUENCIA DE ARRANQUE DE LA TORRE AGOTADORA

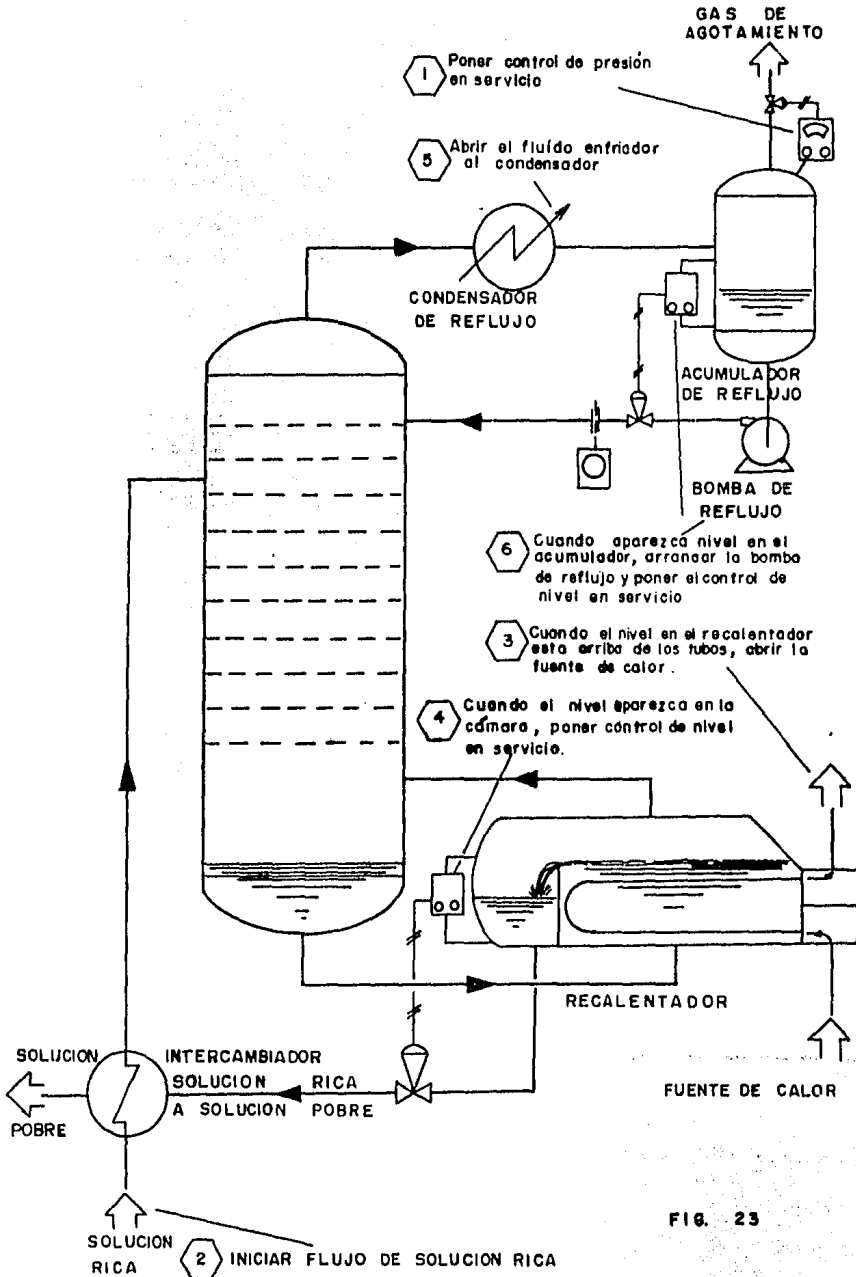


FIG. 23

5. Cerrar el suministro.

#### III.4. C. Operación normal.

1. Verificar la presión de la torre y reajustar el control, si es necesario.
2. Verificar los controles de nivel del acumulador de reflujos y del recalentador para una operación adecuada.
3. Verificar el flujo de calor al recalentador.
4. Verificar el gasto de flujo de gas de agotamiento.
5. Verificar la pureza de la solución pobre, que sale del agotador, para la adecuada extracción de componentes por el agotador.
6. Verificar la solución pobre que sale del agotador para detectar deterioración.

#### III.4.D. Control.

Es muy difícil agotar el 100% de un componente de una solución. En muchas operaciones de agotamiento, es relativamente fácil agotar el 80-90% del componente de una solución rica; sin embargo, el restante 10-20% es frecuentemente difícil y costoso. Consecuentemente, los procesos que usan los agotadores son diseñados de manera que la solución pobre del agotador tenga algún componente re-

zagado en éste.

La cantidad de componente que no es agotado de la solución, es llamado "contenido residual". Un agotador, está diseñado de manera que la solución pobre de la torre, tenga un cierto contenido residual máximo, del componente que se está agotando. Por ejemplo, un agotador en una planta de Amina puede ser diseñada para dar un contenido residual de  $H_2S$  en la solución pobre de  $0.0075 \text{ m}^3$  de  $H_2S/l.$  de solución (1 pie<sup>3</sup> de  $H_2S/gal.$  de solución).

La función del agotador es, producir una solución pobre que tenga un contenido residual de componente que sea menor al límite máximo. La solución pobre es el producto que queda en el fondo de la torre. Este es el producto pagable. El producto de la parte superior de la torre, es la cantidad de componente que ha sido extraída de la solución rica, para producir una solución pobre de adecuada calidad.

El suministro de un agotador es la solución rica que contiene una cierta cantidad de componente. El interés es el de extraer la cantidad de componente, que sea necesario para mantener la concentración residual del componente, en la solución pobre dentro de los límites tolerables.

### III.4.D.1. Gasto de gas de agotamiento.

El principal punto de control en un agotador es el gasto de gas de agotamiento. Este gasto no debe ser mayor, del que es requerido para extraer el suficiente componente de la solución rica, que entra a la torre, de manera que el nivel residual de componente, en la solución pobre esté por debajo de su máximo punto permisible.

El método más común para incrementar la concentración, arriba del 98.5% es, inyectando gas de agotamiento dentro del recalentador. El gas de agotamiento burbujea a través del líquido caliente - en el recalentador y fluye hacia el agotador y sale por la parte superior con el vapor de agua; la cual es evaporada de la solución de glicol en el agotador. El gas de agotamiento tiene el efecto de formar un vacío en el agotador. El resultado final es, haber extraído más humedad de la corriente de glicol y de esta forma elevar su concentración. El gas de agotamiento es generalmente tomado de la línea de combustible hacia el recalentador. (Fig. 24).

#### Ejemplo 4.

El agotador que se muestra en la Fig. 27 se encuentra instalado en una planta endulzadora de gas. La solución rica que alimenta al agotador contiene  $0.03 \text{ m}^3$  de  $\text{H}_2\text{S}$  por litro de solución -- ( $4 \text{ pie}^3$  de  $\text{H}_2\text{S}$  por galón de solución). La concentración residual --

### AGOTAMIENTO DE GLICOL CON GAS DE AGOTAMIENTO

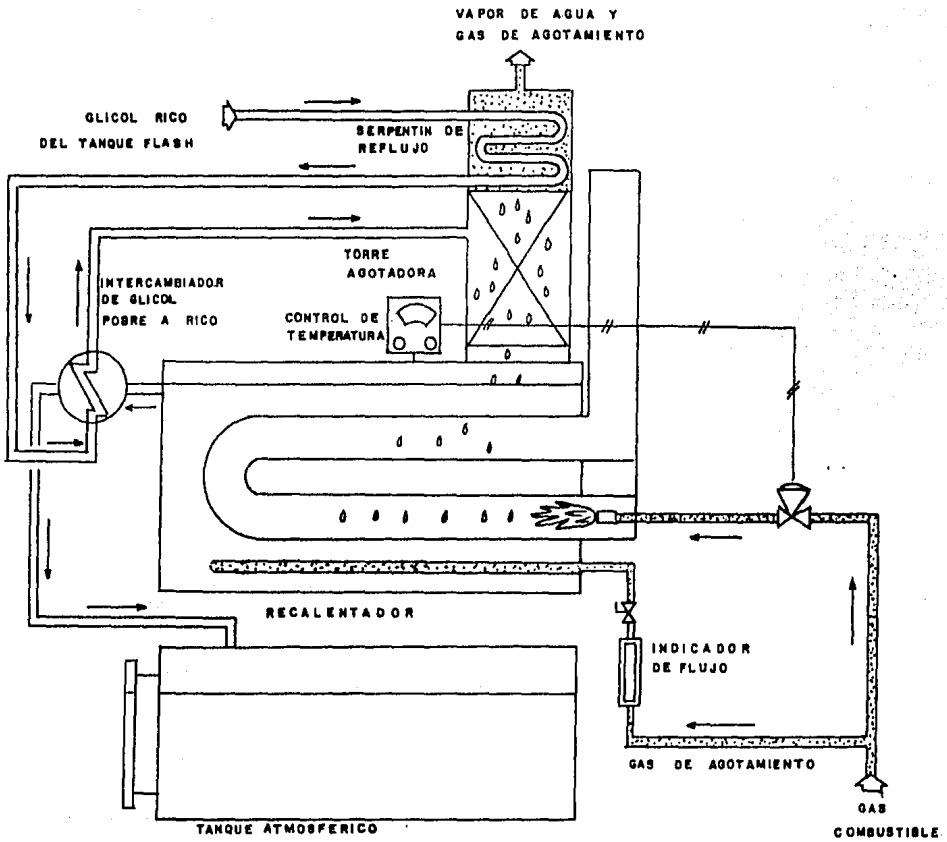


FIG. 24



permisible de  $H_2S$  en la solución es  $0.008 \text{ m}^3/\text{l}$  ( $1 \text{ pie}^3/\text{gal.}$ ). --  
 ¿Cuánto  $H_2S$  es agotado de la solución rica?.

	Unidades Métricas	Unidades Inglesas
$H_2S$ en la solución rica	$0.03 \text{ m}^3/\text{l}$	$4 \text{ pie}^3/\text{gal.}$
$H_2S$ en la solución pobre	<u><math>0.008 \text{ m}^3/\text{l}</math></u>	<u><math>1 \text{ pie}^3/\text{gal.}</math></u>
$H_2S$ agotado de la solución.	$0.022 \text{ m}^3/\text{l}$	$3 \text{ pie}^3/\text{gal.}$

El gasto de gas de agotamiento, es regulado de manera que - la cantidad residual de  $H_2S$  en la solución pobre, este bajo el límite. En el ejemplo anterior el máximo es  $0.008 \text{ m}^3/\text{l}$  ( $1 \text{ pie}^3/\text{gal.}$ ). - Por lo tanto, a manera de fijar el gasto de gas para el agotamiento, se debe primero establecer la concentración del componente clave en la solución pobre. Esta corriente debe ser el gas suficiente para - extraer la cantidad del componente clave, requerida en el agotador.

El gas de agotamiento, es generalmente una parte costosa. - Si éste es vapor, se usó combustible en alguna parte para producirlo. Si éste es un gas natural, su costo es el mismo que el del gas combustible. En cualquier caso es un gasto que necesita ser mantenido tan bajo como sea posible. Una reducción en gas combustible o de agotamiento de  $0.03 \text{ m}^3/\text{min.}$  ( $1 \text{ pie}^3/\text{min.}$ ) puede ahorrar \$ 500 dólares en un año, en costos de operación.

Consecuentemente, el gasto de gas de agotamiento, debe ser

el mínimo requerido, para tener la concentración residual de componente, en la solución pobre cerca de su límite máximo de operación.

Al aumentar el gasto de gas de agotamiento, se extraerá más agua del glicol y provocará una mayor concentración de glicol. El flujo de gas de agotamiento se expresa en  $m^3$  de gas/litro de glicol circulante ( $pie^3$  de gas/gal.). Un gasto de gas de agotamiento de -- 0.015 a 0.075  $m^3/l$  (2 a 10  $pie^3/gal.$ ) es usado normalmente. Un incremento insignificante en la concentración de glicol ocurre cuando el gasto de gas de agotamiento se excede de 0.075  $m^3/l$  (10  $pie^3/gal.$ ) de glicol.

Una concentración arriba del 99.5% puede ser obtenida por inyección de gas de agotamiento dentro del recalentador. Cuando una concentración de glicol mayor del 99.5% es requerida, un proceso de dos etapas de agotamiento es usado frecuentemente en este arreglo, el glicol pobre caliente de una concentración de alrededor de 99.2% abandona el recalentador y fluye al agotador de la segunda etapa; - el cual, contiene unos cuantos platos o empacamientos. El gas de agotamiento caliente es introducido por el fondo del agotador de la segunda etapa, y fluye hacia arriba, a través del glicol caliente que fluye hacia abajo. Lo anterior extrae humedad adicional del glicol caliente, de manera que el glicol pobre que baja hacia el fondo del agotador, de la segunda etapa, tendrá muy poca agua en él. Una concentración de hasta del 99.9% puede ser obtenida al incrementar el

flujo de gas de agotamiento en el agotador de la segunda etapa. -- (Fig. 25).

#### III.4.D.2. Gas Natural.

Cuando el gas natural, se emplea como gas de agotamiento, este es generalmente introducido en el recalentador como se representa en la Fig. 13. Burbujea a través del líquido caliente en el recalentador para calentarse. Este se mezcla con los vapores formados en el recalentador y fluye al fondo del agotador. El gas fluye hacia arriba de la torre, sale por la parte superior, a través del condensador de reflujo y es una parte de la corriente superior que sale de la unidad. Deben tomarse precauciones al manejar la corriente superior porque esta contiene gas.

El flujo de gas de agotamiento es generalmente señalado por un dispositivo de flujo. El flujo es regulado por un controlador de flujo o por ajuste manual de una válvula en la línea de gas. El gasto de flujo normalmente es especificado por los fabricantes del agotador, en metros cúbicos por litro (pie cúbico por galón) de solución. Por ejemplo,  $0.03 \text{ m}^3/\text{l}$  ( $4 \text{ pie}^3/\text{gal.}$ ). Si el gasto de flujo de la solución es  $4 \text{ l}/\text{min.}$  ( $1 \text{ gpm}$ ), el gasto del gas de agotamiento será  $0.12 \text{ m}^3/\text{min.}$  ( $4 \text{ pie}^3/\text{min.}$ ).

El gasto de agotamiento, especificado por el fabricante, está basado en el máximo gasto de flujo de solución y en la concentración máxima de componentes en la solución rica. La operación del --

## AGOTAMIENTO EN DOS ETAPAS

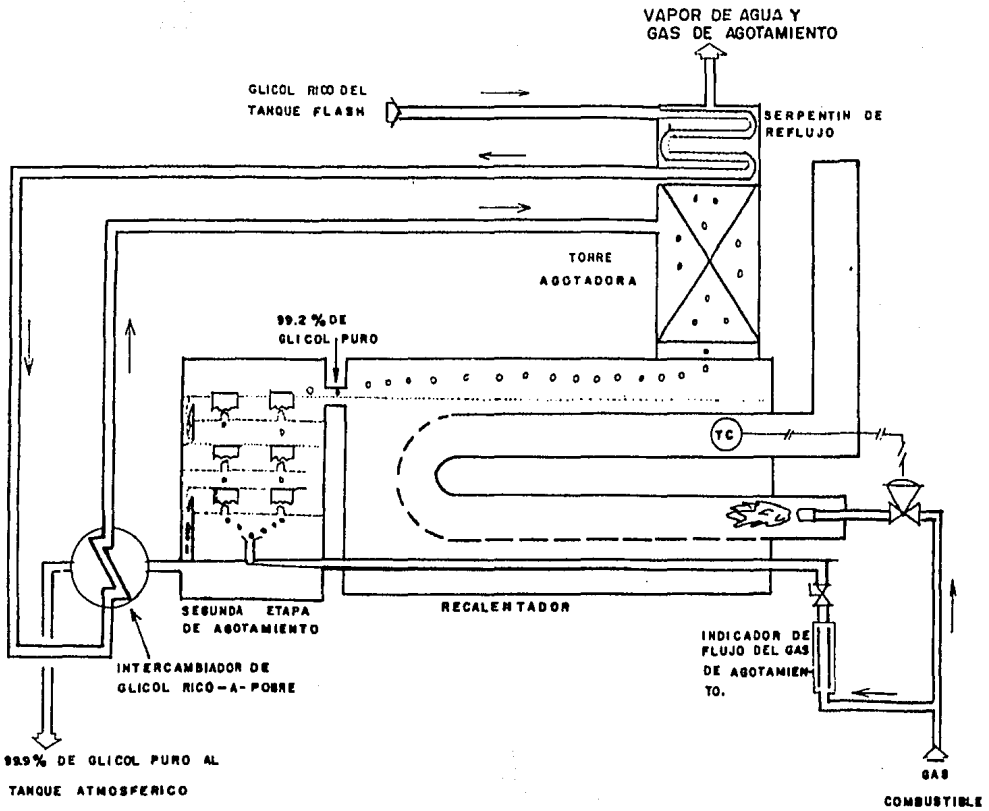


FIG. 25

agotador con máxima condición de carga, se presenta por un corto tiempo. En unidades pequeñas, tales como agotadores con glicol, un gasto de flujo constante de solución es mantenido casi todo el tiempo; pero la cantidad de componentes en la solución, puede variar considerablemente.

El fabricante de la unidad, especifica un cierto gasto de flujo de gas, para el agotamiento para máxima concentración de componente en la solución rica. Cuando la concentración de componente, es menor que la máxima, como sucederá la mayor parte del tiempo, el gasto de gas de agotamiento puede ser disminuído. Se tiene que buscar el gasto adecuado de gas de agotamiento para las condiciones -- reales de operación, por ensaye y error. El método para hacer ésto, es iniciar con el gasto de diseño y entonces disminuir lentamente -- el gasto de gas de agotamiento, hasta que el contenido residual de la solución pobre esté a su máximo.

Se recordará que se mencionó que el gasto de gas de agotamiento, se establece para controlar la concentración residual, en la solución pobre y nó se ajusta para extraer una cierta cantidad -- de componente de la solución rica; suponiéndose que se tiene un agotador diseñado para 5% de componente en la solución rica, y 1% de componente en la solución pobre. Entonces es agotado el 4% de la solución (5% - 1%). Supóngase que el gasto de gas de agotamiento es  $0.030 \text{ m}^3/\text{l.}$  ( $4 \text{ pie}^3/\text{gal.}$ ).

En operación real, la solución rica tiene sólo 3% de componente en éste. La solución pobre debe ser mantenida al 1%, de mane-

ra que la cantidad real que se tiene que agotar es  $3\% - 1\% = 2\%$ , - lo cual es la mitad de la del diseño. Esto no significa que se pueda disminuir el gasto de gas de agotamiento, a una mitad del diseño; se puede reducir en algo, pero se debe mantener el contenido residual al  $1\%$ . Se inicia reduciendo el gas hasta que se alcance el contenido residual de  $1\%$ , y se mantiene. Se puede observar que sólo se puede disminuir el gasto de gas en un  $25\%$  aunque la cantidad de componente para extraer este un  $50\%$  abajo del diseño.

#### III.4.D.3. Líquido y vapor de agotamiento.

El flujo de gas de agotamiento sale por la parte superior - del agotador con vapor de agua, y es venteado a la atmósfera. Esto presenta riesgo de incendio, así como también una pérdida sustancial de gas. En grandes plantas deshidratadoras de gas, el valor -- del gas de agotamiento puede ser de varios miles de dólares al mes.

Un método alternativo para suministrar glicol en concentración arriba del  $98.5\%$ , es empleando un líquido de agotamiento, como se muestra en la Fig. 26. El líquido de agotamiento fluye por gravedad del separador al recalentador, donde éste, es calentado y se vaporiza. El vapor fluye hasta el agotador y ayuda a las mismas - funciones que la del gas de agotamiento. La corriente que sale de la parte superior del agotador es una mezcla de vapor de agua y vapor de líquido de agotamiento. Este fluye a través de un condensador, el cual enfria la corriente, de manera que se condensen el --

AGOTAMIENTO DE GLICOL CON LIQUIDO DE AGOTAMIENTO

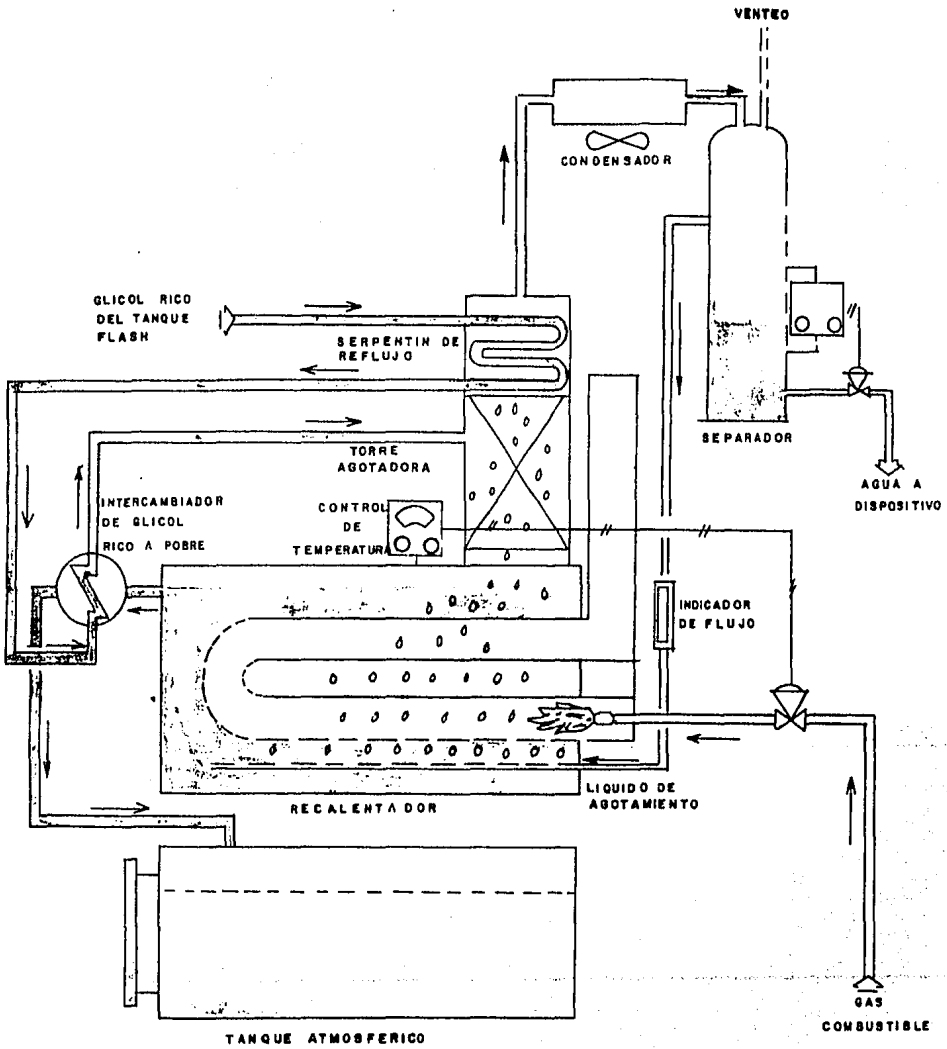


FIG. 26

agua y el líquido de agotamiento. La corriente fluye hacia un separador, donde los dos líquidos son segregados. El agua, siendo -- el líquido pesado, cae al fondo y es retirado mediante un sistema de control de nivel.

El líquido ligero de agotamiento flota sobre el lecho del agua y fluye dentro de un tubo vertical que descarga dentro del recalentador. Un registrador de flujo mide el gasto.

El líquido de agotamiento es el iso-octano, o un hidrocarburo similar. Este es más soluble en agua que muchos hidrocarburos, y la solubilidad se incrementa cuando la temperatura se incrementa. Consecuentemente, la temperatura del líquido que sale del condensador del agotador será mantenida tan baja, como sea posible, para -- minimizar la cantidad de líquido de agotamiento disuelto en el -- agua, que es retirada del separador.

Aunque el líquido de agotamiento, elimina la necesidad del gas para el agotamiento, el cual es ventado al aire, una carga adicional de calor en el calentador se requiere para vaporizar el -- líquido de agotamiento, que fluye dentro del calentador. Sin embargo, el incremento en calor y combustible es cerca del 30% del -- volumen equivalente del gas para el agotamiento que se requiere.

El separador opera a presión atmosférica. El suministro de líquido de agotamiento es adicionado al separador cuando se re- -



quiere.

El gasto de líquido de agotamiento es de 5 a 20% del flujo del glicol pobre al contactor. Aumentando el flujo del líquido de agotamiento se incrementa la concentración de glicol. El flujo se incrementa al elevar la temperatura en el recalentador.

Una concentración de glicol del 99.9% puede lograrse con líquido de agotamiento.

Al proceso con líquido de agotamiento se le da el nombre comercial de "Drizo" por el fabricante de la patente. El proceso está en uso comercial hace menos de 15 años. Un número de plantas -- deshidratadoras de gas, originalmente diseñadas para uso de gas para el agotamiento, han sido convertidas para el proceso de líquido de agotamiento; de manera que disminuya el consumo de gas usado por el recalentador como combustible y como gas para el agotamiento.

PROCESOS DE AGOTAMIENTO REQUERIDOS PARA VARIAS CONCENTRACIONES DE  
GLICOL POBRE

CONCENTRACION DE GLICOL POBRE	TIPO DE AGOTADOR
Hasta 98.5 %	Agotador simple
98.5 a 99.5%	Agotador simple con gas de agotamiento o líquido de agotamiento.
99.5 a 99.9%	Agotador con dos etapas, con gas de agotamiento o líquido de agotamiento.

Cuando el vapor es usado para el agotamiento, es generalmente producido en el recalentador. La cantidad de vapor generado en el recalentador, es regulado al incrementar o disminuir el calor suministrado al recalentador. Si el recalentador tiene un calentador de combustión de gas, incrementa el gasto de gas combustible, para incrementar el gasto de producción de vapor. Si el aceite caliente o vapor es la fuente de calor, éste flujo debe ser incrementado para crear más vapor.

El gasto de vapor de agotamiento debe determinarse de la misma manera como se describió anteriormente, para mantener el contenido residual abajo de su punto máximo. Mientras que el agotador opere abajo de las condiciones de diseño máximas, el calor suministrado al recalentador, debe ser reducido hasta que el contenido residual máximo sea alcanzado.

Cuando el vapor es gas de agotamiento, su gasto es presentado en unidades, Kg (lb) por litro (galón) de solución rica. Por ejemplo, 0.15 Kg/l (1.25 lb /gal.).

El vapor de agotamiento, generado en el recalentador, fluye hacia arriba del agotador. Sale por la parte superior y entra al condensador de reflujo, donde es enfriado y casi todo se condensa. El condensado es recuperado con la bomba de reflujo y regresa a la parte superior de la torre para el reflujo. Consecuentemente, el gasto de flujo del reflujo será el gasto de gas de agotamiento.

Anteriormente se mencionó que el vapor de agotamiento tiene de unidades el Kg (lb) por litro (galón) de solución rica. -- El gasto de flujo del reflujo está en l/min. (gpm). Es necesario convertir el volumen de reflujo a peso para obtener el térmico correcto.

Un litro de agua pesa 1 kg. Un galón de agua pesa 8.33 lb. Cuando se multiplica el gasto de reflujo por su unidad de peso, se obtiene el peso del vapor de agotamiento.

#### Ejemplo 5.

El gasto de reflujo para un agotador, es 38 l/min. (10 gal./min.). ¿Cuál es el gasto de vapor de agotamiento? Gasto de vapor de agotamiento =  $38 \text{ l/min.} \times 1 \text{ kg/l} = 38 \text{ kg/min.}$  Gasto de vapor de agotamiento =  $10 \text{ gpm} \times 8.33 \text{ lb/gal.} = 83.3 \text{ lb/min.}$  (Ver Fig.28).

Cuando se incrementa o reduce el calor suministrado al re- calentador, debe notarse un cambio correspondiente en el gasto del reflujo.

Cuando el vapor es usado como gas de agotamiento, realmente tiene doble función en la torre. Sirve como gas de agotamiento para extraer componentes de la solución, cuando es vapor, y sirve como reflujo para extraer solución de los vapores en la parte superior de la torre, cuando éste es condensado. La corriente realmen-

EJEMPLO No. 4

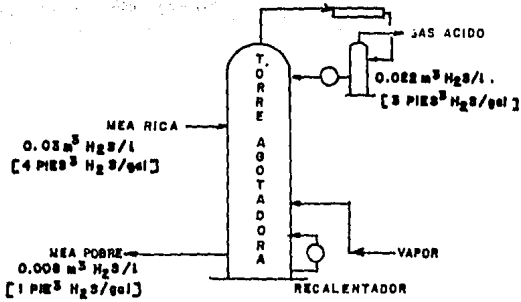


FIG. 27

EJEMPLO No. 5

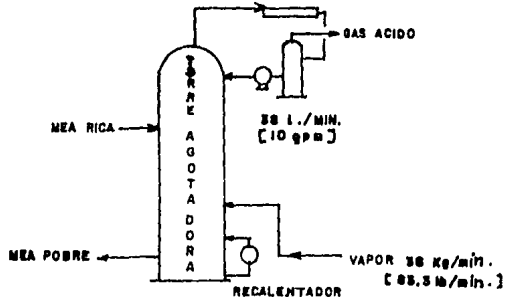


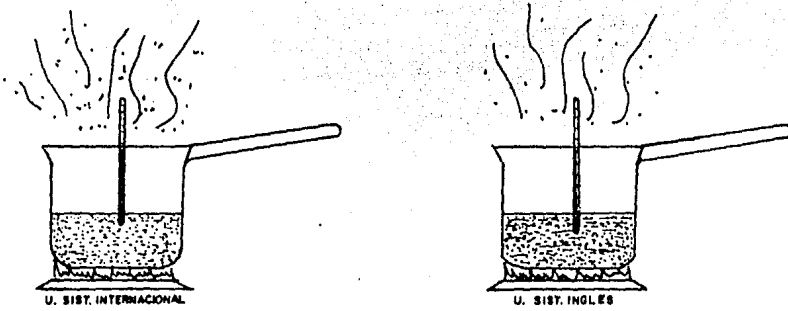
FIG. 28

te recircula a través de la torre: Se vaporiza en el recalentador y fluye hacia arriba de la torre; se licúa en el condensador y -- fluye hacia abajo de la torre al recalentador. Este agota cuando -- asciende y absorbe solución cuando desciende.

Cuando el calor suministrado al recalentador, es modificado para incrementar o disminuir el flujo de vapor de agotamiento, la temperatura de la solución en el recalentador no cambiará necesariamente. El vapor es generado por ebullición del agua. El agua -- hierve a  $100^{\circ}\text{C}$  ( $212^{\circ}\text{F}$ ). La cantidad de agua que se evapora depen de de la cantidad de calor que se suministre al agua y nó de la -- temperatura.

En muchos agotadores que usan vapor de agotamiento, la solu ción pobre es una mezcla de alguna solución química y agua. Su pun to de ebullición es generalmente mayor que el punto de ebullición del agua pura. Consecuentemente, la temperatura en el recalentador será la temperatura respectiva de ebullición de la solución, y no la temperatura de ebullición del agua. Sin embargo, la cantidad de vapor generado será determinado por el calor suministrado al reca- lentador, y no por la temperatura en el recalentador.

Con el objeto de cambiar la cantidad de vapor de agotamien- to generado en el recalentador, el calor suministrado al recalen- tador debe ser cambiado. Si el recalentador tiene un calentador - que usa como combustible gas, que suministra calor, el calor sumi nistrado es cambiado al ajustar el gasto de gas que sirve como --



Cuando 540 Kcal [970 Btu] de calor son adicionadas, 1 Kg. [1 lb.] de agua vaporizará

Cuando 5400 Kcal [9700 Btu] de calor son adicionadas, 10 Kg. [10 lb.] de agua vaporizarán

La temperatura de ebullición es siempre  $100^{\circ}\text{C}$  [ $212^{\circ}\text{F}$ ] la cantidad de vaporización depende de la cantidad de calor adicionada.

FIG. 29

combustible. Si el recalentador usa vapor o aceite caliente para la fuente de calentamiento, el gasto de vapor o aceite caliente es ajustado para cambiar la producción de vapor para el agotamiento.

Recordando que el gasto de reflujo, es igual al gasto de vapor de agotamiento. Cuando cambia el calor suministrado al recalentador, el gasto de reflujo cambiará en la misma cantidad. Este probablemente tome de 10 a 15 min. para mostrar el cambio en el gasto del reflujo, después de haber cambiado el calor suministrado al recalentador.

#### Problema 9.

La concentración residual de un componente en la solución - pobre de un agotador es 1/2%. La concentración residual permisible es 1%. El flujo de gas de agotamiento debe ser — aumentado — — disminuido.

Para saber que concentración residual se encuentra en la solución pobre, es necesario algún tipo de prueba de la solución. La compañía de sustancias químicas que surte la solución, proporcionará procedimientos de pruebas para determinar la concentración residual. Con bastante frecuencia, los procedimientos de prueba - son algo complicado y requieren de algún tiempo para efectuarlo.

Tal como un operador, no se desea esperar por los resulta-

dos del análisis de una solución, para cambiar el gasto de gas de agotamiento, si se sabe que un cambio es necesario. Por ejemplo, si se sabe que el flujo de solución rica para el agotador a aumentado un 10%, entonces el gasto de gas de agotamiento debe ser incrementado un 10%. Cuando el gas natural es usado para el agotamiento, sólo hay que incrementar su gasto de flujo en 10%. Cuando el vapor es usado para el agotamiento, el calor suministrado al recalentador debe ser elevado en 10%.

Algunos operadores piensan que el gasto de gas de agotamiento, debe mantenerse al flujo requerido, para el máximo gasto de alimentación de solución rica y concentración de componente. Esta filosofía asegurará un adecuado agotamiento a cualquier condición de alimentación. Esto también asegurará el máximo costo de operación por exceso de gas de agotamiento.

Un enfoque más realista, es establecer el gasto de gas de agotamiento al flujo requerido, para cualquier incremento razonable que ocurra, entre las inspecciones de la planta. Por ejemplo, si un operador verifica cada hora la operación de un agotador que está en una planta. El gasto de flujo a la planta cambia de 55 a 65% del flujo de diseño, durante el día. El gasto de agotamiento debe ser establecido al 65%, para tener cuidado del cambio de flujo.

Un método ideal para controlar el gasto de gas de agotamiento, es analizar continuamente la solución, para conocer su



contenido residual, y permitir al dispositivo de análisis, regular el flujo de gas de agotamiento; requerido para mantener el contenido residual a su máximo.

En agotadores que usan gas natural o algún otro gas de agotamiento, el suministro de calor impuesto al recalentador es regulado para mantener una temperatura constante de la solución en el recalentador, y el gasto de gas de agotamiento es ajustado para -- mantener el contenido residual deseado. Un control de temperatura es generalmente provisto para regular el flujo de vapor o combustible al recalentador. El punto de control de temperatura es generalmente el máximo que la solución tolera antes que éste empiece a deteriorarse.

#### III.4.D.4. Otros puntos de control.

a.- Control de presión en la torre. Un dispositivo de control es generalmente usado, para regular el flujo de vapores que salen del acumulador de reflujo, conforme es requerido, para mantener una presión constante en el agotador. La presión debe ser mantenida tan baja como sea posible, para maximizar la eficiencia -- del agotamiento.

b.- Control del flujo de reflujo. Un control de nivel, en el acumulador de reflujo, generalmente regula una válvula de control en la línea de reflujo para mantener un nivel constante en --

el acumulador. Con el objeto de estabilizar la operación del agotador, el flujo de reflujo debe ser mantenido tan constante como sea posible. Consecuentemente, el control de nivel debe ser ajustado de manera que el flujo de reflujo sea constante, y el nivel en el acumulador cambie cuando el flujo de líquido dentro del acumulador varíe.

c.- Control de fluido de enfriamiento en el condensador de reflujo. Esto es de particular importancia en agotadores que tienen serpentines de reflujo instalados en la parte superior de la torre, como se muestra en la Fig. 13. La cantidad de fluido enfriador puede ser determinada del gasto de reflujo, y del incremento de temperatura del enfriador que fluye a través del serpentín. El fabricante del agotador, debe especificar que flujo y que incremento de temperatura es aceptable. Una línea de desviación es generalmente provista de manera que; algo de fluido de enfriamiento se desvíe del serpentín. Una válvula en la línea desviadora es ajustada para mantener el incremento de temperatura deseado del enfriador cuando éste fluye a través del serpentín.

El control del flujo enfriador en condensadores externos, es de importancia en climas muy fríos, en los cuales debe ser reducido para prevenir congelamiento en el condensador.

d.- El recalentador puede tener un control de nivel en la cámara de derrame, para regular el gasto de salida de la solución pobre del recalentador. El controlador de nivel debe ser ajustado para mantener un flujo de líquido constante y permitir el cambio --

de nivel más que mantener un nivel constante y permitir el cambio de flujo.

e.- El flujo de solución rica y/o el control de temperatura no son usualmente provistos. Si ambos son disponibles, el flujo -- debe ser mantenido tan constante como sea posible; y la temperatura debe ser tan alta como sea posible, para reducir los requerimientos del recalentador y ahorrar gas combustible.

Problema 10.

Relacionar los términos de la columna derecha con los de la izquierda.

- |   |  |
|---|--|
| — 1. Contenido residual                                   | a. Incrementar el calor suministrado.  |
| — 2. Vapor de agotamiento                                 | b. Generado en el recalentador         |
| — 3. Deterioración de la solución.                        | c. Controla la concentración residual. |
| — 4. Gasto de gas de agotamiento.                         | d. Solución pobre.                     |
| — 5. Incremento en el gasto de flujo de la solución rica. | e. Alta temperatura del recalentador.  |

III.5. Diagnóstico de fallas.

El diagnóstico de fallas, para buscar la fuente de un problema de operación, es un proceso de ensayo y error en el cual ca-

da causa posible es examinada y eliminada, hasta que la causa es identificada. En muchas ocasiones, la causa es tan obvia que frecuentemente es omitida. La secuencia recomendada para localizar la causa de los problemas más frecuentes que ocurren en un agotador, se presentan a continuación:

### III.5.A. Exceso de componente residual en la solución pobre.

Causa del exceso del contenido residual	Procedimiento de diagnóstico de fallas.
1. Alta presión de agotamiento.	Verificar la presión. Disminuirla al punto de diseño.
2. Bajo gasto de gas de agotamiento.	Verificar el gasto de flujo. Aumentarlo si es necesario. El gasto es indicado por el flujo de gas natural al agotador, o flujo de la fuente de calor al recalentador.
3. Baja temperatura en el recalentador en recalentadores con control de temperatura.	Verificar la temperatura del recalentador. Elevar la temperatura a la de diseño.
4. Baja temperatura de suministro.	Verificar la temperatura. Hallar la causa de la baja temperatura. El intercambiador de solución puede ser la causa.

- |  |   |
|--|---|
| 5. La solución rica goteando solución pobre en el interior del intercambiador. | Verificar el intercambiador de solución y buscar el tubo que gotea. |
| 6. Fallas en los platos del agotador.  | Verificar internamente y limpiar.                                   |

### III.5.B. Formación de espuma o exceso de solución.

La formación de espuma o exceso de fluido puede detectarse con dos observaciones:

1. Una súbita oleada en el nivel del líquido en el acumulador de reflujo.
2. Una inexplicable pérdida de solución en el sistema.

Procedimiento de diagnóstico de fallas que provocan la formación de espuma o exceso de fluido.

Causa de la formación de espuma.	Procedimiento de diagnóstico de fallas.
1. La solución rica contiene partículas sólidas.	La solución será incolora o turbia. Cambiar o limpiar los elementos del filtro.
2. Los hidrocarburos están presentes como líquido o gas.	Los hidrocarburos entran en la solución rica. a. Examinar una muestra de solu-

ción buscando una película de aceite.

- b. Verificar el tanque flash u otros separadores en el flujo de la solución rica, buscando en los dispositivos de operación de extracción de hidrocarburos o pérdida de nivel de líquido, que permitirá al gas, pasar por la línea del líquido.

- |  |  |
|--|--|
| 3. Flujo elevado de líquido en la torre. | Verificar el flujo de reflujo y la alimentación. Disminuirlo al gasto de diseño. |
| 4. Flujo elevado de vapor en la torre.   | Verificar el gasto de flujo de gas de agotamiento. Disminuirlo al de diseño.     |
| 5. Fallas en los platos.                 | Inspección interna.  |

### III.5.C.- El recalentador no suministra el calor necesario.

#### 1.- Para recalentador con calentador indirecto de fuego:

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| Causas                               | Diagnóstico de fallas.                          |
| 1. Bajo gasto de combustible         | Verificar el gasto. Elevarlo al de diseño.      |
| 2. Baja presión del gas combustible. | Verificar la presión. Elevarlo si es necesario. |

- |   |   |
|---|---|
| 3. Combustión inadecuada  | <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Verificar si el arrestaflamas está obstruido. Limpiar si es necesario.</li> <li>b. Ajustar el aire primario y secundario para dar una buena flama.</li> </ul> |
| 4. El nivel del líquido está bajo la parte superior -- del tubo de calentamiento. | Verificar el nivel. Aumentarlo si es necesario.   |
| 5. Falla en el tubo de calentamiento.   | Remover y limpiar.  |

2.- Para recalentadores con haz de tubos de calentamiento:

- | Causas   | Diagnóstico de fallas.  |
|--|---|
| 1. Baja temperatura del fluido de calentamiento.                           | Verificar la temperatura. Elevarla a la de diseño.  |
| 2. Bajo flujo del fluido de calentamiento.                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Verificar el gasto de flujo. Aumentarlo si es posible.</li> <li>b. Verificar la presión del fluido de calentamiento dentro y fuera del recalentador. Si la diferencia de presión es alta, los tubos están tapados y deben ser limpiados.</li> </ul> |
| 3. El nivel del líquido está debajo de la parte superior del haz de tubos. | Verificar el nivel. Aumentarlo si es necesario.   |

4. Fallas en los tubos.                      Remover el haz de tubos y limpiarlos.

#### III.5.D. Fugas en el recalentador.

1. Una fuga en el recalentador con un tubo calentador de -- fuego indirecto, ocasiona que la solución entre al tubo de fuego. - Si la solución es glicol u otro combustible líquido, saldrán flamas amarillas de la chimenea del recalentador. El recalentador puede - encenderse. El combustible debe interrumpirse y el fuego debe ser extinguido. El líquido del recalentador debe ser drenado y el tubo de fuego removido y reparado.

Si la solución es una Amina o algún otro líquido no combustible, el tubo de fuego se llena con solución y éste fluirá al extremo del quemador del tubo. Bloquear el combustible, drenar el -- recalentador, y reparar la fuga.

2. Una fuga en el haz de tubos provoca que el fluido de calentamiento, vapor o aceite, gotee dentro de la solución. El volumen de solución se incrementará y su pureza decaerá. Los tubos con fugas pueden ser tapados por los extremos y el haz de tubos puede ser puesto nuevamente en servicio.



## Problema 11.

Relacionar cada renglón de la columna derecha con los de la izquierda:

- |  |   |
|--|---|
| —1. Formación de espuma.                     | a. Caída de la concentración de solución. |
| —2. Exceso de componente residual.           | b. Tubos no llenos.                       |
| —3. Bajo calor suministrado al recalentador. | c. Solución sucia                         |
| —4. Fuga en el tubo del recalentador.        | d. Bajo gasto de gas de agotamiento.      |

## C A P I T U L O IV

## APLICACION DEL GLICOL EN LA DESHIDRATAACION DEL GAS.

El uso más común de las plantas con glicol es eliminar humedad del gas que fluye dentro de tuberías, para consumo en la industria y el hogar. Muchos gases naturales, producidos de un pozo, están saturados con humedad. Esto es si la corriente de gas es enfriada, el agua se condensa. La humedad se debe eliminar del gas, antes que entre a la tubería, por las tres razones siguientes:

1. Puede causar corrosión en la tubería.
2. Puede formar hidratos de manera que restringan o bloquen el flujo de gas en la tubería.
3. Puede causar operación incorrecta de los quemadores de gas.

La cantidad de humedad que puede ser eliminada del gas, depende primeramente, de las bajas temperaturas a las cuales el gas puede ser expuesto en la tubería o en una planta de proceso. En los Estados Unidos, la humedad contenida de muchos gases en tuberías es reducida de manera que no ocurra condensación si el gas se enfría a  $-1^{\circ}\text{C}$  ( $30^{\circ}\text{F}$ ). En climas fríos, el contenido de humedad debe ser disminuido de manera que no ocurra condensación al bajar la temperatura.

Algunas plantas refrigerantes de gasolina, requieren que la humedad contenida, sea reducida lo suficiente para permitir al gas ser refrigerado a  $-40^{\circ}\text{C}$  ( $-40^{\circ}\text{F}$ ) sin formación de humedad.

Otras aplicaciones de las plantas de deshidratación de gas con glicol son:

1. Eliminar la humedad del aire comprimido, el cual es usado para operar equipos de potencia o para rociar pintura en diferentes dispositivos de plantas industriales grandes.
2. Eliminar humedad del gas antes de su licuefacción en una planta LNG.
3. Eliminar humedad de los gases refinados o gases alimentados a las plantas petroquímicas.

## C A P I T U L O V

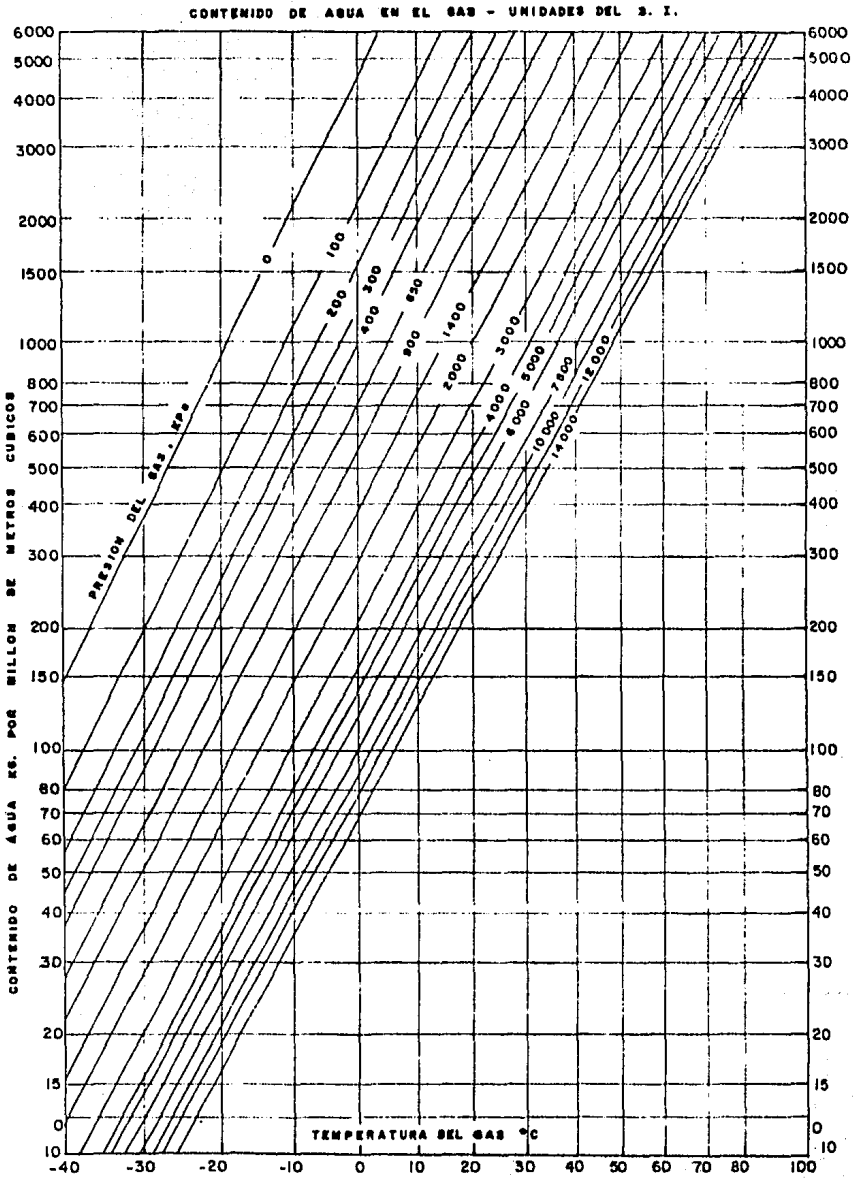
## PLANTA DE DESHIDRATACION DE GAS CON GLICOL

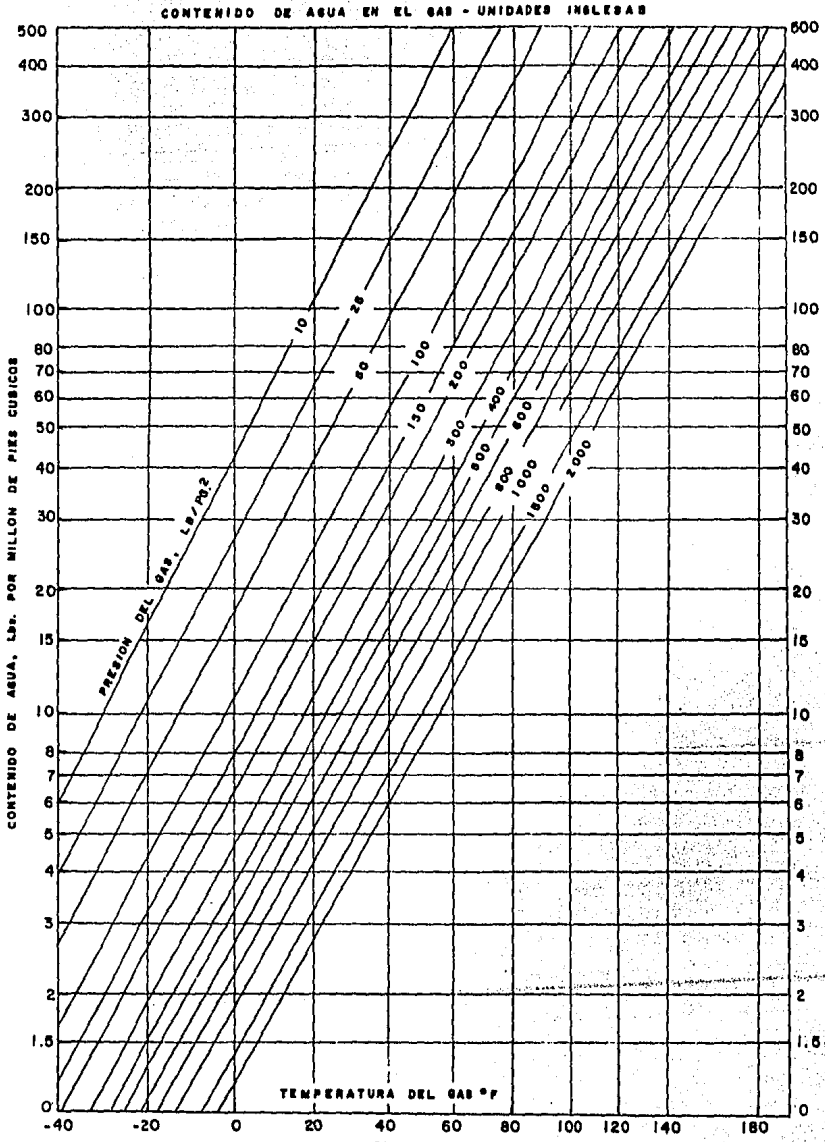
## V.1. Contenido de humedad del gas.

Tanto el gas como el aire contienen humedad. El contenido de humedad del gas normalmente es expresado en Kg, de agua por millón de  $m^3$  de gas (lb/MMPCD). El contenido de humedad depende de la temperatura y presión del gas; a medida que la presión aumenta, el contenido de humedad baja; pero cuando la temperatura aumenta, el contenido de humedad también aumenta. El efecto de la temperatura y la presión sobre el contenido de humedad de un gas se muestra en las Figs. 30 y 31.

## Ejemplos 5.1 y 5.2.

	UNIDADES S.I.	UNIDADES INGLESAS
5.1. Temperatura del Gas	27°C	81°F
Presión del Gas	7000 KPa	1000 lb/pg <sup>2</sup>
Contenido de Humedad del Gas.	515 Kg/millón de m <sup>3</sup>	34 lb/MMPC
5.2. Temperatura del Gas	15°C	59°F
Presión del Gas	10 MPa	1500 lb/pg <sup>2</sup>
Contenido de Humedad del Gas	210 kg/millón m <sup>3</sup>	13.8 lb/MMPC





## Problema 12.

- a. ¿Cuál es el contenido de humedad del gas a  $43^{\circ}\text{C}$  ( $109^{\circ}\text{F}$ ) y  $3500\text{ KPa}$ . ( $500\text{ lb/pg}^2$ )?
- b. El contenido de humedad del gas a una presión de  $7000\text{ KPa}$ . ( $1000\text{ lb/pg}^2$ ) es  $96\text{ kg/millón m}^3$  ( $6\text{ lb/MMPC}$ ). ¿Cuál es la temperatura del gas?

Las gráficas para contenido de humedad son usadas también - para determinar la cantidad de humedad, la cual puede ser extraída - del gas en una planta deshidratadora.

## Ejemplo 6.

Un gas fluyendo a un gasto de 3 millones de  $\text{m}^3/\text{día}$  ( $106\text{ -- MMPCD}$ ) entra a una planta deshidratadora a  $38^{\circ}\text{C}$  y  $7500\text{ KPa}$ . ( $100^{\circ}\text{F}$  y  $1090\text{ lb/pg}^2$ ). El gas seco de la planta entra a una planta de proceso de refrigeración, donde su temperatura será descendida hasta  $-18^{\circ}\text{C}$  ( $0^{\circ}\text{F}$ ). El punto de condensación del gas seco, debe estar a  $-23^{\circ}\text{C}$  - - ( $-9^{\circ}\text{F}$ ). Determinar que volumen de agua debe ser extraída del gas -- diariamente.

	UNIDADES S.I.	UNIDADES INGLE SAS.
Temp. del gas de entrada	$38^{\circ}\text{C}$	$100^{\circ}\text{F}$
Presión del gas de entrada	$7500\text{ KPa}$	$1090\text{ lb/pg}^2$

	UNIDADES S.I.	UNIDADES INGLE SAS.
Punto de condensación del gas de salida.	- 23°C	- 9°F
Contenido de agua del gas de -- entrada. (Figs. 30 y 31).	900 Kg/millón m <sup>3</sup>	57 lb/MMPC
Contenido de agua del gas de - salida.	19 kg/millón m <sup>3</sup>	1.3 lb/MMPC
Agua extraída en la planta des hidratadora	881 kg/millón m <sup>3</sup>	55.7 lb/MMPC
Gasto de gas	3 millones m <sup>3</sup> /dfa	106 MMPCD
Total de agua extraída por día	881x3=2623 kg/dfa	55.7x106=5904 lb/dfa

## Ejemplo 7

En una planta de deshidratación de gas, circula un gasto de gas de 1.4 millones m<sup>3</sup>/día (50 MMPCD) a una presión de 5000 KPa y temperatura de 35°C (presión de 750 lb/pg<sup>2</sup> y temperatura de 95°F). El contenido de humedad del gas de salida es de 112 kg/millón m<sup>3</sup> - - - (7 lb/MMPC). ¿Qué gasto de agua es eliminada diariamente?.

	UNIDADES S.I.	UNIDADES INGLE SAS.
Temperatura del Gas de entrada	35°C	95°F
Presión del gas de entrada	5000 KPa	750 lb/pg <sup>2</sup>
Contenido de agua en el gas de entrada (Figs. 32 y 33).	1100 kg/millón m <sup>3</sup>	67 lb/MMPC



PUNTO DE ROCIO DEL GAS SECO A VARIAS TEMPERATURAS Y CONCENTRACION DE GLICOL.

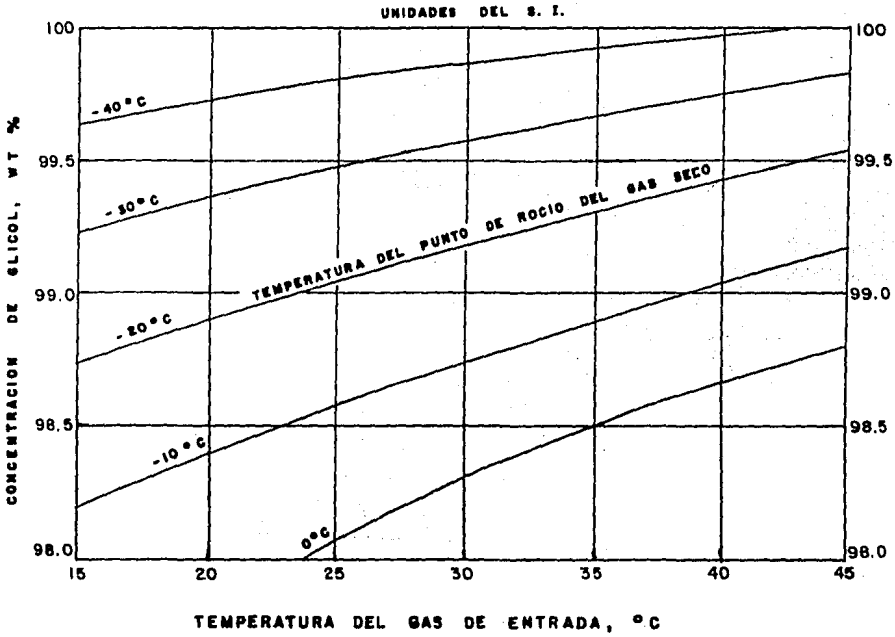


FIG. 32

PUNTO DE ROCIO DEL GAS SECO A VARIAS TEMPERATURAS Y CONCENTRACION DE GLICOL .

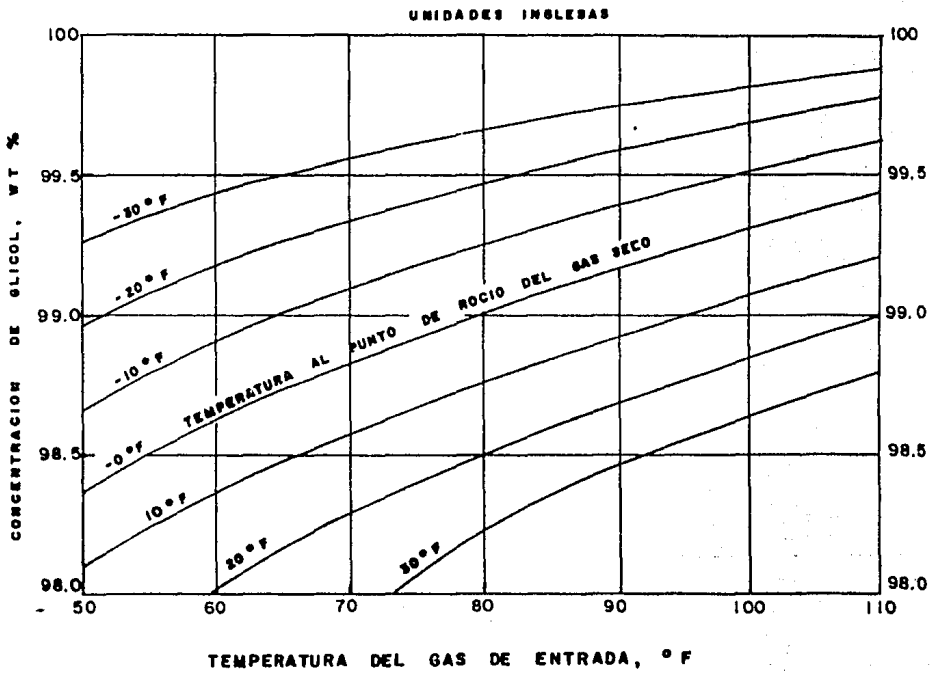


FIG. 33

	UNIDADES S.I.	UNIDADES INGLE SAS.
Contenido de agua en el gas de salida.	-14,2 kg/millón m <sup>3</sup>	-7 lb/MMPC
Agua extraída en la planta	988 kg/millón m <sup>3</sup>	60 ob/MMPC
Gasto de gas	1.4 millón m <sup>3</sup>	50 MMPC
Agua extraída por día	1.4 x 988	50 x 60
	= 1383 kg/día	= 3000 lb/día

## V.2. Punto de condensación (Rocfo).

Puesto que el propósito de la planta con glicol es extraer humedad de la corriente de gas, el funcionamiento de la planta esta regulada al determinar la cantidad de humedad en el gas de salida del contactor. El contenido de humedad es frecuentemente determinado con un aparato que mide el punto de condensación del gas.

El punto de rocfo, es la temperatura a la cual el agua se - condensa del gas. La humedad relativa del gas a su temperatura del punto de rocfo es 100%. En otras palabras, si el gas contiene vapor de agua es enfriada hasta el punto que algo de la humedad se con--vierta en líquido; la temperatura a la cual empieza a formarse la - burbuja de líquido es el punto de rocfo.

La cantidad de vapor de agua contenida en un gas a su pun-

to de rocío, dependerá de la presión del gas. Las Figs. 30 y 31 indican la cantidad de humedad que el gas puede contener a diferentes presiones y temperaturas. Cuando un gas está cerca de su punto de rocío, su contenido de agua será el que se muestra en las figuras antes mencionadas.

El manejo de gas en tuberías, para su venta o exportación, no debe exceder en contenido de agua de  $112 \text{ Kg/millón m}^3$  ( 7 lb de agua/MMPC). La especificación de la temperatura de rocío de un gas en tuberías, depende de la presión de entrega del gas.

Ejemplo 8.

Determinar la temperatura del punto de rocío para un gas enviado a una tubería con una presión de 5500 KPa ( $800 \text{ lb/pg}^2$ ) y un contenido de agua máxima de  $112 \text{ Kg/millón m}^3$  (7 lb/MMPCD).

En el eje de las ordenadas de las Figs. 30 y 31 hasta alcanzar el contenido de agua de 112 kg (7 lb), trazar una línea horizontal hasta intersectarse con la presión de entrega en la tubería 5500 KPa. ( $800 \text{ lb/pg}^2$ ). Bajar en forma vertical y leer la temperatura del gas de  $-2^\circ\text{C}$  ( $28^\circ\text{F}$ ).

El punto de rocío de un gas manejado en una tubería a 5500 KPa ( $800 \text{ lb/pg}^2$ ) es  $-2^\circ\text{C}$  ( $29^\circ\text{F}$ ).

## Problema 13.

¿Qué cantidad de humedad será extraída por día, en una planta deshidratadora de gas que procesa 1.2 millones  $\text{m}^3/\text{día}$  (42 MMPCD) de gas a  $40^\circ\text{C}$  ( $104^\circ\text{F}$ ) y 3500 KPa ( $500 \text{ lb/pg}^2$ ), si el punto de rocío, del gas de salida es  $-4^\circ\text{C}$  ( $25^\circ\text{F}$ )?

## Problema 14.

¿Cuál es el punto de rocío de un gas enviado por un gasoducto a una presión de operación de 3500 KPa. ( $500 \text{ lb/pg}^2$ )?

Mientras el gas residual en la planta de deshidratación de gas tiene un punto de rocío inferior al punto de diseño, la planta esta funcionando satisfactoriamente; sin embargo, la operación satisfactoria no es necesariamente la operación ideal. La operación ideal ocurre cuando el contenido de humedad del gas de salida es ligeramente inferior a lo especificado y el costo de operación de la planta está en un mínimo.

Los costos principales de operación, son aquellos que incluyen el gas combustible para el recalentador y el gas para el agotamiento. Consecuentemente, estos fluidos serán mantenidos tan bajos como sea posible, para mantener los costos de operación en forma descendente. El gasto de combustible para el recalentador --

(o el gasto de otras fuentes de calor) es casi dependiente totalmente del gasto de glicol.

Si el gasto de glicol es incrementado 10%, el calor para el recalentador se incrementará 10%. El gasto de gas de agotamiento es dependiente de la concentración de glicol, necesaria para extraer la cantidad deseada de agua del gas. Cada una será discutida en detalle, ya que estos son las funciones principales controladas en una planta de deshidratación de gas con glicol.

### V.3. Gasto de flujo de glicol para el contactor.

El primer paso en controlar la cantidad de agua extraída del gas, es determinar el gasto de glicol al contactor. Las plantas con glicol son generalmente diseñadas para recuperar glicol dentro de una relación de 16 a 40 litros de glicol por kg de agua (2 a 5 gal., de glicol por libra de agua) que es extraída del gas.

#### Ejemplo 9.

Una planta de deshidratación de gas con glicol es diseñada para extraer 2623 kg/día (5904 lb/día) de agua, de una corriente de gas. La relación de glicol recuperado es 25 l/kg (3 gal./lb) de agua extraída. ¿Cuál es el gasto de glicol?.

	UNIDADES S.I.	UNIDADES INGLESAS
Agua extraída del gas	2623 kg/día	5904 lb/día
Gasto de glicol recuperado	25 l/kg	3 gal/lb
Gasto de glicol/día	2623 x 25 = 65575 l/día	5904 x 3 = 17712 gal/día
Gasto de glicol por minuto	(65575) ÷ (24x60) = 45.5 l/min.	(17712) ÷ (24x60) = 12.3 gpm

La unidad del recalentador en el agotador con glicol varía en proporción directa al gasto de glicol. Cuando el recalentador se calienta con gas combustible, la relación de combustible será alrededor de  $0.0075 \text{ m}^3$  por litro de glicol (1 pie cúbico por galón de glicol). Consecuentemente, reteniendo el gasto de glicol al mínimo, reduce el consumo de combustible en el recalentador. La relación de glicol recuperado puede ser de ayuda a su punto de diseño; el gasto debe ser cambiado en gasto de gas o contenido de humedad.

#### Ejemplo 10:

Una planta deshidratadora de gas diseñada para descargar -- gas dentro de especificaciones de gasoducto, opera en época de verano de la forma siguiente:

Gasto de gas	10 millones $\text{m}^3$ /día (350 MMPCD)
Temperatura del gas	30°C (86°F)
Presión del gas	6900 kPa (1000 lb/pg <sup>2</sup> )
Relación glicol recuperado	16.7 l/kg de agua (2 gal/lb de agua).

¿Cuál es el gasto de glicol?.

	UNIDADES S.I.	UNIDADES INGLESAS
Contenido de humedad del gas de entrada.	635 kg/millón m <sup>3</sup>	40 lb/MMPC
Contenido de humedad del gas de salida.	112 kg/millón m <sup>3</sup>	7 lb/MMPC
Humedad extraída	523 kg/millón m <sup>3</sup>	33 lb/MMPC
Gasto de gas	10 millones m <sup>3</sup> /dfa	350 MMPCD
Humedad extraída diariamente	523x10=5230 kg/dfa	33x350=11550 lb/dfa
Relación de glicol recuperado	16.7 l/kg	2 gal/lb
Gasto de glicol diario	5230x16.7 =87341 l/dfa	11550x2=23100 gal/dfa
Gasto de glicol por minuto	87341 ÷ 1440 = 60.7 l/min.	23100 ÷ 1440 = 16 gpm

En el invierno, la temperatura del gas desciende a 21°C - -- (70°F) y el flujo se incrementa a 12 millones de m<sup>3</sup>/dfa (425 MMPCD).  
¿Cuál es el gasto del glicol?.

Contenido de humedad del gas de entrada	385 kg/millón m <sup>3</sup>	24 lb/MMPC
Contenido de humedad del gas de salida.	112 kg/millón m <sup>3</sup>	7 lb/MMPC
Humedad extraída	273 kg/millón m <sup>3</sup>	17 lb/MMPC
Gasto de gas	12 millones m <sup>3</sup> /dfa	425 MMPC
Humedad extraída diariamente	273x12=3275 kg/dfa	17x425=7225 lb/dfa
Relación de glicol recuperado	16.7 l/kg	2 gal/lb
Gasto de glicol diario	3275x16.7 =54700 l/dfa	7225x2=14450 gal/dfa
Gasto de glicol por minuto	54700 ÷ 1440=38 l/min.	14450 ÷ 1440=10 gpm



Obsérvese que aunque el flujo de gas se incrementa 20% en el invierno, su temperatura desciende, resultando en una reducción de agua extraída de casi el 60%. Si el gasto de glicol circulado en el invierno fuera manteniendo a su relación de verano; el consumo adicional de combustible, por exceso de flujo en el invierno, tendrá un costo de cerca de \$600 dólares/mes.

El gasto de glicol en una bomba, es regulado al ajustar la velocidad de la bomba. El flujo residual de una bomba de émbolos impulsada por motor, normalmente opera a una velocidad constante. A manera de disminuir el volumen de glicol de la bomba que entra al contactor, algo de la descarga de líquido es desviado hacia el lado de succión de la bomba. Este tipo de control de flujo no es recomendado por periodos largos; ya que la válvula en la línea desviadora, se deteriora lentamente en el exterior.

Si el flujo de glicol al contactor cambia una cantidad significativa por un periodo largo de tiempo, el diámetro de la polea de la banda de transmisión entre el motor y la bomba debe ser cambiada, para dar el gasto deseado sin flujo en la línea desviadora. En el ejemplo citado, la polea fue de buen tamaño para dar una capacidad de bombeo de 60.7 l/min. (16 gpm) en los meses de verano, y un conjunto diferente de poleas instaladas en época de verano para proveer un gasto de 38 l/min. (10 gpm).

## Problema 15.

Una planta deshidratadora de gas maneja 0.7 millones de  $m^3$  / dfa (24 MMPCD) de gas a  $32^\circ C$  ( $90^\circ F$ ) y 7000 KPa ( $1000 \text{ lb/pg}^2$ ). El contenido de agua del gas de salida es  $112 \text{ kg/millón } m^3$  ( $7 \text{ lb/MMPC}$ ). ¿Cuál es el gasto de glicol al contactor a una relación de recuperación de 25 l/kg (3 gal/lb)?.

## V. 4. Concentración de Glicol.

En la sección anterior, se determinó el gasto de glicol requerido al contactor para extraer un cierto volumen de agua del gas. La concentración de glicol es la medida final de control de cantidad de humedad, la cual es extraída del gas. La concentración del glicol pobre que entra al contactor generalmente varía de 98 a 99.9% de glicol; la porción remanente es agua.

La concentración de glicol depende de la temperatura del gas húmedo que entra al contactor, y del punto de rocío del gas de salida. Las Figs. 32 y 33 muestran la concentración de glicol requeridas a diferentes temperaturas del gas y puntos de rocío. Obsérvese que la concentración no depende de la presión en el contactor o del gasto de glicol.

Ejemplos 11 (A), (B) y (C) Empleando las Figs. 32 y 33.

Resolver los siguientes ejemplos:

- A. A una temperatura del gas de entrada de  $32^{\circ}\text{C}$  ( $90^{\circ}\text{F}$ ) y un punto de rocío del gas de salida de  $-7^{\circ}\text{C}$  ( $19^{\circ}\text{F}$ ), la concentración de glicol debe ser 98.66%, la cual requiere fluido de agotamiento en el reconcentrador.
- B. A una temperatura del gas de entrada de  $45^{\circ}\text{C}$  ( $113^{\circ}\text{F}$ ) y un punto de rocío del gas de salida de  $-20^{\circ}\text{C}$  ( $-4^{\circ}\text{F}$ ) la concentración de glicol debe ser de 99.52%; la cual probablemente requiere un agotador de dos etapas de agotamiento con líquido.
- C. La temperatura del gas de entrada es  $40^{\circ}\text{C}$  ( $104^{\circ}\text{F}$ ) y la concentración de glicol es 99.0%. La temperatura del punto de rocío es  $-9^{\circ}\text{C}$  ( $16^{\circ}\text{F}$ ).

Problema 16.

- a. La temperatura del gas de entrada a un deshidratador es  $35^{\circ}\text{C}$  ( $95^{\circ}\text{F}$ ) y el punto de rocío del gas de salida debe ser de  $-10^{\circ}\text{C}$  ( $14^{\circ}\text{F}$ ). ¿Qué concentración de glicol es requerida?
- b. ¿Será requerido fluido de agotamiento en el reconcentrador?

- c. Una unidad de glicol tiene 99.0% neto de solución pobre y la temperatura del punto de rocío del gas de salida es  $-18^{\circ}\text{C}$  ( $0^{\circ}\text{F}$ ). ¿Cuál es la temperatura del gas de entrada?

La concentración de glicol se puede controlar de dos formas:

1. La temperatura en el recalentador del agotador. Una concentración de 98.5% puede obtenerse al operar el recalentador a una temperatura de  $204^{\circ}\text{C}$  ( $399^{\circ}\text{F}$ ). Como previamente se menciona, esta temperatura no será excedida, ya que el glicol se deteriora a un alto nivel de temperatura. Disminuyendo la temperatura en el recalentador disminuye la concentración.

2. Control de fluido de agotamiento hacia el recalentador del agotador. El fluido de agotamiento es usado cuando una concentración arriba del 98.5% es requerido. Incrementando el gasto de fluido de agotamiento incrementará la concentración. El fluido de agotamiento puede ser gas o líquido.

Regular la concentración de glicol requiere equipo y procedimientos especiales de laboratorio; los cuales, generalmente no están disponibles en la operación de la planta de glicol. Consecuentemente, el procedimiento para determinar el gasto del fluido de agotamiento es por ensaye-y-error.

La concentración de glicol en plantas que no usan fluido de agotamiento, se cambia ajustando el control de temperatura en el recalentador del glicol. Para determinar la temperatura adecuada, se coloca sólomente el control de temperatura a 204°C (399°F) y se mide el contenido de humedad del gas que abandona el contactor. Si el contenido de humedad es menor que lo especificado, el control del recalentador es disminuido; hasta alcanzar el punto en que el contenido de humedad del gas de salida este, ligeramente abajo de lo especificado.

El procedimiento para determinar el gasto de gas de agotamiento adecuado es, colocando el control de temperatura a su punto máximo 204°C (399°F) y elevando el gasto de gas de agotamiento hasta que el contenido de humedad del gas de salida esté ligeramente abajo del valor especificado.

El flujo de gas de agotamiento es controlado con una válvula manual o regulador de presión en la línea del gas de agotamiento. Un registrador de flujo ayudará para medir el gasto.

NOTA: Las plantas con gas de agotamiento pueden mantener la concentración de glicol adecuada al mantener un alto gasto de gas de agotamiento y operando el alambique del recalentador a una temperatura menor de 205°C (401°F). Este tipo de control da como resultado una pérdida significativa de gas combustible o gas de agotamiento. La operación más económica resulta, cuando la temperatura del re

calentador se mantiene a su máximo 205°C (401°F) y el gas de agotamiento al mínimo requerido, para mantener la concentración de glicol adecuada.

El flujo de líquido de agotamiento varía al cambiar la temperatura del recalentador del agotador. Elevando la temperatura se incrementa el flujo de líquido de agotamiento. El procedimiento para encontrar la temperatura adecuada del recalentador es colocando el control de temperatura a 205°C (401°F) y examinar el contenido de humedad del gas de salida, ésta será menor que lo especificado. La temperatura del recalentador es disminuída hasta que el contenido de humedad del gas de salida sea ligeramente menor que lo especificado.

Una de las ventajas de operación del líquido de agotamiento, sobre el gas de agotamiento, es que no necesita ajustes en el flujo de agotamiento, cuando el gasto del glicol es modificado. A una temperatura dada en el recalentador es conservada una relación constante de líquido de agotamiento para la circulación del glicol

Por ejemplo, cuando una temperatura del recalentador es de 199°C (390°F) el flujo de líquido de agotamiento puede ser de 10% del gasto del glicol. Si el flujo de glicol es incrementado 20%, y la temperatura del recalentador es sostenida a 199°C (390°F), el flujo de líquido de agotamiento también se incrementará 20%. El gas de agotamiento debe ser manualmente cambiada en proporción al

cambio en glicol.

El contenido de humedad del gas será examinado frecuentemente, y la temperatura del recalentador o el gasto de gas de agotamiento, cuando sea requerido. La temperatura del recalentador o el flujo de gas de agotamiento puede ser significativamente disminuidos, en meses de invierno, cuando la temperatura del gas de entrada (y contenido de humedad) es menor que ésta en tiempo de verano.

Operando una planta deshidratadora que extrae más humedad del gas de la que es requerida, da como resultado un desperdicio de gas combustible o de agotamiento. Si la especificación para el gas seco saliendo de una planta deshidratadora exige un punto de rocío de  $-5^{\circ}\text{C}$  ( $23^{\circ}\text{F}$ ), y el gas que sale de la planta tiene un punto de rocío de  $-10^{\circ}\text{C}$  ( $14^{\circ}\text{F}$ ), la planta extrae más humedad del gas de la necesaria. El gasto de glicol o la concentración, son disminuidas hasta que el punto de rocío del gas de salida esté ligeramente abajo de lo especificado, es decir  $-6^{\circ}\text{C}$  ( $21^{\circ}\text{F}$ ).

Problema 17:

Una unidad de glicol con gas de agotamiento, esta operando con 99.4% de solución pobre al contactor. La temperatura del gas de entrada es  $30^{\circ}\text{C}$  ( $86^{\circ}\text{F}$ ). El punto de rocío del gas de salida debe ser  $-20^{\circ}\text{C}$  ( $-4^{\circ}\text{F}$ ).

- a. ¿El punto de rocío del gas de salida será (Mayor)/(Menor) que el requerido?
- b. ¿Cómo se operaría?

#### V.5. Otros puntos de control.

Aunque el control de flujo y la concentración de glicol son los puntos de control "Indicadores de cambio", otros controles operativos son igualmente importantes, para estabilizar la operación de la planta. Hay otros puntos de control los cuales son generalmente incluidos en plantas deshidratadoras.

1. Control de Nivel en el Contactor y el Tanque "flash". El control será ajustado hasta tener un gasto uniforme de líquido fuera del recipiente, y no causar un flujo errático de líquidos. Esto es muy importante para tener un flujo constante de líquido y permitir que el nivel en el recipiente varíe unos cuantos cm. (pg.) arriba o abajo, que tener un nivel constante en el recipiente y permitir la fluctuación del flujo de líquido.

2. Control de Presión en el Tanque "flash". El instrumento será ajustado para tener la presión dentro del punto de diseño - - 14 KPa. (2 lb/pg<sup>2</sup>). No es necesario que la presión sea mantenida - exactamente al punto de diseño.



3. El Nivel en el Tanque Atmosférico se mantiene por la adición de glicol reciente, desde un tambor o tanque de almacenamiento. El serpentín para glicol rico siempre tendrá un nivel arriba del -- serpentín. Otros lo mantendrán arriba del punto medio total. Si éste llega demasiado bajo, la bomba para glicol puede encerrar vapor al carecer de suficiente nivel de glicol.

4. La temperatura del glicol pobre que entra al contactor - será de 5° a 10°C (41° a 50°F) arriba de la temperatura del gas de entrada, para prevenir la posibilidad de enfriamiento del gas y condensar algunos hidrocarburos los cuales pueden causar la formación de espuma en el contactor.

5. Caída de presión a través del filtro. Nuevos elementos - del filtro serán instalados cuando la caída de presión se aproxime a 140 KPa. (20 lb/pg<sup>2</sup>) o aquella especificada por el fabricante - del filtro.

## V.6. Operación.

### V.6.A. Arranque.

Antes de iniciar el funcionamiento de una nueva planta, los recipientes y las líneas serán completamente lavadas interiormente con agua, para extraer restos y productos corrosivos que se acumulan durante su construcción. Después que el sistema ha sido limpiado, -

el arranque es efectuado en tres etapas.

1. Establecer la circulación de glicol por toda la planta.
2. Aplicar calor al recalentador y llevar éste hasta alcanzar la temperatura de operación.
3. Establecer la corriente de gas húmedo al contactor y empezar la deshidratación del gas.

Para circular glicol, es necesario represionar el contactor y el tanque "flash". El represionamiento puede ser hecho con gas húmedo o seco. La presión del contactor será alrededor de 1000 Kpa - (150 lb/pg<sup>2</sup>) y la presión del tanque "flash" alrededor de 300 Kpa - (45 lb/pg<sup>2</sup>). Cuando los recipientes han sido represionados, el procedimiento para arrancar es mostrado en la Fig. 34.

1. Llenar el recalentador y el tanque atmosférico con solución de glicol reciente.
2. Arrancar la bomba para glicol y bombear glicol al contactor.
3. Cuando aparezca líquido en el fondo del contactor, poner el control de nivel de fondo en servicio así el glicol fluirá hacia el tanque "flash".
4. Poner en servicio el control de nivel del tanque "flash".

PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE

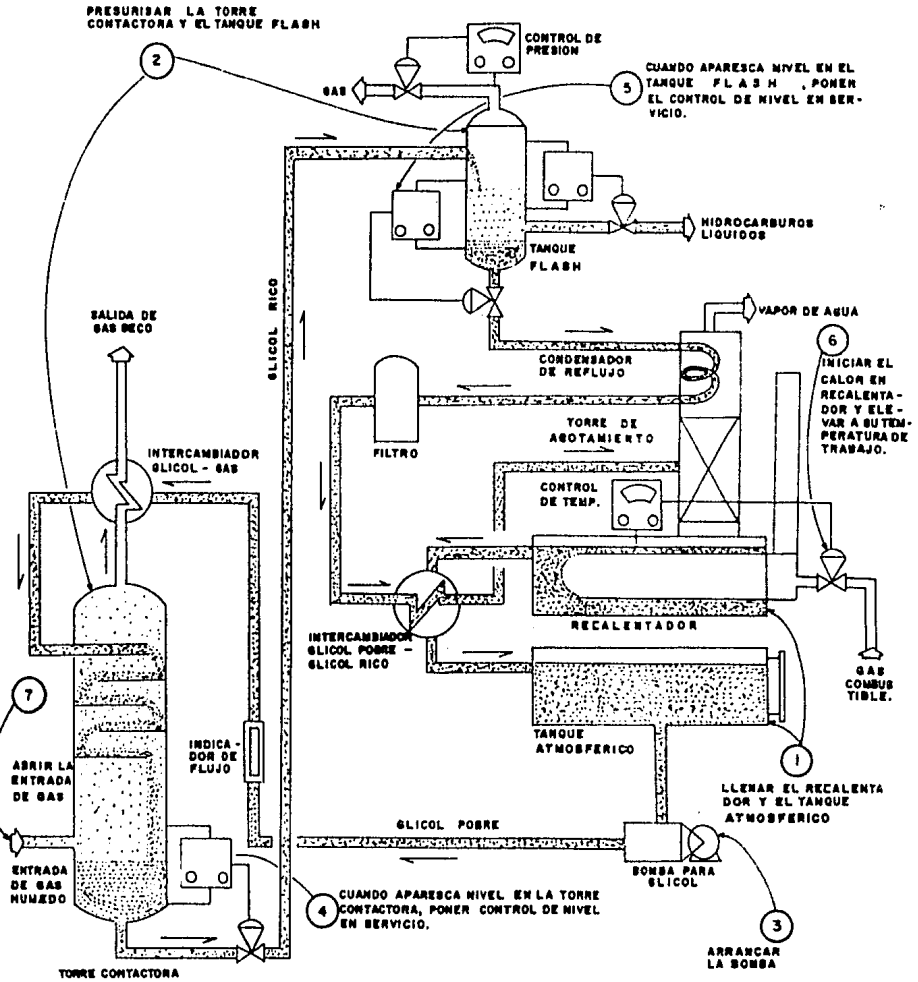


FIG. 34

cuando el líquido aparezca en el fondo, de manera que el líquido fluya hacia el agotador.

5. Aplicar calor al recalentador del agotador e incrementar lentamente su temperatura hasta el rango de operación normal.
6. Cuando el flujo de glicol en todo el sistema se ha estabilizado y la temperatura del recalentador ha alcanzado su punto normal de operación, establecer lentamente la entrada de gas al contactor.
7. Iniciar el flujo de fluido de agotamiento en dado caso - que se aplique.

#### V.6.B. Operación normal.

El análisis de las operaciones normales incluye lo siguiente:

1. Verificar niveles en cada recipiente y reestablecer el control de nivel cuando sea necesario.
2. Comprobar la caída de presión a través del filtro y reemplazar los elementos cuando sea requerido.
3. Revisar la temperatura del glicol pobre, saliendo del intercambiador de glicol, para ver que el adecuado ritmo de

- transferencia de calor esta ocurriendo en el intercambiador.
4. Verificar el flujo de glicol al contactor y del gas de agotamiento al recalentador.
  5. Comprobar la presión del tanque "flash" para ver que ésta este en su punto adecuado.
  6. Si se emplea agua o aire para enfriar el glicol antes de su entrada al contactor, verificar la temperatura del glicol que se encuentre dentro de un rango de 3° a 8°C (37° a 46°F), arriba de la temperatura del gas de entrada. Ajustar el flujo de aire o agua a través del enfriador como sea requerido.
  7. Verificar la temperatura en el recalentador del alambique y reestablecer el control de temperatura, si es necesario.
  8. Comprobar el nivel en el tanque atmosférico y adicionar glicol cuando sea necesario.
  9. Revisar el punto de rocío o contenido de humedad del gas de salida para ver que esté ligeramente abajo de lo especificado. Incrementando la concentración de glicol si el contenido de humedad es alto y viceversa. En unidades con gas de agotamiento, verificar para ver que la temperatura del recalentador esté a su máximo, e incre-

mentar el agotamiento para elevar la concentración de glicol, y viceversa.

10. Verificar el gasto de gas de entrada y si éste ha cambiado, cambiar el gasto del glicol (y gas de agotamiento) - proporcionalmente al cambio en el flujo de gas.
11. Revisar la temperatura del gas de entrada. Si éste ha cambiado, calcular el agua extraída diariamente y el gasto de flujo del glicol y la concentración requerida para la nueva temperatura, ajustar el flujo y la concentración como sea necesario.

#### V.6.C. Paro.

La planta de glicol puede ser parada, en la forma siguiente:

1. Bloquear el flujo de gas al contactor.
2. Bloquear la fuente de calor hacia el recalentador.
3. Suspender el flujo de fluido de agotamiento.
4. Parar la bomba de glicol para detener el flujo de glicol. (Ver Fig. 35.).

PROCEDIMIENTO DE PARO

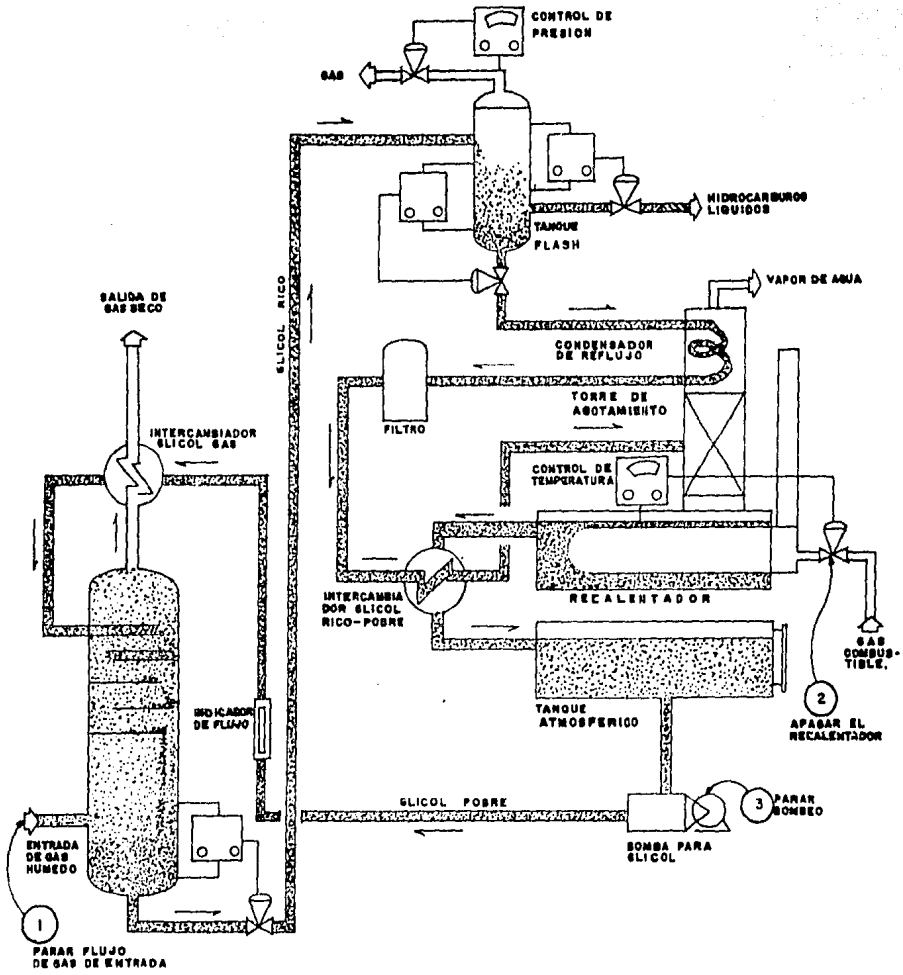


FIG. 35

## Problema 18.

Suponiendo que se verificara la planta deshidratadora en el mes de octubre y se observara los siguientes cambios que han ocurrido en las pasadas 24 horas:

1. La temperatura del gas de entrada está  $5^{\circ}\text{C}$  ( $41^{\circ}\text{F}$ ) más baja.
2. La temperatura del recalentador esta  $5^{\circ}\text{C}$  ( $41^{\circ}\text{F}$ ) más baja
3. El flujo de gas de agotamiento permanece constante.
4. El flujo de glicol continua invariable.
5. El nivel en el tanque atmosférico esta bajo.
6. La caída de presión a través del filtro es  $140 \text{ kPa}$ .  
( $20 \text{ lb/pg}^2$ ).

¿Qué se puede hacer?.

## V.7. Diagnóstico de fallas.

Los problemas operativos más frecuentemente encontrados en una planta de glicol son:

1. Formación de espuma.
2. Rebosamiento.



3. Corrosión.

4. Alto punto de rocío en el gas de salida.

Los anteriores factores son discutidos a continuación: - -  
(Ver Fig. 36).

#### V.7.1. Formación de espuma.

El glicol es un líquido regularmente viscoso, y genera espuma fácilmente, si una pequeña cantidad de hidrocarburos líquidos o sólidos están en la solución. La formación de espuma generalmente ocurre en el contactor. Este es caracterizado por una pérdida normalmente alta de glicol, lo cual resulta en una reducción en el nivel en el tanque atmosférico del glicol.

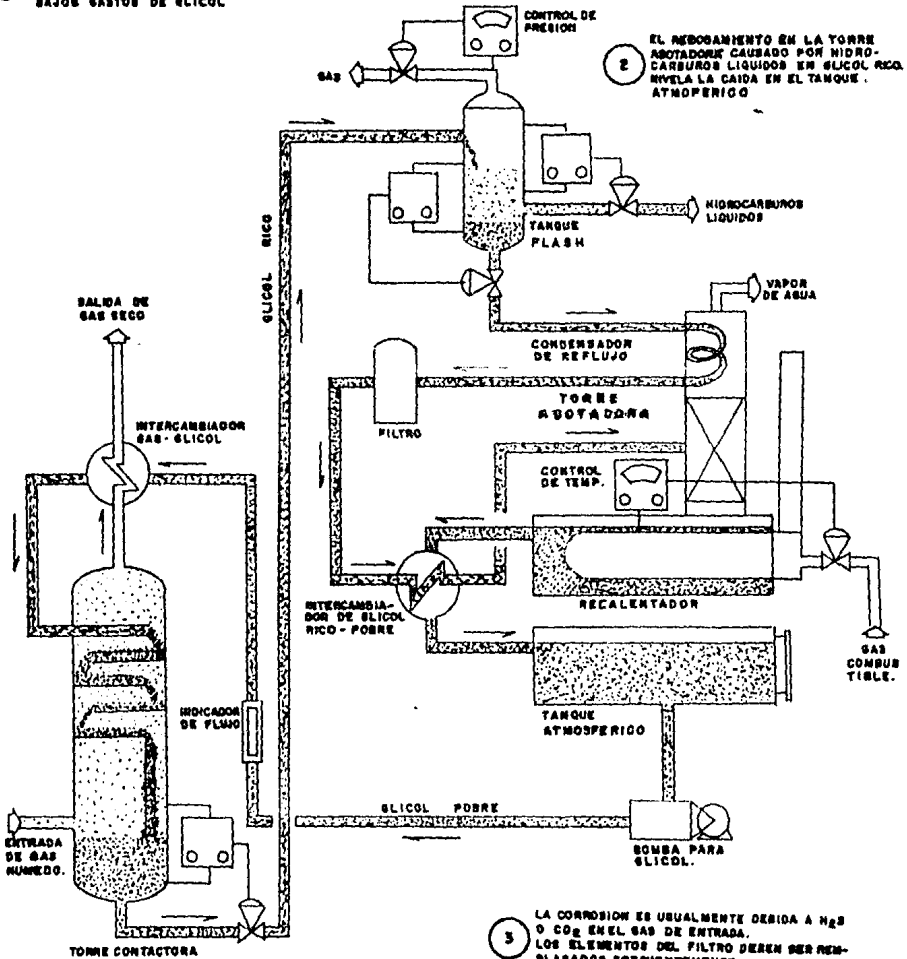
Si una solución sucia es la causa de la formación de espuma, esto puede ser confirmado al tomar una muestra de glicol pobre, fuera del tanque atmosférico y visualmente observar ésta. Si la muestra tiene una apariencia brumosa o lechosa, ésta contiene material extraño. El color de la solución no es necesariamente un indicativo de que se encuentre sucio; mientras que ésta es clara. Nuevos elementos para el filtro serán instalados, si la solución aparece sucia.

Los hidrocarburos líquidos pueden entrar al contactor con la corriente de gas de entrada, o pueden formarse en el contactor

PROBLEMAS OPERATIVOS EN LA PLANTA DE GLICOL

4 ALTO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GAS DE SALIDA ES USUALMENTE DEBIDO A BAJA CONCENTRACION DE GLICOL O BAJOS GASTOS DE GLICOL

2 EL RESQUEMIENTO EN LA TORRE ABSORBADORA CAUSADO POR HIDROCARBUROS LIQUIDOS EN GLICOL RICO. NIVELA LA CAIDA EN EL TANQUE ATMOSFERICO



1 ESPUMAMIENTO EN LA TORRE CONTACTORA ES CAUSADO POR GLICOL SUCIO O HIDROCARBUROS LIQUIDOS. NIVELA LA CAIDA EN EL TANQUE DE ESTABILIZACION.

3 LA CORROSION ES USUALMENTE DEBIDA A  $H_2S$  O  $CO_2$  EN EL GAS DE ENTRADA. LOS ELEMENTOS DEL FILTRO DEBEN SER REEMPLAZADOS FRECUENTEMENTE.

FIG. 36

si la temperatura del glicol pobre, entrando al contactor es inferior a la temperatura del gas de entrada. El origen más probable es de la corriente de gas de entrada. El separador de gas de entrada, será verificado para confirmar que el sistema de control de nivel de líquido, esta descargando líquidos acumulados en el recipiente. Los hidrocarburos líquidos, pueden después ser detectados, tomando una muestra de glicol rico y observando la superficie de éste con una película de aceite.

En algunas plantas deshidratadoras de gas, la formación de espuma es un problema aún cuando la solución de glicol aparezca limpia y aparentemente no haya entrada de hidrocarburos líquidos al contactor, con la corriente de gas de entrada. En esta situación, un inhibidor de espuma es agregado a la corriente de glicol para prevenir la formación de espuma.

#### V.7.2. Rebosamiento.

El rebosamiento o vómito es generalmente un problema en el agotador, éste es generalmente causado por un bache de hidrocarburos líquidos que entra al agotador. Los hidrocarburos fluirán hacia abajo del agotador como líquido, y cuando éstos alcanzan el recalentador, se vaporizan casi instantáneamente. Los vapores fluyen hacia arriba del agotador, con suficiente velocidad para extraer gran cantidad de los líquidos en la torre. El nivel en el tanque atmosférico descenderá. Los hidrocarburos líquidos serán extraídos del gli-

col rico en el tanque flash, o un recipiente similar.

### V.7.3. Corrosión.

Cuando el gas de entrada contiene ácido sulfhídrico,  $H_2S$ , o Bióxido de Carbono,  $CO_2$ , la solución de glicol absorbe algo de -- estos gases y se vuelve corrosivo. Escamas (parafina) u otros productos corrosivos se forman, los cuales contaminan el sistema. Frecuentemente es necesario efectuar cambios de elementos en los filtros para mantener al glicol limpio.

Cuando los gases corrosivos  $H_2S$  y  $CO_2$  son absorbidos por el glicol, el líquido se vuelve ácido. Esto es confirmado midiendo el P.H. de la solución. Un P.H. de 7 es neutral. Abajo de 7 es ácido, arriba de 7 es alcalino.

Un P.H. de 6 a 8 no es generalmente corrosivo. La corrosión ocurre si el P.H. cae abajo de 6.

La corrosión de una solución ácida es aislada para adicionarle Amina al recalentador o al tanque atmosférico, para neutralizar la acides. La frecuencia y cantidad de Amina es determinada por la medición del P.H. de la solución de glicol.

La cantidad de Amina, la cual debe ser adicionada para prevenir la corrosión, dependerá de la concentración de  $H_2S$  y  $CO_2$  en el gas de entrada, y la temperatura de operación y de la presión en

el contactor. Una planta típica de glicol requiere semanalmente adición de un litro de Amina por cada 1000 litros de glicol, contenido en el sistema. (Un galón de Amina por cada 1000 galones de glicol - en el sistema.

#### V.7.4. Alto contenido de humedad en el gas de salida.

El alto contenido de humedad, es casi siempre debido a un bajo gasto o baja concentración del glicol. La falla de la bomba para glicol, es una causa frecuente de bajo flujo. Las bajas concentraciones resultan de las bajas temperaturas en el recalentador del -- agotador o bajo gasto de fluido de agotamiento.

El procedimiento para corregir este problema es el siguiente:

1. Calcular el gasto de glicol requerido y cambiar el flujo si es necesario.
2. Después de establecer el gasto adecuado, verificar la temperatura del recalentador y aumentar ésta a lo máximo si es necesario.
3. Cuando el flujo de glicol y la temperatura del recalentador están en sus puntos adecuados, aumentar un 10% el fluido de agotamiento.

Después de llevar a cabo cada uno de estos pasos, compro-

bar el contenido de humedad del gas de salida, y si éste es alto, - proceder con el siguiente paso:

Si el paso anterior no corrige la situación, el problema - es probablemente uno de los siguientes:

1. Acumulación de suciedad o productos corrosivos en los platos del contactor, con lo cual se reduce la eficiencia de los platos. Una inspección visual se requiere para confirmar esta condición. Los platos son limpiados raspando el material de los platos, o circulando un ácido inhibidor para disolver estos materiales.

2. El empacamiento en el agotador está roto y es retirado por la parte superior de la torre. Para lo anterior es necesario variar el empacamiento para verificar sus condiciones.

3. Fugas en el intercambiador glicol rico-glicol pobre. La solución rica es el fluido a alta presión, así éste fuga, dentro de la solución pobre. Una pequeña fuga es difícil de detectar por la observación de temperatura. Esto se confirma midiendo la concentración de glicol pobre que entra y que sale del intercambiador. La concentración de la corriente de salida será menor, si una fuga ha ocurrido.

4. El glicol se ha deteriorado por el tiempo de uso o por sobrecalentamiento en el recalentador. Un análisis del glicol pobre

es requerido para confirmar esta condición. El glicol puede ser descargado de la unidad y relleno con solución reciente.

Otros problemas que a menudo ocurren en una planta deshidratadora de gas, son aquellas de frecuentes fallas de la bomba, — particularmente del tipo de fluido impulsor. Estas bombas tienen un número de pequeños "pasajes" que pueden ser restringidos, si el glicol pobre o el fluido impulsor (motriz) contiene partículas sólidas. Deberá instalarse un filtro en cada línea de entrada de fluido, y — éste debe ser limpiado frecuentemente.

La temperatura del glicol pobre que entra a la bomba, esta generalmente alrededor de 95°C (203°F). Si la temperatura se eleva arriba de 105°C (221°F), esto puede causar problemas en la bomba — debido a la expansión térmica, por las altas temperaturas.

La temperatura del glicol pobre que entra a la bomba dependerá de la cantidad de calor extraído de la corriente en el intercambiador glicol rico-glicol pobre. Este intercambiador estará cuidadosamente observado durante la reducción en la transferencia de calor y limpiado si éste falla.

Si el intercambiador de glicol rico-a-pobre es un serpentín en el tanque atmosférico, el nivel de glicol pobre en el tanque debe ser mantenido arriba del serpentín para conseguir la máxima — transferencia de calor en éste. Esto puede requerir frecuentes adi-

ciones de glicol al sistema.

Problema 19.

Relacionar cada renglón de la columna derecha con el renglón apropiado de la columna de la izquierda.

- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| — 1. Gasto de gas de agotamiento | a. Solución de glicol sucia.                    |
| — 2. Formación de espuma.        | b. Hidrocarburos líquidos en el agotador.       |
| — 3. Alto punto de rocío del gas | c. Control de la concentración de glicol pobre. |
| — 4. Rebosamiento                | d. Baja concentración de glicol.                |



## N O M E N C L A T U R A

## ABREVIATURAS USADAS EN ESTA TESIS

## ABREVIATURAS DE UNIDADES METRICAS

ABREVIATURAS	SIGNIFICADO
bars (a)	kilogramos por centímetro -- cuadrado de presión.
cm	centímetro
gm	gramo
Kcal	kilocalorías
Kcal/hr	kilocalorías por hora
Kcal/Kg	kilocalorías por kilogramo
Kcal/m <sup>3</sup>	kilocalorías por metro cúbico.
Kg	Kilogramo
Kg/cm <sup>2</sup> o bar	kilogramo por centímetro -- cuadrado de presión.
Km	kilómetro
l	litro
l/hr	litro por hora
m	metro
m <sup>2</sup>	metro cuadrado
m <sup>3</sup>	metro cúbico
m <sup>3</sup> /día	metro cúbico por día
m <sup>3</sup> /hr	metro cúbico por hora
MEA	mono etanol amina

## ABREVIATURAS

## SIGNIFICADO

## ABREVIATURAS DE UNIDADES INGLESAS

bb1	barril (42 galones americanos).
BOPD	barriles de aceite por día
BPD	barriles por día
BTU	Unidad Térmica Británica
BTU/cu pie	Unidad Térmica Británica por pie cúbico de gas.
BTU/hr	Unidad Térmica Británica por hora.
BTU/lb	Unidad Técnica Británica por libra.
BWPD	Barriles de agua por día
día	día
gal	galón
gph	galones por hora
gpm	galones por minuto
hp	caballo de fuerza
hr	hora
lb	libra
lb/pg <sup>2</sup>	libra por pulgada cuadrada
lb/pg <sup>2</sup> (a)	libra por pulgada cuadrada absoluta
min	minuto
M	miles
MBPD	miles de barriles por día
MEA	mono etanol amina

ABREVIATURAS	SIGNIFICADO
MBTU	miles de Unidades Térmicas Británicas
MBTU/hr	miles de Unidades Térmicas Británicas por hora.
MM	millón
MMBTU	millones de Unidades Térmicas Británicas
PC	pie cúbico
PCD	pie cúbico por dfa
PCM	pie cúbico por minuto
WT %	por ciento en peso

#### ABREVIATURAS DE UNIDADES DEL S.I.

bar	bar (1 bar = 100 KPa)
cm	centímetro
dfa	dfa
g	gramo
hr	hora
Kg	kilogramo
Kj	kilojoule
Km	kilómetro
KPa	kilopascal
KPa (a)	kilopascal absoluto
KW	kilovatio
l	litro
m	metro

ABREVIATURAS	SIGNIFICADO
m <sup>2</sup>	metro cuadrado
m <sup>3</sup>	metro cúbico
m <sup>3</sup> /día	metro cúbico por día
min	minuto
mm	milímetro
M	mega
Mj	megajoule
MPa	megapascal
S	segundo
W	vatio
WT %	por ciento en peso

#### UNIDADES DE MEDICION

#### UNIDADES DE MEDICION DEL S.I.

Muchas de las unidades de medición S.I. usadas en el campo petrolero son unidades métricas tradicionales. Las excepciones que más se manejan son en unidades de presión, y calor, las cuales se diferencian de la siguiente manera:

	UNIDADES METRICAS	UNIDADES DEL S.I.	CONVERSION
Presión	bar	Kilopascal, KPa	bar = $\frac{KPa}{100}$
Calor	Kilocal	Kilojoule, Kj	Kcal. = $\frac{Kj}{4.2}$

### CONDICIONES ESTANDAR PARA VOLUMEN DE GAS

Las unidades de medición para volumen de gas son metro cúbico ( $m^3$ ) a pie cúbico ( $pie^3$ ). Las letras st. o s. son algunas veces usadas con las unidades para designar volumen a temperatura y presión estándar:  $m^3$  (st.) o pie cúbico (st.). En esta tesis, los volúmenes estándar están corregidos a una temperatura de  $15^\circ C$  y una presión de 101.325 KPa(a), ó  $60^\circ F$  y  $14.7 \text{ lb/pg}^2$  (a).

Para simplificar el trabajo, las letras st. y s., son omitidas. Sin embargo, todos los volúmenes de gas dados, están a condiciones estándar a menos que se especifiquen condiciones diferentes.

### CAPACIDAD CALORIFICA Y DENSIDAD RELATIVA.

Calor específico y densidad relativa son términos tradicionales que han sido usados tanto en unidades métricas como inglesas por muchos años. Estos términos son reemplazados con las palabras: Capacidad Calorífica y Densidad Relativa. Los nuevos términos son usados en esta tesis. Cuando aparezca el término capacidad calorífica (Ht cap.), tendrá el mismo significado que calor específico; y densidad relativa (Dens. Rel.) significa gravedad específica.

## RESPUESTAS DE LOS PROBLEMAS PROPUESTOS

## UNIDADES METRICAS

- 3.- 1. b  
 2. d  
 3. e  
 4. a  
 5. c

- 4.- 1. c  
 2. d  
 3. a  
 4. e  
 5. b

- 5.- a.  $(0.04 \text{ m}^3/\text{l}) \times (23 \text{ l}/\text{min}) = \underline{0.92 \text{ m}^3/\text{min.}}$   
 b.  $(0.92) \times (60 \text{ min.}) \times (24 \text{ hr.}) = \underline{1325 \text{ m}^3/\text{día}}$

6.-  $\frac{70}{100} \times 20 = \underline{14 \text{ etapas}}$

7.-  $\frac{6}{4} = \underline{1.5 \text{ etapas}}$

8.-  $470 + 33 + 16 + 1 = 520 \text{ Kcal/l}$   
 $(38 \text{ l/m}) \times 60 \text{ min.} = 2280 \text{ l/hr.}$   
 $2280 \times 520 = \underline{1\ 185\ 600 \text{ Kcal/hr.}}$

- 9.- Disminuido

10.- 1.d2.b3.e4.c5.a11.- 1.c2.d3.b4.a

## UNIDADES INGLESAS

1.-

egbafcd

2.-

a. La concentración del glicol pobre debe ser superior a - 99.5%.

b. El calor requerido en el recalentador será el doble.

c. Enfriar al glicol pobre que entra al contactor

d. Cambiar el flujo de glicol rico y gas para el empuje final de la bomba.

e. La caída de presión a través del filtro es de 100 a 140 KPa

- 3.- 1. b  
 2. d  
 3. e  
 4. a  
 5. c
- 4.- 1. c  
 2. d  
 3. a  
 4. e  
 5. b
- 5.- a.  $(5.3 \text{ pie}^3/\text{gal.}) \times (6 \text{ gal}/\text{min}) = 31.8 \text{ ó } \underline{32 \text{ pie}^3/\text{min.}}$   
 b.  $(32 \times 60 \times 24) = 46,080 \text{ ó } \underline{46 \text{ MPCD}}$
- 6.-  $\frac{70}{100} \times 20 = \underline{14 \text{ etapas}}$
- 7.-  $\frac{6}{4} = \underline{1.5 \text{ etapas}}$
- 8.-  $7,000 + 500 + 250 + 15 = 7765 \text{ BTU}/\text{gal. de glicol}$   
 $10 \text{ gpm} \times 60 \text{ min}/\text{hr} = 600 \text{ gal. de glicol}/\text{hr.}$   
 $600 \times 7765 = \underline{4\,659\,000 \text{ BTU}/\text{hr}}$
- 9.- Disminuido
- 10.- 1. d  
 2. b  
 3. e  
 4. c  
 5. a



- 11.- 1.c  
2.d  
3.b  
4.a
- 12.- a. 138 lb/MMPC  
b. 28°F
- 13.- El contenido de humedad del gas de entrada a 104°F y 500 lb/pg<sup>2</sup> = 120 lb/MMPC  
El contenido de humedad del gas de salida a 25°F y 500 lb/pg<sup>2</sup>. = 9 lb/MMPC  
Diferencia = 111 lb/MMPCD  
Gasto de flujo de gas = 42 MMPCD = 42 MMPCD  
Humedad extraída por día = 42 x 111 = 4662 lb/día
- 14.- 45°F
- 15.- Contenido de humedad del gas en entrada a 90°F y 1000 lb/pg<sup>2</sup> = 45 lb/MMPC  
Contenido de humedad del gas de salida = 7 lb/MMPC  
Diferencia = 38 lb/MMPCD  
Gasto de flujo de gas = 24 MMPCD = 24 MMPCD  
Humedad extraída por día = 24 x 38 = 912 lb/día  
Gasto de glicol recuperado = 3 gal./lb  
Gasto de flujo de glicol = 3 x 912 = 2736 gal./día  
=  $\frac{2736}{1440}$  = 1.9 gpm

- 16.- a. 98.9%  
 b. si  
 c. 80°F
- 17.- a. Menor - El punto de rocío mínimo del gas de salida es - de -15°F.  
 b. Disminuir el gasto de gas de agotamiento.
- 18.- a. Calcular el gasto de flujo del glicol y la concentración requeridas a la nueva temperatura del gas. Ambas serán menores. El flujo puede ser menor y el gas de agotamiento puede ser reducido.  
 b. Elevar el punto de ajuste del control de temperatura -- del recalentador, hasta elevar la temperatura a la normal.  
 c. Adicionar glicol fresco para llenar el tanque atmosférico.  
 d. Preparar el cambio de los elementos del filtro.
- 19.- c 1.  
a 2.  
d 3.  
b 4.

## UNIDADES DEL S.I.

- 1.- e f  
 g  
 b la c  
 a

- 2.- a. La concentración del glicol pobre debe ser superior a - 99.5%.
- b. El calor requerido en el recalentador será el doble.
- c. Enfriar el glicol pobre que entra al contactor.
- d. Cambiar el flujo de glicol rico y gas para el empuje final de la bomba.
- e. La caída de presión a través del filtro es de 15 a 20 - lb/pg<sup>2</sup>.
- 12.- a. 2100 Kg/millón m<sup>3</sup>
- b. - 2°C
- 13.- El contenido de humedad del gas de entrada a 40°C y 3500 KPa = 1850 Kg/10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad del gas de salida a -4°C y 3500 KPa = 130 kg/10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>
- Diferencia = 1720 kg/10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>
- Gasto de flujo de gas = 1.2 m<sup>3</sup>/dfa
- Humedad extraída por dfa = 1.2 x 1720 = 2064 kg/dfa
- 14.- 7°C
- 15.- Contenido de humedad del gas de entrada a 32°C y 700 KPa = 700 kg/10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad del gas de salida = 112 kg/10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>
- Diferencia = 588 kg/10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>
- Gasto de flujo de gas = 0.7 m<sup>3</sup>/dfa
- Humedad extraída por dfa 0.7 x 588 = 412 kg/dfa
- Gasto de glicol recuperado = 25 l/kg

$$\begin{aligned} \text{Gasto de flujo de glicol} &= 25 \times 412 &= 10300 \text{ l/dfa} \\ & &= \frac{10300}{24 \times 60} = 7.15 \text{ l/min.} \end{aligned}$$

- 16.- a. 98.9 %  
 b. si  
 c. 26 - 27°C
- 17.- a. Menor - El punto de rocío mínimo del gas de salida es - de -26°C.  
 b. Disminuir el gasto de gas de agotamiento.
- 18.- a. Calcular el gasto de flujo del glicol y la concentración requeridas a la nueva temperatura del gas. Ambas - serán menores. El flujo puede ser menor y el gas de agotamiento puede ser reducido.  
 b. Elevar el punto de ajuste del control de temperatura -- del recalentador, hasta elevar la temperatura a la normal.  
 c. Adicionar glicol fresco para llenar el tanque atmosférico.  
 d. Preparar el cambio de los elementos del filtro.
- 19.- c 1  
a 2  
d 3  
b 4

## R E F E R E N C I A S

1. Rosen Ward.: "Glycol Dehidratacion".  
Petroleum Learning Programs LTD. 1981  
Manual S-3, Houston. Texas 77090
  
2. Rosen Ward.: "Strippers".  
Petroleum Learning Programs LTD, 1975  
Manual P-13, Houston. Texas 77090