

Eficiencia Energética y Reducción de Emisiones en Plantas de Gas

Energy Efficiency and Emission Reductions in Gas Plants

Miguel Villafuerte

Sergio Rioja

Leandro Dignani

Pan American Energy – UG Acambuco, Salta

Introducción

PAN AMERICAN ENERGY L.L.C., es una Compañía de BP (60%) y BRIDAS Corp. (40%). Somos el segundo productor de hidrocarburos líquidos de la Argentina con una participación del 15 % del mercado. Nuestras ventas de gas natural representan el 14% del mercado argentino.

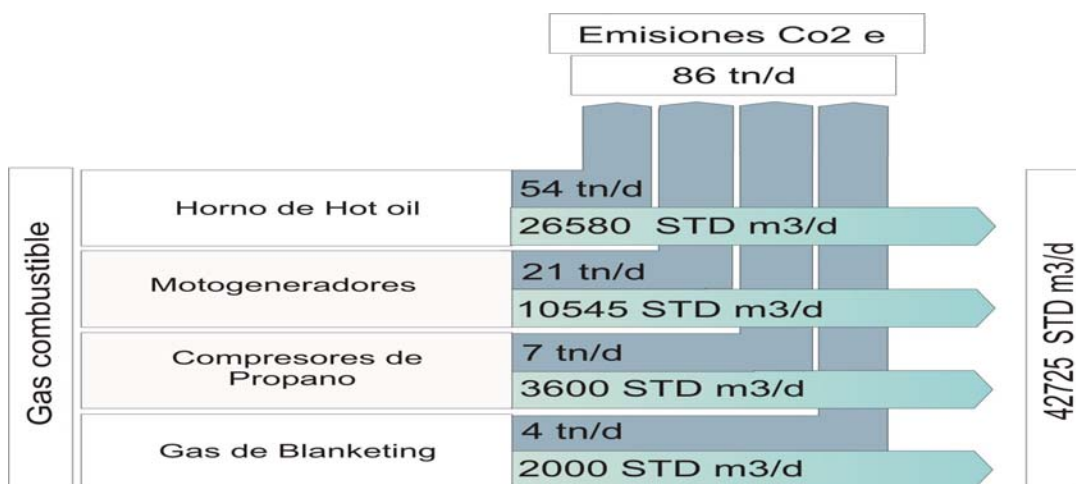
La producción de hidrocarburos líquidos proviene principalmente de yacimientos ubicados en las cuencas Austral, Neuquina y Golfo San Jorge. El gas proviene de las cuencas Austral, Golfo de San Jorge, Neuquina y Tarija, cuenca ésta última que abarca el noroeste de Argentina y el sur de Bolivia.

La Planta Piquirenda de Endulzado y Dew Point de Gas de Pan American Energy ubicada en Tartagal, Salta, comenzó a operar en Marzo del 2001 con una capacidad de procesamiento de 4.0 MMSCMD. En Junio del 2002 se aumentó su capacidad a 5.0 MMSCMD.

La Operación de la Planta Piquirenda ha mantenido desde el arranque un aumento progresivo en sus caudales de producción de Gas de 1.25 MMm3/día en marzo 2001 a 5.5 MMm3/día en el presente.

La producción de Gas esta ligada directamente al consumo de energía y a la emisión de contaminantes.

La energía suministrada al proceso proviene del gas combustible que constituye una fracción del gas de venta. En la siguiente gráfica se observa la distribución de los consumos de gas combustible y las emisiones asociadas expresadas en toneladas de CO2 equivalentes.



Los consumidores de energía con el correspondiente porcentaje de consumo son los que se listan a continuación:

Horno de Hot oil 62 % : Para calentar el Hot Oil que se utiliza en la regeneración de la solución de Glicol, de la solución de MDEA y en la estabilización de la gasolina.

Motogeneradores 25 % : Para generar energía eléctrica, utilizada para el accionamiento de bombas, electrocompresores, aerofriadores, iluminación de planta y servicios.

Motocompresores de propano 8 % : Para acondicionar el punto de rocío del Gas.

Gas de Blanketing 5 % : A tanques de almacenamiento de productos químicos.

El objetivo de este trabajo es evidenciar que aún en el escenario actual del mercado gasífero es factible realizar prácticas operativas y de mantenimiento como también ejecutar proyectos económicamente rentables que maximizan la eficiencia energética y reducen las emisiones de gases de efecto invernadero.

Optimizar el uso de la energía empleada en una Planta de Acondicionamiento de Gas reduce emisiones, y disminuye los costos de producción. Sin embargo esta optimización energética puede ser técnicamente desafiante.

Siendo conscientes que optimizar el uso de energía genera beneficios y se alinea a la Política Ambiental de la Compañía se creó un Programa de Gestión Ambiental incluido en Sistema de Gestión Ambiental ISO 14000.

Para evaluar el funcionamiento del programa se hace seguimiento de dos índices:

Consumo de gas combustible / Caudal de gas procesado
Emisiones de CO2 equivalente.

La cronología de las principales mejoras implementadas, (enfocadas a reducción de consumo y reducción de emisiones) su fundamento teórico y aplicación práctica se presentarán en el desarrollo de este trabajo.

Desarrollo

Año 2001-2002:

Optimización de parámetros operativos de Planta de Aminas.

Debido a que la mayor parte del consumo energético se encuentra en la Planta de Aminas se focalizó la mejora en el ajuste de los parámetros operativos .

Los principales parámetros relacionados con el consumo energético son:

- % de CO₂ en el gas de venta.
- Concentración y Caudal de solución de Amina
- Temperatura de regeneración de la solución de amina

A continuación se describen las acciones tomadas sobre cada uno de ellos.

% de CO₂ en el gas de venta

Al inicio de la operación el porcentaje de CO₂ en el gas de venta era inferior al 1 % .

Con la Planta al máximo de su capacidad de venta 5. MMm³/d, se incrementó el porcentaje de CO₂ en el gas de venta a 1.95 %.

El aumento el porcentaje de CO₂ en el gas de venta traslado la emisión del CO₂ a los consumidores del gas de venta.

De cualquier forma, este ajuste en el gas de venta permitió disminuir los requerimientos de energía relacionados con la eliminación del CO₂ por tratamiento en Planta.

Caudal de circulación de Solución de amina

El volumen de Gas a tratar en Planta de Endulzamiento varia en función de la nominación de venta diaria, por ello es necesario conocer el caudal de amina para cada valor de caudal de Gas. El caudal de amina debe asegurar una carga ácida en la amina rica menor a 0.45.

Se inicio la operación de la Planta con una concentración de la solución de 25% hasta llegar al valor de 49 % en la actualidad. Este incremento progresivo de la concentración permitió reducir los caudales de circulación de solución MDEA.

Trabajar la concentración en valores cercanos a los de diseño aportaron los siguientes resultados:

Menor caudal de circulación de Solución de amina para igual régimen de absorción

Mayor eficiencia de filtrado y mayores tiempos entre recambio.

Menor caudal de Hot oil para mantener caliente menor volumen de solución

Menor requerimiento de aerofriadores

Menor consumo de gas combustible.

Menor consumo de agua y MDEA

Temperatura de regeneración de la solución de amina

Una vez que se estableció el caudal de solución de amina correspondiente al caudal de gas a tratar se ajustó la temperatura de regeneración.

En la tabla N°1 se pueden observar la variaciones de esos parámetros a medida que se fue descendiendo la temperatura de tope de la Torre Regeneradora de 104° C a 98° C en una primera etapa y a 94.5° C en una segunda etapa.

Parámetros	Diseño	Arranque	Actuales
Temp. de Tope	96° C	104°C	94.5°C
Temp. de fondo	120°C	118°C	117.6°C
Presión. de fondo	0.6 Kg. /cm ²	0.55 Kg. /cm ²	0.5 Kg. /cm ²
Mol /Mol	0.005 – 0.010	0.0035	0.0045
Reflujo	2.5 – 1.6	4	1.8

Tabla N°1

Se ajusto la relación de reflujo para la torre .

Una vez fijados los parámetros de presión y temperatura de la torre regeneradora se monitorearon las variaciones de la carga ácida de la solución que sale de la regeneración.

Se verificaron las velocidades de corrosión en los cupones instalados para tal fin.

Vinculación de descarga de líquidos de scrubber de succión de Compresor Reciclo

Los scrubbers trabajan a presión de 7.2 Kg/cm² y 30 Kg/cm², primera y segunda etapa respectivamente.

Por diseño los drenajes líquidos de los scrubbers (constituidos por gasolina) eran enviados hacia el knockout drum de antorcha provocando venteos.

Luego del análisis de factibilidad se conecto el drenaje del scrubber de segunda etapa hacia la torre estabilizadora que opera a 7.3 Kg/cm² evitando así el venteo hacia antorcha de 5000 m³/día de gas equivalente a 10 tn/d CO_{2e}.

Año 2003:

Monitoreo de combustión en horno de Hot Oil, motores de generadores y compresores

Monitoreo de exceso de aire en horno de Hot Oil.

Con el objeto de mejorar la eficiencia de la combustión y minimizar el consumo de gas combustible se creó un **plan de mantenimiento preventivo**.

La eficiencia de combustión es una medida de la efectividad con que el contenido de calor del combustible se convierte en calor utilizable. La

temperatura de la chimenea y la concentración de oxígeno o dióxido de carbono en los gases de combustión son los mejores indicadores de la eficiencia con que ésta se realiza.

Para una mezcla completa (oxígeno-combustible), se requiere de una cantidad de aire precisa (estequiométrica), que reaccione completamente con una determinada proporción de combustible. En la práctica, las condiciones de la combustión nunca son ideales y se necesita suministrar una cantidad adicional o en “exceso” de aire para quemar completamente el combustible.

La cantidad correcta de exceso de aire se determina a partir del análisis de los gases de combustión en cuanto a su contenido de oxígeno o de dióxido de carbono ($O_2 - CO_2$). La falta de este exceso de aire provoca una combustión incompleta; por otra parte, demasiado exceso de aire resulta en pérdida de calor, debido al incremento del flujo de gases de combustión, que reduce la eficiencia del horno.

Para la medición de los distintos parámetros se emplea un instrumento manual computarizado, que muestran el contenido de oxígeno, la temperatura de los gases y la eficiencia de la combustión

El ajuste del exceso de aire y del tiraje del horno nos permitió mejorar la eficiencia de combustión de 77 % a 82% (valor de diseño). Esto significó una disminución de consumo de 800000 m³/año de gas combustible, que representa una reducción de 1600 tn/año CO₂e.

Siguiendo este criterio de eficiencia de combustión se extendió este **plan de mantenimiento a los motores de generadores y compresores de propano estableciendo una frecuencia semestral de control y ajuste de la carburación de dichos equipos.**

Año 2004-2005:

Tareas en Paro de Planta:

En el último Paro de planta programado se realizaron tareas con el objetivo de aumentar la eficiencia energética y reducir emisiones.

Las tareas realizadas fueron las siguientes:

Limpieza externa de aero-enfriadores

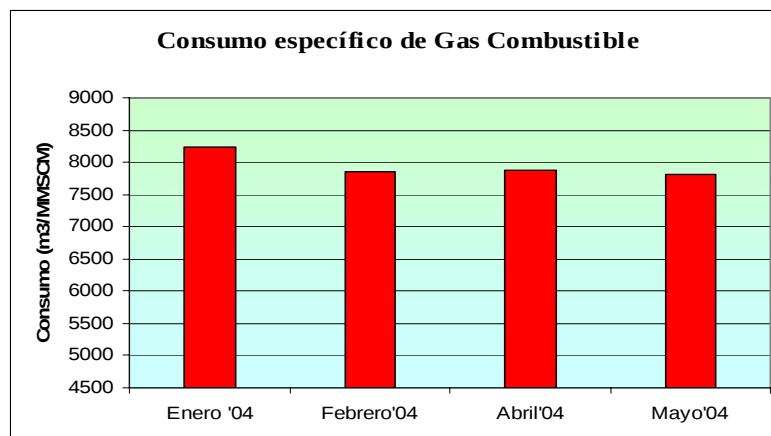
Limpieza del calentador de Glicol

Limpieza del Reboiler de la Torre Regeneradora de Amina

Aislaciones en circuito de frío

Las mismas se basaron en la disminución del ensuciamiento de intercambiadores de calor y en la disminución de transferencia de calor al ambiente.

Analizando los datos previos y posteriores al Paro de Planta se cuantificó una reducción del consumo específico de gas combustible de 2%.



Prácticas operativas y de mantenimiento:

Disminución de la temperatura de operación de Separador de media presión.

Con el objeto de disminuir las emisiones generadas por los venteos producidos por el separador de media presión se modificaron los parámetros operativos (empleando HYSYS), posibilitando también maximizar la producción de líquidos .

Al disminuir la temperatura de operación de 25 °C a 10° C en el Separador de media presión, se elimina el venteo de gas de la 2da etapa del compresor reciclo en 750 Sm3/d. Esto significó una disminución de consumo de 273700 m3/año de gas combustible, que representa una reducción emisiones de 550 tn/año CO2e. El gas anteriormente venteado ahora es inyectado a los puntos de entrega.

Temp. Separador frío	°C	-18.00	-19.00
Temp. Sep Media Presión	°C	25.00	10.00
Gasolina a Venta	m3/d	562.75	568.17
Gas de Sep Media Presión a Comp. Reciclo	Sm3/d	42320	41476

Racionalización de gas de blanketing

A los tanques para almacenamiento de productos químicos que deben ser protegidos de la acción del oxígeno se suministra gas de blanketing. El consumo diario se cuantificó alrededor de 2000 m3/d.

Mediante recorrida diaria se identifico una pérdida de gas de blanketing que oscilaba alrededor de 1000 m3/d.

Mediante mantenimiento correctivo a las reguladoras de gas y modificaciones en el diseño se eliminó la pérdida.

Para evitar la recurrencia del evento se creó un plan de mantenimiento preventivo a las válvulas reguladoras con una frecuencia trimestral.

Monitoreo de eficiencia en bombas principales de aminas

A partir de la medición del caudal y altura desarrollada por bombas centrífugas se implementó un plan de mantenimiento predictivo.

Este plan se creó con el objeto de detectar desgaste-pérdida de eficiencia con el consiguiente aumento de consumo de potencia en las bombas principales del circuito de aminas. De esta forma nos aseguramos que el mantenimiento necesario para reestablecer la performance del equipo se realiza cuando es realmente necesario optimizando los costos de mantenimiento y la eficiencia energética.

Se monitorean las bombas principales debido a que por su servicio, están propensas al desgaste por el ataque causado por bicina. Su monitoreo es importante ya que las mismas son uno de los equipos principales de la Planta (14 etapas, 450HP). El sistema contiene tres bombas en paralelo, con dos en operación.

El método de medición de caudal y altura se basa en tomar algunas lecturas (caudal, presión de succión y descarga) cerca del punto normal de operación.

Estas lecturas son suficientes para detectar los efectos de desgaste. Cuando este fenómeno se produce la curva original de la bomba se desplaza hacia la zona de caudal cero. La magnitud de este desplazamiento da una idea relativa del desgaste o recirculación interna.

Tal como se observa en la Figura N°1, la pérdida de eficiencia puede cuantificarse gráficamente.

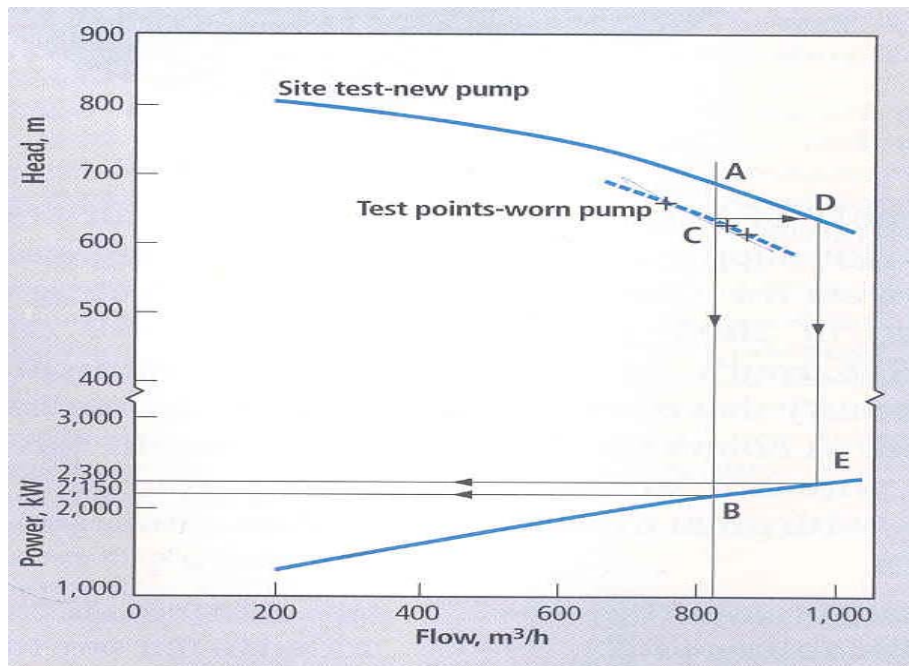


Figura N°1

Otra lectura que se monitorea para determinar la performance de las bombas es la temperatura de líquido bombeado mediante sensores de temperatura.

Un aumento de la temperatura es una indicación cualitativa de aumento del desgaste de la bomba.

La magnitud del desgaste también es cuantificada calculando la eficiencia de la bomba. A partir de las lecturas de campo (caudal, presión de succión y descarga, densidad del fluido y potencia consumida por el motor).

Eficiencia de bba (%) = $\text{densidad} * g * Q * H / (\text{Potencia consumida} * E_f \text{ motor})$

El monitoreo permitió detectar variaciones de eficiencia entre 40 y 72 %.

Implementación de índices de eficiencia energética on line

Para cuantificar, monitorear y contrastar la eficiencias de los distintos circuitos de planta se implementaron índices de eficiencia energética que están disponibles on line en las estaciones de operación del sistema de control distribuido.

El contraste de las eficiencias observadas (línea de base) contra las teóricas o de diseño nos permite tomar acciones correctivas en caso de desviaciones.

Eficiencia de compresión Reciclo = $\text{Energía Eléctrica} / \text{Caudal de gas comprimido}$

Eficiencia de generación eléctrica = $\text{Potencia Activa} / \text{Energía gas combustible}$

Eficiencia de compresión refrigeración = $\text{Energía gas combustible} / \text{Caudal de gas procesado}$

Eficiencia de combustión en Horno de Hot Oil = $\text{Calor transferido} / \text{Energía gas combustible}$

Eficiencia regeneración de CO2 = $\text{Calor de regeneración} / \text{Volumen de CO2 extraído}$

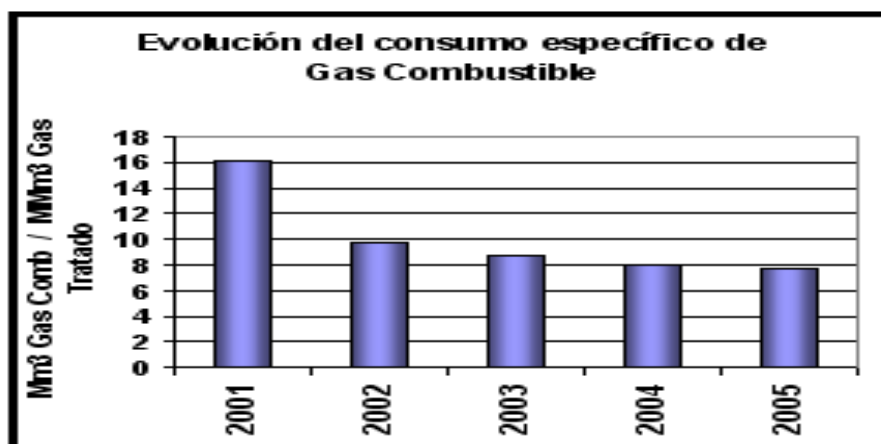
Eficiencia regeneración de Glicol = $\text{Calor de regeneración} / \text{Volumen de H2O extraída}$

Eficiencia estabilización de gasolina = $\text{Calor de regeneración} / \text{Volumen de Gasolina estabilizada}$

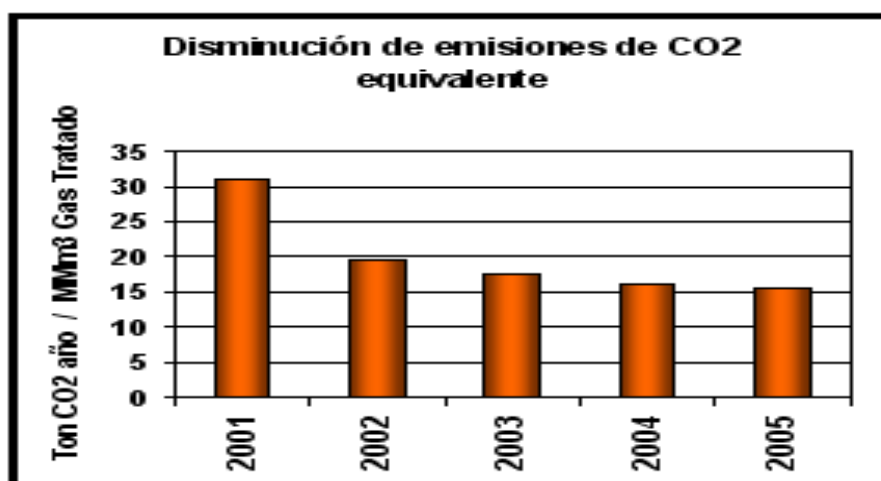
Factor de Ensuciamiento de intercambiadores principales

Resultados:

El resultado de la gestión en eficiencia energética se evidencia en los siguientes gráficos con la reducción sistemática del consumo de gas combustible y de las emisiones de CO2 asociadas.



Desde el inicio de la operación hasta el año 2005 se obtuvo una disminución de consumo de Gas Combustible de 11.605.423 m3 de gas que fue vendido.



La disminución de emisiones fue de 23420 tn CO2e.

Conclusiones – Lecciones Aprendidas:

1. Las primeras reducciones de consumo específico pueden lograrse a través de cambios en las prácticas operativas y de mantenimiento con inversión cero.
2. Es factible aumentar la eficiencia energética y reducir emisiones mediante la implementación de prácticas operativas y de mantenimiento, e inversiones económica y técnicamente viables.
3. La gestión en eficiencia energética permitió reducir las emisiones específicas de CO₂e en un 14.9 %. Este valor representa el promedio del porcentaje anualizado de reducción desde el inicio de la operación (2001) al 2005.
4. Es muy importante analizar las distintas tecnologías disponibles para la solución de los problemas.
5. La gestión temprana durante el diseño de nuevas instalaciones permite la implementación de tecnología solo viable económicamente en esa etapa del proyecto.

Bibliografía

1. Curso: Upstream Energy Efficiency, Octubre 2003
2. Revista: Hydrocarbon Processing, Use PdM to optimize pump overhauls, April 2003.
3. Revista: Hydrocarbon Processing, Reduce both energy and maintenance costs, May 2004.
4. Revista: Petroleum Technology Quarterly, Optimal cleaning strategies in heat exchanger network, Autumn 2000.