

Primer premio en Neuquén



Análisis de los problemas surgidos en la puesta en marcha de un motocompresor a tornillo en un Sistema de Refrigeración en Planta de Tratamiento de Gas -Yac. Ramos - Pcia. de Salta. (Carlos Navarrete - Pluspetrol S.A.)

Entre los 35 trabajos técnicos presentados por especialistas en las recientes Jornadas Técnicas sobre Operación de Plantas de Gas (ver información en pág. 11 de esta edición), se otorgó el primer premio al informe presentado por Carlos Navarrete y referido a un "Análisis de los problemas surgidos en la puesta en marcha de un motocompresor a tornillo en un sistema de refrigeración de planta de tratamiento de gas. Yacimiento Ramos, Provincia de Salta..."

Carlos Navarrete (foto) es Ingeniero en Petróleo, egresado en 1985 de la Universidad Nacional de Cuyo. Desde 1986 desarrolla su actividad profesional en Pluspetrol y actualmente trabaja como Ingeniero de Distrito en Yacimiento Ramos, Provincia de Salta.

RESUMEN:

El presente trabajo es una recopilación de experiencias acumuladas durante la puesta en marcha de un motocompresor a tornillo. El objetivo es destacar la magnitud de los problemas que pueden presentarse, por la influencia de factores que no se tuvieron en cuenta en la selección de un equipo.

La contaminación del aceite lubricante del compresor a tornillo, provocada por la mezcla con el aceite lubricante de los compresores alternativos existentes, alteró la performance del separador de aceite ubicado en la descarga del compresor a tornillo.

Al no ser retenido el aceite en este último separador, era arrastrado hacia el resto del circuito de refrigeración, ocasionando serios inconvenientes.

Se describen las medidas correctivas aplicadas y los resultados obtenidos.

Se adjunta una descripción del proceso de Tratamiento de Gas y del Sistema de Refrigeración.

INTRODUCCION:

El Yacimiento Ramos se encuentra ubicado a 75 Km. de la ciudad de Tartagal, sobre las Sierras de San Antonio, en la provincia de Salta. (Fig. 1)

Se trata de un Yacimiento de gas y condensado.

La producción diaria es de 4.000.000 m³ std. de gas y 650 m³. de condensado, obtenidos mediante seis pozos.

La formación gasífera por excelencia es una arenisca cuarcítica fisurada denominada Santa Rosa (nivel B)

El gas es tratado en dos plantas tipo LTS (Low Temperature Separation), de 2.000.000 y 3.000.000 de m³ std/día de capacidad en donde es enfriado a -10°C, obteniéndose un gas con punto de rocío de -2°C a 70 Kg/cm² y 25°C.

El condensado de separación primaria y el obtenido por condensación de los hidrocarburos de mayor peso molecular del gas, se estabiliza hasta una tensión de vapor Reid de 12.5 psi.

La producción de condensado es bombeada a la playa de Tks. Balbuena, distante 44 Kms., mediante un oleoducto de 6" de diámetro; desde allí se la envía por bombeo a la Destilería de Campo Durán.

El gas se inyecta en la cabeza de 12" ubicada en el Yacimiento. Luego este gasoducto se separa en uno de 12" y otro de 16" y ambos se vinculan o al gasoducto paralelo o al gasoducto Campo Durán - Buenos Aires. La longitud desde el Yacimiento Ramos al empalme es de 36 Km.

TRATAMIENTO DEL GAS - DESCRIPCION DEL PROCESO. (Fig. 2)

El diseño de la Planta permite tratar directamente el efluente de los pozos, separando primariamente gas, hidrocarburos líquidos y agua, y por enfriamiento del gas, hidrocarburos condensables.

La producción ingresa al separador de entrada V-1 A/B a la presión de 84 Kg/cm² y a una temperatura de 34°C, separándose una fase gaseosa y otra líquida. El gas efluente del separador se combina con el gas de descarga del compresor de reciclo e ingresan al intercambiador gas-gas E - 1 A/B por el lado de los tubos, allí se enfría por el intercambio con gas frío de salida de planta; luego se completa el enfriamiento en el chiller E-2 A/B donde alcanza una temperatura de -10°C.

En ambos intercambiadores se inyecta monoetilen glicol, que dada su afinidad con el agua, cumple la doble función de retenerla y deprimir su punto de congelamiento evitando la formación de hidratos.

El gas, los hidrocarburos pesados condensados y la solución

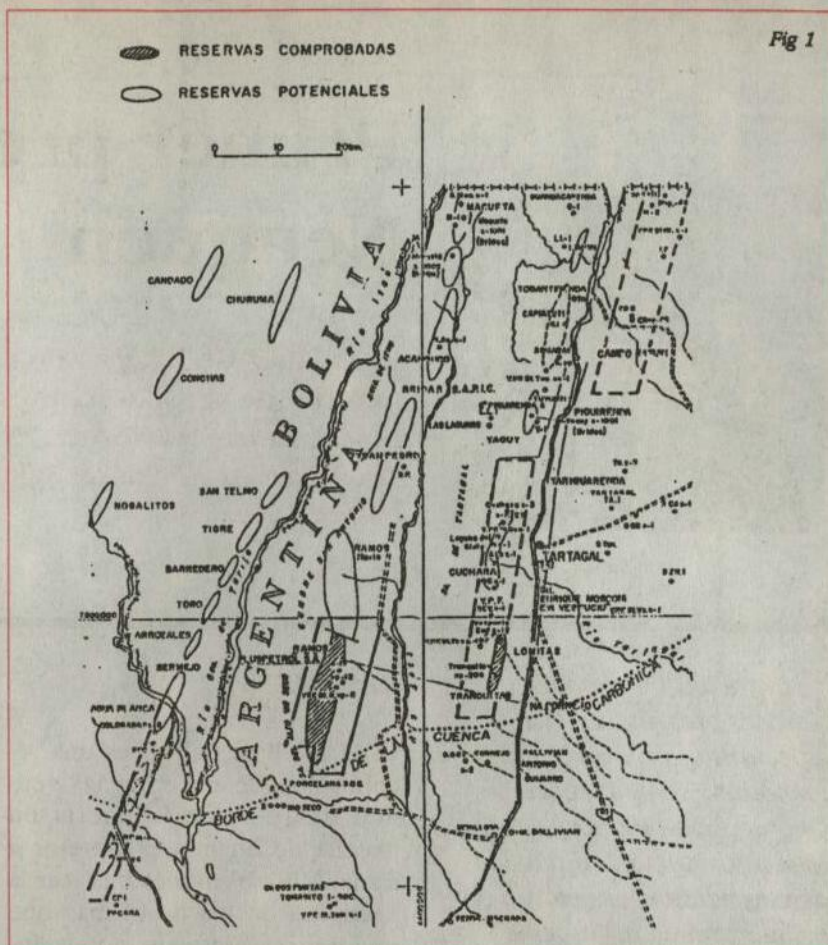


Fig 1

acuosa del glicol ingresan al Separador Trifásico Frío V -2 A/B.

El gas afluente del mismo ya gas seco, intercambia calor en el intercambiador gas -gas E - 1 A/B y eleva su temperatura a 27°C.

Una pequeña porción de este gas es flasheado a 10.5 Kg/cm² y usado como gas de instrumentos y consumo.

El resto del gas se mide e inyecta a la cabecera del gasoducto a una presión aproximada de 74 Kg/cm².

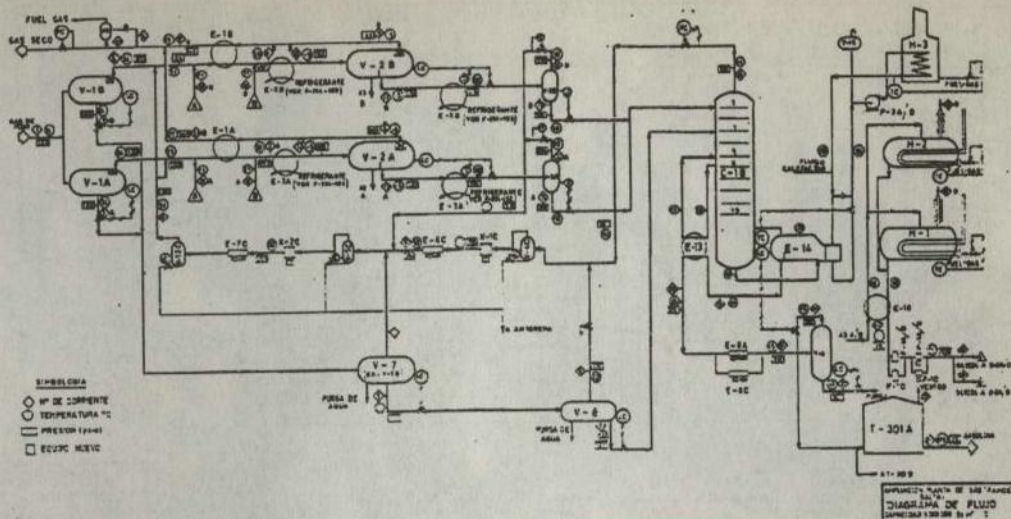
El hidrocarburo líquido del Separador Frío V-2 A/B se utiliza para enfriar el propano en el intercambiador E-3 A/B y luego se reduce su presión a 23,6 Kg/cm² y entra al Separador Flash V-3 A/B.

El gas de este separador va a la descarga de la 1era. etapa del compresor de reciclo, al igual que los gases del separador de expansión V-7.

El líquido del separador V-3 A/B va a estabilización en la columna C-1 B.

Los hidrocarburos líquidos del separador de entrada V-1 A/B sufren sucesivas reducciones de presión en los separadores V-7 y V-8 a 23,6 Kg/cm² y 8,4 Kg/cm² respectivamente, siendo ambos separadores trifásicos, separan agua que se purga. Los gases que se desprenden son captados por la 1era. y 2da. etapa de compresión y luego reciclados al circuito de gas.

Luego la totalidad de la corriente de hidrocarburos líquidos



provenientes del separador V-B del flash V-8 A/B ingresan al tope de la columna estabilizadora C-1 B. Allí controlando la presión a 7 Kg/cm² y la temperatura a 100°C se ajusta la tensión de vapor a los valores deseados.

Los gases del tope de la columna C-1 B son captados por la 1era. etapa de compresión.

El fondo de la columna ingresa al recalentador E-14, en donde por el intercambio con aceite térmico caliente incrementa su temperatura a 135°C.

Los vapores desprendidos vuelven a la torre.

El condensado líquido que sale del recalentador E-14 calienta en el intercambiador E-13 al reflujo circulante, este mejora el balance térmico de la torre.

El condensado a 95°C se enfría en el aerofriador E-B A/C a 45°C e ingresa al separador líquido V-6B donde se elimina el resto de agua arrastrada y se envía, el condensado, a tanques de almacenaje.

La solución acuosa separada en la bota del separador frío V-2 A/B se pre-calienta en el intercambiador E-10 con los efluentes de los regeneradores H1 y H2.

En estos últimos se calienta y destila el agua a 108°C. El glicol regenerado se filtra y bombea nuevamente al circuito de gas.

SISTEMA DE REFRIGERACION

En el año 1987 se terminó la ampliación de la planta de Tratamiento de gas.

La capacidad de la misma, que inicialmente era de 1.500.000 m³ std/d, fue llevada a 5.000.000 m³ std/d; para lo cual se incorpora un nuevo tren de refrigeración de 3.000.000 m³ std/d. y se efectúan modificaciones al viejo tren.

La potencia disponible para refrigeración se amplía a 1.580 Hp con la incorporación de un motocompresor a tornillo.

Actualmente, con una producción diaria de 4 MM std m³, se

hace necesario trabajar con dos compresores en forma simultánea, cabe acotar que la potencia instalada está formada por: Fig. 3

De manera que las combinaciones posibles son:

- 1) Compresor A y Compresor B.
- 2) Compresor B y Compresor C.
- 3) Compresor A y Compresor C.

Alternativa 1

Era la condición habitual previa a la incorporación del compresor a tornillo y no presenta inconveniente operativos.

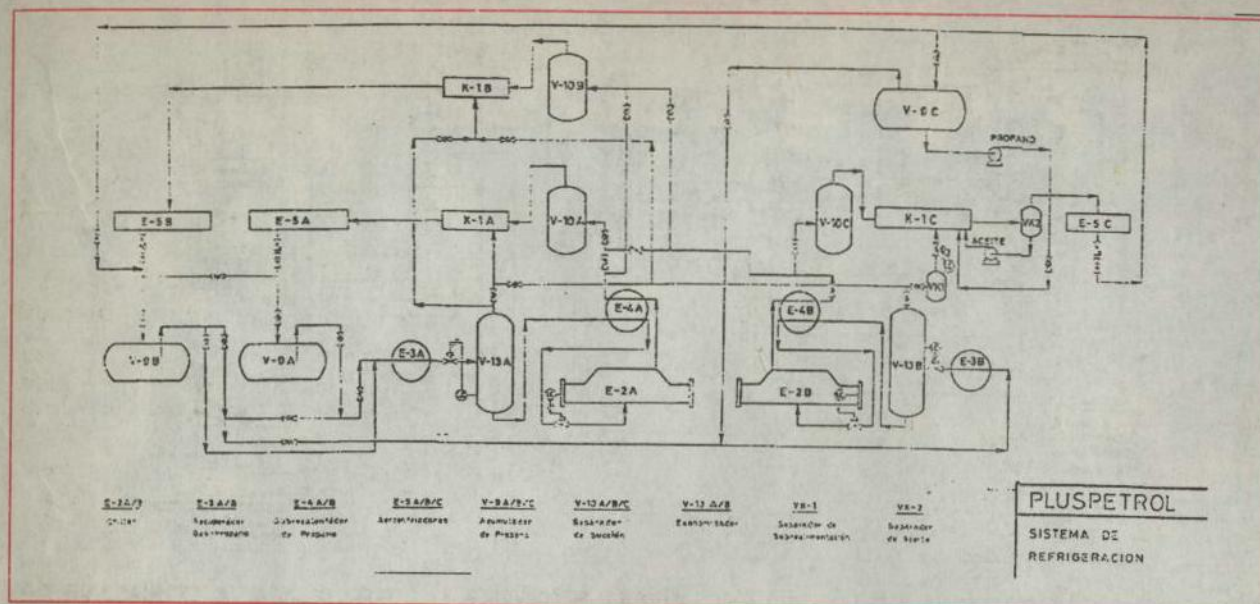
Alternativa 2

Al igual que la alternativa 1 son las óptimas para los requerimientos de refrigeración necesarios.

A diferencia de la alternativa 1, esta alternativa manifestó una serie de inconvenientes que se-

SISTEMA DE REFRIGERACION

COMPRESOR	A	B	C
Tipo	Alter.	Alter.	Tornillo
Cilindros de baja	2	1	---
Cilindros de alta	2	1	---
Potencia (HP)	546	487	546
Accionamiento	motor	combustion	interna
Aspiración	tubo	natural	turbo
Alimentación	gas	gas	gas



rán ampliados con detalles más adelante.

Alternativa 3

Sólo es recomendable cuando se deba hacer mantenimiento del compresor auxiliar B.

DESCRIPCION DEL CIRCUITO REFRIGERANTE

El ciclo de refrigeración usa propano como refrigerante. Fig. 4

El propano líquido fluye desde el Acumulador de Propano V-9 A/B/C hacia el Intercambiador E-3 A/B donde es enfriado desde los 51°C a 42°C por el intercambio con condensado efluente del separador frío V-2 A/B.

Una porción de este propano líquido pasa a través de los deshidratadores de propano, que mediante Sílica gel eliminan humedad.

Posteriormente es enfriado a 1°C por efecto Joule - Thompson en la válvula controladora de Economizador V-13 A/B. Este enfriamiento mejora la eficiencia de la instalación. Los vapores de

propano son luego captados por la segunda etapa de compresión.

El propano líquido es enfriado a 10°C en el Sobrecalentador del propano E-4 A/B intercambiando con los vapores fríos de salida de chiller.

Este intercambiador cumple una doble función, por un lado enfría al propano líquido que ingresara al chiller y por otro calienta lo suficiente los vapores como para asegurar que no llegue propano líquido a la primera etapa de succión.

El líquido efluente del E-4 A/B es luego flasheado a través de la válvula controladora de nivel del chiller E-2 A/B ingresando al mismo a -10°C y 2.4 Kg/cm^2 .

En el chiller, la vaporización del propano del lado de la carga produce el enfriamiento del gas a tratar, que pasa por los tubos.

Los vapores del chiller E-2 A/B, previo paso por el E-4 A/B, son captados por la primera etapa de compresor que comprime al propano hasta una presión máxima de 18 Kg/cm².

El gas sobrecalentado es condensado en el aerofriador E-5 A/B/C/D a presión y temperatura

que dependen de las condiciones ambientales y luego es enviado al Acumulador de propano V-9.

COMPRESOR A TORNILLO

Es un compresor rotativo del tipo de desplazamiento positivo. Consta de dos rotores de perfiles asimétricos (tipo macho y hembra), engranados entre sí, montados en una carcasa. La única función de los mismos es la de rotar y no hay ni válvulas, ni otros elementos similares sometidos a desgaste.

El aceite de lubricación sirve de sello hidráulico entre rotores y la carcasa, y entre rotores entre sí.

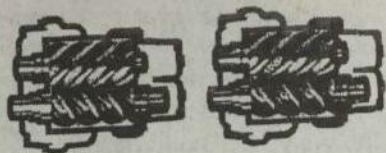
En la fig. 5 se observa esquemáticamente el avance del gas.

El flujo de gas comprimido no es pulsante. Esto permite que las fundaciones sean sometidas a menos esfuerzos.

CONTROL DE LA CAPACIDAD

El compresor está equipado con una válvula deslizante que

COMPRESOR A TORNILLO



1 - Cuando los rotosres giran, el gas es arrastrado axialmente dentro del compresor pasando a travs de la boca de admisi3n de la carcasa.

2 - Con la rotaci3n de los tornillos, una masa de gas es atrapada entre la carcasa y las cavidades de los rotosres.



3 - El volumen de las cavidades se reduce, comprimiendo a la masa de gas.

4 - El ciclo se completa cuando el gas comprimido se descarga a travs de la boca de salida, en la parte inferior del compresor.

permite controlar la capacidad de la m3quina modificando la longitud efectiva de los rotosres en la succi3n.

Esta v3lvula deslizante se puede operar en forma manual o autom3tica mediante un actuador hidr3ulico. La presi3n de aceite es provista por el mismo aceite de lubricaci3n del sistema.

Durante la operaci3n normal, la capacidad del compresor se var3a en forma autom3tica mediante un controlador de presi3n que sensa la presi3n del chiller.

SISTEMA DE LUBRICACION

Es mediante un sistema semi-cerrado con aceite poliglicol, el cual se acumula en la parte inferior del separador VK-2 ubicado en la descarga del compresor. Fig. 6

De all3 es tomado, previo filtrado, por una bomba, luego es nuevamente filtrado y enviado a un colector que distribuye el aceite a distintos puntos vitales del compresor.

La temperatura del aceite (tomada como un promedio entre la entrada y la salida del separador

VK-2) es controlada por la inyecci3n del propano fr3o proveniente del acumulador de propano V-9C del cual es bombeado mediante una bomba de accionamiento hidr3ulico que regula la inyecci3n para mantener la temperatura en 56°C.

SISTEMA DE CONTROL

El cerebro de control del sistema es un PLC (Controlador l3gico programable) que controla todas las variables de operaci3n y sistemas de protecci3n. Est3 ubicado en el tablero principal y comanda la detenci3n de la m3quina en las siguientes circunstancias:

- Muy alto nivel de l3quido en el separador de succi3n.
- Muy alto nivel de l3quido en el separador de la inter-etapa.
- Baja presi3n en la succi3n.
- Bajo nivel del aceite en el VK - 2.
- Alta temperatura del aceite en el separador VK - 2.
- Alta temperatura del motor de la bomba de recirculaci3n de aceite.
- Baja presi3n diferencial de aceite de lubricaci3n.

h) Alta presi3n en la descarga del compresor.

i) Por vibraciones en el compresor.

El programador tambi3n prevé que cuando se active una parada del compresor, se ecualicen la presi3n de descarga y la de succi3n, para evitar el giro en reserva del conjunto motor-compresor.

El sistema est3 dise1ado para modificar las RPM de las paletas del aroenfriador (accionado hidr3ulicamente) mediante el control de la temperatura del propano condensado que descarga del condensador.

Esta modalidad no es adecuada porque el enfriador del agua del motor es solidario con el de propano, esto provoca, en ciertas condiciones, incremento de la temperatura del agua por bajos r3gimenes de giro de las paletas.

ANALISIS DE LOS PROBLEMAS

Durante la puesta en marcha del compresor a tornillo se comprueba el arrastre del aceite de lubricaci3n del compresor.

Este aceite que por dise1o deb3a ser retenido en el separador de aceite VK-2, era arrastrado a lo largo de todo el Circuito de Refrigeraci3n ocasionando serios problemas:

1) La deposici3n de aceite en el controlador de nivel de los chiller originaba una interfase aceite-propano que induc3a errores en la se1al del controlador.

As3 los chillers pasaban de no tener nivel a valores de nivel que provocaban el arrastre de propano l3quido a los separadores de succi3n, activando los sistemas de protecci3n.

2) Las fluctuaciones provocadas por el descontrol de niveles

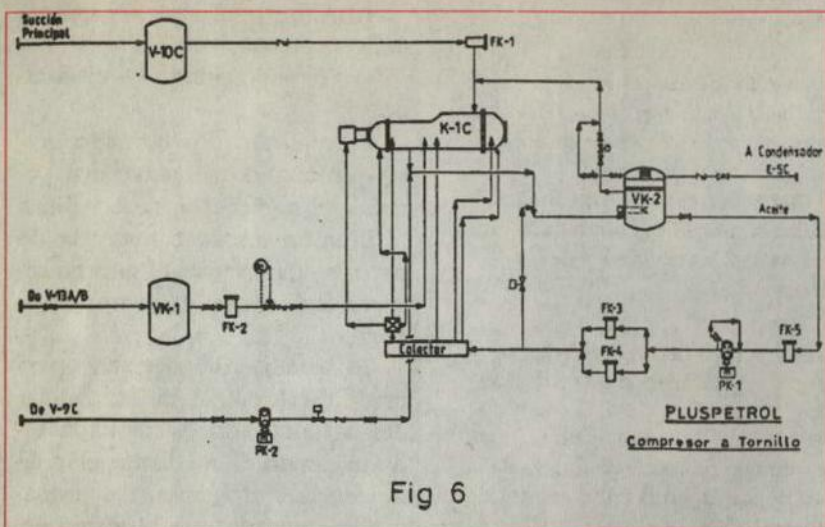


Fig 6

de los chillers hacía difícil la operación estabilizada de las plantas.

3) El ensuciamiento de los tubos disminuía el coeficiente de transmisión del calor provocando menor rendimiento de la instalación.

4) Los compresores trabajaban con cargas variables lo que impedía optimizar el régimen de los mismos.

5) Al trabajar los compresores en paralelo, y dado que los compresores alternativos utilizan aceites lubricantes diferentes se produce la mezcla perdiendo el aceite poliglicol sus propiedades.

6) Pérdida de aceite de alto costo y difícil reposición. El consumo inicial era de 30 lt/d. aproximadamente.

7) Elevadas pérdidas de propano por purgas de los equipos para eliminar aceites.

8) Lecturas erróneas de los niveles, por ensuciamientos.

9) Incremento de horas-hombre para mantener el equipo en operación.

Para corregir y/o minimizar los problemas se propusieron algunas alternativas.

1ERAS. SOLUCIONES PROPUESTAS

Inicialmente se buscó las causas del arrastre del aceite poliglicol en la performance del separador VK-2. Para lo cual se verificó y rediseñó los internos y se operó el separador para diferentes valores de presión y temperatura.

1) Control de la Presión de descarga del compresor

Modificando el área de enfriamiento del condensador E-5C, mantenimiento la rpm de los ventiladores fija, a menor área de enfriamiento, mayor presión de descarga.

2) Control de la temperatura del aceite del separador VK-2

Modificando las rpm de la bomba de inyección de Propano PK-2

Conclusiones

a) La temperatura óptima del aceite del separador era entre 55 y 60°C.

b) La presión, para la temperatura de operación, debía ser tal que no condensara propano en el separador de aceite.

c) El separador de aceite debía ser recalculado, pues el diámetro no asegura un tiempo de

permanencia necesario para la separación gravitacional.

d) Variaciones bruscas de temperatura ambiente (por ejemplo las provocadas por lluvias) alteraban las condiciones de operación y favorecían el arrastre.

e) El consumo de aceite permanecía en valores considerados altos (20 lts/d.).

Si bien la operación mejoró, las medidas anteriores fueron consideradas insuficientes y se profundizó la interpretación y búsqueda de soluciones.

2DAS. SOLUCIONES PROPUESTAS

Teniendo presente las consideraciones anteriores se adoptan las medidas para:

1) Evitar la contaminación del aceite poliglicol por arrastre de aceite mineral en el separador de succión V-10C.

2) Retener el aceite arrastrado del separador de aceite VK-2, en el acumulador de propano V-9C.

1) Modificaciones previas a la succión del compresor.

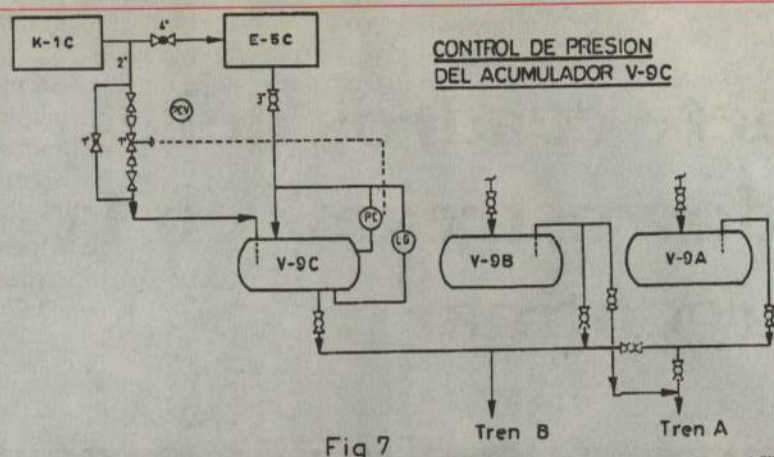
1-a) Se dispuso en el separador de succión V-10C un coalescente de forma que el aceite que llegue al mismo sea retenido y purgado.

1-b) Como el problema de la invasión de aceite el circuito perjudica a ambos chillers por igual, dificultando la operación de los mismos, se decide la independencia de cada tren. Fig. 4

Así el propano del tren A, de capacidad menor, es captado por el compresor auxiliar B, mientras que la planta B opera, en combinación con los compresores A o C.

2) Modificaciones en la descarga del compresor

2-a) Se cambió el separador de aceite por otro de mayor diámetro.



2-b) Se reviste con aislación térmica la cañería de descarga y el separador VK-2. La presencia de propano líquido disminuye el peso específico del aceite y la velocidad de circulación a través del coalescente favoreciendo el arrastre.

2-c) Se montó un nuevo Acumulador de propano V-9C, que a diferencia de los anteriores, es trifásico, de forma que el aceite acumulado en la bota, sea retornado al circuito mediante la bomba de refrigeración PK-2.

2-d) Se instala un sistema de control de la presión de la descarga, que compense las variaciones por temperatura ambiente. Fig. 7

Conclusiones

1) La independización de los trenes permitió una importante mejora operativa al no influir un tren en otro se logró operar los chillers con niveles estables y regímenes del compresor acotados a las necesidades.

2) Se redujo el consumo de aceite a 7 lts/día.

3) El coalescedor del separador de succión permitió la purga del aceite retenido en el circuito.

4) El controlador de presión del V-9C debía mantener la presión en una mínima 13 Kg/cm².

5) Se constata que el filtro co-

alescente del separador VK-2 se empaqueta y no libera el aceite, produciéndose el arrastre del mismo.

3ERA. SOLUCION PROPUESTA

Se realizaron modificaciones en el coalescente del separador del aceite.

A tal fin se montó sobre el anterior y separado a una distancia de 300 mm. un nuevo coalescente constituido por una doble capa de fibra de vidrio y acero inoxidable.

Se cambió la salida del gas propano otorgando la nueva disposición una mayor longitud de separación.

CONCLUSIONES FINALES

1) Luego de la última modificación el compresor opera con nivel estable en el separador de aceite. Fig. 8.

2) No ha sido posible aún verificar los consumos de diseño, esto es 2 - 3 lts./d.

3) Durante toda la operación y períodos de prueba, el compresor a tornillo no exigió reparaciones demostrando ser un equipo confiable.

4) Queda aún la posibilidad de convertir los compresores alternativos a lubricación con aceite poliglicol.

5) La búsqueda de soluciones a los problemas de arrastre del aceite poliglicol permitió incorporar modificaciones a las instalaciones lográndose con las mismas una mayor versatilidad en la operación de la Planta de Tratamiento. Tal es el caso de la independización de los trenes de refrigeración.

CONSUMO DE POLIGLICOL

