

SEGUIMIENTO DE VARIABLES DE PROCESO

Julieta García
Andrea Montenegro
Sergio Carrizo
Pan American Energy LLC

SINOPSIS

El objeto del presente trabajo es mostrar como se realiza el seguimiento del comportamiento del proceso a través del monitoreo diario de las diferentes variables en una planta de endulzamiento de gas.

Disponemos de un sistema complejo de captación de gas: gas de pozos netamente gasíferos, gas de pozos de baja presión asociados a la operación de petróleo y gas de alto GOR. Todo este gas debe acondicionarse para la venta. Debido a esta complejidad, cualquier perturbación impacta en la estabilidad del proceso de endulzamiento. Por este motivo fue necesario implementar un seguimiento del proceso valiéndonos de la información del sistema de control y de datos complementarios obtenidos de las rutinas de operación de planta y campo y ensayos de laboratorio de las corrientes de los distintos fluidos. Las variables se monitorean diariamente, se registran en planillas, se procesan en gráficos y tendencias y por último se analizan para obtener conclusiones.

También se analiza el comportamiento de pozos de alta presión y plantas compresoras para relacionarlo con desvíos en la planta de tratamiento.

Esta metodología de registro y análisis de variables nos permite además de contar con historial del proceso, detectar potenciales problemas operativos para actuar de manera preventiva.

INTRODUCCION

Disponemos de un sistema de captación de gas muy complejo que consta de pozos netamente gasíferos, pozos de gas de baja presión asociados a la operación de petróleo y gas de alto GOR, lo que nos obliga a tener diferentes instalaciones de compresión aguas arriba del tratamiento, ya que parte del gas de los pozos gasíferos se produce en media presión por lo cual requiere de una etapa de compresión de 30 kg/cm²g a 70 kg/cm²g antes de su acondicionamiento en planta y el gas proveniente de la operación de petróleo y de alto GOR debe comprimirse desde aproximadamente 2.5 kg/cm²g de presión hasta 70 kg/cm²g (presión a la cual operan las plantas de tratamiento).

El sistema de acondicionamiento consta de dos plantas de ajuste de punto de rocío, con capacidad de procesamiento de 1.5 MMSCMD cada una, y una planta de endulzamiento -que opera con MDEA genérica- seguida de una planta de ajuste de punto de rocío, ambas con capacidad de 5.0 MMSCMD. La producción de estas tres plantas se mezcla y se recomprime luego en una estación Turbocompresora para lograr la presión necesaria para ingresar al Gasoducto Troncal, desde 70 kg/cm²g hasta aproximadamente 84 kg/cm²g.

SEGUIMIENTO DE VARIABLES DE PROCESO

Julieta García
Andrea Montenegro
Sergio Carrizo
Pan American Energy LLC

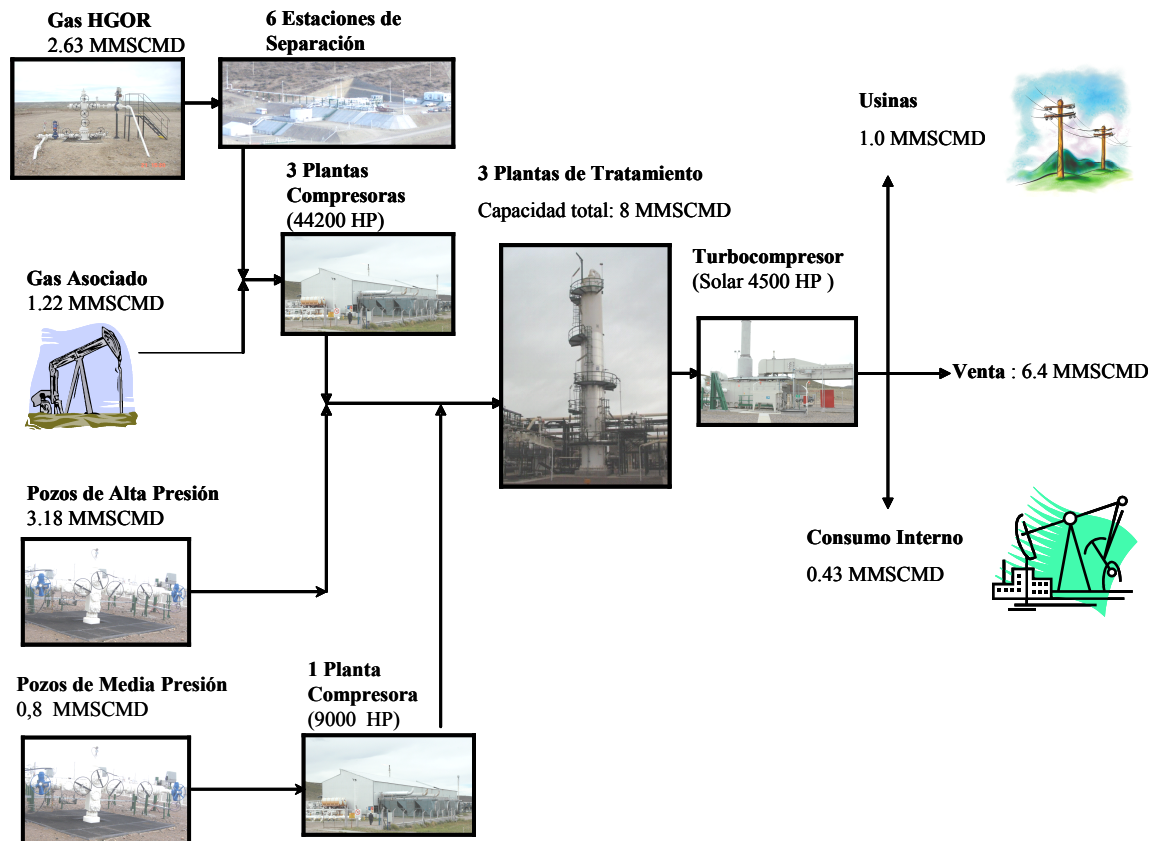


Figura 1. Ciclo de Captación y Acondicionamiento de Gas Cerro Dragón

Dada la complejidad del sistema de captación y la susceptibilidad a las perturbaciones de las plantas de tratamiento, en especial la unidad de endulzamiento, fue necesario implementar un exhaustivo control de las variables de proceso.

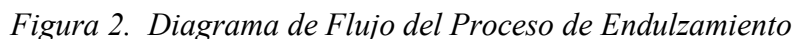
Antes de detallar en que consiste dicho control, es necesario describir las características de la Unidad mencionada.

Esta planta fue diseñada para procesar un caudal máximo de gas de 5.0 MMSCMD, con un by-pass automatizado, que permite derivar el gas de alimentación directamente a la Unidad de Ajuste de Punto de Rocío, según la calidad del gas que abandona la torre contactora. El diseño contempla una circulación máxima de solución de amina de 200 m³/h.

El proceso de acondicionamiento de gas inicia en el separador bifásico, a continuación pasa por un filtro coalescedor para retener la niebla de hidrocarburo. Luego, el gas ingresa a la torre absorbidora, con la posibilidad de ser precalentado en un intercambiador gas dulce/gas ácido, y finalmente se dirige a la Unidad de Ajuste de Punto de Rocío, previo paso por un separador de salida. La presión de operación del sistema de absorción es de 70 kg/cm²g, mientras que la del sistema de regeneración de amina es del orden de los 0.5 kg/cm²g.

**Julieta García
Andrea Montenegro
Sergio Carrizo
Pan American Energy LLC**

Gracias a la moderna automatización que dispone esta planta y a la posibilidad de contar con visualización de la mayoría de las variables en el sistema de control distribuido -en sala de control- se pueden extraer libremente datos, mejorar escalas de visualización y graficar el conjunto de variables de interés para formar el historial de la planta. Este constituye el punto de partida del control de procesos, que se describe en el presente trabajo.



SEGUIMIENTO DE VARIABLES DE PROCESO

Julieta García
Andrea Montenegro
Sergio Carrizo
Pan American Energy LLC

DESARROLLO

Inicialmente, se determinaron las variables de interés disponibles en el sistema de control sobre las cuales se haría un seguimiento. Estas se agruparon de acuerdo con el sistema involucrado y se extrajeron las variables detalladas a continuación:

- Entrada a planta: presión de entrada a planta; presión, caudal y temperatura de salida de gas del separador de entrada; nivel del separador; presión diferencial en el filtro coalescedor; nivel inferior y superior del filtro coalescedor; temperatura de entrada al intercambiador gas ácido/gas dulce.
- Contactora de amina: temperatura de salida del gas tratado; temperatura del gas de entrada a la torre; temperatura y caudal de entrada de amina pobre; presión diferencial de la torre; temperatura de los diferentes platos; concentración de CO₂ de entrada y salida.
- Gas dulce: presión de salida de la unidad de endulzamiento; caudal de gas tratado y nivel del separador de salida de la unidad de endulzamiento.
- Regeneración de amina: temperatura de salida de vapores de tope; temperatura de condensación; temperatura de los diferentes platos; diferencial de presión; presión de operación de tope; caudal de amina pobre que abandona la torre; nivel de la torre; temperatura de salida del rehervidor; temperatura de salida del aerofriador de amina; presión y temperatura del tanque flash de amina; caudal de reflujo y caudal de venteo de CO₂.
- Filtración de amina: diferencial de presión de pre y post filtros de partículas y del filtro de carbón activado; caudal de filtración de amina.
- Horno: caudal de aceite térmico que circula por el horno; presión de gas combustible al horno.

Todas las variables extraídas del sistema de control, se almacenan cada 1 minuto, en archivos Excel. Además, al finalizar el día operativo, el sistema genera automáticamente un reporte conteniendo los promedios diarios de cada variable, sin perder la información disponible minuto a minuto. Estos promedios diarios se almacenan en otro documento denominado "Promedios.xls".

SEGUIMIENTO DE VARIABLES DE PROCESO

Julieta García
Andrea Montenegro
Sergio Carrizo
Pan American Energy LLC

	T-401 TORRE CONTACTORA DE AMINA						
	TI-9373	TI 9362 A	TI 9369	TI 9362B	PDI 9361	PDI 9361	TI 9375
	T SALIDA GAS DULCE	T GAS ENTRADA A TORRE	T PLATO 18	T ENTRADA AMINA	PRESION DIFERENCIAL T-401	PRESION DIFERENCIAL T-401	T FONDO DE TORRE
DESCRIPCIÓN	°C	°C	°C	°C	KG/CM2 g	GR/CM2 g	°C
06/18/2008 00:00	39.06639862	32.53234863	72.0610199	38.85047531	0.180306613	180.3066134	64.27315521
06/18/2008 00:01	38.95352554	32.5127182	72.24061584	38.69638824	0.180947855	180.9478501	64.3585434
06/18/2008 23:50	39.003582	32.12667847	73.86592102	38.8671608	0.181706831	181.7068358	64.24861908
06/18/2008 23:51	38.98690033	32.08153152	73.93756104	38.78471756	0.181942374	181.9423735	64.29867554
06/18/2008 23:52	38.91230774	32.0651741	73.9238205	38.68460846	0.181458205	181.458205	64.32418823
06/18/2008 23:53	38.79453278	32.13780212	73.83647156	38.5246315	0.181183398	181.1833928	64.37522888
06/18/2008 23:54	38.634552	32.23660278	73.76089478	38.40882111	0.181536704	181.5367093	64.41448212
06/18/2008 23:55	38.54622269	32.25884628	73.64803314	38.31067276	0.180136502	180.1365018	64.47434998
06/18/2008 23:56	38.43728256	32.23529434	73.54988098	38.1879921	0.18084316	180.8431645	64.54403687
06/18/2008 23:57	38.35778427	32.18033218	73.33396149	38.12026978	0.180594519	180.5945237	64.53913116
06/18/2008 23:58	38.28515625	32.17509842	73.20441437	38.04960632	0.181471273	181.4712783	64.50674438
06/18/2008 23:59	38.19682693	32.13125992	73.05621338	37.87392426	0.180358976	180.3589761	64.43411255
PROMEDIO	39.34494759	32.88018824	74.5200394	39.12173129	0.18154912	181.5491199	65.02302951

Tabla 1. Valores Sistema de Control minuto a minuto

	T-401 TORRE CONTACTORA DE AMINA						
	TI-9373	TI 9362 A	TI 9369	TI 9362B	PDI 9361	PDI 9361	TI 9375
	T SALIDA GAS DULCE	T GAS ENTRADA A TORRE	T PLATO 18	T ENTRADA AMINA	PRESION DIFERENCIAL T-401	PRESION DIFERENCIAL T-401	T FONDO DE TORRE
FECHA	°C	°C	°C	°C	KG/CM2 g	GR/CM2 g	°C
2008							
18-Jun	39,3449476	32,8801882	74,5200394	39,1217313	0,18154912	181,54912	65,0230295
19-Jun	39,7435692	33,2496907	75,5228135	39,5071513	0,18178561	181,785606	65,4365626
20-Jun	39,3064396	32,7734101	74,1593461	39,0570874	0,18276266	182,762661	64,7048901
21-Jun	39,3975398	32,7487721	75,9319999	39,0676264	0,18261124	182,611239	64,8193004
22-Jun	39,5251995	32,8611561	77,2391361	39,1900172	0,1827123	182,7123	65,0574438
23-Jun	39,6869584	32,9074299	76,3561775	39,2918438	0,18439747	184,397468	64,8160832
24-Jun	39,5651002	32,7851349	77,9098123	39,1697839	0,18456699	184,566987	65,2416672

Tabla 2. Valores promedios diarios

Con estas tablas se generan gráficos de tendencias, agrupando las distintas variables que mejor describen el sistema:

SEGUIMIENTO DE VARIABLES DE PROCESO

Julieta García
Andrea Montenegro
Sergio Carrizo
Pan American Energy LLC

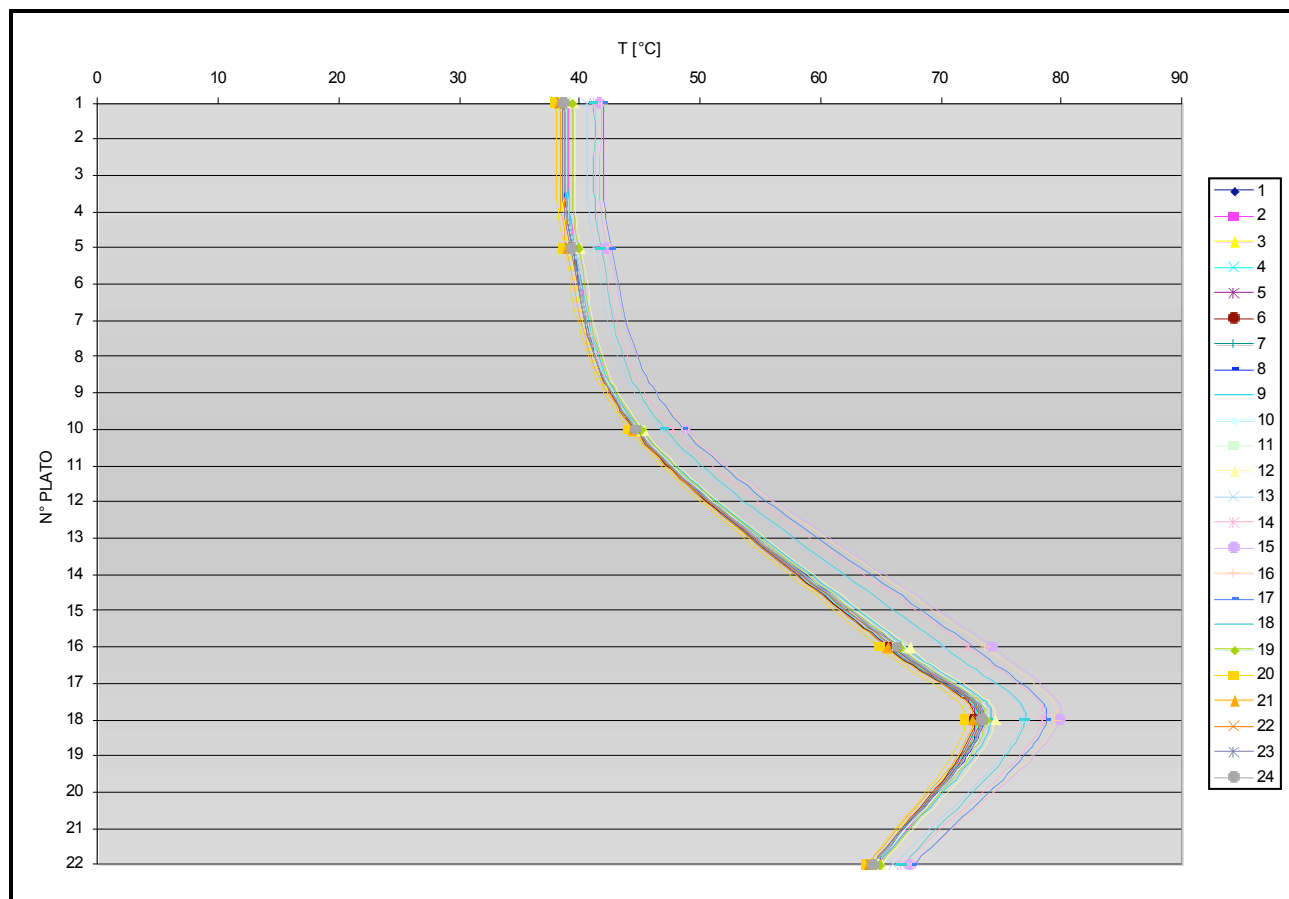


Figura 3. Perfil de Temperaturas Torre Contactora

Estos gráficos también se actualizan minuto a minuto y se generan en el mismo reporte automático. Por otra parte, al menos una vez al día (excepto fines de semana y feriados), se realizan los siguientes ensayos de laboratorio, cuyos resultados se resumen en un Parte Diario de Laboratorio:

- Análisis de gas: cromatografía extendida de entrada y salida del separador de entrada, salida del filtro coalescedor, salida de torre contactora; medición del contenido de H_2S y agua con método colorimétrico y con analizador portátil, respectivamente.
- Amina pobre: concentración (% p/p); carga ácida de CO_2 y H_2S ; pH; tendencia a la formación de espuma; densidad; aspecto (color, olor, apariencia); contenido de sólidos e hidrocarburos. El contenido de sólidos se mide en distintas etapas del circuito de filtración: aguas arriba y aguas abajo del pre y post filtros de partículas.
- Amina rica: concentración (% p/p); carga ácida de CO_2 y H_2S ; pH; tendencia a la formación de espuma; densidad; aspecto (color, olor, apariencia); contenido de sólidos e hidrocarburos.
- Agua de reposición: TSD; dureza; pH; cloruros, sodio, potasio, hierro y conductividad.
- Agua de reflujo: contenido de MDEA; contenido de CO_2 y H_2S y pH.

Dado que esta información de laboratorio se obtiene una vez al día, la misma se integra al archivo "Promedios.xls".

SEGUIMIENTO DE VARIABLES DE PROCESO

Julieta García
Andrea Montenegro
Sergio Carrizo
Pan American Energy LLC

	Planta Zorro III			Amina Pobre			
	Parte diario laboratorio						
FECHA	CO2 Entrada Pta	CO2 Gas Dulce	CO2 Salida Pta	Conc MDEA POBRE	Sólidos Totales MDEA POBRE	Sólidos Suspendidos MDEA POBRE	HC MDEA POBRE
2008	% molar	% molar	% molar	%	ppm	ppm	ppm
18-Jun	4,5019	0,0006	0,6773	54,4	1,8227	0,9593	0,8634
19-Jun	4,4293	0,0056	1,2324	55,2	1,8409	0,9689	0,8720
20-Jun	4,4357	0,0085	1,2143	54,3	1,7980	0,8990	0,8990
23-Jun	4,3828	0,0066	1,1697	54,6	11,8386	10,0775	1,7611

Tabla 3. Valores promedios diarios de laboratorio

En esta planilla también se generan gráficos que relacionan las variables que mejor representan el sistema.

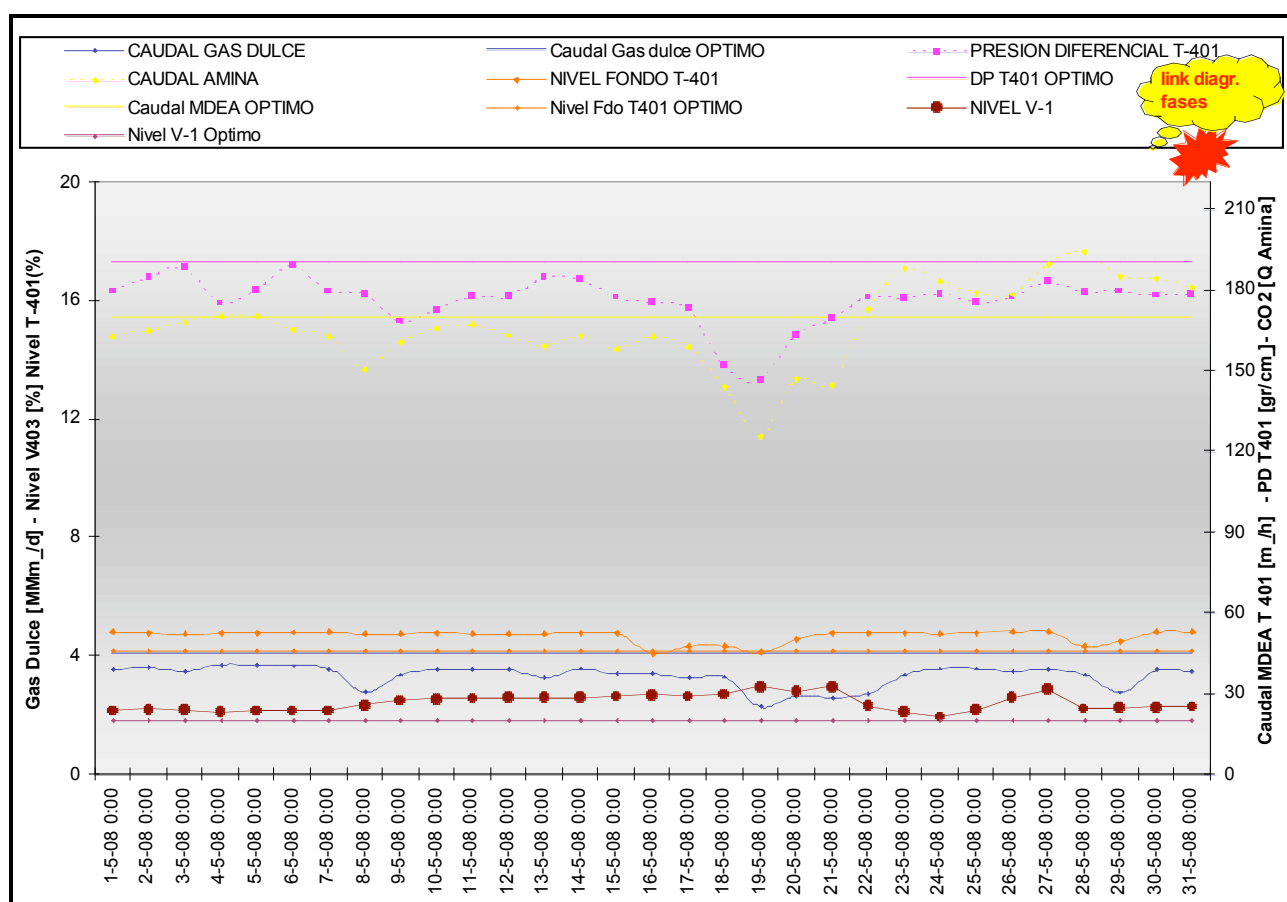


Figura 4. Tendencia mensual.

Con los datos de cromatografía del contenido de CO₂ del gas que entra y sale de la Torre Absorbadora se realiza el seguimiento del CO₂ Removido por la Unidad de Amina. Este parámetro es muy importante para poder minimizar los venteos a la atmósfera, cumplir con la Normativa vigente y determinar la eficiencia de planta.

SEGUIMIENTO DE VARIABLES DE PROCESO

Julieta García
Andrea Montenegro
Sergio Carrizo
Pan American Energy LLC

Sumado a los datos del sistema de control y de Laboratorio, se agregan los datos de rutina de campo (valores de variables que no tienen señal en el sistema y se encuentran en forma local). Todos ellos se utilizan para obtener otras variables de interés que surgen de cálculos (por ejemplo la carga ácida de amina rica minuto a minuto).

		H2S en gas entrada %molar	0.00107			Carga ácida CO2 amina pobre	0.00365	mol/mol
	Amina rica Salida T-401							
	(Valor calculado)							
	Carga ácida amina rica (H2S + CO2)	H2S en gas entrada	CO2 en gas entrada	CO2 en gas salida contactora	H2S absorbido	Flujo CO2 salida contactora	CO2 absorbido	Carga ácida CO2 amina rica
DESCRIPCIÓN	mol/mol	%molar	%molar	%molar	lbmol H2S/h	lbmol CO2/h	lbmol CO2/h	mol/mol
06/18/2008 00:00	0.32150	0.00107	4.355220795	0.019851999	0.16644	0	677.46	0.32070
06/18/2008 00:01	0.32188	0.00107	4.355220795	0.019851999	0.16663	0	678.23	0.32108
06/18/2008 23:50	0.27400	0.00107	3.694632376	0.019851999	0.16621	2.969717766	570.93	0.27319
06/18/2008 23:51	0.27493	0.00107	3.69414406	0.019851999	0.16653	2.97542355	571.95	0.27413
06/18/2008 23:52	0.27428	0.00107	3.693655745	0.019851999	0.16649	2.974851621	571.76	0.27347
06/18/2008 23:53	0.27429	0.00107	3.69316743	0.019851999	0.16641	2.973429711	571.41	0.27349
06/18/2008 23:54	0.27378	0.00107	3.692679115	0.019851999	0.16604	2.966826812	570.06	0.27298
06/18/2008 23:55	0.27334	0.00107	3.6921908	0.019851999	0.16559	2.958797677	568.44	0.27254
06/18/2008 23:56	0.27372	0.00107	3.691702484	0.019851999	0.16600	2.96611045	569.77	0.27291
06/18/2008 23:57	0.27410	0.00107	3.691214169	0.019851999	0.16627	2.970977799	570.62	0.27330
06/18/2008 23:58	0.27337	0.00107	3.690725854	0.019851999	0.16637	2.972717523	570.88	0.27256
06/18/2008 23:59	0.27430	0.00107	3.690237539	0.019851999	0.16615	0.841949215	572.17	0.27350
PROMEDIO	0.25859	0.00107	3.80290	0.01985	0.16626	2.29757	588.63967	0.28115

Tabla 4. Carga ácida amina rica minuto a minuto.

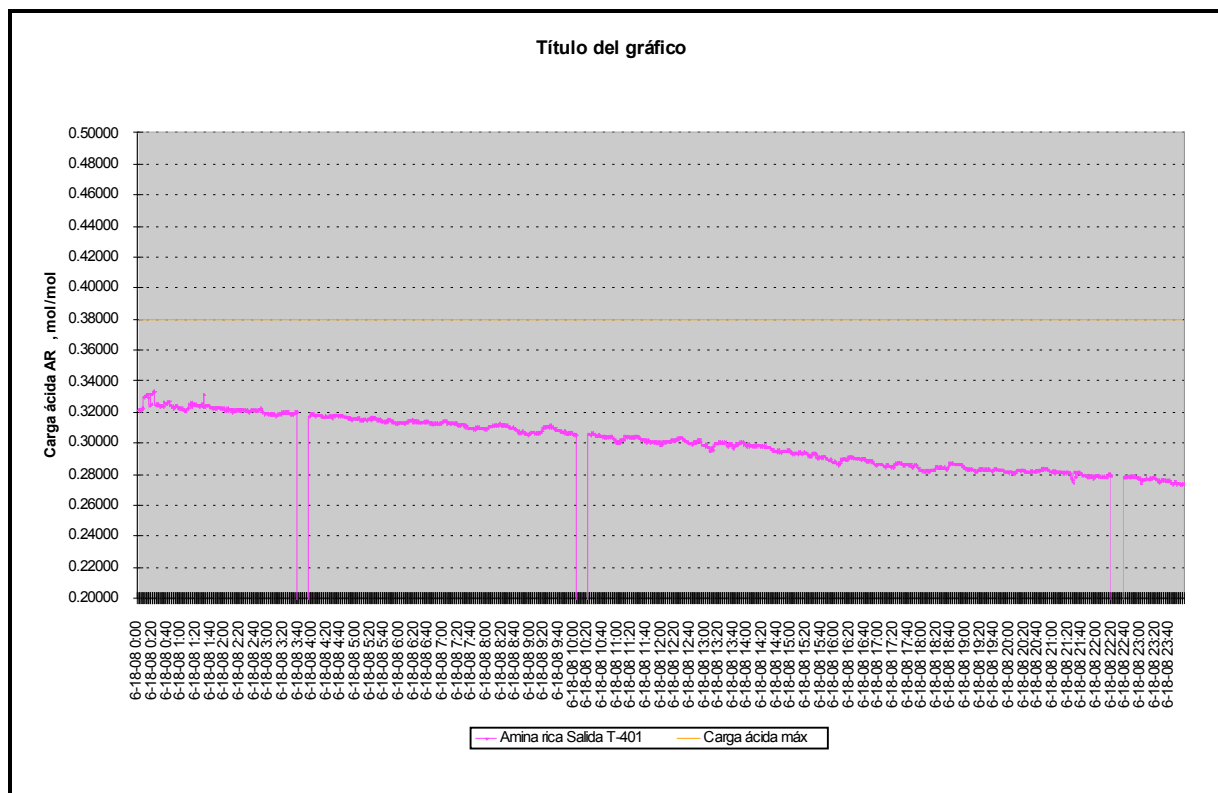


Figura 5. Tendencia carga ácida de amina rica.

SEGUIMIENTO DE VARIABLES DE PROCESO

Julieta García
Andrea Montenegro
Sergio Carrizo
Pan American Energy LLC

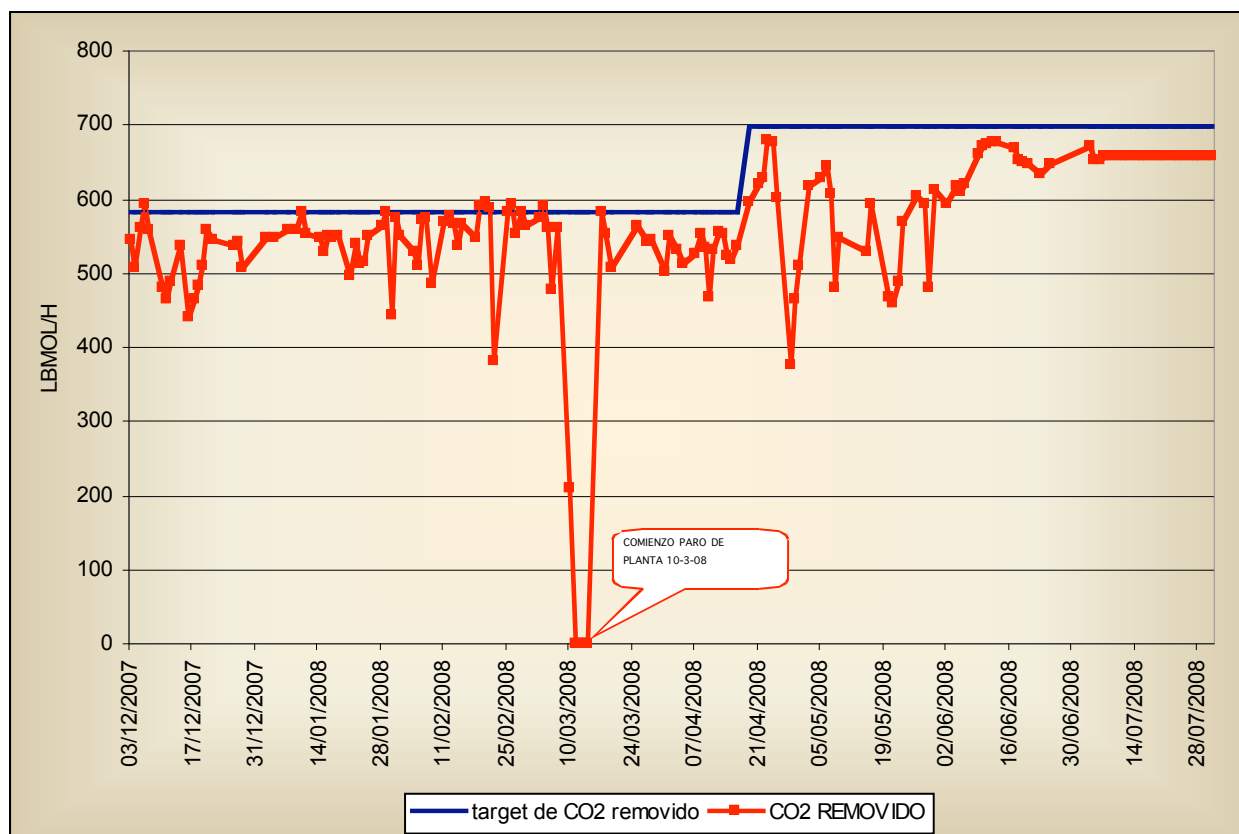


Figura 6. Tendencia CO₂ removido.

Como ya se mencionó anteriormente, al final del día se genera el reporte de las variables minuto a minuto automáticamente, de manera tal que al día siguiente se comienza con el análisis del mismo. En este reporte se incorporan los comentarios relacionados con el seguimiento de movimientos de pozos de alta presión y de eventos o problemas operativos sucedidos en las plantas compresoras o en la misma Unidad de tratamiento, para relacionarlos entre sí. En función de los desvíos apreciados, se toman diferentes acciones, como por ejemplo, pedir un ensayo de laboratorio en particular, chequeo de instrumentos, detalles sobre maniobras operativas en campo, cambio de parámetros operativos, etc.

Caso Práctico

Con el objeto de clarificar lo que se explicó en forma genérica en las páginas anteriores, se cita un caso real, en cual se explicará cómo esta metodología nos ayudó a visualizar el problema y finalmente, a resolverlo.

Historicamente, se observaba que el filtro coalescedor de entrada a la Unidad de Endulzamiento se “empachaba” en forma periódica y otras veces se presurizaba el separador flash de condensados provocando la desestabilización de la Torre Contactora por presencia de hidrocarburos.

SEGUIMIENTO DE VARIABLES DE PROCESO

Julieta García
Andrea Montenegro
Sergio Carrizo
Pan American Energy LLC

Se investigó el comportamiento del control de nivel del separador de entrada V-1, sospechando que el mismo podía ser la causa de la pérdida de eficiencia de separación.

Para comprender mejor el problema, haremos una breve descripción de la manera en que se controla el nivel del separador de entrada a planta.

El equipo al que hacemos mención, cuenta con un controlador de nivel (LIC-9079) que comanda una válvula de drenaje (LV-9079) y con un transmisor de nivel de alarma (LI-9070), independiente del controlador.

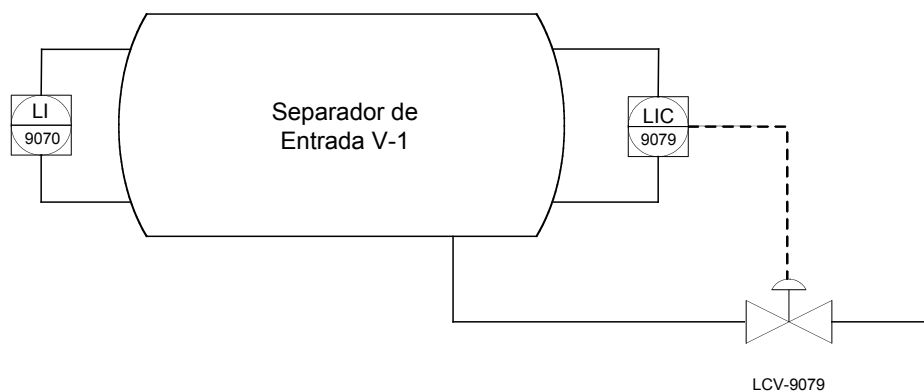


Figura 8. Esquema Control de nivel en Separador de Entrada a Planta

Al observar las tendencias se evidencia un desfase entre los valores sensados por cada uno de los transmisores, como puede apreciarse en la Figura 9.

SEGUIMIENTO DE VARIABLES DE PROCESO

Julieta García
Andrea Montenegro
Sergio Carrizo
Pan American Energy LLC

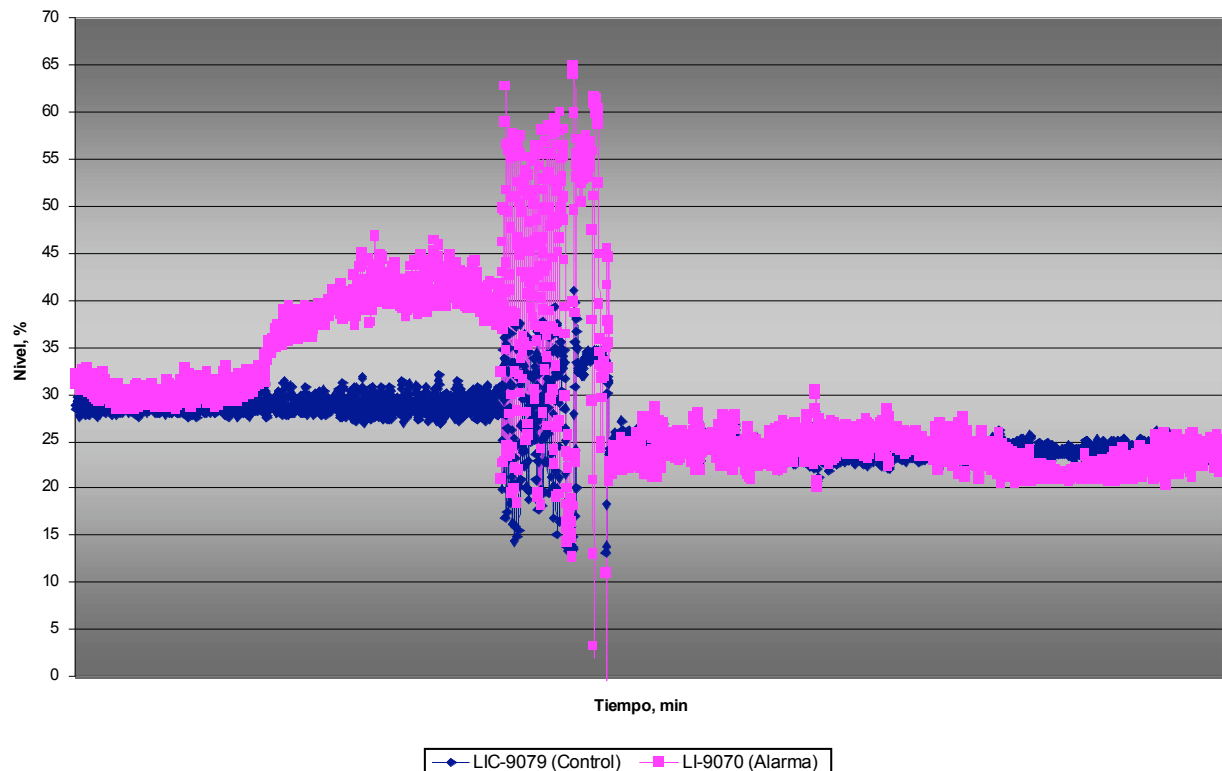


Figura 9. Tendencia Control de Nivel en Separador de Entrada a Planta

Algunas veces, el desfase era tan grande que afectaba el correcto funcionamiento de separador. Como puede verse en la figura, a pesar que se superó el valor de alto nivel (línea rosa), la válvula de control no abrió porque el controlador (línea azul) no sentaba el valor real. Es decir, a pesar que en algún momento se llegó al valor de set, la válvula de control de nivel no actuó. En consecuencia, se produjo un arrastre de líquidos desde este separador al filtro coalescedor de la Unidad de Amina, superando la capacidad del mismo y permitiendo el ingreso de hidrocarburos a la Torre Contactora. Un análisis exhaustivo sobre los transmisores, reveló que la instalación y tecnología de los mismos no es la adecuada para este servicio. La toma inferior del transmisor de nivel LIC-9079 se encuentra en el fondo del equipo. Esta toma tiende a ensuciarse con facilidad e indica valores erróneos, perdiendo la función de controlar correctamente. Por otro lado estos transmisores se calibran partiendo de un valor de densidad del fluido, la cual en la realidad, varía en forma permanente y se ve enmascarada a veces por los barros del fondo del equipo. Por tal motivo, se pidió a Mantenimiento un ajuste más fino de este lazo teniendo en cuenta esta condición, hasta que otra medición con tecnología mas adecuada sea instalada.

En función de los valores experimentales obtenidos, se decidió establecer el enclave de la válvula, LCV-9079 (controladora de nivel), por bajo nivel en **26%** y el set point, es decir, el valor óptimo del control de nivel en **30%**

SEGUIMIENTO DE VARIABLES DE PROCESO

**Julieta García
Andrea Montenegro
Sergio Carrizo
Pan American Energy LLC**

CONCLUSIONES

La implementación de la metodología presentada para el seguimiento de las distintas variables que caracterizan el proceso en una unidad de endulzamiento, nos ha brindado las herramientas y el soporte necesario para poder interpretar correctamente el comportamiento y evolución de la planta, identificar sus límites operativos y conocer claramente donde están los cuellos de botellas. Nos ha permitido recabar evidencia suficiente para poder diagnosticar problemas puntuales y recomendar la mejor solución viable. Desde su implementación, hemos conseguido corregir desvíos operativos, identificar problemas de diseño, revisar planes de mantenimiento en instrumentos y equipos, ajustar parámetros, comparar la eficiencia de los diferentes consumibles utilizados en la operación ofrecidos por los distintos proveedores (o existentes en el mercado), etc.

En resumen, tenemos un conocimiento más profundo de nuestras instalaciones, lo que nos permite operarlas día a día en forma eficiente y de la manera más segura, cumpliendo así con los objetivos y metas siempre superadores que se plantea nuestra compañía, sin vulnerar la seguridad ni la integridad de las instalaciones para lograrlo.

Curriculum Vitae de los autores

Julieta Garcia

Ingeniera de Procesamiento de Hidrocarburos. Ingresó a la empresa en octubre del 2005 desempeñándose como Ingeniera de Procesos en las Plantas de Gas Zorro desde el ingreso y hasta la fecha, en Pan American Energy en PAN AMERICAN ENERGY LLC.

Plantas de Gas Zorro – Ruta N° 26 Km 68.5-Cerro Dragón– Comodoro Rivadavia – Chubut-Argentina

Te. 0297-4499800 Int:6517

JGarcia@pan-energy.com

Andrea Fernanda Montenegro

Ingeniera Química. Ingresó a la empresa en noviembre de 2001, trabajando en Operaciones de Gas e Ingeniería de Procesos desde comienzos del 2002 y hasta la fecha, desempeñándose como Jefe de Operaciones de plantas de tratamiento de gas, en PAN AMERICAN ENERGY LLC.

Plantas de Gas Zorro – Ruta N° 26 Km 68.5 -Cerro Dragón– Comodoro Rivadavia – Chubut-Argentina

Te. 0297-4499800 Int: 9630

amontenegro@pan-energy.com

SEGUIMIENTO DE VARIABLES DE PROCESO

Julieta García
Andrea Montenegro
Sergio Carrizo
Pan American Energy LLC

Sergio Carrizo

Cursando las últimas materias de la carrera Ingeniería Civil. Ingresó a la empresa en el año 2000, como parte del equipo de Proyectos de Plantas de Gas. Una vez instalada la primera Planta de Tratamiento de Gas, continuó sus actividades dentro del Distrito Gas, como parte del Sector de Mantenimiento. En la actualidad, forma parte del grupo de Planeamiento, Programación y Planificación de las actividades del Distrito, en PAN AMERICAN ENERGY LLC.

Plantas de Gas Zorro, Ruta N° 26 Km 68.5 -Cerro Dragón- Comodoro Rivadavia – Chubut-Argentina

Te. 0297-4499800 Int: 9449

scarrizo@pan-energy.com