

SISTEMAS NO CONVENCIONALES PARA POZOS DE BAJA PRODUCCIÓN

Segurado Juan José
Pan American Energy
Costa Luis.
Wood Group ESP

Sinopsis

Este trabajo describe la experiencia en la explotación de pozos de baja producción con sistemas Electrosumergibles y PCP. El estudio cubre 3 pozos operados por Pan American Energy en el área Piedra Clavada y Koluel Kaike, Distrito IV, Cuenca del Golfo San Jorge, Patagonia Argentina.

El yacimiento tiene en la actualidad 478 pozos activos productores de petróleo, de los cuales 267 son producidos mediante Bombeo Mecánico, 203 mediante ESP y 8 por PCP.

Tradicionalmente, el bombeo mecánico ha sido, de los sistemas de extracción, el mas utilizado para producir pozos de bajos caudales pero las frecuencias de intervenciones por razones mecánicas y presencia de sólidos motivó la búsqueda de nuevas tecnologías para poder garantizar una óptima explotación de los pozos, surgiendo como alternativas las bombas electrosumergibles de bajo caudal y las PCP insertables.

El primer equipo instalado fue una bomba electrosumergible TD-460 en el año 2005.

La situación actual es:

- Dos equipos electrosumergibles de bajo caudal; y
- Una PCP insertable.

Uno de los objetivos más importantes fue desarrollar el know-how necesario para operar estos tipos de bombas y desarrollar experiencias en campo.

Conclusiones

El análisis de la información obtenida derivó en:

- Mayor conocimiento de los sistemas;
- Reducción de Down Time;
- Optimización de la producción;
- Protección del equipamiento; y
- Reducción costos operativos.

Introducción

Panamerican Energy produce 16090 m3ppd en la cuenca del Golfo San Jorge con una totalidad de 2692 pozos productores. El Distrito IV se encuentra ubicado al norte de la provincia de Santa Cruz a 30 km de la localidad de Pico Truncado y está integrado por los yacimientos Piedra Clavada, El Valle y Koluel Kaike.

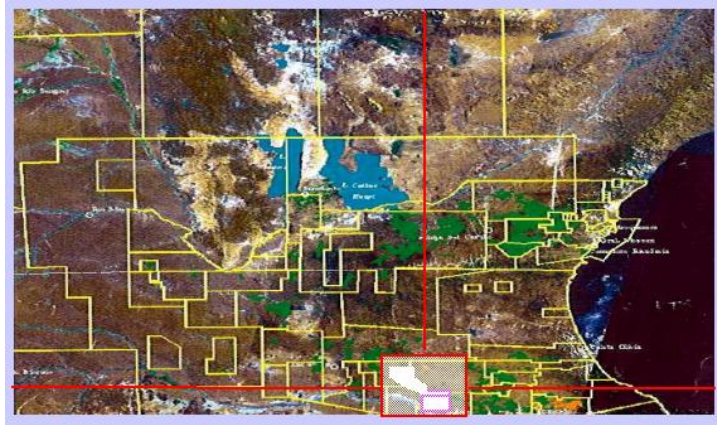


Gráfico 1 – Introducción al yacimiento

El distrito produce 53960 m3fpd con 1600 m3ppd. Tiene 200 pozos inyectoros y 478 pozos productores de los cuales 267 son producidos mediante bombeo mecánico, 203 con equipos electrosumergibles y 8 con sistemas PCP.

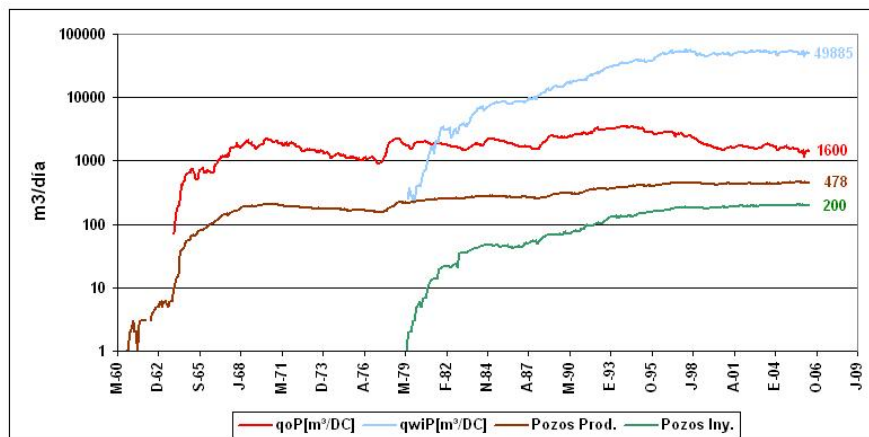


Gráfico 2 – Evolución de la Producción del Distrito IV

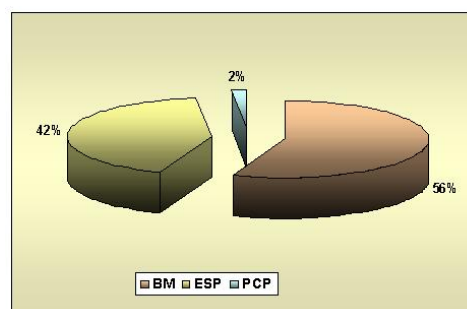


Gráfico 3 – Distribución de los sistemas de extracción

De la producción total del distrito el 73% es producido por sistema electrosumergible, 26 % mediante bombeo mecánico y el 1% restante por PCP. Considerando las cantidades de equipos instalados por sistemas obtenemos la media de producción por cada uno de ellos, lo cual da como resultado los siguientes valores.

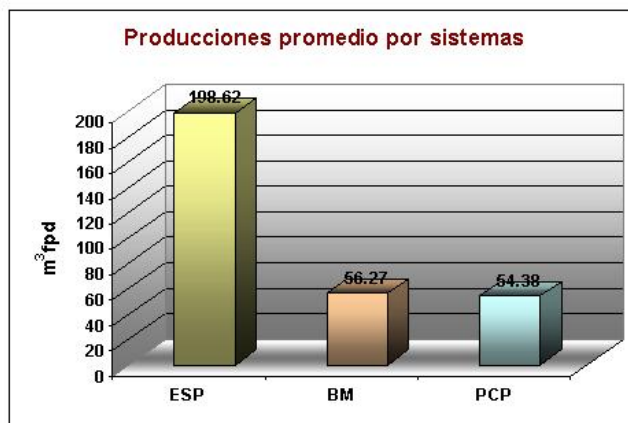


Gráfico 4 – Producciones promedios de los sistemas

Históricamente los pozos de baja producción eran explotados mediante bombeo mecánico con bombas insertables de diámetros reducidos y aparatos individuales de bombeo de carrera corta, con el menor régimen posible.

Debido a los incrementos en los índices de intervenciones de pulling, la búsqueda de optimización de la producción y protección de equipos, surgió la necesidad de buscar nuevas alternativas para lograr los objetivos establecidos, dando lugar al estudio de nuevos sistemas de extracción que no fueran bombeo mecánico. Las alternativas adoptadas fueron:

1. Bomba electrosumergible de bajo caudal

Consiste básicamente de un motor eléctrico de fondo, sellos protectores del motor, admisión (ingreso de fluido a la bomba), bomba centrífuga multietapa, cable de potencia y un control de superficie.

Este sistema tiene el mayor rango de caudal de producción de todos los sistemas de extracción, entre 30 m³/d a 5500 m³/d teniendo como parámetro de velocidad de giro 2917 rpm (50 Hz).

Si bien las velocidades de rotación son constantes, entre 50 Hz y 60 Hz, se ha extendido el uso de variadores de frecuencia lo cual permite una mayor amplitud en el rango de operación.

La bomba electrosumergible es utilizada para producir una variedad de fluidos que generalmente contienen gas, productos químicos, contaminantes varios y distintos cortes de agua. Los fluidos con altos contenidos de H₂S y CO₂ son considerados corrosivos y muy agresivos, pero pueden ser producidos utilizando materiales con recubrimientos especiales. La arena y otros contaminantes abrasivos se producen utilizando equipamientos y técnicas especiales.

Estos equipos pueden ser operados e instalados en pozos verticales, desviados y direccionados.

1.1 Instalación típica

La energía eléctrica del sistema de distribución es suministrada al motor de fondo a través de un transformador trifásico, éste a su vez energiza la instalación mediante un tablero de comando y desde allí es transportada al motor por el cable de potencia. El cable se baja junto a la columna de tubings durante la operación de “Instalación”, sujeto a la misma con flejes metálicos. El cable de potencia es conectado al motor mediante un cable mas delgado llamado extensión. La bomba centrífuga está localizada en la parte superior de la instalación de fondo y se vincula a la sarta de tubing por el cabezal de descarga. En la parte inferior de la bomba se encuentra la succión o “intake” la cual permite que el fluido ingrese a la bomba. El componente central es el sello (protector) que aísla al motor de los fluidos del pozo, absorbe los cambios de volumen en el aceite del motor debido a los cambios de temperatura, vincula mecánicamente al motor con la succión y absorbe las cargas axiales generadas por la bomba.

El componente inferior de toda la instalación es el motor, que suministra la energía mecánica para el funcionamiento de la bomba.

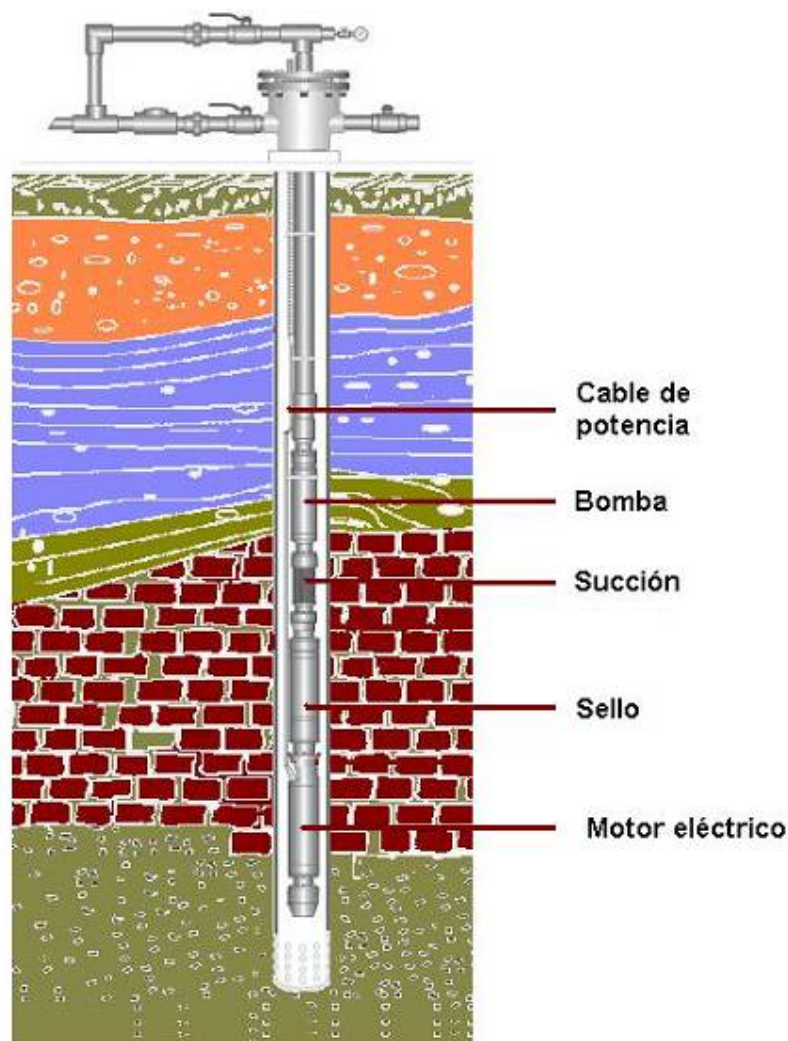


Gráfico 5 – Instalación tipo de bomba electrosumergible.

1.1.1 Motor eléctrico: suministra la energía mecánica para el trabajo de la bomba electrosumergible. Dicho elemento es de características eléctricas trifásica, bipolar con rotor jaula de ardilla. La velocidad nominal a 50 Hz. es de 2914 rpm y a 60 Hz. 3500 rpm. El motor es completado interiormente con aceite mineral refinado que le provee las propiedades dieléctricas, lubricación de los rodamientos y conductividad térmica. En el extremo superior posee un cojinete (thrust bearing) el cual tiene la función de soportar la carga axial del rotor del motor.

El calor generado durante la operación es disipado al fluido del pozo cuando el mismo fluye por la parte exterior del “housing” del motor (carcasa exterior). La velocidad mínima recomendada para asegurar la óptima refrigeración del motor es de 0.305 m/s. El motor debe instalarse por encima de las zonas productivas que aseguren mantener el caudal de refrigeración por arriba del valor recomendado. Para los casos que sea necesario producir capas inferiores que no superen el valor mínimo de refrigeración se pueden instalar equipos encamisados, lo cual obliga a pasar la totalidad del fluido del pozo por dentro de la camisa y de esta manera refrigerar el motor.

Los motores son fabricados en cuatro diferentes diámetros (series): 3.75, 4.56, 5.40, 7.25 pulgadas. A su vez, son fabricados de tal forma que pueden ser ensamblados en tandem según los requerimientos de potencia, cuando ésta no sea satisfecha por una sola.

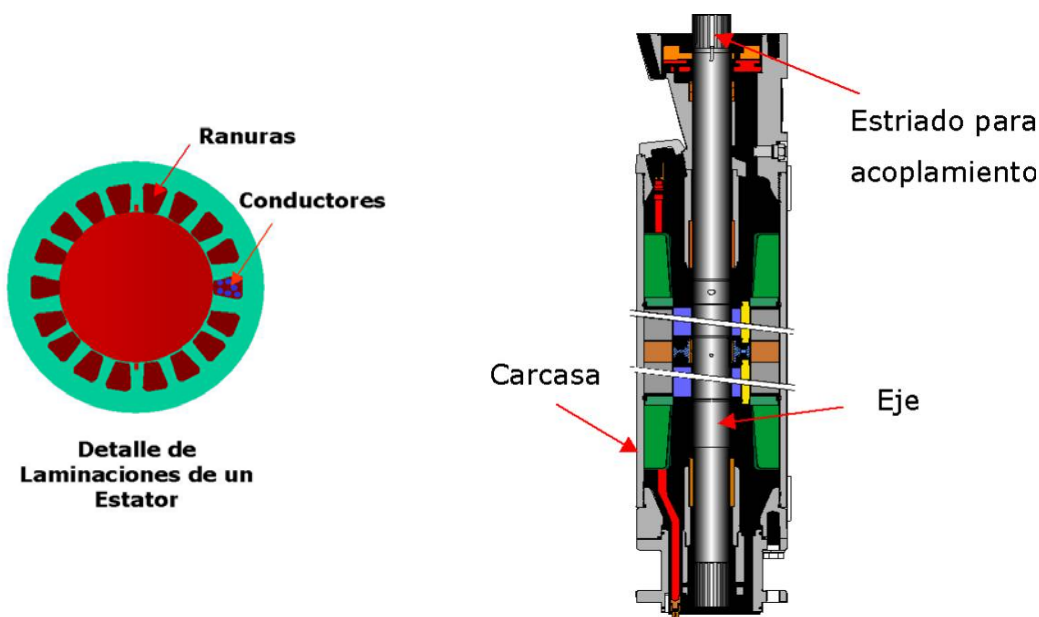


Gráfico 6 – Motor electrosumergible

1.1.2 Bomba: es del tipo centrífuga multietapa el modelo de etapa utilizada define el rango de caudales mínimo, máximo y óptimo para el cual fue diseñado. La cantidad de etapas determina la altura de elevación y la potencia requerida.

Cada etapa está constituida por un impulsor y un difusor. El impulsor es la parte rotante de la bomba, encargado de transformar energía cinética en energía potencial. El difusor es la parte estática de la bomba (solidaria al housing) que se encarga de conducir el fluido desde la descarga del impulsor a la succión del impulsor posterior.

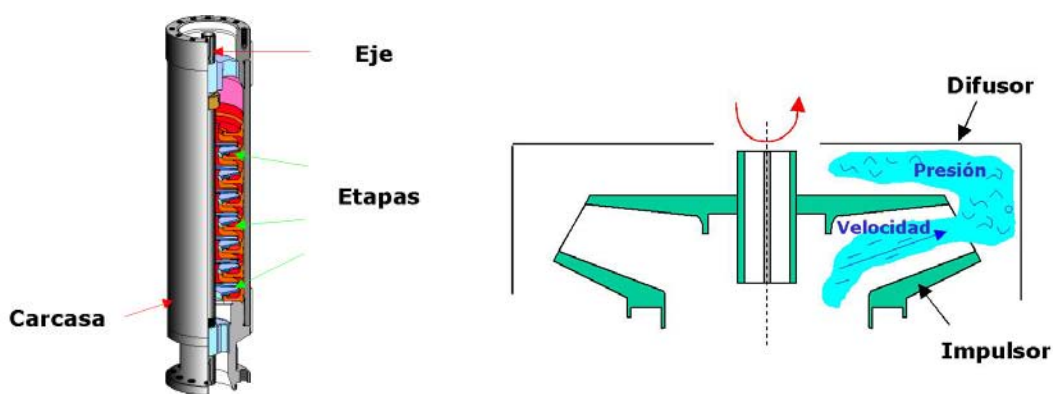


Gráfico 7 – Cuerpo de bomba electrosumergible

1.1.3 Sello: el principal propósito es aislar el aceite (del motor) del fluido producido, ecualizando la presión del interior del motor con la presión de fondo del pozo. Dentro de los diseños de sellos podemos encontrar los sellos con bolsa y los laberínticos.

El diseño con bolsa elástica funciona como barrera para contener la expansión térmica del aceite del motor durante la operación evita el contacto del fluido del pozo con el aceite que se encuentra en el interior del sello.

El diseño laberíntico usa la gravedad específica del fluido del pozo y del aceite del motor, previniendo que el fluido del pozo contamine al aceite.

El sello tiene cuatro funciones básicas:

- 1) Conecta la bomba al motor mecánicamente mediante bridas de ensamble y al eje mediante acoples;
- 2) Aloja los cojinetes que absorben la carga axial del eje de la bomba;
- 3) Aísla el aceite del motor del fluido del pozo, ecualizando la presión del interior del motor con la presión de fondo del pozo; y
- 4) Absorbe la expansión térmica del aceite, como resultado del incremento de la temperatura durante el funcionamiento o de la contracción térmica cuando se produce una parada del equipo.

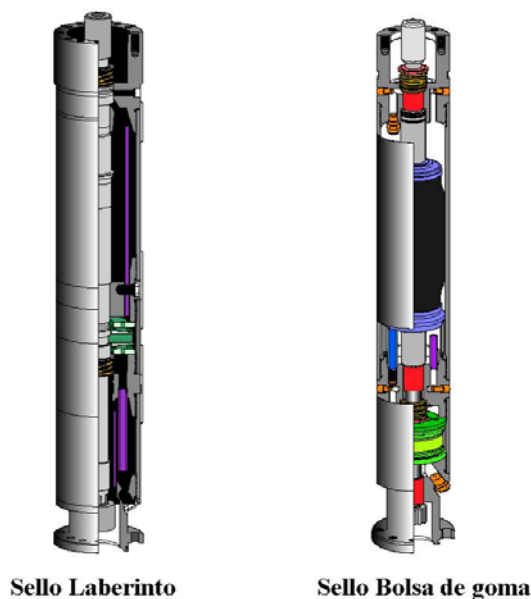


Gráfico 8 – Tipos de Sellos

1.1.4 Succión / Separador de Gas: dos tipos de succión son utilizados para permitir que el fluido ingrese a la bomba, el intake estandar y el intake con separador de gas.

El intake con separador de gas es utilizado en los casos que se necesita separar el gas del fluido bombeado; este gas es liberado desde el separador al anular del pozo.

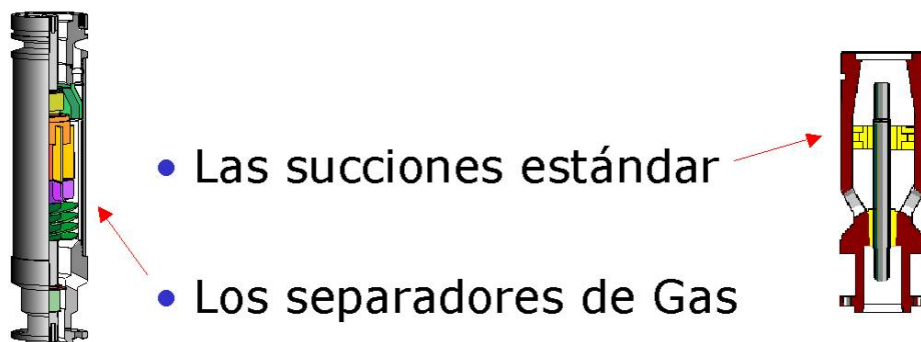


Gráfico 9 – Succión/Separador de Gas

1.1.5 Cable de potencia: la energía eléctrica es suministrada al motor de fondo por medio de un cable especial, actualmente estandarizado en tipo plano.

La protección mecánica está provista por una armadura de acero galvanizado o por Monel TM en ambientes extremadamente corrosivos.

El cable consta de tres conductores de cobre (uno por fase). Cada uno está recubierto con aislante (EPDM) y materiales que lo protegen mecánicamente aislándolo de los fluidos del pozo.

Dentro de los cables convencionales se encuentran aquellos que poseen un tubo capilar por el cual se puede dosificar productos químicos o solventes para llegar hasta el fondo de la instalación.

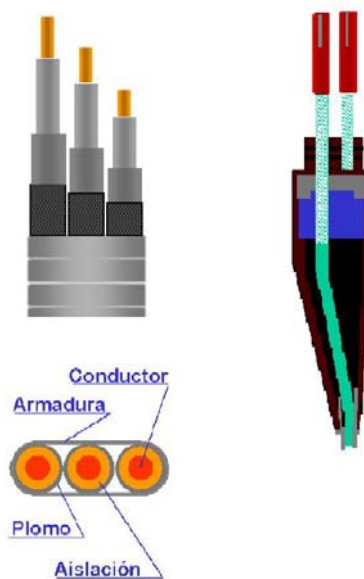


Gráfico 10 – Cable de potencia

1.1.6 Arrancador: es el comando utilizado para poner en servicio el equipo en forma directa. Posee una protección eléctrica, que dependiendo del modelo, protege la instalación de fondo a través de los siguientes parámetros: Corriente, tensión, factor de potencia, cortocircuito, rotor bloqueado y rotación de fases. A su vez, también permite almacenar historial de fallas.

El arrancador se encuentra provisto de un registrador que grafica el consumo de corriente de una de las fases del circuito eléctrico de potencia. Este gráfico es utilizado para analizar el funcionamiento de la bomba, el cual permite visualizar en que condiciones se encuentra trabajando el equipo.

1.2 Selección de equipos

A continuación se detallan los puntos a tener en cuenta para calcular y analizar las variables de diseño, en una instalación con bombeo electrosumergible.

1. **Datos de producción de pozo e instalación actual:** se considera el caudal bruto actual, porcentaje de agua, densidad de fluido, niveles dinámicos y estáticos, presiones de boca de pozo, profundidades de los punzados, diámetros de casing y de tubing.

2. **Caudal máximo de extracción (potencial de producción):** se determina mediante la confección del IPR del pozo.

3. **Carga dinámica total (TDH o Total Dynamic Head):** permitirá determinar el número de etapas requeridas en la bomba. Este valor representa la diferencia de presión a la que va a estar sometida la bomba expresado en altura de columna líquida.

4. **Selección de bomba:** está basada en el caudal que podrá aportar el pozo para una determinada carga dinámica y las restricciones del tamaño del casing. La bomba seleccionada deberá ser aquella en que el caudal teórico a extraer se encuentre entre los límites óptimos de trabajo de la misma y cerca de la máxima eficiencia.

5. **Dimensiones de la bomba (cálculo de número de etapas):** se puede determinar la capacidad de elevación (en m de columna líquida) de cada etapa. Como en cualquier curva característica de bombas centrífugas se puede observar como varía el caudal en función de la altura de elevación. Una vez calculada la capacidad de elevación de una etapa y sabiendo que la bomba deberá vencer una presión (TDH) equivalente a una determinada columna de líquido, se puede determinar el número de etapas necesarias.

6. **Selección del motor (cálculo de potencia):** la selección básica se realiza a través de la potencia requerida. Intervienen en la misma el rango de voltaje, la profundidad (temperatura), aplicaciones especiales para ambiente corrosivos, etc.

La potencia requerida por el motor se calcula determinando la potencia que consume cada etapa (por curva) y multiplicándola por el número de etapas.

7. **Determinación del cable de potencia:** la selección del mismo se realiza teniendo en cuenta la corriente máxima consumida y que la caída de voltaje sea inferior a aproximadamente 10 volt/100 m.

8. **Cálculo de voltaje y potencia en superficie para seleccionar tablero y transformador:** para determinar el voltaje total necesario debemos considerar el voltaje del motor y la caída de tensión en el cable. Con estos datos y la corriente estimada de consumo se puede calcular la potencia consumida.

2. Bombas de cavidades progresivas insertables

2.1 Bombas PCP convencionales.

Un sistema de Bomba de Cavidad Progresiva consta básicamente de un cabezal de accionamiento en superficie y una bomba de fondo compuesta de un rotor de acero, en forma helicoidal de paso simple y sección circular, que gira dentro de un estator de elastómero vulcanizado, en forma de cavidad helicoidal de doble paso, dentro de una carcasa metálica. El estator va en el fondo del pozo enroscado al tubing y el rotor, en la mayoría de los casos, va enroscado a las varillas de bombeo que a su vez son soportadas por el cabezal que les imprime el movimiento giratorio.

La operación de una bomba es sencilla: a medida que el rotor gira excéntricamente dentro del estator, se van formando cavidades selladas entre las superficies de ambos, para mover el fluido desde la succión de la bomba hasta su descarga.

El resultado es un desplazamiento positivo del fluido, con un caudal continuo y no pulsante, proporcional a la velocidad de rotación del rotor y a la presión diferencial a lo largo de la bomba.

Los sistemas PCP tienen algunas características únicas que los hacen ventajosos con respecto a otros métodos de levantamiento artificial, una de sus cualidades más importantes es su alta eficiencia total. Típicamente se obtienen eficiencias entre 50 y 60%. Otras ventajas adicionales de estos sistemas son:

- Producción de fluidos altamente viscosos;
- Producción de fluidos con altas concentraciones de sólidos;
- Ausencia de válvulas o partes reciprocantes evitando bloqueo o desgaste de las partes móviles;
- Bajos costos de inversión inicial;
- Bajos costos de energía;
- Simple instalación y operación;
- Bajo mantenimiento;
- Equipos de superficie de pequeñas dimensiones; y
- Bajo nivel de ruido.

A su vez estos sistemas también presentan desventajas en comparación con otros métodos. La más significativa de estas limitaciones se refiere a las capacidades de desplazamiento y levantamiento de la bomba, así como la compatibilidad de los elastómeros con ciertos fluidos producidos, especialmente con el contenido de componentes aromáticos.

Otras de las limitaciones de este sistema son:

- Resistencia a la temperatura de hasta 280 °F o 138 °C (máxima de 350 °F o 178 °C);
- Alta sensibilidad a los fluidos producidos (elastómeros pueden hincharse o deteriorarse con el contacto de ciertos fluidos por períodos prolongados de tiempo);
- Tendencia del estator a daño considerable cuando la bomba trabaja en seco por períodos de tiempo relativamente cortos;
- Desgaste por contacto entre las varilla y la cañería de producción en pozos direccionales y horizontales; y
- Por lo general, requieren la remoción de la tubería de producción para sustituir la bomba (ya sea por falla, por adecuación o por cambio de sistema).

2.2 Bombas insertables.

Poseen las mismas ventajas generales que una PCP tubular, sumado a los beneficios de un sistema insertable:

1. no necesita ser removida la columna de tubing para extraer la bomba del fondo;
2. la sustitución de la bomba de fondo puede ser realizada con ayuda de un pequeño equipo;
3. los costos de servicio y mantenimiento son reducidos; y
4. el torque de trabajo es bajo, razón por la cual pueden utilizarse varillas $\phi \frac{3}{4}$ ", disminuyendo peso e inversión inicial.

2.2.1 Principio de funcionamiento

En la configuración de bombas insertables el estator se baja al fondo del pozo conjuntamente con el resto del sistema de subsuelo. En otras palabras, la bomba completa es instalada con la sarta de varillas sin necesidad de remover la columna de tubing, minimizando el tiempo de intervención y, en consecuencia, el costo asociado a dicho trabajo.

La bomba es la misma que en la configuración tubular con la diferencia de que viene adaptada a un sistema de acople que permite obtener un equipo totalmente ensamblado como una sola pieza.

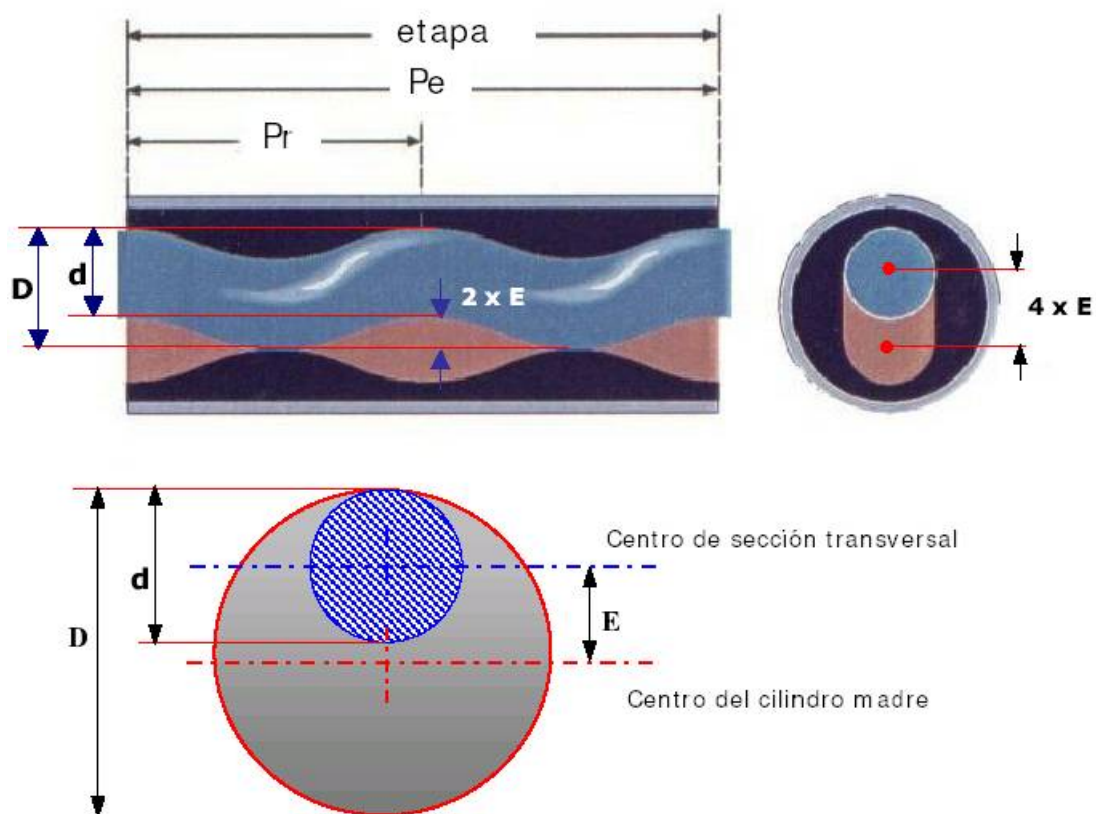
Al rotor se le conecta una extensión de varilla la cual sirve como apoyo al momento de espaciado de la bomba. Los acoples superior e inferior de esta extensión sirven de guía y soporte para la instalación de este sistema. El estator, por su parte, viene conectado a un barril de extensión con un empaque no sellante en su parte superior. El diámetro de este empaque debe ser lo suficientemente grande como para permitir el paso de fluidos a la descarga de la bomba sin presentar restricción de ningún tipo, y lo suficientemente pequeño como para no permitir el paso libre de los acoples de la extensión del rotor. A manera de mejorar el área de flujo a la descarga de la bomba, es práctica usual utilizar una extensión perforada con lo cual no existirá restricción de flujo por muy pequeño que sea el orificio superior del barril.

Otro elemento importante en este tipo de instalaciones es el sistema de anclaje, que debe impedir el movimiento rotativo del equipo ya que, de lo contrario, no existirá acción de bombeo. En vista de esto, debe conocerse el torque máximo que puede soportar este mecanismo a fin de evitar daños innecesarios y mala operación del sistema.

El niple de asentamiento 2 7/8" o zapato, en el que va instalado y asegurado el sistema de anclaje, se conecta a la tubería de producción permanentemente con lo cual es posible asentar y desasentar la bomba tantas veces como sea necesario.

La geometría del conjunto es tal, que forma una serie de cavidades idénticas y separadas entre si. Cuando el rotor gira en el interior del estator estas cavidades se desplazan axialmente desde el fondo del estator hasta la descarga generando de esta manera el bombeo por cavidades progresivas. Debido a que las cavidades están hidráulicamente selladas entre si, el tipo de bombeo, es de desplazamiento positivo.

La geometría de la bomba está sujeta a la relación de lóbulos entre rotor y estator, y está definida por los siguientes parámetros:



- D:** diámetro mayor del del rotor (diámetro nominal)
d: diámetro de la sección transversal del rotor
E: excentricidad del rotor
Pe: paso del estator (long de la cavidad = long de la etapa)
Pr: paso del rotor



Gráfico 11 – Geometría de la bomba PCP

2.2.2 Instalación típica

Las bombas de cavidades progresivas son de desplazamiento positivo y consisten en un rotor de acero de forma helicoidal y un estator de elastómero sintético moldeado dentro de un tubo de acero.

En la PCP insertable, el estator, a diferencia de los equipos tubulares, es bajado conjuntamente con el rotor y el diseño completo de varillas de bombeo, cuyo movimiento es generado en superficie por un cabezal de accionamiento.

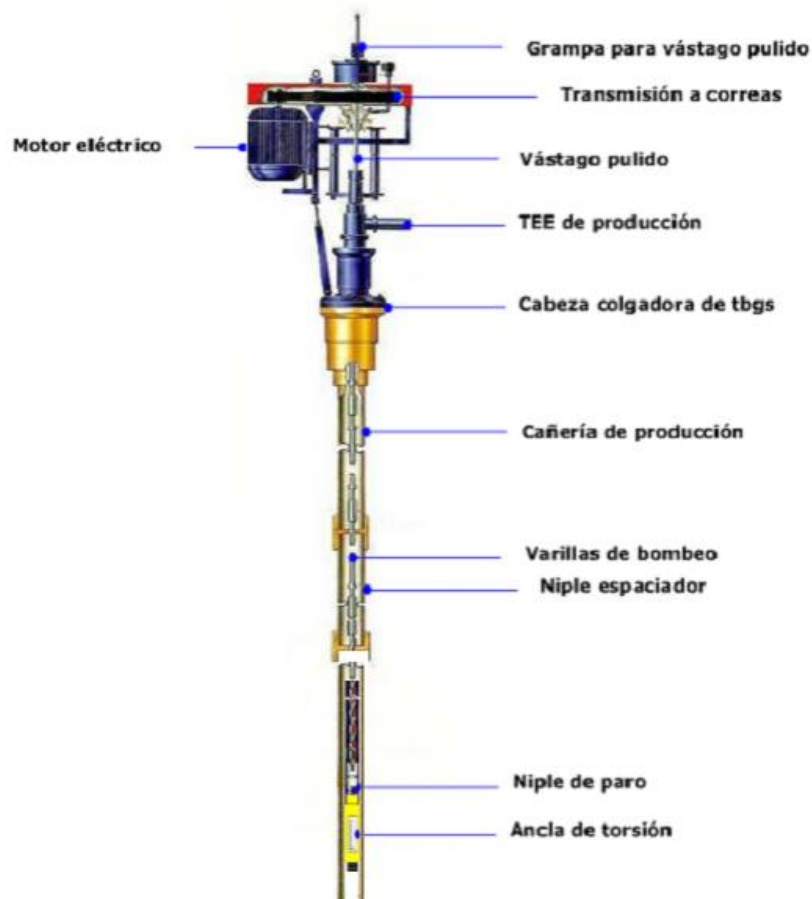


Gráfico 12 – Instalación tipo de PCP insertable

2.3 Componentes de la PCP insertable

2.3.1 Niple asiento: Permite fijar la instalación a la profundidad deseada y realizar prueba de hermeticidad de cañería. En bombas insertables el mecanismo de anclaje es mediante un mandril a copas que permite utilizar el mismo niple de asiento que una bomba mecánica, evitando en un futuro el movimiento de instalación de tubing al momento de cambiar el sistema de extracción.

2.3.2 Mandril a copas: Permite fijar la instalación en el niple de asiento y produce la hermeticidad entre la instalación de tubing y el resto del pozo.

2.3.3 Ancla de torque: Como el estator se baja en conjunto con las varillas, la finalidad del ancla es fijar el mismo a la columna de tubing, logrando de esta manera mantener el estator fijo respecto al rotor y producir en forma continua. El diámetro del ancla dinámica es de ϕ 2 7/8”.

2.3.4 Niple de paro: Es parte componente de la bomba y va roscado al extremo inferior del estator. Sus funciones son:

- Hacer tope al rotor al momento del espaciado;
- Servir de pulmón al estiramiento de las varillas, con la unidad funcionando;
- y
- Como succión de la bomba.

Los mas usuales son de rosca doble, con rosca macho en sus extremos, uno de los cuales va vinculado el estator y el otro a cualquier otro elemento (ancla dinámica, tubing, etc).

2.3.5 Estator de bomba PCP

2.3.6 Niple espaciador: Su función es permitir el movimiento excéntrico de la cabeza del rotor, con su cupla o reducción de conexión, al trozo de maniobra. En el caso de las bombas insertables permite el recorrido del rotor dentro del mismo para poder efectuar la medida final de instalación.



Gráfico 13 – Parte inferior de PCP insertable

2.4 Selección de equipos

Los parámetros a considerar para seleccionar una bomba en una aplicación dada, dependerán de las condiciones del pozo que se estudia. Estos parámetros pueden dividirse en cuatro grandes grupos:

- **Datos del pozo:** se deben considerar profundidades, diámetros de casing y tubing, niveles estáticos y dinámicos, desviaciones (profundidad donde se encuentra la desviación y grados de la misma).
- **Indices de productividad:** información relativa al reservorio.
- **Datos de producción y fluidos:** caudales, viscosidades, presencia de sólidos y de compuestos aromáticos, etc.
- **Equipamiento de superficie:** considera motor a instalar y tipo de cabezal de rotación.

Finalmente con los datos obtenidos se simulan distintos tipos de bombas para seleccionar la que mejor se adapte a las condiciones del pozo. Para ello utilizamos el software C-FER donde se ingresan los datos mencionados anteriormente y se analizan los comportamientos de torque en sarta de varillas, carga axial en cabezal de rotación, presiones de descarga de la bomba, velocidades de rotación para producir en óptimas condiciones el pozo, estiramientos de varillas por presión y temperatura.

El software permite ir comparando distintos tipos de bombas y establecer la que mejor performance tenga.

3 Sistemas de control

Para optimizar la producción de los dos sistemas de extracción, los equipos son permanentemente monitoreados mediante variadores de frecuencia.

En **sistemas electrosumergibles**, el variador de frecuencia permite variar las RPM de la bomba mediante el control de la frecuencia de la energía suministrada al motor (Hz.). Cabe aclarar que si se utiliza variador de frecuencia no puede usarse arrancador.

La aplicación del variador de frecuencia es muy beneficiosa para el bombeo electrosumergible ya que lo hace mas versátil, además de tener un sistema de protección incorporado, minimiza los sobreesfuerzos que se generan en el arranque, ya que éste se produce en forma suave.

En **equipos PCP**, los variadores de frecuencia son dispositivos capaces de proveer una protección efectiva del sistema debido a que es posible determinar el rango de operación del torque, la velocidad de rotación y el consumo de corriente. Asimismo, realizan un arranque suave del sistema dada su capacidad de controlar la frecuencia de rotación del motor y el tiempo de rampa de aceleración.

Permiten comportamientos independientes del torque y la velocidad de rotación del sistema. Además, es posible adaptar diversas entradas analógicas adicionales que pueden provenir de sensores de presión, temperatura, flujo, etc. Con todo ello se logra una automatización total del sistema donde todas las órdenes lógicas están programadas en el Variador de Frecuencia para que el mismo actúe con relativa autonomía al momento de suscitarse algún problema.

Desarrollo

Se establecieron objetivos según las necesidades y expectativas para estos nuevos sistemas a instalar. Estos objetivos básicamente consistían en:

- Reducir costos operativos;
- Reducir índices de falla;
- Optimizar la producción;
- Reducir Down Time; y
- Proteger las instalaciones.

➤ El primer sistema instalado fue una bomba electrosumergible TD-460, el día 21 de Julio del año 2005. La frecuencia de las intervenciones con sistema mecánico era considerable por problemas de rozamiento y corrosión en la instalación de tubing y varillas. Se instalaron varillas con centralizadores, rotadores de varillas, dosificación continua de tratamiento químico y las intervenciones seguían con la misma frecuencia. En búsqueda de nuevas alternativas, surgió la posibilidad de instalar sistema electrosumergible, el cual eliminaba la instalación de varillas asegurando mayor vida útil de la instalación de tubing por la eliminación de roce y el consiguiente daño en el film de protección química.

El mayor inconveniente era asegurar la óptima refrigeración de los motores debido a que las capas en inyección, en pozos vecinos, se encontraban en profundidades superiores a la instalación de la bomba, por lo tanto si se instalaba una bomba con motores TR4 (serie 400) el pozo no quedaría en óptimas condiciones de explotación.

Por lo expuesto la instalación adoptada tiene las siguientes características:

- Bomba modelo TD-460:
 - o Rango de trabajo 40/80 m3fpd, óptimo 60 m3fpd,
 - o Tipo: flotante estandar,
 - o Etapas: 316.
- Succión: Adaptador estandar TR4-TR3.
- Sello: Modelo 381 bolsa y laberíntico TR3.
- Motor: 2 TR3 21,3 HP; 417V; 34,5 A.
- Camisa: 3 tramos ϕ 4 ½”.

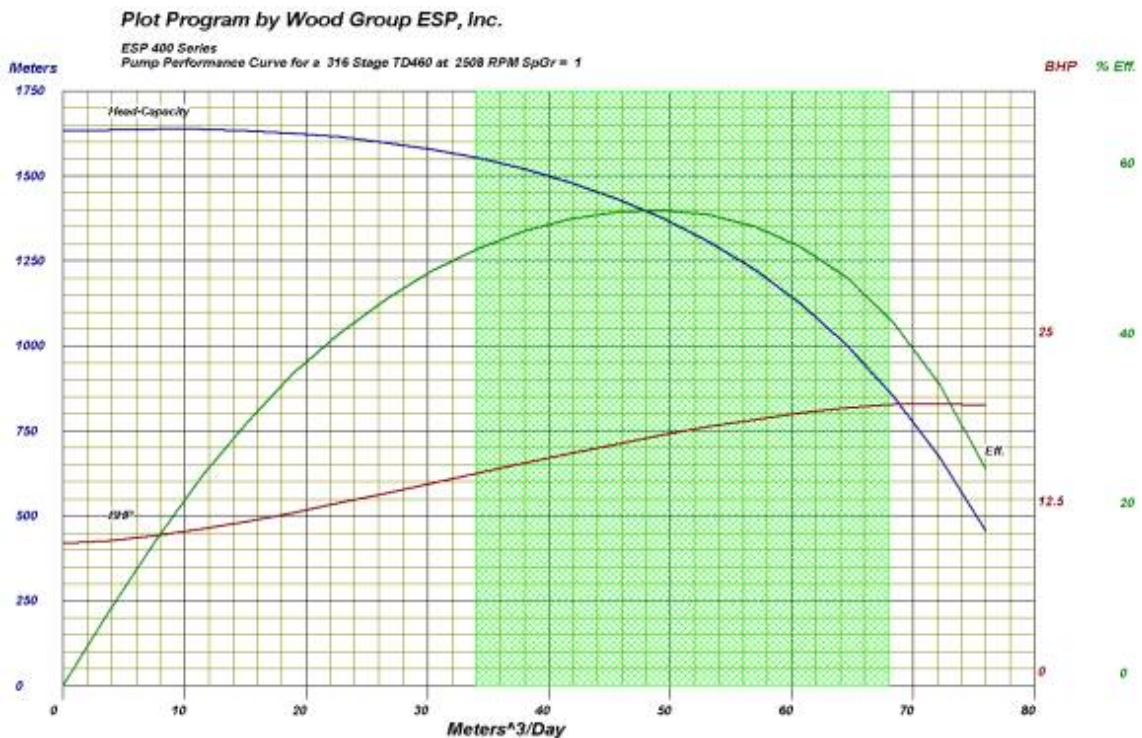


Gráfico 14 – Curva bomba TD-460 instalada en pozo KK-1196

Las mejoras fueron notorias, no solamente se redujo el índice de intervenciones por falla sino que:

- La sumergencia se mantuvo en valores inferiores a 250m;
- Se redujo el Down Time del pozo;
- Disminuyeron los costos operativos; y
- Se optimizó la producción.

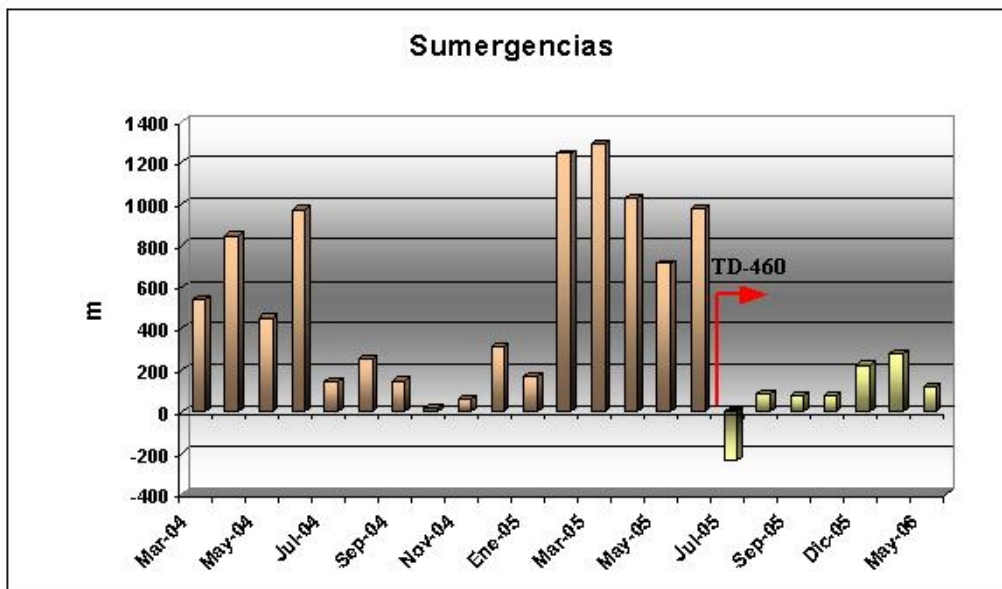
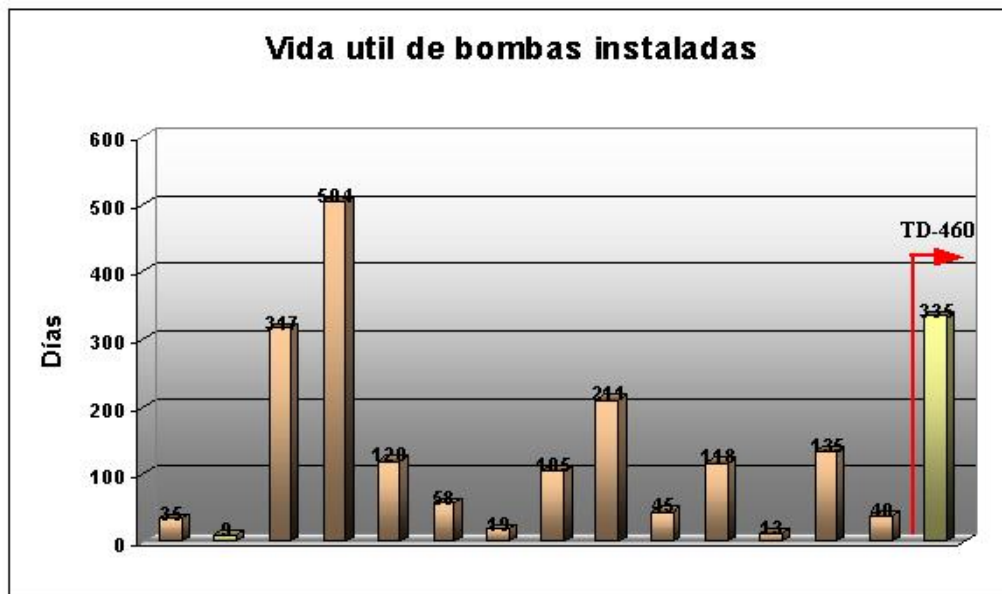


Gráfico 15 – Resultados obtenidos en pozo KK-1196

➤ El segundo equipo en instalarse fue una bomba electrosumergible TD-650, el día 13 de Agosto de 2005. En este caso el sistema anterior era el mismo pero el modelo de bomba mayor (TD-1200, rango de trabajo de la bomba 107/199 m3fpd). La historia del pozo requería mantener el mismo sistema de producción, razón por la cual se determinó bajar una bomba electrosumergible de bajo caudal. El principal desafío era asegurar, al igual que en el caso anterior, la refrigeración de los motores para evitar una falla prematura, ya que el rango de la bomba es de 60/105 m3fpd, con un caudal óptimo de 86 m3fpd.

Primeramente se analizó la malla donde se encontraba el pozo y los pozos inyectores de la misma. Luego se correlacionaron las capas en inyección teniendo en

cuenta cuáles eran los caudales inyectados y qué incidencia tenían las capas (individualmente) en el pozo productor. Dado que las capas inferiores se encontraban en inyección con caudales superiores a 130 m³apd, se optó bajar el equipamiento con motores TR4 (serie 400) a una profundidad superior a las capas en inyección para permitir la correcta refrigeración de los motores. Las características de la instalación son:

- Bomba modelo TD-650:
 - Rango de trabajo 60/105 m³fpd, óptimo 86 m³fpd,
 - Tipo: flotante estandar
 - Etapas: 286.
- Succión: Adaptador estandar TR4.
- Sello: Modelo Tandem laberíntico TR4.
- Motor: 1 TR4 41,5 HP; 563V; 46 A.

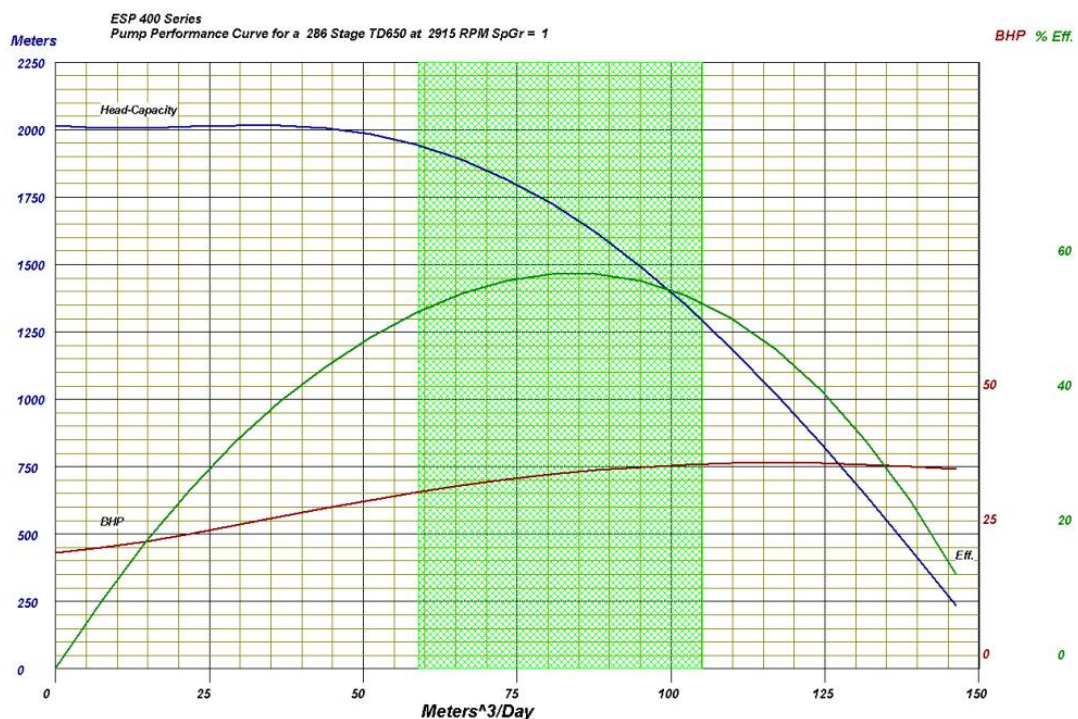


Gráfico 16 - Curva de la bomba TD-650 instalada en el pozo PC-1199

Como mejoras obtenidas en este pozo, con la bomba electrosumergible de bajo caudal, se puede mencionar la vida útil de la misma respecto a la histórica del pozo. La última intervención fue por adecuación de bomba no por falla de equipo. A su vez otro punto clave es el ahorro en el consumo de energía. Con estos equipos el consumo de energía se ve reducido en un porcentaje considerable, lo cual indica un factor importante a tener en cuenta al momento de analizar el sistema extractivo a instalar.

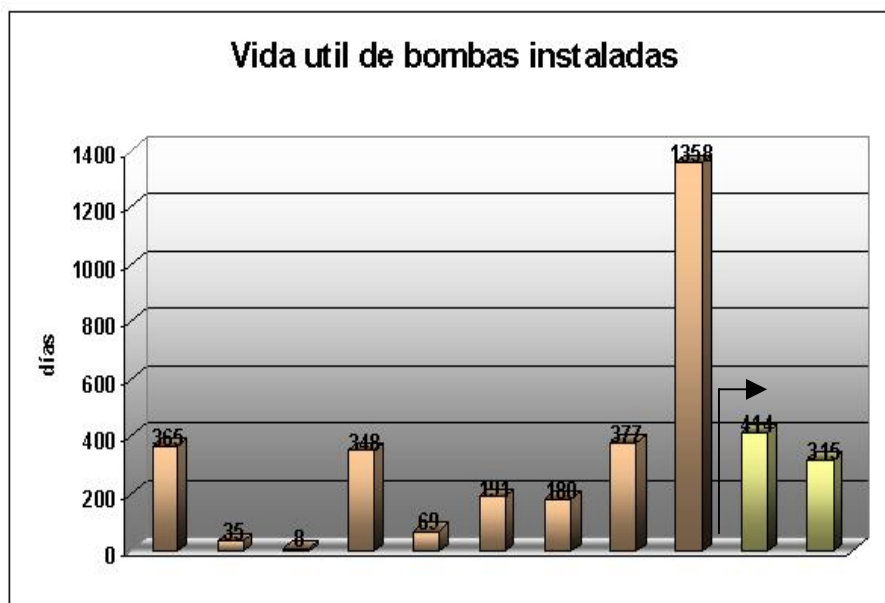


Gráfico 17 – Vida útil de los equipos.

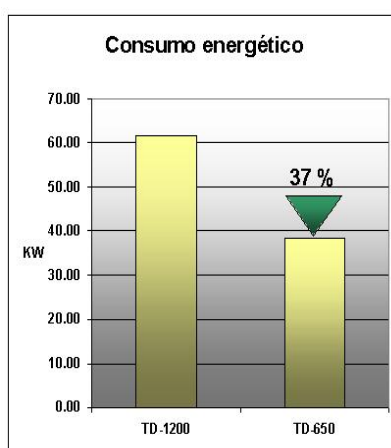


Gráfico 18 – Consumo de energía.

El último caso analizado es el de un equipo PCP insertable instalado en el pozo KK-177, el día 11 de Noviembre de 2005. Este pozo estaba siendo intervenido para una reactivación como productor y presentaba problemas de casing en 651m. Las capas productivas se encontraban por debajo de la zona de rotura, motivo por el cual no se podía aislar dicho sector. Se determinó instalar un equipo PCP insertable ya que daba la posibilidad de mover % de sólidos mayores a los que se podían llegar a producir con otros sistemas. Esta bomba a su vez da la posibilidad de bajar una bomba mecánica insertable sin tener que mover tubing ya que el equipo PCP se fija a un zapato convencional por medio de un mandril a copas y, para evitar el giro, en la parte inferior se instala un ancla dinámica de ϕ 2 7/8”.

La instalación consta de:

- PCP insertable;
- Cabezal de accionamiento; y
- Variador de frecuencia (controlador de torque).

Al día de la fecha se tienen muy buenos resultados, bajo consumo de energía, optimización de la producción, producción continua con % de sólidos y ausencia de intervenciones.

Como sistema de control el equipo instalado en el pozo cuenta con un variador de frecuencia programado para trabajar a un torque ligeramente superior al normal de funcionamiento, ya que al ser una bomba insertable a 550 m de profundidad y con una sarta de varillas de $\frac{3}{4}$ ", el torque con el que trabaja el equipamiento es muy bajo.

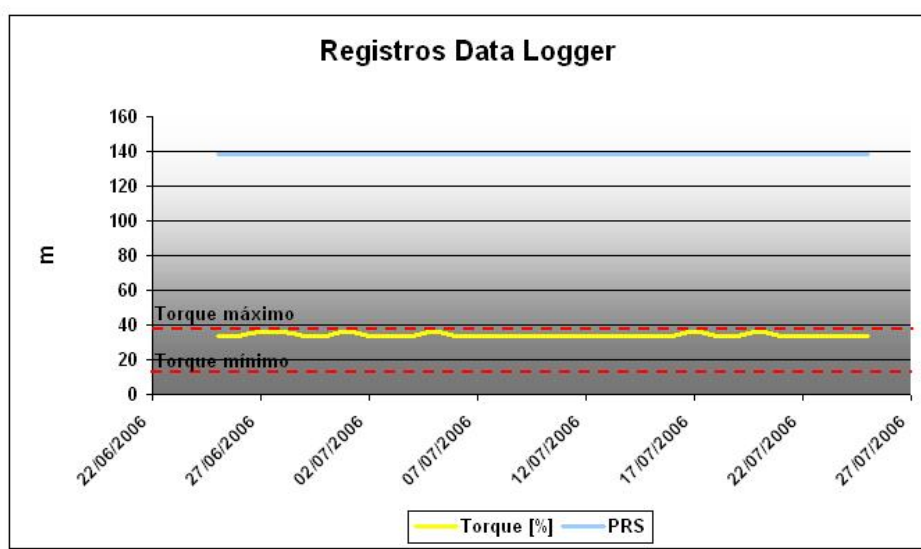


Gráfico 19 – Datos tomados del variador de frecuencia

Conclusiones.

Si bien el tiempo transcurrido desde la instalación del primer equipo al día de la fecha, es relativamente corto, de la información obtenida y el seguimiento continuo se destacan:

- Mayor conocimiento de los sistemas;
- Reducción de Down Time;
- Optimización de la producción;
- Protección de las instalaciones; y
- Reducción de los costos operativos.

Como puntos a fortalecer se detectaron:

- Continuar adquiriendo experiencia de campo en los equipamientos de bajo caudal, específicamente en equipos electrosumergibles (por los caudales de refrigeración de los motores);
- Seguir con el estudio de la performance de los equipos instalados; y
- Estudiar nuevas alternativas para operar equipos PCP insertables sin variadores de frecuencia (reducir inversión inicial).

El objetivo es continuar con el análisis de desempeño de los equipos y el estudio de alternativas en búsqueda de la mejora continua.

Bibliografía.

- Introducción al sistema de bombeo electrosumergible – Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco – Marcelo Hirschfeldt – Año 2002.
- Introducción al bombeo electrosumergible – Wood Group ESP – Año 2004.
- Pump Curve Plotter versión 2.0.4a – 2003 by Wood Group ESP Inc.
- SPE – Progressing Cavity Pump (PCP): New Performance Equations for Optimal Design. G.Robello Samuel, University of Tulsa, Ken Saveth, Centrilift-Baker Hughes Inc. SPE 39786.
- ISO 15136-1 – Downhole equipment for petroleum and natural gas industries – Progressing Cavity Pump systems for artificial lift – First edition 2001-07-15.

Referencia de los autores.

SEGURADO Juan José

Egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Belgrano en el año 2002 con el título de Ingeniero Electromecánico. Desde el año 2005 Ingeniero de Producción en Panamerican Energy, Unidad de Gestión Golfo San Jorge, área de Piedra Clavada, Koluel Kaike y El Valle.

COSTA, Luis Alberto

Técnico Electromecánico, egresado del Colegio Ing. Alonso Baldrich (ENET N° 1) de Comodoro Rivadavia (1988). Desde el 2002 Coordinador en Bombeo Electrosumergible Wood Group ESP Yacimientos Piedra Clavada, Koluel Kaike y El Valle de Panamerican Energy.