

NUEVAS TENDENCIAS EN LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL: SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL COMBINADOS

D. C. HERRERA GÓMEZ *, S. J. ORTIZ JÁCOME ‡



ESCUELA DE PETRÓLEOS

Resumen

Existe poco conocimiento en el medio petrolero acerca de la combinación de sistemas de levantamiento artificial. Este artículo tiene como fin recopilar las principales combinaciones de sistemas de levantamiento artificial que se pueden presentar en la industria. Hoy, cuando estos sistemas poseen un alto grado de desarrollo técnico y tecnológico, se hace fundamental aprovechar las ventajas de cada uno y tratar de disminuir la incidencia de sus limitaciones en el comportamiento de la producción.

There is a remarked unknowledgement in the Petroleum area about artificial lift systems combination. This paper has the purpose to compile the main combinations of artificial lift systems. Today, when this systems have a great technical and technological development, is very important profit the advantages of each one and try to decrease the limitation's influence in the production performance.

Palabras Claves: *Sistemas de levantamiento, bombeo eléctrico, cavidades progresivas, neumático.*

SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de un campo petrolífero pocas veces se da el caso de una producción con las tasas esperadas. Para que este desarrollo sea viable se requiere optimizar la producción. Los sistemas de levantamiento artificial suministran al yacimiento la energía necesaria para que los pozos produzcan los volúmenes de fluido deseados.

Cada sistema de levantamiento artificial posee características muy particulares que lo diferencian de otro por sus ventajas y limitaciones, ya que, aunque en la mayoría de los casos se puede trabajar con más de un sistema, a la hora de escoger, se hace un balance y se escoge finalmente el que sea más benéfico desde el punto de vista técnico y sobretodo económico.

Para efectos prácticos los parámetros de mayor incidencia en la escogencia de un sistema en particular son:

- Tasa de producción
- Presión de fondo fluyendo, p_{wf}
- Relación gas aceite
- Tipo de completamiento
- Conocimiento de la aplicación de la tecnología por parte del equipo de producción.
- Costo inicial del equipo y mantenimiento posterior del mismo

En este orden de ideas, lo que se presenta en este artículo es la posibilidad de comparar estas ventajas y limitaciones de cada uno de los sistemas para mostrar soluciones integrales: soluciones que respondan a las necesidades que se puedan tener en varios casos, con el fin de escoger un sistema de levantamiento artificial combinado que cumpla con la mayor cantidad de parámetros técnicos y económicos involucrados; de tal forma, que se aproveche al máximo las ventajas de cada uno y se reduzcan las limitaciones a lo más mínimo posible.

Otros parámetros importantes a la hora de seleccionar el sistema de levantamiento más apropiado son:

- Gravedad y viscosidad del crudo
- Profundidad y diámetro del pozo
- Angulo de desviación del pozo

- Producción de arenas y sólidos (de acuerdo al tipo de formación)
- Depositación de parafinas

SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL COMBINADOS

En el campo de la ciencia, muchas veces las grandes aplicaciones a la tecnología se encuentran a nuestro alrededor hasta que alguien propone una idea que cambia. La combinación de sistemas de levantamiento artificial no es un descubrimiento que se hace como tal, más bien es el resultado de volver a examinar las propiedades de cada sistema para hacerlo útil en una situación bajo condiciones que aparentemente no son del todo favorables.

Un sistema de levantamiento artificial combinado puede resultar benéfico o perjudicial para el desarrollo de un campo de acuerdo al éxito que se tenga a la hora de evaluar los distintos parámetros de selección, de igual forma que en la escogencia de un sistema tradicional.

Esta selección puede verse reflejada en:

- Aumento o disminución de la tasa de producción.
- Incremento de la flexibilidad operacional del sistema (ya que se va a contar permanentemente con un sistema de levantamiento adicional en caso de fallas en el sistema primario).
- Ahorro en costos de equipos, energía, tratamientos y mantenimiento.
- Aumento o disminución de la vida productiva del yacimiento así como del recobro de hidrocarburos del mismo.
- Aumento o disminución en el control de formación de parafinas e incrustaciones.
- Capacidad de operar bajo condiciones mecánicas no muy apropiadas para alguno de los sistemas involucrados.

Es de suponer, por lo tanto, que con una combinación apropiada se pueden lograr excelentes resultados para el desarrollo de cualquier campo por levantamiento artificial.

Este artículo presenta las combinaciones que han sido realizadas en nuestro país y en otras partes del

mundo, siendo el ELECTROGAS (combinación de bombeo electrosumergible y levantamiento neumático) del cual se tiene la mayor información por ser el sistema más aplicado actualmente.

Con el fin de ilustrar al lector, se presentan los completamientos de varios de los casos y la descripción de su funcionamiento, dejando un espacio abierto para nuevas propuestas que mejoren el desempeño y la calidad de los mismos ya que es de suponer que para cada campo hay que pensar en una aplicación en particular. También se incluyen otras alternativas de las cuales no existe literatura al respecto pero servirán como base para el inicio de nuevos proyectos en esta área.

Bombeo Electrosumergible (ESP) + Levantamiento Neumático (GL)

El principio fundamental de la operación de este sistema es la reducción del peso de la columna de líquido mediante la inyección de gas, lo cual se traduce en la disminución de requerimiento de potencia de la bomba debido a una menor diferencia entre la presión de succión y la de descarga. Con la aplicación de esta combinación se logra operar con un sistema de mucha flexibilidad al tiempo que se reducen costos al usar bombas de menor tamaño y con menor requerimientos de potencia.

En la Figura 1, el punto A es el punto actual de descarga de una bomba electrosumergible y el punto B, es el punto de descarga para una columna de fluido ligera debido a la inyección de gas. El valor de presión en B se extiende hasta C sobre la curva de gradiente de el sistema regular y que representa un punto equivalente en presión pero a diferente profundidad para la bomba. Esto significa, que C es el nuevo nivel de presión requerido para diseñar la bomba que levantará la correspondiente tasa de fluido. El punto D representa la nueva profundidad, o profundidad equivalente, a la cual será diseñada la bomba para el sistema combinado. La diferencia de presión entre A y B representa menor energía para un sistema de levantamiento artificial en términos de cabeza dinámica de fluido.

El diseño de este sistema posee diferentes alternativas dependiendo de las condiciones de cada pozo (estado mecánico), las cuales van desde la inyección de gas en el anular a través de mandriles, hasta la inyección por medio de tubería de inyección dentro de la tubería de producción.

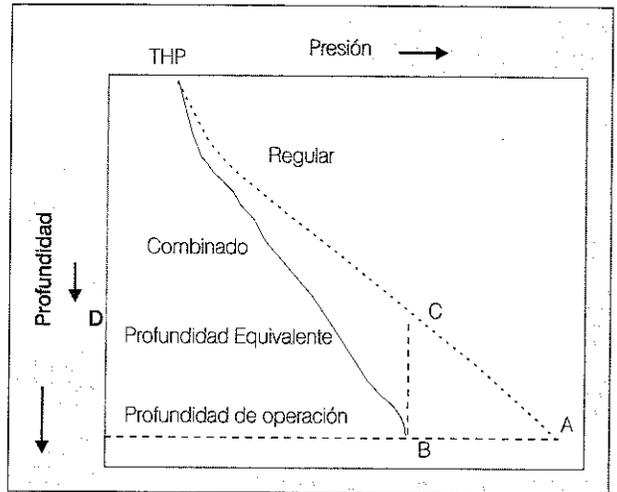


FIGURA 1. Profundidad equivalente de la bomba por aligeramiento de la columna por inyección de gas

Llamado comúnmente *Electrogas* es la combinación de un sistema de bombeo electrosumergible con un Levantamiento Neumático. En Colombia fue aplicado exitosamente en el Campo Balcón de la compañía Hocol S.A., ubicado en el Valle superior del Magdalena, muy cerca de la ciudad de Neiva (Huila).

En este caso se obtuvieron grandes beneficios como un aumento en la tasa de producción, disminución en costos de equipos y demanda de energía; todo lo anterior sumado a la gran flexibilidad generada por el sistema.

También fue aplicado en el Campo Trinidad, ubicado en los Llanos Orientales, en donde tuvo que ser reemplazado más tarde ya que no se tuvieron en cuenta factores mecánicos del pozo determinantes como la reducción del área en la tubería de producción al introducir dentro de ésta la tubería de inyección (coiled tubing), disminuyendo así la tasa de producción del pozo.

En un campo situado costa afuera en el noroeste de Java se produjo inicialmente por bombeo electrosumergible. Durante el desarrollo del campo, fue descubierta una capa de gas la cual dio origen a un proyecto de levantamiento neumático. Con la disminución posterior de la presión en esta zona, acompañada de la reducción en los volúmenes para inyección, se decidió implementar de nuevo el bombeo electrosumergible como sistema de levantamiento. Pensando en aprovechar esta fuente de gas parcialmente depleta, se implementó un sistema de levantamiento artí-



ficial combinado ESP-GL, el cual tenía al ESP como sistema primario y al GL como sistema secundario o de apoyo en el caso de una eventual falla. En este caso fue importante tener un sistema de apoyo debido a la pérdida de producción generada por las fallas en las bombas y el gran tiempo de reparación que éstas exigen.

Las Figuras 2a y 2b muestran un esquema típico de un sistema de levantamiento artificial por Electro gas.

Bombeo Electrosumergible (ESP) + Cavidades Progresivas (PCP)

Con este bombeo se aprovecha la gran capacidad para manejar sólidos y crudos pesados, propia del

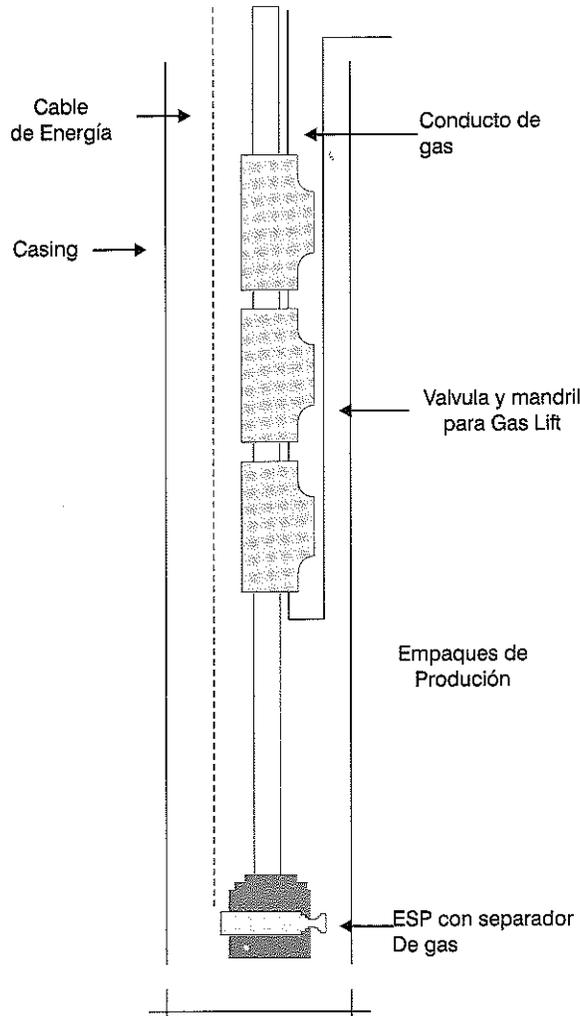


Figura 2a. Esquema de la instalación de Electro gas usando un conducto de gas

Bombeo por Cavidades Progresivas con la alta eficiencia para levantar grandes volúmenes del Bombeo Electro-sumergible (el cual no tolera sólidos). Mediante el uso de un equipo de motor, transmisión y rotor especial el pozo puede producir con eficiencias mejoradas.

Bombeo De Cavidades Progresivas (PCP) + Levantamiento Neumático (GL)

Este sistema combina la eficiencia volumétrica y la capacidad de manejo del crudo pesado, características proporcionadas por el bombeo de cavidades progresiva, con la habilidad de reducción de densidad del fluido del levantamiento neumático. Típicamente en

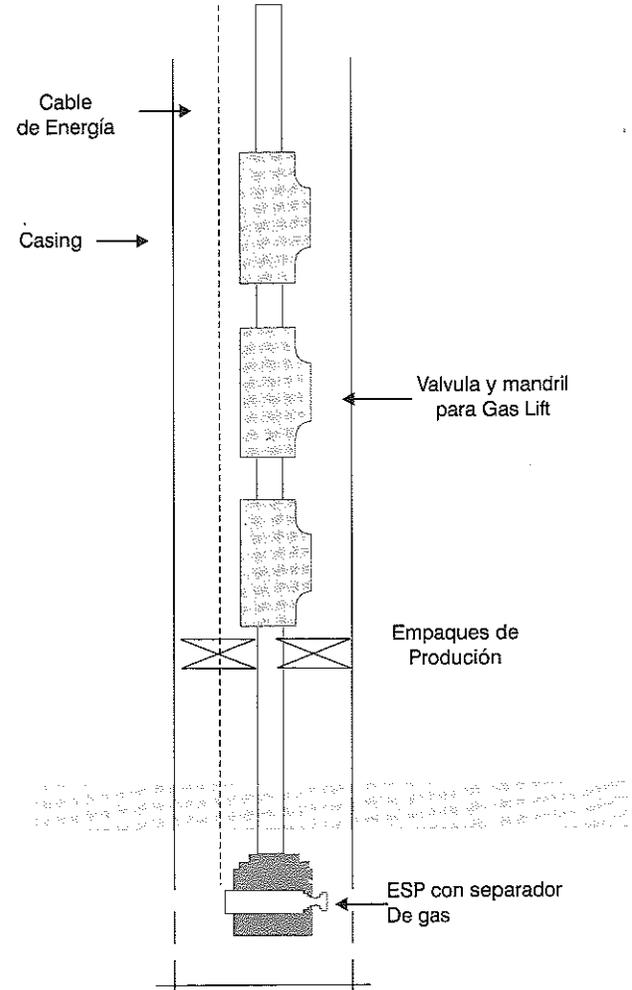


FIGURA 2b. Esquema de instalación de Electro gas usando un separador de gas y empaques de producción.

el levantamiento neumático, el gas es inyectado por encima de la bomba de cavidades progresivas causando que la cabeza dinámica del fluido se reduzca significativamente y por consiguiente se mejore el comportamiento de la bomba. En algunos casos la cabeza del líquido puede ser reducida por encima del 40%.

Bombeo Electrosumergible (ESP) + Bombeo Hidráulico

El sistema utiliza una bomba electrosumergible con separador de gas en fondo acompañada una bomba hidráulica diseñada especialmente para este propósito. El gas es separado debajo de la bomba electrosumergible y se ventea por el anular. La bomba hidráulica localizada encima de la electrosumergible se impulsa por el fluido descargado de la bomba electrosumergible. Este gas es impulsado dentro de la corriente de la tubería, mezclándose por encima de la bomba electrosumergible y disminuyendo la cabeza del líquido lo cual mejora la eficiencia del sistema.

Levantamiento Neumático (GL) + Levantamiento Por Pistón

Esta combinación se utiliza para aumentar la eficiencia en sistemas de levantamiento neumático intermitente. En muchas instalaciones de levantamiento neumático de gran profundidad, el gas inyectado puede atravesar el bache antes de que éste alcance la superficie. La eficiencia del levantamiento puede ser incrementada significativamente mediante un pistón para formar una interface entre el gas inyectado y el bache de fluido. El pistón provee un sello superior entre el gas inyectado y el bache de líquido mientras éste viaja hacia la superficie incrementando la eficiencia y el recobro del fluido producido. Típicamente se instala una tubería concéntrica como la tubería de carrete (coiled tubing), dentro de la tubería de producción con una bomba tipo jet en el fondo. El fluido de potencia es inyectado debajo del anillo concéntrico donde los fluidos del pozo se mezclan con el fluido de potencia pasando a través de la bomba tipo jet y siendo producidos en la parte superior de la tubería de producción. El gas de levantamiento es inyectado por encima de la bomba hidráulica reduciendo la cabeza de líquido e incrementando la eficiencia del sistema.

Bombeo Mecánico/ Levantamiento Neumático (GL)

Consiste en combinar la eficiencia del levantamiento del bombeo mecánico y la disminución en la cabeza del líquido proporcionada por el levantamiento neumático. De esta forma se consigue disminuir en valores que van del 20 al 30% los requerimientos de equipo en superficie para un caso dado.

Esta combinación fue aplicada exitosamente en el campo Tello, de la compañía Hocol S.A. en Colombia (zona alta del Valle del Magdalena).

Aunque no es común encontrar bibliografía relacionada con estas aplicaciones, actualmente la combinación de estos métodos de levantamiento artificial se considera clave en el futuro inmediato de la Ingeniería de Petróleos, motivo por el cual, es importante difundir todo lo relacionado con este tema.

CONCLUSIONES

Dada la importancia de innovar en procura de un mejor desarrollo de los campos petrolíferos, es indispensable considerar como una gran alternativa el empleo de sistemas combinados de levantamiento artificial.

Al momento de evaluar la aplicación de un sistema de levantamiento combinado, deben tenerse en cuenta todos los parámetros que influyen en el funcionamiento de cada uno de los sistemas por separado, de esto dependerá el éxito o fracaso del proyecto.

Es necesario motivar entre los miembros de la industria petrolera un deseo de reevaluación de las opciones a la hora de escoger un sistema de levantamiento artificial.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a todas las personas que colaboraron con la realización de este artículo y muy especialmente a:

Ing. Zamir Quizena Espinosa. *New Gas and Oil Ltda.*

Ing. Carlos Leal. *Hocol S.A.*



BIBLIOGRAFÍA

Borja, H., y Castaño, R., 1999. "Production Optimization by Combined Artificial Lift Systems in Two Colombian Fields". SPE 53966.

Santoso, B.T., y Priyandoko, P., 1999. "Gas Lift Application in Offshore Northwest Java Production Sharing Contract". SPE 56665.

Divine, D. L., Eads, P.T, Lea, J.F, y Winkler, H.W., 1990. "Combination Gas Lift/ESP System Increases Flexibility". Worl oil, October.

<http://www.weatherford.com>

AUTORES



Delimar Cristóbal Herrera Gómez
Estudiante de Ingeniería de Petróleos.
Capítulo Estudiantil SPE.
Universidad Industrial de Santander



Silvia Juliana Ortiz Jácome
Estudiante de Ingeniería de Petróleos.
Universidad Industrial de Santander

SEMANA TÉCNICA

Internacional De Ingeniería De Petróleos

MAYO 13/18 de 2002