Lecciones Aprendidas

De los participantes de Natural Gas STAR

USO DE TÉCNICAS DE EVACUACIÓN DE TUBERÍAS PARA REDUCIR LA PRESIÓN DE LA LÍNEA ANTES DE SU MANTENIMIENTO

(Using Pipeline Pump-Down Techniques to Lower Gas Line Pressure Before Maintenance)

Resumen gerencial

Los operadores de sistemas de tuberías de gas natural regularmente reducen la presión de la línea y descargan gas de secciones de tubería para garantizar las condiciones de seguridad del trabajo durante las actividades de mantenimiento y reparación. Típicamente, los operadores bloquean y despresurizan la sección lineal más pequeña posible de tubería para ventilar el gas a la atmósfera. En 1998, un cálculo de 9 mil millones de pies cúbicos (Bcf) de metano se ventiló a la atmósfera durante mantenimientos de rutina y problemas de tuberías.

Usar técnicas de evacuación para reducir la presión de la línea de gas antes de desempeñar las actividades de mantenimiento y reparación es una manera eficaz de reducir las emisiones y rendir ahorros económicos importantes. Las técnicas de evacuación de tubería implican el uso de compresores en línea tanto solos como en secuencia con compresores portátiles. El uso de compresores en línea casi siempre es justificable porque no hay costos de capital y el plazo de recuperación de la inversión es inmediato. Sin embargo, la redituabilidad de usar también un compresor portátil para aumentar la recuperación de gas depende en gran medida de los factores específicos del lugar y los costos de operación.

Independientemente de la técnica de evacuación que se seleccione, las reducciones de emisiones son directamente proporcionales a cuánta presión de tubería se reduce antes de que ocurra la ventilación. En promedio, hasta el 90 por ciento del gas de la tubería puede recuperarse para su venta en lugar de que se emita. Las técnicas de evacuación de tuberías son más económicas para volúmenes altos, líneas de gas a presiones más altas y funcionan más eficazmente para las actividades planeadas de mantenimiento y en casos en donde existe suficiente tubería de distribución para conectar el compresor portátil.

Muchos participantes de Natural Gas STAR han obtenido ahorros económicos importantes al usar las técnicas de evacuación. En 1998, los participantes de transmisión de Natural Gas STAR ahorraron un total de 1.1 Bcf de gas usando las técnicas de evacuación. En base al valor del gas que se ahorró de $3.00/Mcf, eso representa un total de más de $3 millones en ahorros.

Medida	Volumen del gas ahorrado (Mcf/año)	Valor promedio del gas ahorrado ($/año)	Costo promedio de implementación ($)	Plazo promedio de recuperación de la inversión
Evacuación del gas de las tuberías antes de dar mantenimiento	200,000*	$600,000	$75,000	<1 año**
* Basado en las experiencias reportadas anualmente por los participantes de Natural Gas STAR, las cuales variaron considerablemente. Los factores que afectan el volumen de gas ahorrado y el costo de la implementación incluyen la longitud y la presión de la tubería, el tipo de compresor y el número de ubicaciones o veces que se evacuó. Los datos incluyen los resultados reportados de los compresores en línea y los portátiles.				
** El plazo de recuperación de la inversión de los compresores en línea es inmediato porque no existen costos de capital.				

Esta publicación es una de la serie de resúmenes de Lecciones Aprendidas preparados por EPA en colaboración con la industria de gas natural que tratan acerca de las aplicaciones superiores del Programa de Mejores Prácticas Administrativas (BMP, siglas en inglés) de Natural Gas STAR y Oportunidades Identificadas por los participantes (PRO, siglas en inglés).

Antecedentes tecnológicos

Las compañías de transmisión, distribución y producción de gas natural transportan metano y otros hidrocarburos ligeros a través de las tuberías presurizadas de gas. Estas tuberías pueden requerir reparaciones o mantenimiento a lo largo de su vida útil a causa de corrosión interna y externa, fugas en los empaques o la soldadura, fallas de materiales defectuosos y daños causados por factores externos. Las reparaciones de tubería se dividen en cuatro categorías generales:

- ★ Clase 1 son las reparaciones que no son de emergencia que no implican la interrupción completa del servicio.
- ★ Clase 2 son las reparaciones que no son de emergencia que requieren la interrupción completa del servicio.
- ★ Clase 3 son las reparaciones de emergencia que requieren la interrupción completa del servicio.
- ★ Clase 4 son proyectos de gran escala en donde se operará una tubería nueva paralela a una existente y requiere la interrupción del servicio.

Las actividades de reparación y mantenimiento de las tuberías por lo general requieren la despresurización de la tubería para eliminar el gas de la sección afectada y garantizar condiciones seguras para trabajar. Una manera de despresurizar es bloquear el segmento afectado de tubería y ventilar el gas de dicho segmento a la atmósfera. Como alternativa, los operadores pueden usar técnicas de evacuación para reducir la presión de la línea de gas antes de ventilarla. Las técnicas de evacuación son la alternativa preferida porque ofrecen más gas disponible para su venta y reducen las emisiones de metano.

Al implementar técnicas de evacuación de la tubería, los operadores pueden usar dos tipos de compresores para reducir la presión de la tubería: los compresores en línea y los compresores portátiles. Dependiendo de la situación, los operadores pueden usar compresores en línea solos o con compresores portátiles.

- ★ Uso de compresores de tubería en línea para reducir la presión a un valor dentro de los límites de proporción de compresión. Por lo general, los compresores en línea de tuberías tienen proporciones de compresión de hasta 2 a 1. Al bloquear la válvula más arriba de la tubería del segmento señalado de la línea mientras se continúa operando el compresor más abajo, la presión de la tubería puede reducirse a aproximadamente el 50 por ciento de la presión de trabajo de la línea. El compresor entonces puede apagarse y el segmento de la línea estará completamente bloqueado. Con frecuencia es suficiente bajar la presión de la línea a la mitad para instalar de manera segura mangas sobre la línea dañada. Este tipo de proceso de evacuación de la línea debe realizarse solamente de conformidad con las políticas de administración de seguridad.

- ★ Uso de un compresor portátil para reducir más la presión de la línea. Los operadores también pueden considerar usar compresores portátiles para lograr una reducción adicional mayor que las que pueden proveer los compresores en línea. Los compresores portátiles pueden tener una proporción de hasta 5 a 1. Cuando se usan en combinación con los compresores en línea, los compresores portátiles pueden reducir la presión de la línea hasta a un 90 por ciento

de su valor original sin tener que ventilarse. Los compresores portátiles pueden usarse de manera segura solamente cuando la válvula de bloqueo más abajo de la línea tiene la suficiente distribución. Una vez más, las políticas de seguridad deben seguirse estrictamente cuando se usen los compresores portátiles.

Aunque un compresor portátil puede recuperar un 40 por ciento adicional del gas original de la tubería para su venta, es más apropiado que se use durante el mantenimiento planeado, como reparaciones de Clase 1 y 2. Esto se debe a la dificultad de alquilar o rentar una unidad, movilizarla y despresurizar la línea de manera oportuna y económica durante una emergencia. Los compresores portátiles también pueden justificarse con más facilidad cuando se retiran secciones múltiples de la tubería para darles servicio, ya sea como un solo proyecto o como un conjunto de reparaciones en serie.

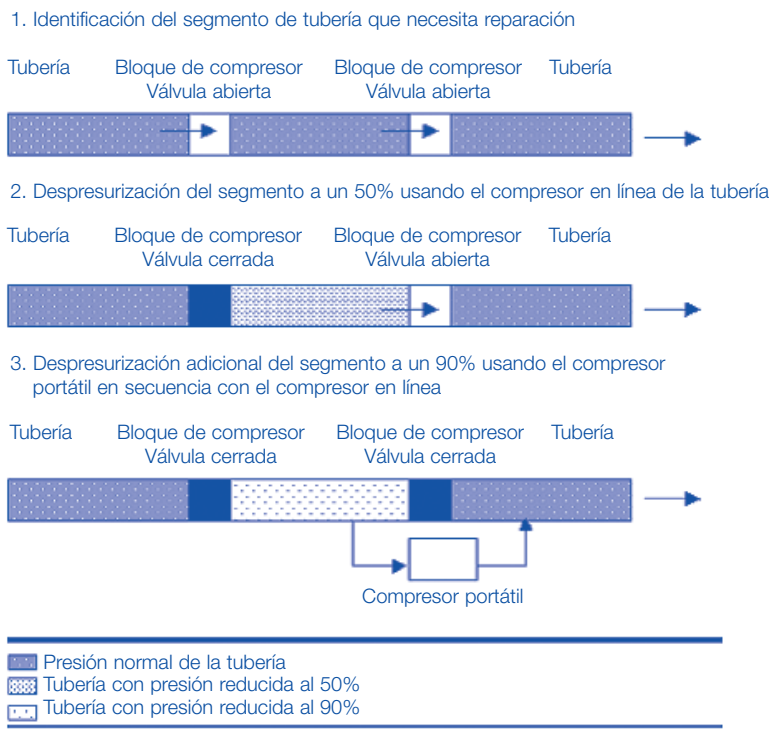
El Cuadro 1 resume las técnicas de bombeo al vacío que pueden aplicarse a las distintas clases de reparaciones de tubería.

Cuadro 1: Aplicabilidad de las técnicas de bombeo al vacío de tuberías

Clase de reparación	Técnica de bombeo al vació	Descripción de aplicabilidad
Clase 1	En línea y portátil	Estas técnicas pueden usarse más ampliamente en las reparaciones de Clase 1 y 2 debido a que dichas reparaciones involucran principalmente situaciones que no son emergencias y mantenimiento planeado.
Clase 2		
Clase 3	Sólo en línea	Las reparaciones de Clase 3 típicamente se tratan de reparaciones de emergencia con una urgencia significativa para volver a poner la tubería en servicio, lo que no deja tiempo para movilizar un compresor portátil.
Clase 4	Sólo en línea	Los proyectos de Clase 4 pueden ser vastos, con tubos nuevos colocados en paralelo a las tuberías existentes. Existen oportunidades de recuperar gas de las líneas viejas durante el arranque de la nueva línea, pero debe coordinarse muy cuidadosamente debido al tamaño de los proyectos.

El Cuadro 2 ilustra la secuencia básica de los eventos para despresurizar un segmento de tubería.

Cuadro 2: Secuencia de los eventos de despresurización



Beneficios económicos y para el medio ambiente

Las compañías pueden obtener importantes beneficios económicos y ambientales usando compresores portátiles y en línea colocados más abajo en el flujo de la línea para reducir la presión de gas de la línea antes de realizar las actividades de mantenimiento y reparación. Los ahorros potenciales incluyen:

- ★ La recuperación y venta de gas natural que se hubiera ventilado a la atmósfera. En el caso de las tuberías de producción, la corriente de gas también podría contener hidrocarburos pesados valiosos.
- ★ La reducción de las emisiones de metano.
- ★ La reducción de olores y ruidos fastidiosos.
- ★ La eliminación o reducción significativa de emisiones de contaminantes peligrosos del aire (HAP), principalmente benceno, tolueno, etilobenceno y xilenos (BTEX).

Proceso de decisión

Siete pasos para evaluar el uso de compresores en línea y portátiles:
1. Calcular la cantidad y el valor del gas que pueden recuperar los compresores en línea.
2. Verificar la factibilidad técnica de usar un compresor portátil.
3. Determinar el tamaño adecuado de compresor portátil para el proyecto.
4. Verificar la disponibilidad y el costo de comprar o alquilar un compresor portátil.
5. Calcular los costos de operación relacionados con el uso de un compresor portátil.
6. Calcular el volumen y el valor del gas recuperado por un compresor portátil.
7. Evaluar los aspectos económicos de usar un compresor portátil en secuencia con un compresor en línea.

Cuando las tuberías de gas requieren mantenimiento o reparaciones, las compañías pueden:

★ Ventilar el gas de la sección dañada de la tubería a la atmósfera.

★ Recuperar tanto gas de la tubería como sea posible.

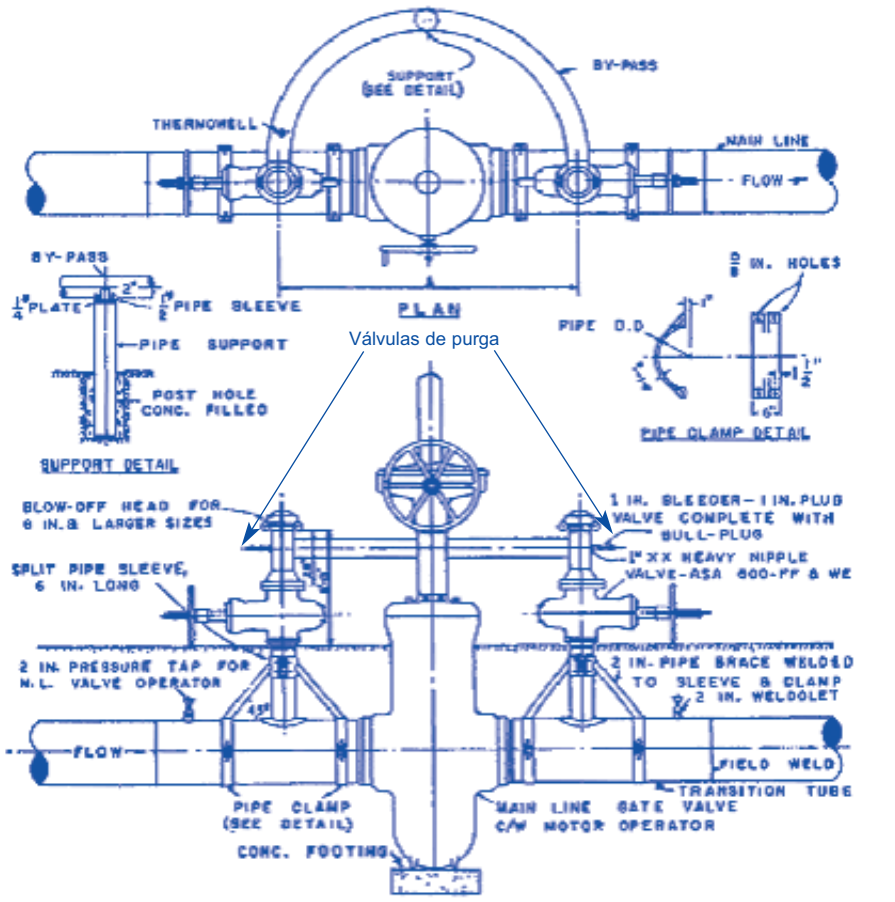
Paso 1: Calcular la cantidad y el valor del gas que pueden recuperar los compresores en línea. Dependiendo de la proporción de la compresión del compresor en línea más abajo en el flujo de la tubería, hasta el 50 por ciento del gas de la línea puede recuperarse a un costo mínimo o sin costo para el operador. El Cuadro 3 ofrece los cálculos que puede usar el operador para determinar la cantidad total de gas del segmento de la tubería y la cantidad y el valor del gas que puede recuperarse usando compresores en línea.

Cuadro 3: Ahorros de gas mediante el uso de un compresor en línea	
Dada la siguiente información:	
L I P Ri	= Longitud de la tubería entre las válvulas de bloqueo (millas) = Diámetro interior de la tubería (pies) = Presión operativa de la tubería (psig) = Proporción de compresión del compresor en línea
(1) Calcule: M = Cantidad de gas en la tubería	
M	= L x (5,280 pies/milla) x (Π x I^2/4) x (P/14.65 psig) x (1 Mcf/1,000 cf)
(2) Calcule: Ni = Gas recuperable usando un compresor en línea	
Ni	= M - (M/Ri)
(3) Calcule: Vi = Valor del gas recuperado usando un compresor en línea	
Vi	= Ni x $3/Mcf

Paso 2: Verificar la factibilidad técnica de usar un compresor portátil.
Después de calcular el volumen potencial de la recuperación de gas de la tubería mediante un compresor en línea, el operador deberá determinar si existe la capacidad mecánica para usar un compresor portátil.

Un compresor portátil puede reducir aun más la presión de la línea al mover hasta 40 por ciento del volumen original de gas restante para presurizarse al lado de la válvula de bloqueo; sin embargo, usar un compresor portátil solamente es posible si el compresor puede conectarse físicamente a la tubería. El Cuadro 4 ilustra un múltiple típico de tubería de gas. Las conexiones de compresor portátil correctas, deben incluir por lo menos válvulas de purga más arriba y más debajo del flujo de la tubería de donde está la válvula de bloqueo principal. El tamaño mínimo de las válvulas de purga depende del tamaño del compresor portátil. Un representante técnico de la compañía que alquila o fabrica el compresor portátil puede especificar los requisitos específicos del múltiple para unidades específicas.

Cuadro 4: Sistema de múltiple de la válvula de bloqueo de tubería de gas



Fuente: *Gas Engineers Handbook*

Paso 3: Determinar el tamaño adecuado de compresor portátil para el proyecto. La selección del tamaño adecuado del compresor portátil se hace mejor con la ayuda de una compañía de alquiler o un representante técnico del fabricante que pueda recomendar un compresor portátil que cumpla con los requisitos del proyecto (por ejemplo, la cantidad de gas, los requisitos de presión de descarga, programa).

Paso 4: Verificar la disponibilidad y el costo de comprar o alquilar un compresor portátil. Las compañías que consideran usar un compresor portátil con frecuencia se enfrentan a la pregunta de si se debe alquilar o comprar la unidad. Un número limitado de compresores portátiles de gas están disponibles para alquilar, y las compañías de alquiler por lo general prefieren los alquileres a largo plazo. Si se planea un uso continuo de los compresores portátiles para las actividades de bombeo en vacío de la línea, quizá sea mejor que las compañías compren el compresor portátil de gas. Incluso así, la disponibilidad y los costos internos siguen siendo consideraciones importantes. El Cuadro 5 muestra la amplia gama de costos de varios panoramas operativos.

Cuadro 5: Gama de costo de compra y alquiler de compresor portátil*

1,000 PSIG - Flujo alto		600 PSIG - Flujo medio		300 PSIG - Flujo bajo	
Comprado	Alquilado	Comprado	Alquilado	Comprado	Alquilado
$2 - $5 millones	$60,000 - $150,000 al mes	$0.8 - $1.2 millones	$24,000 - $36,000 al mes	$400,000 - $600,000	$12,000 - $18,000 al mes

*Basado en la suposición de que el costo de compra no incluye el costo de flete ni instalación y que el costo de alquiler es el 3 por ciento del precio de compra.

★ **Otras consideraciones de compra.** Además del precio de compra, los otros gastos de capital incluyen los impuestos y los costos administrativos, costos de instalación y costos de flete. Los costos de instalación con frecuencia son específicos al lugar. Un vendedor indicó que estos costos podían ser tan bajos como $3,000 o tan altos como $15,000 por un compresor pequeño (por ejemplo, menos de 100 caballos de fuerza) y pueden fluctuar de $15,000 a $60,000 por una unidad grande (por ejemplo, más de 2,000 caballos de fuerza). Los costos de embarque también son específicos al lugar, y fluctúan de $6,000 a $10,000 por unidades pequeñas y $20,000 a $30,000 por unidades más grandes. Todos estos factores de costo deben incluirse en el precio total de compra del compresor y cuando se calcule el costo anual de un compresor. Los vendedores indicaron que la vida útil de las unidades de compresor fluctuaban entre 15 a 20 años con el mantenimiento adecuado.

★ **Otras consideraciones de alquiler.** Los compresores alquilados también tienen costos similares de instalación y flete. Los precios de alquiler generalmente son mensuales. Un vendedor indicó que los gastos mensuales de alquiler fueron aproximadamente el 3 por ciento del precio de compra. Otro

vendedor ofreció un precio de alquiler basado en la capacidad de caballos de fuerza del compresor. Estos precios de alquiler fluctúan de $10 por caballo de fuerza al mes en los compresores grandes hasta $15 por caballo de fuerza al mes en los compresores pequeños.

Maximizar los beneficios de esta inversión requiere que se coordinen las actividades de mantenimiento planeadas para reducir la movilización del compresor o los costos de desmovilización. Dicha coordinación es especialmente importante para el mantenimiento que se realiza en las líneas de gas más pequeñas de presión más baja porque los márgenes disminuyen conforme se reduce el volumen del gas potencialmente recuperable.

Paso 5: Calcular los costos de operación relacionados con el uso de un compresor portátil. Los costos de operación incluyen los costos de combustible o energía, mantenimiento y mano de obra. El gas natural es el combustible usado más frecuentemente para operar compresores. Los vendedores indicaron que el uso de combustible fluctuaba de 7,000 a 8,400 Btu por caballo de fuerza por hora o Btu. Los costos de mantenimiento fluctúan de $4 a $9 por caballo de fuerza al mes dependiendo del tamaño del compresor. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los costos de mantenimiento se incluyen en el precio de alquiler.

Paso 6: Calcular el volumen y el valor del gas recuperado por un compresor portátil. El gas disponible para recuperar usando un compresor portátil es una función de la cantidad de gas que queda en la sección de tubería que se repara. Puesto que el compresor en línea ya ha reducido el volumen de gas, el compresor portátil funciona con el volumen reducido.

La recuperación del gas la rige la proporción de compresión. El volumen de gas recuperado en el compresor portátil es igual al volumen de gas en el lugar menos el volumen de gas dividido por la proporción de compresión. El valor bruto del gas recuperable usando el compresor portátil es la cantidad de gas en Mcf multiplicada por el precio del gas en $/Mcf. Estos cálculos se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 6: Cálculo de los ahorros de gas al usar un compresor portátil	
Dada la siguiente información:	
M Ni Rp Vi	= Gas disponible originalmente para recuperación (Mcf) = Gas recuperado usando un compresor en línea (Mcf) = Proporción de compresión del compresor portátil = Valor del gas recuperado del compresor en línea ($)
(1) Calcule: Np = Gas recuperado usando un compresor portátil	
Np	= Ni - (Ni/Rp)
(2) Calcule: Vg = Valor del gas recuperado usando un compresor portátil	
Vg	= Np x $3/Mcf

Paso 7: Evaluar los aspectos económicos de usar un compresor portátil en secuencia con un compresor en línea. El valor neto de la recuperación de gas de la sección de tubería que se repara puede determinarse restando el costo (por ejemplo, los costos de operación, los costos de alquiler o los costos anualizados) del valor del gas recuperado usando la unidad. Los operadores pueden reducir con eficacia el costo de usar un compresor portátil planeando y realizando proyectos múltiples en sucesión. El valor total del gas recuperado por el compresor en línea y el compresor portátil es la suma de las dos valoraciones. La evaluación económica total incluye el restar los costos de este procedimiento. El Cuadro 7 muestra este procedimiento de valorización.

Cuadro 7: Cálculo del beneficio económico total de usar un compresor portátil en secuencia con un compresor en línea	
Dada la siguiente información:	
Vi Vg Vcf Vcl Vcm Vci Vcs Vcp Vct CR I N	= Valor del gas recuperado usando un compresor en línea ($) = Valor del gas recuperado usando un compresor portátil ($) = Costo del combustible, ver el Paso 5 = Costo de mano de obra = Costo del mantenimiento, ver el Paso 5 = Costo de capital de instalación, ver el Paso 4 = Costo de capital de flete, ver el Paso 4 = Costo de compra del compresor, ver el Paso 4 = Costo de los impuestos y la administración = Factor de recuperación del capital (donde CR = [I $(1+I)^n$] / [$(1+I)^n$-1]) = Tasa de interés = Número de años en el plazo de contrato (alquiler) o la duración (compra)
(1) Calcule: Vcr = Costo del capital invertido recuperado durante la duración del período de contrato del compresor	
Vcr	= (Vci + Vcs + Vcp + Vct) CR
(2) Calcule: Vc = Costos totales relacionados con un compresor portátil	
Vc	= Vcf + Vcl + Vcm + Vcr
(3) Calcule: Vp = Valor neto del gas portátil recuperado (Vp)	
Vp Vp Vp	= Valor neto del gas portátil recuperado = Valor del gas portátil recuperado – costo de operación ($) = Vg - Vc
(4) Calcule: Vt = Valor total del gas recuperado	
Vt Vt Vt	= Valor total del gas recuperado mediante el compresor en línea y portátil = Valor total del gas recuperado mediante un compresor en línea + valor neto del gas recuperado mediante un compresor portátil = Vi + Vp

Ejemplo de un caso de recuperación de gas

Ejemplo de caso usando un compresor portátil

La tubería de 30 pulgadas de diámetro exterior (28.5 pulgadas de diámetro interior) de una compañía, operando a 600 libras por pulgada cuadrada (psig) requiere el bombeo al vacío antes del mantenimiento en varias secciones de 10 millas. Los compresores de pistón en línea que están más abajo del flujo de gas tienen una proporción de compresión de 2 a 1 y pueden usarse con seguridad para reducir la presión de la línea. Un compresor portátil alquilado con una proporción efectiva de compresión de 8 a 1 a una potencia de 1,000 caballos de fuerza está disponible a $24,000 al mes (incluyendo los costos de mantenimiento) y puede colocarse a uno de los sistemas de válvulas de bloqueo. El compresor portátil puede extraer aproximadamente 416 Mcf por hora y consume 7,000 Btu por caballo de fuerza por hora. La cuadrilla de mantenimiento puede instalar y operar el compresor sin costo adicional para la compañía. Los costos de flete para transportar el compresor portátil de la compañía de alquiler al usuario son $15,000. La reducción y el mantenimiento se realizarán en promedio 4 veces al mes. El compresor portátil se alquilará por un período de 12 meses.

Para determinar los beneficios relacionados con el uso de un compresor portátil en combinación con un compresor en línea, el operador debe seguir los pasos siguientes para calcular el valor neto del gas recuperable. Primero, el operador debe calcular la cantidad total de gas disponible para recuperación.

Cuadro 8: Volumen total de gas disponible para recuperación
El gas total disponible para recuperación por cada tramo de 10 millas: = 10 millas x 5,280 pie por milla x (Π(2.375 pies)^2 ÷ 4) x ((600 psig+14.65) ÷ 14.65 psig) x 1 Mcf por 1,000 cf = 9,814 Mcf

Después, el operador calcula el volumen y el valor bruto del gas recuperable usando un compresor portátil.

Cuadro 9: Ahorros netos relacionados con el uso de compresores en línea
Cantidad de gas recuperable por medida usando el compresor en línea:
= 9,814 Mcf - (9,814 Mcf ÷ 2.0 proporción de compresión en línea) = 4,907 Mcf recuperados por las medidas usando el compresor en línea
Valor del gas recuperado por medida usando el compresor en línea:
= 4,907 Mcf x $3.00 por Mcf = $14,721 por medida
Valor anual del gas recuperado suponiendo 4 medidas al mes:
= $14,721 x 4 al mes x 12 = $706,608

Después el operador calcula el volumen y el valor del gas recuperable usando el compresor en línea.

Cuadro 10: Ahorros brutos relacionados con el uso de un compresor portátil
Gas disponible para recuperarse usando el compresor portátil:
= Total de gas disponible – gas recuperado por un compresor en línea = 9,814 Mcf - 4,907 Mcf = 4,907 Mcf de gas recuperable está disponible por el compresor portátil
Valor bruto del gas recuperable por bombeo usando un compresor portátil:
= gas recuperable usando un compresor portátil x el valor del gas = [4,907 Mcf - (4,907 Mcf ÷ 8 proporción de compresión portátil)] x $3.00 por Mcf. = $12,881
Valor bruto del gas recuperable durante un período de 12 meses, suponiendo un promedio de 4 bombeos al mes:
= $12,881 x 4 x 12 = $618,288

El operador también tiene que tomar en cuenta los costos de combustible, mantenimiento y flete relacionados con el compresor portátil.

Cuadro 11: Costos relacionados con el compresor portátil
Para calcular el costo del combustible, el operador primero tiene que determinar cuántas horas funcionará el compresor y de acuerdo a esas horas, la cantidad de combustible que se usará en cada tramo de 10 millas:
Horas que funcionará el compresor portátil para extraer el volumen de gas: = gas recuperable usando un compresor portátil ÷ tasa del compresor = [4,907 Mcf - (4,907 Mcf ÷ 8 proporción de compresión)] ÷ 416 Mcf por hora. = 10 horas
Combustible usado, suponiendo que el gas natural tiene un contenido de calor de 1,020 Btu/scf: = 7,000 Btu/hp/hora x 1,000 hp x 10 horas ÷ 1,020 Btu/scf ÷ 1,000 scf/Mcf = 69 Mcf por cada tramo de 10 millas
Costo de combustible suponiendo cuatro tramos de 10 millas al mes: = $3.00 por Mcf x 69 Mcf x 4 = $828 al mes
Costos de alquiler y mantenimiento = $24,000 al mes
Costo de flete = $15,000
Costo total de usar el compresor portátil durante un período de 12 meses: = costo de combustible + costo de alquiler y mantenimiento + costo de flete = 12 x ($828 + $24,000) + $15,000 = $ 312,936

Restar el costo del compresor portátil de los ahorros proporciona los ahorros netos relacionados con el uso de un compresor portátil.

Cuadro 12: Ahorros netos relacionados con el uso de un compresor portátil
Valor neto total del gas recuperado durante un período de 12 meses de alquiler usando un compresor portátil: = $618,288 - $312,936 = $305,352

Sumar los ahorros netos de los compresores en línea y portátiles rinde los ahorros netos totales de esta perspectiva.

Cuadro 13: Valor neto de ahorros de la perspectiva total de recuperación
Valor neto del gas recuperado de la perspectiva entera (en línea + portátil) = $706,608 + $305,352 = $1,011,960

Caso de estudio: Experiencia de un participante

En 1998, Southern Natural Gas Company ahorró 32,550 Mcf usando compresores de bombeo de reducción para evacuar las tuberías. La compañía usó compresores en una instalación tres veces al año con un costo total calculado de $52,600. La compañía calculó un ahorro de casi $93,200 en producto recuperado, usando $2.86/Mcf como valor del gas que ya no se ventilaba. Restando los costos de bombeo del valor del gas ahorrado, la compañía logró unos ahorros netos de $40,600. En este caso, el plazo de recuperación de la inversión calculado del compresor portátil fue aproximadamente 16 meses.

Lecciones aprendidas

El uso de técnicas de bombeo para despresurizar la tubería durante las actividades planificadas de mantenimiento permite a las compañías recuperar de manera económica 50 por ciento al 90 por ciento del gas natural ventilado. Los participantes ofrecen las siguientes lecciones aprendidas cuando se usan compresores en línea y portátiles para recuperar el contenido de la tubería:

- ★ Siempre desempeñar los bombeos de la tubería con compresores en línea como parte del programa de mantenimiento planificado. Incluso cuando los compresores portátiles no se usen, los compresores en línea pueden reducir las emisiones ventiladas.
- ★ Incorporar bombeos de compresores en línea en los procedimientos de emergencia. Aunque es más difícil realizar el bombeo de la tubería durante emergencias (por ejemplo, la reparación de tuberías con fugas) que durante el mantenimiento planeado, los bombeos de emergencia pueden generar ahorros de costo y gas importantes.
- ★ Los participantes pueden maximizar los ahorros de gas y costo usando intensivamente los compresores portátiles, haciendo reparaciones o mejoras en segmentos múltiples de la línea que se saca de servicio. Verificar la disponibilidad de un compresor portátil y los tamaños cuando se planeen las operaciones. La disponibilidad de los compresores portátiles puede limitarse a las áreas aisladas.
- ★ Colocar un múltiple por lo menos en una de las dos válvulas de bloqueo principal para colocar los compresores portátiles.
- ★ De ser posible, calcular los aspectos económicos de la recuperación del gas natural antes de las actividades planeadas de mantenimiento. Esto garantiza la economía de las actividades.
- ★ Incluir las reducciones de emisiones de metano que se logran a través de este método en los informes anuales del Programa de Natural Gas STAR.

Nota: La información de costo provista en este documento se basa en cálculos para Estados Unidos. Los costos de equipo, mano de obra y el valor del gas variarán dependiendo del lugar, y podrían ser mayores o menores que en los Estados Unidos. La información sobre costo presentada en este documento solamente debe usarse como guía al determinar si las tecnologías y las prácticas son convenientes económicamente para sus operaciones.

Referencias

American Gas Association. *Gas Engineers Handbook*, 1965.

Ariel Gas Compressors, contacto personal.

Crane Co. *Flow of Fluids*. Technical Paper No. 410, 1974.

Daniels, John. JW Operating, contacto personal.

Field Gas Compressor Association, contacto personal.

Gunning, Paul M. Natural Gas STAR Program, contacto personal.

Henderson, Carolyn. Natural Gas STAR Program, contacto personal.

Ivey, Bobby. Universal Compression Incorporated, contacto personal.

Knox Western Gas Compressors, contacto personal.

Natural Gas Processors Suppliers Association. *Engineering Data Book*, 1966.

Perry, Robert H. *Chemical Engineers' Handbook,* quinta edición. McGraw-Hill Book Company, 1973.

Society of Petroleum Engineers. *Petroleum Engineering Handbook*, 1987.

Tingley, Kevin, Natural Gas STAR Program, contacto personal.

Agencia de Protección del Medio
Ambiente de los Estados Unidos
Aire y Radiación (6202J)
1200 Pennsylvania Ave., NW
Washington, DC 20460

EPA430-B-04-002S
Febrero de 2004