

#### 4. Endulzamiento del gas natural con aminas

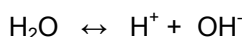
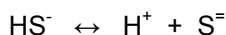
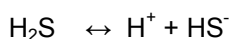
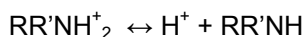
##### 4.1. Proceso acuoso con aminas:

Las aminas han sido los solventes mas utilizados para remover gases ácidos del gas natural. Debido a su reactividad y disponibilidad a bajos costos, las aminas, entre ellas la monoetanolamina (MEA) y dietanolamina (DEA) han alcanzado una posición prominente en la industria del endulzamiento del gas natural.

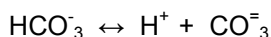
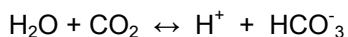
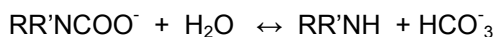
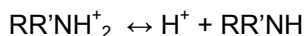
Las aminas que se consideran para el endulzamiento del gas natural son la monoetanolamina (MEA), dietanolamina (DEA), trietanolamina (TEA), diglicolamina (DGA), disopropanolamina (DIPA) y metildietanolamina (MDEA). Todas ellas clasificadas como "químicamente reactivas". Esto es lo que las hace popular para usarlas en el endulzamiento de gas. Existen algunas diferencias en las reacciones químicas.

Las reacciones químicas básicas aplicables para H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub> y una amina secundaria se muestran a continuación:

##### Para H<sub>2</sub>S



##### Para CO<sub>2</sub>



La tendencia de estas reacciones es hacia la derecha a altas presiones y/o bajas temperaturas y hacia la izquierda a altas temperaturas y/o bajas presiones.

La solubilidad de los gases ácidos en las aminas sigue la ley de Henry:

$$P_{H_2S} = H_{H_2S} X_{H_2S}$$

$$P_{CO_2} = H_{CO_2} X_{CO_2}$$

Las aminas primarias tienen reacciones similares a las mostradas para las aminas secundarias. Las aminas terciarias reaccionan sólo con CO<sub>2</sub> siguiendo la reacción ácido base:

$RR'NH_2^+ \leftrightarrow H^+ + RR'NH$ . La reacción de CO<sub>2</sub> se reduce por el tiempo requerido a la solución de CO<sub>2</sub> y su conversión a bicarbonato  $H_2O + CO_2 \leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$ . Esta es la razón por la cual las aminas terciarias muestran mayor selectividad por el H<sub>2</sub>S.

Los procesos con aminas son particularmente aplicables donde se desea encontrar baja presión parcial del gas ácido y bajas concentraciones de gases ácidos en la corriente de gas

tratada. Debido al contenido de agua en la solución, se minimiza la absorción de hidrocarburos pesados, lo que hace a estos procesos adecuados para tratar gas rico. Algunas aminas pueden utilizarse para remover de manera selectiva  $H_2S$  y  $CO_2$ .

#### **4.2. Descripción del proceso de endulzamiento con aminas**

El gas natural ácido entra en un separador para remover líquidos o sólidos. De allí el gas entra por el fondo del contactor donde entra en contacto con la solución de amina bajando desde el tope de la columna. Los componentes ácidos en el gas natural, reaccionan con la amina para formar una sal regenerable. Como el gas continúa su paso hacia el tope del contactor más componentes ácidos reaccionan químicamente con la amina. El gas natural tratado deja la columna y va hacia un tambor separador para retener alguna solución que se haya arrastrado. Si se ha utilizado MEA, o el contactor esta operando a una temperatura muy elevada, debe usarse agua de lavado a fin de recuperar la amina vaporizada del gas que sale del contactor. Si se utiliza agua de lavado, debe disponer de tres o cuatro platos en el tope del contactor con agua tratada para reestablecer las mermas de líquido. El gas natural tratado, es saturado en agua por lo tanto se requiere deshidratar el gas tratado. La amina rica que sale del fondo del contactor fluye hacia un tambor "flash" y luego hacia el intercambiador pobre/rico donde el calor es absorbido por la amina pobre. La amina rica va hacia el tope del regenerador. Como la solución fluye hacia el fondo donde se encuentra el rehervidor de la columna, se despoja el  $H_2S$  y  $CO_2$ . La solución de amina sale del fondo del regenerador como amina pobre, la cual fluye hacia el intercambiador rico/pobre y un enfriador de amina pobre para reducir la temperatura de la solución de amina a aproximadamente  $6^{\circ}C$  ( $42.8^{\circ}F$ ) más caliente que la temperatura del gas natural de entrada, para estar por encima del punto de rocío de la mezcla de hidrocarburos. En este punto, la solución de amina pobre retorna al contactor y el ciclo se repite.

El gas ácido ( $H_2S$  y  $CO_2$ ) despojado del regenerador va hacia un condensador y un tambor separador para enfriarse y recuperar el agua. El agua recuperada retorna como reflujo al regenerador. El gas ácido es venteado, incinerado, enviado a una unidad de recobro de azufre SRU, comprimido para venta o reinyectado para recuperación de crudo.

Un rehervidor "Reclaimer" usualmente se requiere para procesos de tratamiento con MEA y DGA. Este ayuda a remover los productos degradados de la solución de amina y a remover el calor de las sales estables, sólidos suspendidos, ácidos y residuos de hierro. Un "reclaimer" para MEA utiliza una solución básica de soda ash o soda cáustica, que ayuda a la reversión de la reacción y provee un pH de aproximadamente 8 a 9. Un "reclaimer" para DGA no requiere agregar una solución básica. Los rehervidores "reclaimer", generalmente operan con una corriente de retiro de 1 a 3% de la tasa de circulación de amina total, su tamaño depende del inventario total de la planta y de la tasa de degradación esperada.

La operación de los rehervidores "reclaimer" no es continua, es por intervalos. El mismo se llena con una solución de amina caliente y si se requiere se agrega soda ash. Como la temperatura se incrementa el líquido comienza a destilar. Los vapores de tope son condensados y bombeados hacia el proceso de amina, generalmente opera a una presión un poco por encima del regenerador y los vapores retornan al regenerador. La composición inicial del vapor es esencialmente agua. La destilación continua causa que la solución comience a concentrarse en amina. Esto incrementa el punto de ebullición de la solución y la amina destila en el tope. La alimentación fresca se agrega continuamente hasta que la temperatura de ebullición alcanza entre  $138$  a  $149^{\circ}C$  ( $280.4$  a  $300.2^{\circ}F$ ). En este punto la destilación continúa por un período corto, agregando sólo agua para ayudar a recobrar residuos de amina en el "reclaimer". El "reclaimer" se para, se limpia, recarga y se repite el