

EXPERIENCIAS

PEDRO JOYA HERNÁNDEZ*,
ISAAC SANTIAGO LUQUE ORTIZ**,
JULIO CÉSAR PÉREZ ANGULO***,
JOSÉ HELÍ GÓMEZ****,
MARIO NICOLÁS ARBELÁEZ****

técnicas

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES Y CONDICIONES DE
OPERACIÓN DE LA PLANTA DESHIDRATADORA DE GAS BALLENA

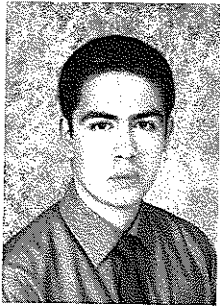
*Ingeniería de Proyectos Escuela de Ingeniería de Petróleos, Universidad Industrial de Santander, UIS, Bucaramanga, Colombia. E-mail: pjoya@ingenieria.net

**Coordinador de Proyectos Centro de Investigación del Gas, CIG-UIS E-mail: luque@uis.edu.co

***Ingeniero de petróleo, Director del Centro de Investigación del Gas, CIG. E-mail: jperez@condor.uis.edu.co

****Funcionario de Ecogas E-mail: jgomez@ecogas.com.co

****Funcionario de Ecogas. E-mail: marbelaez@ecogas.com.co



Pedro Joya Hernández

Resumen

Este artículo presenta los resultados más importantes de la evaluación realizada a la Planta Deshidratadora de gas natural de Ballena (Departamento de la Guajira - Colombia). Con base en la simulación estable y dinámica de las principales variables que intervienen en el proceso, se propone un mejor esquema de operación que permita un

desempeño eficiente de la planta. Además, se demuestra que el empleo de gas de despojo como alternativa para mejorar el proceso de regeneración del glicol en el caso de la planta Ballena, no es recomendable.

Introducción

El gas proveniente de la formación Chuchupa, es un gas pobre y saturado con vapor de agua, que normalmente llega a la planta a presiones que oscilan entre 1000 y 1200 psig y a temperaturas del orden de los 80 °F, con una humedad de 30 lbs/MMSCF aproximadamente. Este gas es deshidratado con TEG en una planta, cuya capacidad es de 225 MMSCFD, distribuidos en tres módulos configurados en paralelo (75 MMSCFD de capacidad), que permiten entregarlo con un máximo contenido de vapor de agua de 4 lbs/MMSCF. Este gas finalmente es transportado por el gasoducto para su distribución industrial y domiciliaria. La tabla 1 muestra las condiciones normales de operación de la planta.

Según el registro anual de pérdidas que se lleva en la planta, el consumo de glicol por volumen de gas tratado en el año 2000 se incrementó en un 37% con respecto al año anterior. Las pérdidas del año 2000 fueron de 0.072 Gal/MMSCF, valor que esta dentro del rango normal dado por el fabricante. Sin embargo, esta tendencia al aumento, es un signo de que pueden estar ocurriendo fenómenos tales como, tendencia del glicol a formar espuma en la torre contactora¹, presencia de sólidos en el glicol, o altas temperaturas de regeneración. Producto de una evaluación técnica, se propone un esquema apropiado de operación que permita un desempeño más eficiente, incluyendo aspectos económicos y operativos del proceso

Tabla 1. Datos de operación de la planta

Gas de entrada		
Tasa x Tren	75	MSCFD
Temperatura	80	°F
Presión	1200	Psig
Gas de entrada		
Tasa TEG	214	GPH
Concentración TEG	98.6	%TEG
Temp. Rehervidor	380	°F
Temp. Tope Despojadora	215	°F
Gas Stripping	-	Lb/hr

* No se mide

Simulación del Proceso

La operación de la planta fue simulada usando un paquete termodinámico de procesos. Además, se realizó un análisis de sensibilidad de los parámetros del proceso, con el fin de evaluar su impacto sobre la eficiencia de la planta; la eficiencia se evaluó en variables como, humedad del gas de salida, consumo de gas combustible, pérdidas de glicol y tiempo de estabilización (simulación dinámica).

Humedad del gas de entrada.

Se realizó la simulación variando la temperatura y presión del gas de entrada a la planta, que implicó una variación en la humedad de salida. Los resultados indican que la disminución en la temperatura del gas de entrada, mejora la deshidratación por reducción en el contenido de agua del gas de salida (Ver Figura 1). Además, la disminución en la temperatura del gas de entrada reduce las pérdidas de glicol por vaporización en el gas seco de salida (Ver Figura 2), permitiendo un recobro máximo de Hidrocarburos condensables, que son removidos en el scrubber de entrada².

En la planta de Ballena, el rango de temperatura del gas de entrada encontrado durante la operación, oscila entre 75 y 84 °F; de manera que pequeños incrementos en esta variable, pueden tornar inestable el proceso de deshidratación.

A condiciones del caso base (Ver Tabla 2), presiones por debajo de 1050 psig desmejoran el proceso de deshidratación (Ver Tabla 3), debido a su efecto sobre la saturación de agua en el gas de entrada.

Tabla 2. Caso base de simulación

Corriente	T(°F)	P (psig)	
Gas Húmedo	80	1175	75 MMSCFD
Glicol Pobre	117	1255	214 GPH
Rehervidor	375	0.5	
Humedad Gas de Entrada,			28.04 lbs/MMSCF
Humedad Gas de Venta,			3.05 lbs/MMSCF
Concentración TEG Pobre			98.81 %
Pérdidas de TEG			0.0122 Gal/MMSCF
Gas de Despojo			3.1 SCF/Gal.

Tabla 3. Efecto de la presión en la humedad del gas de salida

Presión (psig)	Hum. Salida (Lbs/MMSCF)	
	80°F	82°F
950	3.9	4.3
1000	3.7	4.1
1050	3.5	3.8
1100	3.3	3.6
1150	3.1	3.5
1200	3.0	3.3

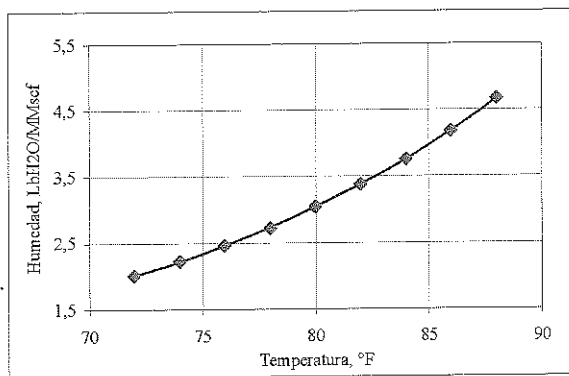


Figura 1.

Efecto de la temperatura del gas de entrada a 1175 psig.

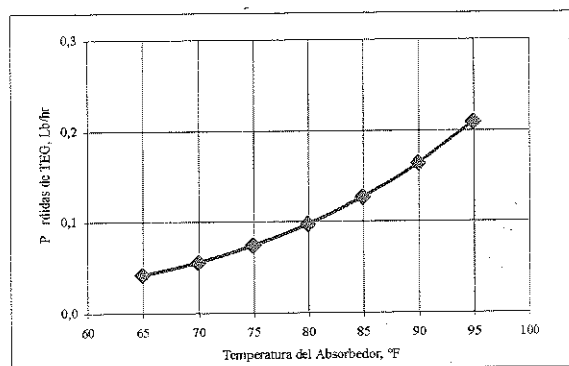


Figura 2.

Efecto de la temperatura del gas de entrada sobre las pérdidas en el absorbador

Condiciones del proceso de absorción

La Figura 3 muestra el efecto de la temperatura del absorbador sobre las pérdidas de TEG. En este caso, la cantidad de agua presente en el

gas de entrada se mantuvo constante. A medida que la temperatura en el absorbedor se incrementa, ya sea por aumento en la temperatura del TEG pobre o por aumento en la temperatura del gas de entrada, se obtienen mayores pérdidas de TEG por vaporización en la corriente de gas seco. Los resultados muestran que los cambios en la temperatura de operación, tienen un impacto mayor sobre las pérdidas de TEG que las variaciones en la presión.

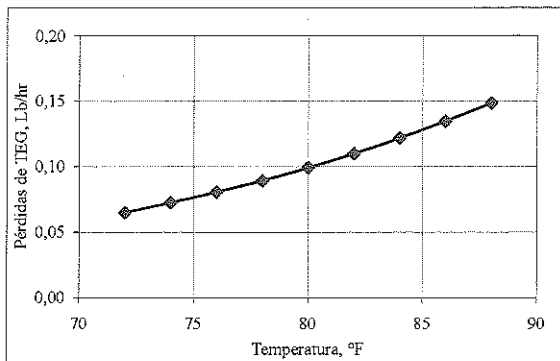


Figura 3.
Efecto de la temperatura del absorbedor sobre las pérdidas de TEG

Concentración de TEG.

La humedad del gas de salida es muy sensible a los cambios en la concentración del glicol pobre. Para el caso base, un aumento de 0.5 % en peso en la concentración de TEG (Ver Figura 4), disminuye la humedad del gas de salida en 1 lb/MMSCF aproximadamente. Según pruebas de laboratorio, las concentraciones normales del glicol pobre en la planta se encuentran alrededor de 98.6 %, valor suficiente para que se entregue el gas bajo las especificaciones de humedad exigidas. En este estudio, se analizaron los efectos de la temperatura y la tasa de gas de despojo sobre la concentración de TEG.

Simmons³ recomienda una máxima temperatura de rehervidor de 392 °F, ya que a temperaturas superiores se espera la descomposición térmica del glicol y la formación de puntos calientes localizados sobre los tubos del rehervidor que causan degradación térmica. En la Figura 5 se

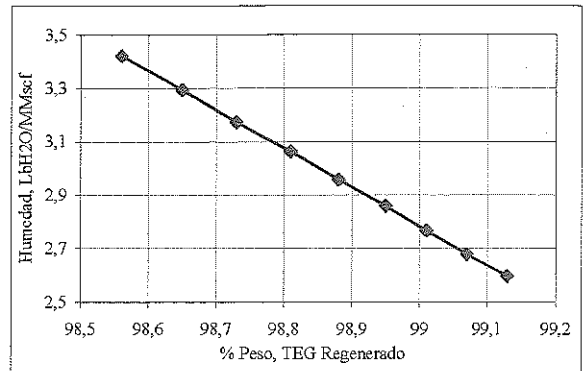


Figura 3.
Efecto de la temperatura del absorbedor sobre las pérdidas de TEG

puede notar que bajo un rango de operación del rehervidor entre 365 °F y 380 °F, la concentración de TEG variará entre 98.5 y 98.75 % sin utilizar gas de despojo, indicando que la operación del regenerador se puede ajustar a este rango, aún sin utilizar este recurso.

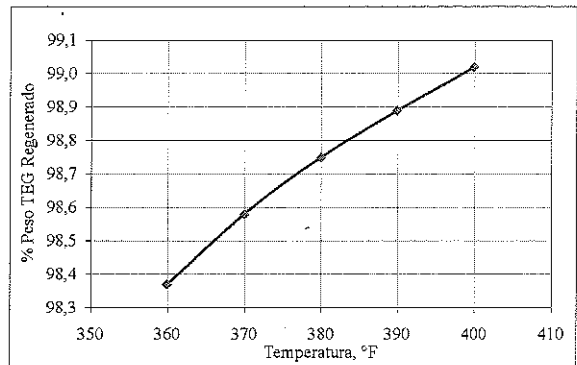


Figura 5.
Variación de la concentración de TEG con la temperatura de regeneración

Adicionalmente, se evalúa el efecto que tiene el gas de despojo sobre la concentración y las pérdidas de glicol en la despojadora. Los resultados muestran una incidencia importante de la tasa de gas de despojo sobre la concentración de glicol (ver Figura 6). Sin embargo, este exceso aumenta significativamente las pérdidas de glicol por vaporización en la despojadora. De hecho, se pierde glicol adicional por arrastre en forma de niebla con los gases de venteo, debido al incremento en la velocidad del vapor. En la

planta deshidratadora Ballena, la tasa de gas de despojo no se mide, pero teniendo en cuenta que una concentración de glicol de 98.6 % a 375 °F se puede alcanzar sin utilizarlo, se deduce que la tasa de gas usada es muy baja y que no afecta significativamente el proceso de regeneración; por lo cual, las pérdidas por vaporización en la despojadora son mínimas.

Comúnmente el gas de despojo es una de las alternativas para mejorar el proceso de absorción en este tipo de plantas, donde se pueden utilizar tasas bajas de TEG con concentraciones más altas, mediante la adición de un pequeño flujo de gas en la despojadora.

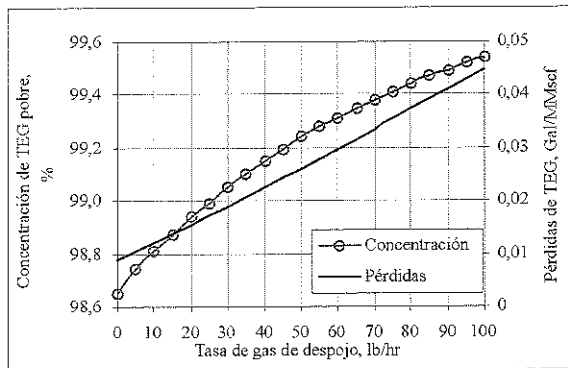


Figura 6.

Efecto de la tasa de gas de despojo sobre el proceso

Se planteó entonces la necesidad de estimar los costos de operación para diferentes combinaciones de tasas de glicol y gas de despojo, manteniendo constante la humedad del gas de salida. Como se desea mantener la humedad del gas de salida en 3 lbs/MMSCF, se varía el gas de despojo según la tasa de glicol presente, considerando que a menor caudal de glicol, se requiere mayor cantidad de gas con el fin de mejorar la concentración de TEG regenerado y mantener la humedad de salida.

El incremento en la tasa de gas de despojo repercute en mayores pérdidas de glicol, y la reducción de la tasa de glicol causa una disminución lineal del consumo de gas combustible. En la Figura 7 se aprecia el costo de operación para diferentes tasas de glicol. Es importante resaltar que el efecto del ahorro en

combustible, no es significativo, y el costo del gas se incrementa por la necesidad de tasas altas de gas de despojo, lo cual va de la mano con el incremento en las pérdidas.

Tasa de recirculación de glicol.

El aumento de la tasa de glicol favorece el proceso de deshidratación (Ver Figura 8); sin embargo, a tasas mayores de 282 GPH (17 Str/min), no se logra disminuir en forma apreciable la humedad del gas de salida, que contrasta con el aumento lineal del calor de regeneración necesario para tratar esta cantidad de TEG.

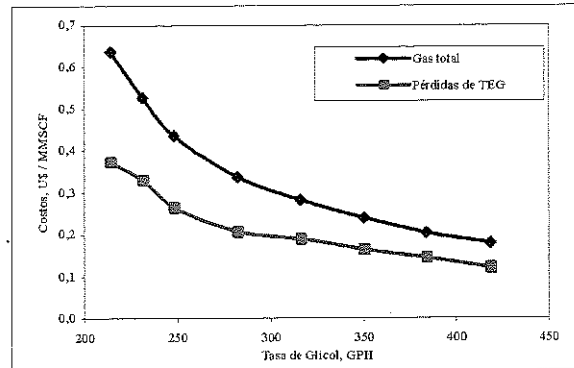


Figura 7.

Costos de operación a diferentes tasas de TEG

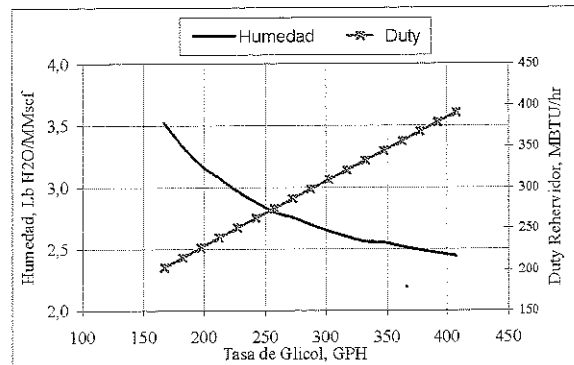


Figura 8.

Efecto de la tasa de glicol sobre el proceso

El aumento de la tasa de glicol incrementa la capacidad de la planta, permitiendo manejar un flujo alto de gas sin perder eficiencia en la deshidratación. Sin embargo, esto aumenta la cantidad de agua que debe removerse del glicol

en el rehervidor, requiriendo más calor y aumentando levemente las pérdidas en la despojadora.

Tasa de gas de entrada.

La Figura 9 muestra el efecto de la tasa de gas de entrada por módulo; esta variable, normalmente oscila entre 45 y 75 MMSCFD, generando un amplio rango de condiciones para el manejo de la tasa de glicol. El incremento en el caudal de gas, aumenta la cantidad de agua a remover por galón de glicol, de manera que a una tasa de glicol constante, el gas de salida contendrá mayor cantidad de agua.

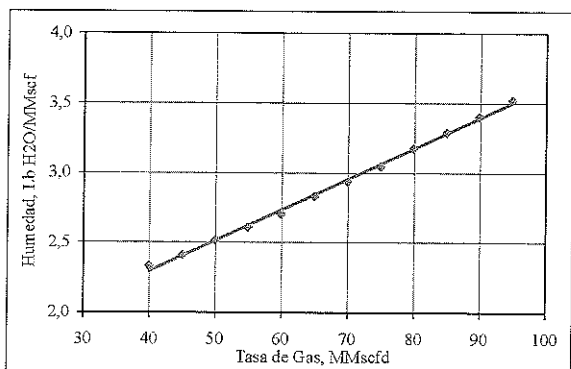


Figura 9.
Efecto de la tasa de gas

Solución dinámica.

Con el objetivo de observar el comportamiento de la planta bajo perturbaciones en las variables más importantes del proceso, se construyó un caso de simulación dinámica a partir del modelo estable. Las variables críticas identificadas teniendo en cuenta su tiempo de estabilización son: la temperatura de regeneración y el gas de despojo.

Se simuló el comportamiento de la concentración de glicol con el tiempo, por variación en la temperatura del rehervidor y la tasa de gas de despojo. Los resultados se aprecian en las Figuras 10 y 11.

Como se había señalado anteriormente, uno de los métodos para mejorar la concentración de glicol, es aumentar la temperatura del

rehervidor, lo que favorece el proceso de absorción en la torre contactora; sin embargo, para alcanzar el efecto completo sobre la humedad del gas, se requiere de un tiempo de estabilización aproximado de cuatro horas (para $DT=25^{\circ}F$), ya que se debe tratar todo el glicol acumulado en los equipos de la planta.

En el caso del gas de despojo, se observa una respuesta lenta del proceso a la perturbación, obteniendo un tiempo de estabilización de cinco horas aproximadamente. De manera que, se debe prever este tiempo en casos en los que se dependa del gas de despojo para mejorar la humedad del gas de salida.

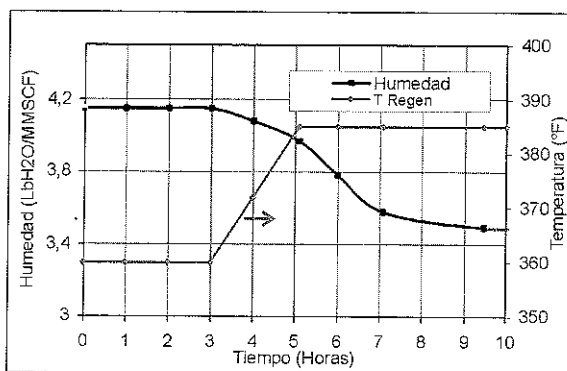


Figura 10.
Perturbación por temperatura del rehervidor: $Dt=4$ Hrs.

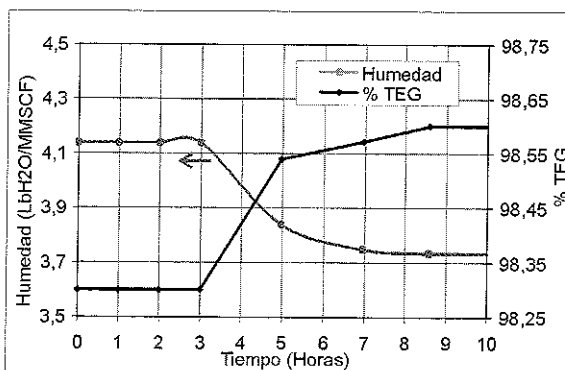


Figura 11.
Perturbación por gas de despojo: 1.2 scf/gal 3 scf/gal, $Dt=5$ Hrs.

Mejoras en la operación de la planta

Con base en el análisis de sensibilidad y considerando los factores más importantes en

la eficiencia del proceso, se estableció un esquema de operación que permite el control directo y real de la planta.

Mediante simulación se construyeron las curvas de operación para la planta (Ver Figura 12), las cuales permiten determinar la velocidad de la bomba, que representa la tasa de glicol óptima para la operación de cada uno de los trenes de la planta, de acuerdo a las condiciones del gas de entrada (humedad) y a la tasa por módulo que se esté manejando.

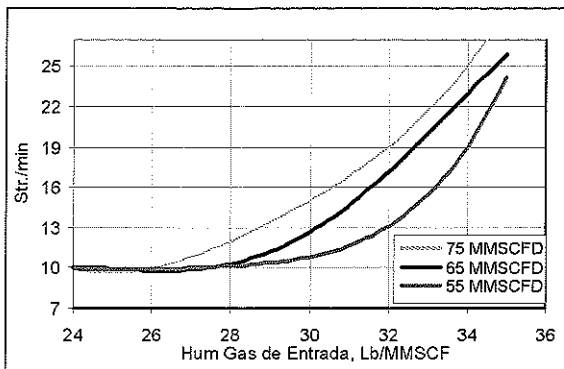


Figura 12.
Curvas de operación

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados de este estudio, se hacen las siguientes recomendaciones:

1. Para condiciones de operación normales ($T < 80\text{ }^{\circ}\text{F}$), es suficiente una tasa de circulación de 214 GPH, manejando un rango de temperatura de regeneración de 365 – 380 $^{\circ}\text{F}$. Para otras condiciones se debe seguir el siguiente procedimiento:
 - Ajustar la tasa de glicol según las curvas de operación.
 - Incrementar la temperatura de regeneración hasta 390 $^{\circ}\text{F}$ para no sobrepasar la temperatura límite de degradación.
 - Emplear gas de despojo en forma controlada.
2. Actualmente, el gas de despojo como alternativa para mejorar el proceso de absorción no es recomendable, ya que se puede alcanzar una concentración de glicol de 98.6% a una temperatura de 375 $^{\circ}\text{F}$, sin este gas. Además, la respuesta del sistema a cambios en la tasa de gas de despojo es muy lenta. ($Dt = 5\text{ hrs}$).

Referencias bibliográficas

- (1) **Ramírez Plaza, Hernando.** Pérdidas de glicol en plantas deshidratadoras de gas natural. Boletín estadístico ACIPET, mayo – junio, 1995, pág. 16-18.
- (2) **Gupta, A., Ansari, N.; Rai, R. Y Sah, A.** Reduction of glycol loss from gas dehydration unit at offshore platform in Bombay offshore – a case study. SPE 36225. 1996, p 549-553.
- (3) **Simmons, Charles.** Avoiding excessive glycol costs in operation of gas dehydrators. Oil & Gas Journal, September 21, 1981, p 121-124.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de la Empresa Colombiana de Gas ecogás, y a su funcionario, el Ingeniero Jairo Jaimes Quintero, por su colaboración en el desarrollo del proyecto.

Autor:

PEDRO JOYA HERNÁNDEZ.
pjoya@ingenieria.net

Ingeniero de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander. Presidente del Capítulo SPE UIS – 2000. En el Centro de Investigación del Gas participó en el desarrollo del proyecto «Evaluación de la Planta Deshidratadora de Gas Ballena» al cual se refiere este artículo. Actualmente se desempeña como Ingeniero de Proyectos de la Coordinación de Servicios de la Escuela de Ingeniería de Petróleos de la UIS.