

Instalación de sistemas de aspiración de émbolo en pozos de gas



Sumario

En los pozos de gas maduros, la acumulación de fluidos en el pozo puede impedir e incluso detener la producción de gas. El flujo de gas se mantiene retirando los fluidos acumulados por medio de una bomba de balancín o tratamientos remediales, tales como limpieza con escobillón, burbujeo de jabón o venteo del pozo a presión atmosférica (comúnmente llamado “descargar o purgar”) el pozo. Las operaciones de remoción de fluidos, particularmente la de purga del pozo, pueden originar emisiones de metano importantes hacia la atmósfera.

La instalación de un sistema de aspiración de émbolo es una alternativa conveniente económicamente para remover líquidos. Posee además el beneficio adicional de incrementar la producción, así como de reducir de manera importante las emisiones de metano asociadas con las operaciones de purga (“blowdown”). Un sistema de aspiración de émbolo utiliza la presión de gas acumulada en un pozo para llevar una columna de fluido acumulado hacia afuera del pozo. El sistema ayuda a mantener la producción de gas y puede reducir la necesidad de otras operaciones remediales.

Los socios de Natural Gas STAR informan de beneficios económicos significativos y reducciones en la emisión de metano al instalar sistemas de aspiración de émbolo en los pozos de gas. Las compañías han informado ahorros de gas anuales que promedian los 600 miles de pies cúbicos (Mcf) por pozo evitando las purgas (blowdowns). Además, la producción de gas ha aumentado tras la instalación de estas unidades, llegando a dar beneficios de hasta 18,250 Mcf por pozo, de un valor estimado de \$127,750. Los

beneficios obtenidos tanto del incremento en la producción como de los ahorros de emisiones son específicos del pozo y del reservorio, por lo cual pueden variar considerablemente.

Fundamentos tecnológicos

La carga líquida en el orificio (punzados) del pozo a menudo constituye un problema serio en los pozos que están envejeciendo. Los operarios suelen utilizar bombas de balancín o técnicas remediales, tales como ventear o purgar (blowdown) el pozo a presión atmosférica, para retirar la acumulación de líquido y restaurar la productividad del pozo. En el caso de la purga del pozo, el procedimiento debe ser repetido a lo largo del tiempo, ya que los fluidos se reaccumulan, produciendo emisiones adicionales de metano.

Los sistemas de aspiración de émbolo constituyen una alternativa efectiva en cuanto a costos en relación al uso de los sistemas con balancín y las purgas de pozo y pueden reducir en forma importante las pérdidas de gas, eliminar o reducir la frecuencia de tratamientos futuros al pozo, y mejorar la productividad del mismo. Un sistema de aspiración de émbolo es una forma intermitente de gas lift que utiliza la presión acumulada de gas en el espacio anular que se encuentra entre la tubería de revestimiento y la tubería de producción para empujar un émbolo de acero, y la columna de fluido por delante de éste, hacia arriba por la tubería de producción hasta llegar a la superficie. El émbolo sirve como pistón entre el líquido y el gas, lo cual minimiza el retorno del líquido, y como raspador (scraper) de incrustaciones y parafina. La

Beneficios económicos y ambientales

Método para reducir pérdidas de gas natural	Ahorros de gas potenciales debido al aumento de producción y a las emisiones evitadas (Mcf)	Valor de la producción de gas natural y ahorros (\$)			Costo de implementación (\$)	Retorno (Meses)		
		\$3 por Mcf	\$5 por Mcf	\$7 por Mcf		\$3 por Mcf	\$5 por Mcf	\$7 por Mcf
Instalación de un sistema de aspiración de émbolo	4,700 - 18,250 ^a por año por pozo	\$14,100 - \$54,750 por año	\$23,500 - \$91,250 por año	\$32,900 - \$127,750 por año	\$2,591 - \$10,363 por año por pozo	1 - 9	1 - 6	1 - 4

Suposiciones generales:

^a Basado en resultados informados por socios de Natural Gas STAR.

Instalación de sistemas de aspiración de émbolo en pozos de gas

Ilustración 1: Sistema de aspiración de émbolo

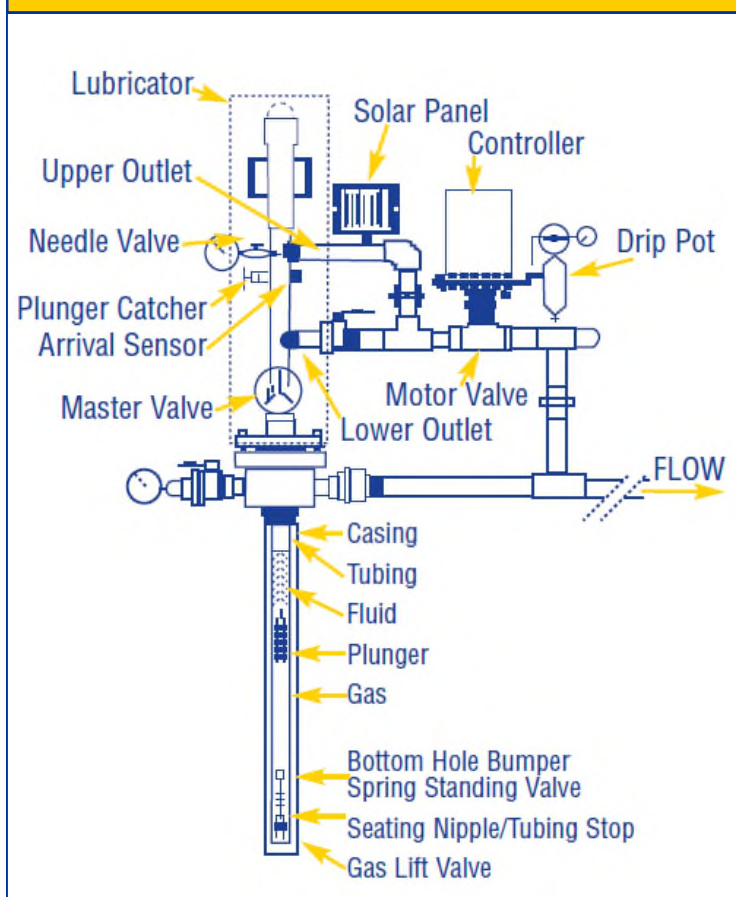


Ilustración 1 muestra un sistema de aspiración de émbolo típico.

La operación de un sistema de aspiración de émbolo se basa en la acumulación natural de presión en un pozo durante el tiempo en que el mismo está cerrado (no produciendo). La presión estática debe ser suficientemente más alta que la de la línea de venta como para levantar el émbolo y la carga líquida hacia la superficie. Un mecanismo de válvula, controlado por un microprocesador, regula la entrada de gas a la tubería de revestimiento y automatiza el proceso. El controlador normalmente es impulsado por una batería recargable solar y puede ser un simple temporizador de ciclo o tener una memoria sólida del estado y funciones programables basadas en sensores de proceso.

La operación de un sistema típico de aspiración de émbolo implica los siguientes pasos:

1. El émbolo descansa sobre el resorte de amortiguación en el fondo del pozo, ubicado sobre la base del pozo. Según se va produciendo gas a la línea de venta, los líquidos se acumulan en el orificio del pozo (punzados), creando un incremento gradual en la contrapresión que disminuye la velocidad de producción de gas.
2. Para revertir la declinación en la producción de gas, el pozo se cierra en la superficie por medio de un controlador automático. Esto hace que la presión del pozo se incremente, ya que un gran volumen de gas a alta presión se acumula en el anular entre la camisa y la tubería de producción (la tubería de revestimiento y la tubería de producción). Una vez que se obtiene suficiente presión y volumen de gas, el émbolo y la carga líquida son empujados hacia la superficie.
3. Al ser el émbolo elevado hacia la superficie, los líquidos a su alrededor fluyen a través de las salidas superior e inferior.
4. El émbolo llega a la boca del pozo y es capturado en el lubricador, ubicado en frente de la salida superior del mismo.
5. El gas que ha elevado al émbolo fluye a través de la salida superior hacia la línea de venta.
6. Una vez que se ha estabilizado el flujo de gas, el controlador automático libera al émbolo, dejando así que caiga hacia abajo por la tubería de producción (tubería de producción).
7. El ciclo se repite.

Los nuevos sistemas informáticos han modernizado el monitoreo y control de los sistemas de aspiración de émbolo s. Por ejemplo, tecnologías tales como automatización inteligente, manejo de datos online, comunicaciones satelitales, etc. permiten a los operarios controlar los sistemas de aspiración de émbolo en forma remota, sin tener que efectuar visitas regulares al campo. Los pozos únicamente se visitan cuando necesitan atención, lo cual incrementa la eficiencia y reduce los costos. Por información adicional con respecto a esta tecnología y otros sistemas de levantamiento artificial, consulte el documento de Lecciones Aprendidas titulado “Opciones para retirar fluido acumulado y mejorar el flujo en los pozos de gas.”

Instalación de sistemas de aspiración de émbolo en pozos de gas

(Continuación)

Beneficios económicos y ambientales

La instalación de un sistema de aspiración de émbolo es una alternativa eficaz en cuanto a costos a la de los balancines y purgado de pozo, y brinda beneficios económicos y ambientales importantes. El alcance y naturaleza de estos beneficios dependen del sistema de remoción de líquidos que el sistema de aspiración de émbolo esté reemplazando.

- ★ **Menor costo de capital comparado con la instalación de equipos de balancín** Los costos de instalar y mantener un sistema de aspiración de émbolo son generalmente más bajos que los de un equipo de balancín.
- ★ **Menor mantenimiento del pozo y menos tratamientos remediales.** Los costos generales de mantenimiento se reducen debido a que los tratamientos periódicos tales como limpieza con escobillón o purga se reducen o bien ya no son necesarios usando un sistema de aspiración de émbolo.
- ★ **La producción continua mejora los promedios de producción e incrementa la eficiencia.** Los sistemas de aspiración de émbolo pueden conservar la fuerza de elevación del pozo e incrementar la producción de gas. La remoción regular de fluidos permite que el pozo produzca continuamente e impide la carga de fluido que periódicamente para la producción de gas o “mata” al pozo. A menudo esta remoción continua de fluidos genera promedios de producción de gas diarios que son más altos que los promedios previos a la instalación del sistema de aspiración de émbolo.
- ★ **Reducción de la acumulación de incrustaciones y parafina.** En los pozos donde la acumulación de parafina o de incrustaciones es un problema, la acción mecánica del émbolo al ir hacia arriba y abajo de la tubería de producción puede impedir la acumulación de partículas dentro de la tubería de producción. De esta manera, se reduce o elimina la necesidad de tratamientos de limpieza con escobillón o químicos. Se fabrican muchas clases diferentes de émbolos con “wobble-washers” para mejorar su raspado o “scraping”
- ★ **Emisiones de metano más bajas.** El eliminar los tratamientos remediales repetitivos y los trabajos de reparación (workover) del pozo también reduce las

Cuatro pasos para evaluar los sistemas de aspiración de émbolo :

1. Determinar la factibilidad técnica de la instalación del sistema de aspiración de émbolo ;
2. Determinar el costo del sistema;
3. Estimar los ahorros de un sistema de aspiración de émbolo ; y
4. Evaluar la economía de un sistema de aspiración de émbolo .

emisiones de metano. Los socios de Natural Gas STAR han informado ahorros anuales de gas promediando 600 Mcf por pozo evitando el purgado y de 30 Mcf por año al eliminar los workovers.

- ★ **Otros beneficios económicos.** Los ahorros por emisiones evitadas son sólo uno de los muchos factores a considerar en el análisis para calcular los beneficios económicos de los sistemas de aspiración de émbolo s. También se obtendrán ahorros del valor residual de los equipos excedentes de producción y de la reducción en los costos de electricidad y reparación (workover). Más aún, aquellos pozos que mueven agua continuamente hacia afuera del orificio del pozo tienen el potencial de producir más condensados y petróleo.

Ilustración 2: Requisitos comunes para los usos del sistema de aspiración de émbolo

- ★ Se necesita purgar el pozo o utilizar alguna otra técnica de remoción para mantener la producción.
- ★ Los pozos deben producir por lo menos 400 scf de gas por barril de fluido por 1,000 pies de profundidad.
- ★ Los pozos cuya presión estática en la cabeza sea 1.5 veces la de la línea de venta.
- ★ Pozos con acumulación de parafina o detritos.

Proceso de decisión

Los operadores deberían considerar a los sistemas de aspiración de émbolo como una alternativa a la purga de pozo y al equipo con balancín. La decisión de instalar un sistema de aspiración de émbolo debe hacerse tomando caso por caso. El proceso de decisiones a continuación puede servir como guía para evaluar su aplicación y eficacia en cuanto a costos en los pozos de producción de gas.

Paso 1: Determinar la factibilidad técnica de la instalación de un sistema de aspiración de émbolo .

Los sistemas de aspiración de émbolo son aplicables en

Instalación de sistemas de aspiración de émbolo en pozos de gas

(Continuación)

Índices de precios Nelson

A fin de contabilizar la inflación en los costos de equipos y mantenimiento, se utilizan los Índices trimestrales, Nelson-Farrar Quarterly Cost Indexes (disponibles en el primer número de cada trimestre en la revista *Oil and Gas Journal*) para actualizar los costos en los documentos Lecciones Aprendidas. Se utiliza el índice "Refinery Operation Index" para revisar costos operativos y el "Machinery: Oilfield Itemized Refining Cost Index" para actualizar costos de equipos.

Para utilizarlos, simplemente busque el índice Nelson-Farrar más actual, divídalo por el de Febrero de 2006 y finalmente multiplíquelo por los costos adecuados que figuran en las Lecciones Aprendidas.

pozos de gas que experimentan cargas líquidas y tienen suficiente volumen de gas y presión estática en exceso como para levantar los líquidos desde el reservorio hasta la superficie. La Ilustración 2 enumera cuatro características comunes que son indicadores efectivos de la aplicabilidad de un sistema de aspiración de émbolo. Los vendedores suelen proveer de material escrito diseñado para ayudar al operador a evaluar si un pozo en particular se beneficiaría con la instalación de un sistema de aspiración de émbolo. Como ejemplo, un pozo que tiene 3,000 pies de profundidad, produciendo a una línea de venta a 100 psig, tiene una presión estática de 150 psig y debe ser venteado a la atmósfera en forma diaria para expulsar un promedio de tres barriles de agua acumulada por día. Este pozo tiene presión estática en exceso y podría tener que producir 3,600 scf por día (400 scf/bbl/1000 pies de profundidad por 3000 pies de profundidad, por 3 barriles de agua por día) para justificar el uso de un sistema de aspiración de émbolo.

Paso 2: Determinar el costo de un sistema de aspiración de émbolo.

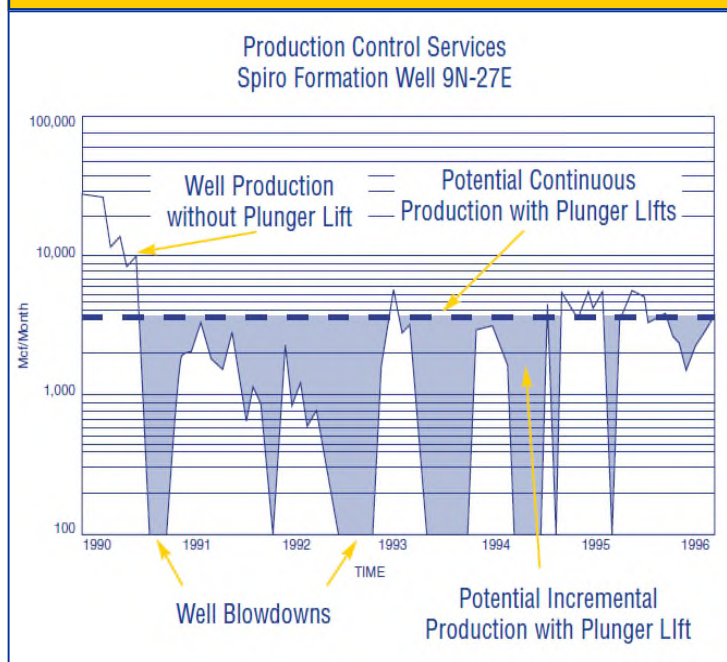
Los costos asociados con los sistemas de aspiración de émbolo incluyen gastos de capital, de puesta en marcha y de mano de obra para comprar e instalar el equipo, como así también los costos de operar y mantener el sistema. Estos costos incluyen:

- ★ **Costos de capital, instalación y puesta en marcha.** La instalación básica de un sistema de aspiración de émbolo cuesta aproximadamente entre \$1,900 y \$7,800. Como contrapartida, la de un equipo de bombeo de superficie, como un balancín, cuesta

entre \$26,000 y \$52,000. Los costos de instalación de un sistema de aspiración de émbolo incluyen la instalación de la tubería, válvulas, controlador y suministro de energía en la cabeza de pozo y la colocación del ensamblaje amortiguador del émbolo en el fondo del pozo, asumiendo que la tubería de producción esté abierto y limpio. La variable más importante en el costo de instalación es el pasar el wire-line para medir la tubería de producción (chequear si hay bloqueos internos) y hacer una pasada de prueba del émbolo desde la parte superior hasta el fondo (brochando) para asegurar que el émbolo se va a mover libremente hacia arriba y abajo de la sarta de tubería de producción. Otros costos de la puesta en marcha pueden incluir el relevamiento de la profundidad del pozo, el limpieza con escobillón para retirar los fluidos del orificio del pozo, la acidificación para remover las incrustaciones de minerales y limpiar los punzados, la pesca los detritos en el pozo, y otras operaciones misceláneas de limpieza. Estos costos adicionales pueden llegar a sumar desde \$700 hasta más de \$2,600.

Los operarios que estén considerando la instalación de un sistema de aspiración de émbolo deben ser conscientes de que el sistema requiere de una sarta continua con un diámetro interno constante y en buenas condiciones. Si es necesario reemplazar la

Ilustración 3: Aumento de producción en los pozos no declinantes



Instalación de sistemas de aspiración de émbolo en pozos de gas

(Continuación)

sarta de tubería de producción, el costo sumará varios miles de dólares más al costo de la instalación, dependiendo de la profundidad.

- ★ **Costos operativos.** El mantenimiento de un sistema de aspiración de émbolo requiere de una inspección rutinaria del lubricador y del émbolo. Estos ítems normalmente deben ser reemplazados cada 6 o 12 meses, a un costo aproximado de entre \$700 a \$1,300 por año. Los otros componentes del sistema son inspeccionados en forma anual.

Paso 3: Estimar los ahorros de un sistema de aspiración de émbolo .

Los ahorros asociados con un sistema de aspiración de émbolo incluyen:

- ★ Los ingresos por aumento de la producción;
- ★ Los ingresos por las emisiones evitadas;
- ★ Los costos extra evitados—costos de tratamiento del pozo, reducción de los costos de electricidad, costos de workover; y
- ★ Valor de rescate.

Ingresos por aumento de producción

El beneficio más importante de la instalación de un

sistema de aspiración de émbolo es el aumento en la producción de gas. Durante el proceso de decisión el mismo no puede ser medido, sino que debe ser estimado. La metodología para hacerlo varía dependiendo del estado del pozo. La metodología para pozos continuos o no decrecientes es relativamente simple. La de estimar el aumento de la producción en pozos decrecientes es más compleja.

- ★ **Estimar el aumento de producción de gas en pozos no decrecientes.** El aumento de producción de gas debido a la instalación de un sistema de aspiración de émbolo puede estimarse asumiendo que el promedio de la tasa de producción pico lograda luego de la purga esté cerca de la tasa de producción potencial para el pozo con el fluido retirado. Puede usarse un perfil, tal como se muestra en la Ilustración 3, para estimar el aumento potencial de producción.

En esta ilustración, la línea sólida muestra la tasa de producción del pozo gradualmente, luego con una abrupta caída cuando los líquidos se acumulan en la tubería de producción. Se restablece la producción venteando el pozo a la atmósfera, pero luego declina nuevamente con la reaccumulación de líquidos. Tenga en cuenta que la escala de la tasa de producción, en miles de pies cúbicos por mes, es una escala logarítmica. La línea punteada muestra la tasa promedio de pico de producción luego de la descarga de líquidos. Se asume que ésta es igual a la tasa potencial de pico de producción que pudo lograrse con un sistema de aspiración de émbolo , generalmente de al menos el 80% de la tasa de producción pico luego de la purga. El área sombreada entre la producción potencial (línea punteada) y la real (línea sólida) representa el aumento estimado en la producción de gas que puede lograrse con un sistema de aspiración de émbolo .

Estimar el aumento de producción para pozos declinantes o para situaciones en las cuales no se conoce la producción máxima luego de la purga. Los pozos que están en declinación o que se operan con purgas periódicas necesitan métodos más detallados para estimar el aumento de producción con el uso de los sistemas de aspiración de émbolo. La instalación de sistemas de aspiración de émbolo en pozos en declinación, por ejemplo, necesitará la generación de una curva mejorada de la presión resultante de la disminución de presión en las perforaciones. Se debe recurrir a la ayuda de un

Ilustración 4: Ejemplo de retornos financieros estimados para varios niveles de aumento de producción por la instalación de un sistema de aspiración de émbolo

Aumento de producción de gas (Mcf/d)	Tiempo de pago (meses)	TIR (%)
3	14	71
5	8	141
10	4	309
15	3	475
20	2	640
25	2	804
30	2	969

Suposiciones:
Valor del gas = \$7.00/Mcf.
Costo del sistema de aspiración de émbolo de \$7,772 incluyendo puesta en marcha.
Gastos de arrendamiento operativos de \$790/año.
Declinación en la producción de 6%/año.

Fuente: Production Control Services, Inc.

Instalación de sistemas de aspiración de émbolo en pozos de gas

(Continuación)

Ilustración 5: Ejemplo—Estimación de emisiones ahorradas de purgas

Emisiones ahorradas por hora de purga ^a	= (0.56251 x promedio de flujo constante diario) / 24 horas/día
Emisiones evitadas ^b	= (0.5625 x 100 Mcfd) / 24 = 2 Mcf por hora de purga
Valor anual de las emisiones evitadas ^c	= 2 Mcf x 12 x \$7.00/Mcf = \$168 por año

^a Factor recomendado de emisión de metano informado en el estudio conjunto de GRI/EPA, Methane Emissions From the Natural Gas Industry, Volume 7: Blow and Purge Activities (Junio 1995). El estudio estimó que al comienzo de una purga, el flujo de gas está restringido por los fluidos del pozo a 25% del flujo total. Al final de la purga, el flujo de gas vuelve al 100%. El flujo promedio integrado en el período de la purga es 56.25 % del flujo total del pozo.
^b Asumiendo un promedio de producción continua diario de 100 Mcfd.
^c Asumiendo 1 purga de 1 hora por mes.

ingeniero de reservorios al hacer estos cálculos. (ver Apéndice).

Una vez estimado el aumento de producción por la instalación de un sistemas de aspiración de émbolo , los operarios pueden calcular el aumento de gas y estimar la economía de instalarlo. La Ilustración 4 presenta un ejemplo de los retornos financieros potenciales a niveles diferentes de aumento en la producción. Es importante reconocer que los costos y condiciones locales pueden variar. También debe tenerse en cuenta que la Ilustración 4 no considera otros beneficios financieros del proyecto, tales como emisiones evitadas y disminución de costos de electricidad y de tratamientos químicos, los cuales se describen más adelante en las Lecciones Aprendidas. La consideración de esos factores puede mejorar los ya excelentes retornos financieros de la instalación de un sistema de aspiración de émbolo .

Ingresos por emisiones evitadas

La cantidad de emisiones reducidas por haber instalado un sistema de aspiración de émbolo variará enormemente entre pozo y pozo, basada en las características individuales del pozo y del reservorio, tales como presión en la línea de venta, presión estática del pozo, el promedio de acumulación de líquidos y las dimensiones del pozo (profundidad, diámetro de la tubería de revestimiento, diámetro de la tubería de producción). La variable más importante, sin embargo, es la práctica operacional normal de ventear los pozos. Algunos operadores ponen en los pozos cronómetros automáticos para ventear, en tanto que otros lo hacen en forma manual, con el operario en el lugar para controlar el venteo, y otros abren el venteo del pozo y se van, volviendo en horas o incluso días, dependiendo de cuánto tiempo le toma normalmente al pozo liberarse de

líquidos. Así, los beneficios económicos de las emisiones evitadas variarán considerablemente. El abanico tan amplio de variabilidad significa que algunos proyectos brindarán un retorno mucho más rápido que otros. Si bien la instalación de la mayoría de las instalaciones de sistema de aspiración de émbolo estará justificada sólo por el aumento de los promedios de producción de gas, las reducciones de las emisiones de metano pueden proveer un flujo de ingresos adicional.

★ Emisiones evitadas al reemplazar las purgas.

En pozos donde se instalen sistemas de aspiración de émbolo , se pueden reducir las emisiones producidas en la purga. Las emisiones de purga varían ampliamente, tanto en su frecuencia como en los promedios de flujo y son completamente específicas del pozo y del reservorio. Las emisiones atribuibles a las actividades de purga se han registrado desde 1 Mcf por año a miles de Mcf por año por pozo. En consecuencia, los ahorros atribuibles a las emisiones ahorradas variarán enormemente basados en los datos del pozo en particular que está siendo reacondicionado.

Los ingresos por las emisiones evitadas pueden calcularse multiplicando el valor de Mercado del gas por el volumen de las emisiones evitadas. Si no se han medido las emisiones por pozo por purga, deben estimarse. En el ejemplo a continuación, la cantidad de gas venteadada de un pozo de baja presión en cada purga se estima en 0.5625 veces el promedio sostenido de flujo de gas. Este factor de emisión supone que el flujo integrado promedio en el período de la purga es 56.25% del flujo completo del pozo. Usando esta suposición, la Ilustración 5 demuestra

Ilustración 6: Costos de electricidad^a evitados usando un sistema de aspiración de émbolo en lugar de un balancín

Medida del motor (BHP)	Costo de operación (\$/día)
10	3
20	7
30	10
40	13
50	17
60	20

^a El costo de electricidad asume 50% de la carga total, andando 50% del tiempo, a un costo de 7.5 centavos/kWh.

Instalación de sistemas de aspiración de émbolo en pozos de gas

(Continuación)

que para un pozo que produce 100 Mcf por día, el gas venteado a la atmósfera puede estimarse en 2 Mcf por hora de purga.

Este método es simple de usar, pero la evidencia anecdótica sugiere que produce emisiones de metano estimadas irrealmente bajas. Para consultar un método de estimación alternativo, consulte el Apéndice.

Dado el alto grado de variabilidad en las emisiones basado en las características específicas del pozo y el reservorio, el método preferido para determinar las emisiones evitadas es la medición. La medición de campo puede proveer los datos necesarios para determinar con precisión los ahorros atribuibles a emisiones evitadas.

- ★ **Emisiones ahorradas al reemplazar los balancines.** En casos en que los sistemas de aspiración de émbolo reemplacen a los balancines, más que por las purgas, las emisiones se evitarán debido al número reducido de trabajos de reparación (workover) para reparaciones mecánicas, de remoción de detritos y limpieza de perforaciones, y de retirar incrustaciones y depósitos de parafina de las varillas de bombeo. La cantidad de emisiones promedio relacionadas con las reparaciones (workovers) es de aproximadamente 2 Mcf por trabajo; la frecuencia de

Ilustración 7: Valor de rescate^a del equipo existente cuando se cambia de operaciones con balancín a operaciones con sistema de aspiración de émbolo

Ahorros capitales de rescate de los equipos	
Tamaño de la unidad de bombeo (pulgadas-libras torque)	Valor de rescate del equipo (\$)
114,000	12,300
160,000	16,800
228,000	21,300
320,000	27,200
456,000	34,300
640,000	41,500

^a Costos de rescate incluyen valor bajo de venta estimado de la unidad de bombeo, motor eléctrico, y serie de varillas.

Contenido de metano del gas natural

El contenido de metano promedio del gas natural varía dependiendo del sector de la industria. El Programa Natural Gas STAR asume los siguientes contenidos de metano en el gas natural al estimar los ahorros de metano para los informes de oportunidades

Producción	79 %
Procesamiento	87 %
Transporte y distribución	94 %

workovers es de 1 a 15 por año. Debido a las características específicas del pozo durante el workover, su duración y frecuencia, la cantidad de emisiones puede variar considerablemente.

Costos ahorrados y beneficios adicionales

Los costos evitados dependen del tipo de los sistemas de remoción de líquidos que se usen en el lugar, pero puede incluir el tratamiento del pozo, la reducción de costos de electricidad, y la reducción de costos de reparaciones (workover). Los costos evitados de tratamiento de pozo son aplicables cuando los sistemas de aspiración de émbolo reemplazan a los balancines o cuando se utilizan otras técnicas tales como purga, limpieza con escobillón, o la de burbuja de jabón. La reducción de costos de electricidad, del número de reparaciones (workover) y el valor de

Ilustración 8: Comparación de costos entre un sistema de aspiración de émbolo y otras opciones

Categoría de costo	Sistema de aspiración de émbolo	Balancín tradicional	Tratamiento remedial ^a
Costos de capital y de inicio	\$1,943 - \$7,772	\$25,907 - \$51,813	\$0
Costos de implementación:			
Mantenimiento ^b	\$1,300/año	\$1,300 - \$19,500/año	\$0
Tratamiento del pozo ^c	\$0	\$13,200+	\$13,200+
Eléctrico ^d	\$0	\$1,000 - \$7,300/año	\$0
Rescate	\$0	(\$12,000 - \$41,500)	\$0

^a Incluye burbuja de jabón, limpieza con escobillón, y purga.

^b Para el balancín tradicional, los costos de mantenimiento incluyen reparaciones (workovers) y asumen de 1 a 15 workovers por año a \$1,300 por workover.

^c Los costos pueden variar dependiendo de la naturaleza del líquido.

^d Los costos de electricidad p/ sistema de aspiración de émbolo asumen que es solar y que está alimentado bien.

Instalación de sistemas de aspiración de émbolo en pozos de gas

(Continuación)

Ilustración 9: Análisis económico de reemplazar un balancín con un sistema de aspiración de émbolo

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Valor del gas por aumento de producción y emisiones evitadas ^a		\$51,114	\$51,114	\$51,114	\$51,114	\$51,114
Costo del equipo de aspiración de émbolo y su colocación	(\$7,772)					
Mantenimiento del sistema de aspiración de émbolo		(\$1,300)	(\$1,300)	(\$1,300)	(\$1,300)	(\$1,300)
Costo eléctrico por año	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Valor de rescate del equipo de balancín	\$21,300					
Mantenimiento evitado del balancín (1 workover/año)		\$1,300	\$1,300	\$1,300	\$1,300	\$1,300
Costos de electricidad del balancín evitados (motor 10HP)		\$1,000	\$1,000	\$1,000	\$1,000	\$1,000
Tratamientos químicos evitados		\$13,200	\$13,200	\$13,200	\$13,200	\$13,200
Entrada neta de efectivo	\$13,528	\$65,314	\$65,314	\$65,314	\$65,314	\$65,314
NPV (Valor neto actual) ^b = \$261,119						
Período de retorno = Inmediato						
^a Gas valuado en \$7.00 por Mcf para 7,300 Mcf debido al aumento de producción y 2 Mcf de emisiones evitadas por evento (basado en 1 workover por año). ^b Valor neto actual basado en una tasa de descuento de 10% a lo largo de 5 años.						

Ilustración 10: Análisis económico de un sistema de aspiración de émbolo reemplazando la purga

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Valor del gas por aumento de producción y emisiones evitadas ^a		\$51,268	\$51,268	\$51,268	\$51,268	\$51,268
Costo del equipo de aspiración de émbolo y su colocación	\$(7,772)					
Mantenimiento del sistema de aspiración de émbolo		(\$1,300)	(\$1,300)	(\$1,300)	(\$1,300)	(\$1,300)
Costo eléctrico por año	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Tratamientos químicos evitados		\$13,200	\$13,200	\$13,200	\$13,200	\$13,200
Entrada neta de efectivo	\$(7,772)	\$63,168	\$63,168	\$63,168	\$63,168	\$63,168
NPV (Valor neto actual) ^b = \$231,684						
Período de retorno = 2 meses						
^a Gas valuado en \$7.00 por Mcf para 7,300 Mcf debido al aumento de producción y 24 Mcf de emisiones evitadas por evento (basado en 12 purgas por año y 2 Mcf por purga). ^b Valor neto actual basado en una tasa de descuento de 10% a lo largo de 5 años.						

Instalación de sistemas de aspiración de émbolo en pozos de gas

(Continuación)

rescate son sólo aplicables si los sistemas de aspiración de émbolo reemplazan a los balancines.

★ **Costos evitados de tratamiento de pozo.** Los costos de tratamiento de pozo incluyen tratamientos químicos, limpiezas microbianas, y la remoción de varillas y limpieza del orificio del pozo. La información existente sobre pozos poco profundos de 1,500 pies muestra que los costos de remediación incluyendo la remoción de varillas y la rehabilitación de la tubería de producción suman más de \$14,500 por pozo. Los costos de los tratamientos químicos (inhibidores, solventes, dispersantes, fluidos calientes, modificadores de cristales y surfactantes) están en el orden de \$13,200 por pozo por año. Los costos microbianos para reducir la parafina son de \$6,600 por pozo por año (tome en cuenta que los tratamientos microbiales no abordan el problema del ingreso de fluidos). Cada uno de estos costos de tratamiento se incrementa al incrementarse la severidad de las incrustaciones o de la acumulación de parafina, y la profundidad del pozo.

★ **Reducción de costos de electricidad en comparación con los de balancín.** La reducción de los costos operativos de electricidad incrementa más aún el retorno económico de los sistemas de aspiración de émbolo s. No hay costos de electricidad vinculados a los sistemas de aspiración de émbolo s, ya que la mayoría de los controladores funcionan con paneles solares y baterías. La Ilustración 6 muestra

un rango de costos de electricidad evitados informado por operadores que han instalado sistemas de aspiración de émbolo s. Suponiendo 365 días de operación, los costos de electricidad evitados varían entre \$1,000 a \$7,300 por año.

★ **Reducción de costos de reparación (workover) en comparación con los de balancín.** Los costos de reparación (workover) usando balancín se estiman en \$1,300 por día. Mientras que las reparaciones (workover) típicas insumen un día, los pozos con más de 8,000 pies de profundidad requerirán más de un día de trabajo. Dependiendo del pozo, puede ser necesario efectuar de 1 a 15 reparaciones (workovers) por año. Se evitan estos costos utilizando un sistema de aspiración de émbolo .

★ **Valor de rescate recuperado al reemplazar el balancín.** Si el sistema de aspiración de émbolo que se instala está reemplazando a un balancín, se obtienen ingresos extras y un retorno económico mejor del valor de rescate que surge de la maquinaria antigua. La Ilustración 7 muestra el valor de rescate que puede obtenerse vendiendo las unidades de bombeo excedentes. En algunos casos, sólo la venta del material rescatado puede costear la instalación de los sistemas de aspiración de émbolo s.

Paso 4: Evaluar la economía del sistema de aspiración de émbolo .

Puede usarse un análisis básico de flujo de caja (cash flow) para comparar los costos y beneficios de un sistema de aspiración de émbolo con otras opciones de remoción de líquidos. La Ilustración 8 muestra un resumen de los costos asociados a cada opción.

★ **La economía de reemplazar un balancín con un sistema de aspiración de émbolo .** En la Ilustración 9 se utilizan los datos de la Ilustración 8 para crear un modelo hipotético de pozo de 100 Mcfd y para evaluar la economía de la instalación de un sistema de aspiración de émbolo . El aumento en la producción es de 20 Mcf por año, lo cual da un aumento anual en la producción de 7,300 Mcf. Suponiendo una reparación (workover) por año previo a la instalación, el cambio a un sistema de aspiración de émbolo también brinda 2 Mcf de emisiones evitadas por año. El proyecto se beneficia en forma importante por el valor de rescate del equipo de balancín excedente, generando un retorno inmediato. Aún si no se recupera el valor de rescate, el proyecto

Ilustración 11: Impacto del precio del gas en el análisis económico

	\$3/Mcf	\$5/Mcf	\$7/Mcf	\$8/Mcf	\$10/Mcf
Valor del gas ahorrado	\$21,972	\$36,620	\$51,268	\$58,592	\$73,240
Período de retorno (meses)	3	2	2	2	2
Tasa Interna de Retorno (TIR)	436%	624%	813%	907%	1095%
Valor neto actual (i=10%)	\$120,630	\$176,157	\$231,684	\$259,448	\$314,976

Instalación de sistemas de aspiración de émbolo en pozos de gas

(Continuación)

Ilustración 12: Cambio en los promedios de producción debido a la instalación de sistema de aspiración de émbolo en Midland Farm Field, Texas

^a Pozo #	Producción antes del sistema de aspiración de émbolo			Producción 30 días después de la instalación		
	Gas (Mcf/d)	Petróleo (Bpd)	Agua (Bpd)	Gas (Mcf/d)	Petróleo (Bpd)	Agua (Bpd)
1	233	6	1	676	5	1
2	280	15	1	345	15	1
3	240	13	2	531	33	11
4	180	12	2	180	16	3
5	250	5	2	500	5	2
6	95	8	2	75	12	0
7	125	13	1	125	14	0
8	55	6	1	55	13	2
9	120	45	6	175	40	0
10	160	16	3	334	17	3
11	180	7	12	80	6	6
12	215	15	4	388	21	2
13	122	8	8	124	12	7
14	88	5	10	23	9	1
Promedio	167	12	4	258	16	3

^a Todos los pozos son de aproximadamente 11,400 pies de profundidad.

Fuente: World Oil, Noviembre, 1995.

Ilustración 13: Economía de BP al reemplazar los balancines por sistemas de aspiración de émbolos

Ahorros anuales de gas ^a (Mcf/año)	Valor del gas ahorrado por año ^b	Costo de instalación del sistema de aspiración de émbolo por pozo	Costo de reparación de varillas evitado por pozo por año	Tratamiento químico evitado por pozo por año	Costos eléctricos evitados por pozo por día	Promedio de ahorros por pozo ^c	Valor de rescate adicional del balancín por pozo
11,274	\$78,918	\$13,000	\$4,000	\$13,000	\$20	\$90,200	\$41,500

^a Promedio de producción inicial de gas = 1,348 Mcfd. Asume una declinación anual de 6 %.

^b Gas valuado en \$7.00 por Mcf.

^c Valor ahorrado como promedio de los 14 pozos.

Instalación de sistemas de aspiración de émbolo en pozos de gas (Continuación)

puede generar un retorno luego de apenas unos pocos meses, dependiendo de la productividad del pozo.

- ★ **La economía de evitar purgas con un sistema de aspiración de émbolo**. La Ilustración 10 utiliza datos de la Ilustración 8 para evaluar la economía de un pozo hipotético de 100 Mcfd en el cual se instala un sistema de aspiración de émbolo para reemplazar la purga como método para remover líquido del pozo. Suponiendo un aumento de producción de 20 Mcf por día, el aumento en la producción anual es de 7,300 Mcf. Además, habrá ahorros de las emisiones evitadas durante la purga. Suponiendo 12 purgas de una hora por año, las emisiones evitadas serán de 24 Mcf por año.

Al evaluar las opciones para la instalación de sistemas de aspiración de émbolo en los pozos de gas, el precio del gas natural puede influir en el proceso de decisiones. La Ilustración 11 muestra un análisis económico a diferentes precios de gas de la instalación de un sistema de aspiración de émbolo en lugar de ventear un pozo a la atmósfera para elevar el fluido acumulado.

Casos testigo

Yacimiento Midland Farm de BP (antes Amoco)

La Corporación Amoco, socio de Natural Gas STAR (ahora unida a BP), documentó su éxito al reemplazar los equipos de balancines y varillas de bombeo por sistemas de aspiración de émbolo en su yacimiento de Midland Farm. Previo a la instalación de sistemas de aspiración de émbolo s, Amoco usaba instalaciones de balancín con sartas de varillas de fibra de vidrio. El equipo de elevación consistía básicamente en unidades de bombeo de 640 pulgadas-libra impulsadas por motores de 60 HP. El personal notó que los pozos en el yacimiento estaban teniendo problemas con el recubrimiento de parafina del pozo y las varillas de bombeo, lo cual bloqueaba el flujo de fluido e interfería con el movimiento de las varillas de bombeo de fibra de vidrio. Se vio a los sistemas de aspiración de émbolo como una solución posible para inhibir la acumulación de parafina en el pozo.

Amoco comenzó su programa de reemplazo de sistemas de aspiración de émbolo con un proyecto piloto en un sólo pozo. Basada en el éxito de este esfuerzo inicial, luego expandió el proceso de reemplazo a todo el yacimiento. Como resultado del éxito en el yacimiento Midland Farm, instaló 190 sistemas de aspiración de émbolo en sus

locaciones en Denver City y Sundown, Texas, reemplazando los balancines.

Costos and Beneficios

Amoco estimó que la instalación de un sistema de aspiración de émbolo —incluyendo el equipo y la conversión de tubería de producción promedió \$13,000 por pozo (los costos piloto iniciales fueron más altos que el promedio durante la fase de aprendizaje, y se incluye el costo de la conversión de la tubería de producción).

Ilustración 14: Programa de sistemas de aspiración de émbolo en Big Piney, Wyoming

Pozo #	Volumen de emisiones antes del sistema de aspiración de émbolo (Mcf/año/pozo)	Volumen de emisiones después del sistema de aspiración de émbolo (Mcf/año/pozo)	Reducción anualizada (Mcf/año/pozo)
1	1,456	0	1,456
2	581	0	581
3	1,959	318	1,641
4	924	0	924
5	105	24	81
6	263	95	168
7	713	80	633
8	753	0	753
9	333	0	333
10	765	217	548
11	1,442	129	1,313
12	1,175	991	184
13	694	215	479
14	1,416	1,259	157
15	1,132	708	424
16	1,940	561	1,379
17	731	461	270
18	246	0	246
19	594	0	594
Totales	17,222	5,058	12,164

Instalación de sistemas de aspiración de émbolo en pozos de gas

(Continuación)

La compañía luego calculó los ahorros resultantes de los costos ahorrados en tres áreas—electricidad, reparación (workover) y tratamiento químico. En total, Amoco estimó que los costos evitados promediaron \$24,000 por año.

- ★ **Electricidad.** Se estimaron los ahorros basándose en 50 % de tiempo de carreras. Usando los costos de la Ilustración 6, los ahorros se estimaron en \$20 por día.
- ★ **Reparación (workover)** En promedio, Amoco tenía una reparación al año para arreglar partes de las varillas. Con los viejos sistemas de balancín, el costo de la operación era de \$4,000, promediando alrededor de \$11 por día.
- ★ **Tratamiento químico.** Los mayores ahorros se realizaron al evitar los tratamientos químicos. Amoco pudo ahorrar aproximadamente \$13,000 por pozo por año en control de parafina, ya que el émbolo al funcionar sacaba la acumulación de parafina en la tubería de producción.

Aumento en la producción de gas y en los ingresos

Con la instalación inicial del sistema de aspiración de émbolo, Amoco logró un aumento en la producción de gas de más de 400 Mcf por día. Al expandir la instalación de sistemas de aspiración de émbolo a todo el yacimiento, la compañía logró éxitos notables en muchos pozos—si bien algunos pocos mostraron poco o ningún cambio en el período de evaluación de 30 días. El aumento total en la producción (incluyendo el aumento en sí mismo y los ahorros al no tener emisiones) en todos los pozos en los cuales se habían instalado sistemas de aspiración de émbolo fue de 1,348 Mcf por día o de aproximadamente \$78,918 por pozo a precios del 2006. Las Ilustraciones 12 y 13 resumen los resultados iniciales y la economía del primer año de la instalación de sistemas de aspiración de émbolo en el yacimiento Midland Farm de Amoco. Además de los ahorros en gas y costos, Amoco obtuvo una ganancia de la venta de las unidades de bombeo y motores excedentes, generando un ingreso adicional de \$41,500 por instalación.

Análisis

En la Ilustración 13 puede verse un resumen de los costos y beneficios asociados con el programa de instalación de sistemas de aspiración de émbolo de Amoco. En el primer año de funcionamiento, la compañía logró ahorros anuales de aproximadamente \$90,200 por pozo a valores del 2006. Además de esto, también generó \$41,500 por pozo por la venta del equipo de balancín a costos del 2006.

Yacimiento *Big Piney* de ExxonMobil

La compañía socia de Natural Gas STAR Mobil Oil Corporation (ahora unida con Exxon) ha instalado sistemas de aspiración de émbolo en 19 pozos. Los dos primeros fueron instalados en 1995, y los restantes en 1997. Como resultado de estas instalaciones, Mobil redujo las emisiones de gas por purga totales en 12,164 Mcf por año. Además de la reducción en emisiones de metano, el sistema de aspiración de émbolo redujo el venteo de etano (6% por volumen), hidrocarburos C3 +VOCs (5%), e inertes (2%). La Ilustración 14 muestra las reducciones de emisiones para cada pozo con posterioridad a la instalación del sistema de aspiración de émbolo.

Consejos de instalación

Las siguientes sugerencias pueden ayudar a asegurar la instalación de un sistema de aspiración de émbolo sin inconvenientes:

- ★ **No use un packer de terminación porque éste limita la cantidad de producción de gas por carrera del émbolo.** Sin un packer de terminación todo el espacio anular vacío puede crear un suministro de gas comprimido importante. A mayor volumen de gas, mayor el volumen de agua que puede sacarse.
- ★ **Verifique con un calibre anular si hay obstrucciones en la tubería de producción antes de la instalación.** Las obstrucciones en la tubería de producción entorpecen el movimiento del émbolo y puede necesitarse el reemplazo de la tubería de producción.
- ★ **Capture el émbolo luego de la primera carrera.** La inspección del émbolo para verificar la presencia de cualquier daño, arena, o incrustación ayudará a prevenir cualquier dificultad operacional del sistema de aspiración de émbolo, permitiendo una reparación inmediata mientras aún se encuentra el personal y equipos de instalación en el lugar.

Lecciones aprendidas

Los sistemas de aspiración de émbolo ofrecen varias ventajas en comparación a otros tratamientos remediales para retirar los fluidos de reservorio del pozo: aumento de ventas de gas, aumento de la vida del pozo, disminución de mantenimiento, y disminución de las emisiones de metano. Debe considerarse lo siguiente al instalar un sistema de aspiración de émbolo:

Instalación de sistemas de aspiración de émbolo en pozos de gas

(Continuación)

- ★ Las instalaciones de sistemas de aspiración de émbolo pueden ofrecer retornos rápidos y rentabilidad alta de las inversiones, ya sea que reemplacen a un balancín o a una purga.
- ★ Las instalaciones de sistemas de aspiración de émbolo pueden reducir enormemente la cantidad de trabajo remedial necesitado a lo largo de la vida del pozo y la cantidad de metano venteada a la atmósfera.
- ★ Un análisis económico de la instalación de un sistema de aspiración de émbolo debe incluir el aumento en la productividad del pozo, así como la extensión de la vida útil del mismo.
- ★ Aún cuando la presión del pozo declina por debajo de la necesaria para elevar el émbolo y los líquidos contra la contrapresión de la línea de venta, un émbolo es más eficiente al retirar líquidos con el pozo venteando a la atmósfera que simplemente ventearlo sin un sistema de aspiración de émbolo .
- ★ Incluir las reducciones de emisiones de metano por la instalación de sistemas de aspiración de émbolo en los informes anuales remitidos como parte del Programa Natural Gas STAR.

Referencias

- Abercrombie, B. "Plunger Lift" in *The Technology of Artificial Lift Methods*, Vol. 2b, by K.E. Brown. PennWell Publishing Co., 1980 (pp. 483-518).
- Beauregard, E., and P.L. Ferguson. *Introduction to Plunger Lift: Applications, Advantages and Limitations*. SPE Paper 21290 presented at the Rocky Mountain Regional Meeting of the Society of Petroleum Engineers, Billings, MT, May 1982.
- Beeson, C.M., D.G. Knox, and J.H. Stoddard. *Plunger Lift Correlation Equations and Nomographs*. Paper 501-G presented at AIME Petroleum Branch Meeting, New Orleans, LA, October 1995.
- Bracy, C.L., and S.J. Morrow. *An Economic Assessment of Artificial Lift in Low Pressure, Tight Gas Sands in Ochiltree County, Texas*. SPE Paper 27932 presented at the SPE Mid-Continent Gas Symposium, Amarillo, TX, May 1994.
- Christian, J., Lea, J.F., and Bishop, B. *Plunger Lift Comes of Age*. World Oil, November 1995.
- EVI Weatherford, personal contact.
- Ferguson, Paul L., and Beauregard, E. *Will Plunger Lift Work in My Well*. Southwestern Petroleum Short Course, (pp. 301-310), 1988.
- Fishback II, J. William, Exxon-Mobil, personal contact.
- Foss, D.L., and R.B. Gaul. *Plunger-Lift Performance Criteria with Operating Experience—Ventura Avenue Field*. Drilling and Production Practice. American Petroleum Institute, 1965 (pp. 124-140).
- Gregg, David, Multi Products Company, personal contact.
- GRI—EPA, Research and Development, *Methane Emissions from the Natural Gas Industry, Volume 2: Technical Report*. Prepared for the Energy Information Administration, GRI 94/0257.1, June 1996.
- GRI—EPA, Research and Development, *Methane Emissions from the Natural Gas Industry, Volume 7: Blow and Purge Activities*. Prepared for the Energy Information Administration, GRI 94/0257.24, June 1996.
- Lea, J.F. *Dynamic Analysis of Plunger Lift Operations*. SPE Paper 10253 presented at the 56th Annual Fall Technical Conference and Exhibition, San Antonio, TX, October 1981.
- McAllister, E.W. *Pipe Line Rules of Thumb Handbook*, Fourth Edition. Gulf Publishing Company, 1998 (pp. 282-284).
- O'Connell T., P. Sinner, and W.R. Guice. *Flexible Plungers Resolve CT, Slim Hole Problems*. American Oil and Gas Reporter, Vol. 40 No. 1 (pp 82-85).
- Paugh, Len, Lomak Petroleum, personal contact.
- Phillips, Dan and Listik, Scott. *How to Optimize Production from Plunger Lift Systems*. World Oil, May 1998.
- Plunger Lift Systems, Inc., personal contact.
- Schneider, T., S., and Mackey, V. *Plunger Lift Benefits Bottom Line for a Southeast New Mexico Operator*. SPE Paper 59705 presented at the Permian Basin Oil and Gas Recovery Conference, Midland, TX , March 2000.
- Smith, Reid, BP, personal contact.
- Tingley, Kevin, U.S. EPA Natural Gas STAR Program, personal contact.
- Walls, Brad, Resource Production Company, personal contact.
- Well Master Corporation, personal contact.
- Wellco Service Corporation, personal contact.

Apéndice

Estimación del aumento de producción en pozos en declive.

De *Fundamentals of Reservoir Engineering* de Dake se puede usar la siguiente ecuación para calcular el aumento de flujo en el fondo del pozo para la presión reducida que puede observarse al usar un sistema de aspiración de émbolo . Una ecuación de ingreso de fluido en un estado semi-continuo puede expresarse como:

$$m(p_{avg}) - m(p_{wf}) = [(1422 \times Q \times T)/(k \times h)] \times [\ln(r_e/r_w) - 3/4 + S] \times (8.15)$$

Donde,

$m(p_{avg})$ = promedio de pseudo presión de gas real

$m(p_{wf})$ = flujo del pozo de gas a pseudo presión

Q = tasa de producción de gas

T = temperatura absoluta

k = permeabilidad

h = altura de la formación

r_e = radio límite externo

r_w = radio del pozo

S = factor de daño mecánico

Después de que los parámetros del reservorio están reunidos, esta ecuación puede ser resuelta para Q para el flujo retardado con los fluidos en el pozo (condiciones actuales y curva de declinación actual), y Q sin fluido en el pozo (sistema de aspiración de émbolo activo y curva de declinación mejorada). Este es un lineamiento y se les recuerda a los operarios convocar a un ingeniero de reservorios para ayudar en su determinación.

Técnica alternativa para calcular las emisiones evitadas al reemplazar las purgas.

Una estimación conservadora de los volúmenes de venteado puede hacerse por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Volumen venteado anual, Mscf/año} = (0.37 \times 10^{-6}) \times$$

$$(\text{Diámetro de la tubería de revestimiento})^2 \times \text{Profundidad del pozo} \times \text{Presión estática} \times \text{Purgas anuales}$$

Ilustración A1: Ejemplo — emisiones evitadas estimadas de las purgas

Diámetro de la tubería de revestimiento	8 pulgadas
Profundidad del pozo	10,000 pies
Presión estática	214.7 psig
Venteos anuales	52 (venteos semanales)
Volumen venteado anual = $(0.37 \times 10^{-6}) \times 8^2 \times 10,000 \times 214.7 \times 52 = 2,644$ Mscf/año	

Donde se expresa el diámetro de la tubería de revestimiento en pulgadas, la profundidad en pies y la presión estática en psig. La Ilustración A1 muestra un cálculo de ejemplo.

Este es el volumen mínimo de gas que se ventearía a presión atmosférica de un pozo que dejó de fluir a la línea de venta debido a que una carga de líquido se ha acumulado en la tubería de producción igual a la diferencia de presión entre la presión de la línea de venta y la presión estática del pozo. Si la presión estática es superior a 1.5 veces la presión de la línea de venta, como se necesita para la instalación de un sistema de aspiración de émbolo en la Ilustración 2, entonces el volumen de gas en la tubería de revestimiento a presión estática debería ser mínimamente suficiente como para empujar el líquido en la tubería de producción a la superficie como flujo tapón cuando la contrapresión está reducida a 0 psig. Los socios pueden estimar el tiempo mínimo para ventear el pozo usando este volumen y la formula de flujo de gas de Weymouth (creada para diámetros de caño, longitudes y caídas de presión comunes en las Tablas 3, 4, y 5 del libro *Pipeline Rules of Thumb Handbook*, cuarta edición, p.p 283 y 284).

Instalación de sistemas de aspiración de émbolo en pozos de gas

(Continuación)



**United States
Environmental Protection Agency
Air and Radiation (6202J)
1200 Pennsylvania Ave., NW
Washington, DC 20460**

Octubre 2006

La EPA ofrece los métodos de estimar emisiones de metano en este documento como una herramienta para desarrollar estimaciones básicas de las emisiones de metano. Las formas de estimar emisiones de metano que se encuentran en este documento pueden no conformar con los métodos de la Regla para Reportar Gases de Efecto Invernadero 40 CFR Parte 98, Subparte W y otras reglas de la EPA en los Estados Unidos.