

2020/05

**CARTILLA DE ESTUDIO
UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**

**DIAGNÓSTICO Y SOLUCIÓN
DE LAS FALLAS OPERATIVAS
PRESENTADAS EN SISTEMAS DE
BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE (BES)
- CARTAS AMPERIMÉTRICAS -**

Preparado por:

**ING. ANNY VANESSA ZAMBRANO LUNA
TECNOLOGÍA EN MANEJO DE PETRÓLEO Y GAS EN SUPERFICIE**

Contenido

03

CONCEPTOS CLAVES

Levantamiento artificial, sistema de levantamiento electrosumergible (BES), cartas amperimétricas, funcionamiento BES y operación normal de un equipo BES.

07

FALLAS OPERATIVAS DEL SISTEMA BES

08

**BLOQUEO POR GAS
BAJO NIVEL DE FLUIDO
GAS LIBRE EN LA BOMBA
EXCESOS DE CICLOS DE OPERACIÓN
MANEJO DE SÓLIDOS
FALLA MECÁNICA (EJE ROTO)
AUMENTO DEL CORTE AGUA
SOBRECARGA
FALLA EN EL SUMINISTRO DE ENERGÍA
FALLA EN APAGADO POR BAJA CARGA
DESCARGA DE FLUIDO DE CONTROL**

19

BIBLIOGRAFÍA

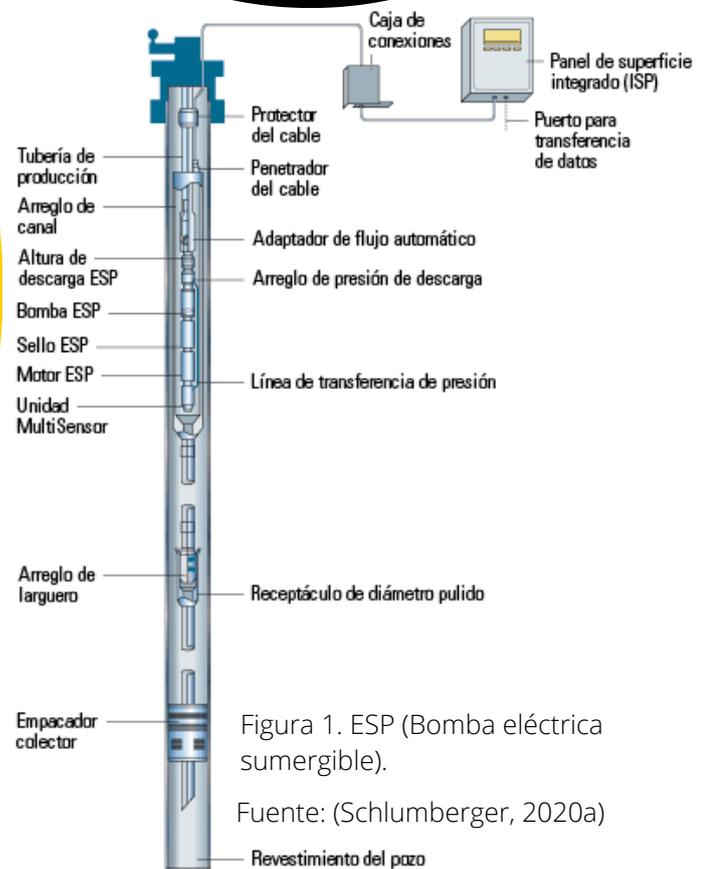
Conceptos Claves

El sistema de bombeo electrosumergible (BES) es uno de los sistemas de levantamiento artificial más utilizados en la industria Oil&gas, a través del cual se busca aumentar o mantener la producción de fluidos cuando se evidencia una declinación en la producción natural registrada en los pozos (Martínez , 2004).

Los equipos que conforman un BES se pueden dividir en: Subsuelo (Cabeza de descarga, cable de potencia, bomba, intake, sello, motor y sensor) y Superficie (Caja de venteo, transformador y controlador de frecuencia variable). De igual manera se pueden instalar equipos complementarios tales como: Separadores, sensores y accesorios (Benítez & Cristo , 2015).

LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL

Cualquier sistema que agrega energía a la columna de fluido de un pozo con el objetivo de iniciar y mejorar la producción del pozo. Los sistemas de levantamiento artificial utilizan una diversidad de principios de operación, incluidos el bombeo mecánico, el levantamiento artificial por gas y las bombas eléctricas sumergibles (Schlumberger, 2020b).



SISTEMA DE LEVANTAMIENTO ELECTROSUMERGIBLE (BES)

Es un sistema de levantamiento artificial que utiliza bombeo de fondo de pozo accionado eléctricamente. El sistema de bombeo consta de secciones de bombas centrífugas de varias etapas que pueden ser configuradas específicamente para adecuarse a las características de producción y de pozo de una aplicación dada. Los sistemas de bombeo eléctricos sumergibles constituyen un método común de levantamiento artificial que ofrece flexibilidad en una diversidad de tamaños y capacidades de flujo de salida (Schlumberger, 2020a).

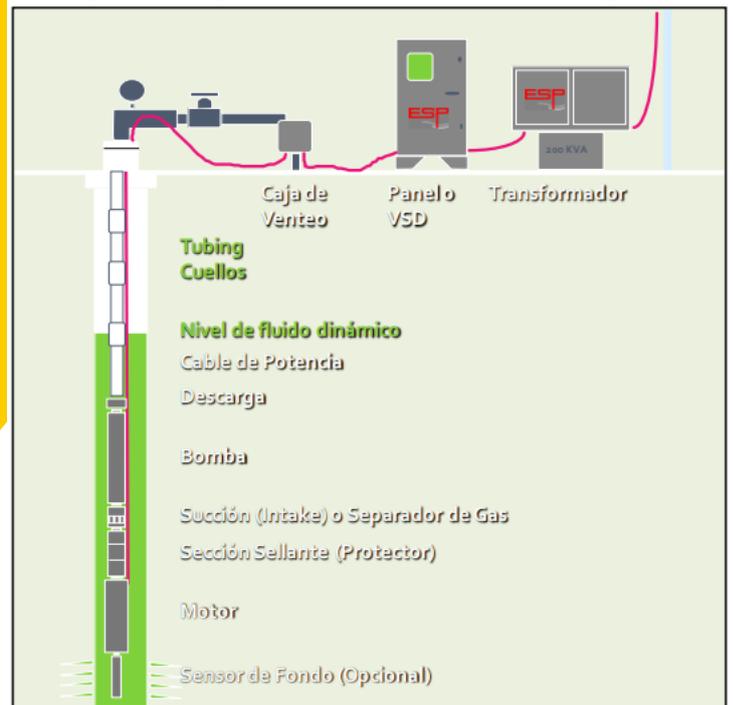
Conceptos Claves

CARTAS AMPERIMÉTRICAS

Una carta amperimétrica es una gráfica polar de corriente del motor que permite el registro de valores por lapsos de hasta un día. Ésta gráfica posee una escala de amperaje en orden creciente desde el centro hacia afuera con subdivisiones cada 10 A, de igual forma, su perímetro esta subdividido en horas las cuales aumentan en sentido horario (Cabrera, 2018).

Las cartas amperimétricas son una de las herramientas de mayor aplicación durante el acople de las bombas electrosumergibles en la industria de los hidrocarburos. Permite entender de forma general el comportamiento del sistema en determinado momento, mediante el registro de valores de consumo de corriente durante este periodo. Su lectura puede ayudar a correlacionar los datos de superficie con situaciones puntuales en fondo y poder así intervenir en pro de extender la vida útil del equipo (Cabrera, 2018).

Figura 2. Diagrama de bombeo electrosumergible.



Fuente: (Cumbal, 2015).

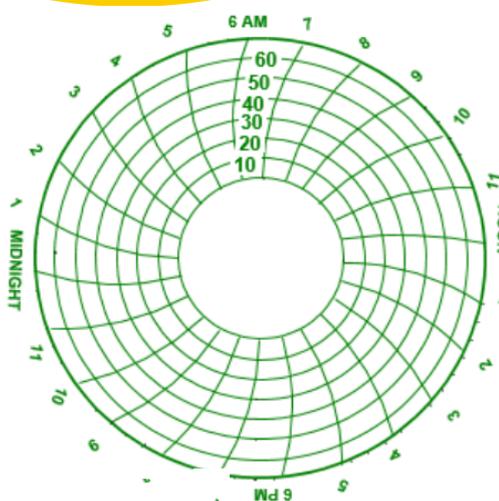


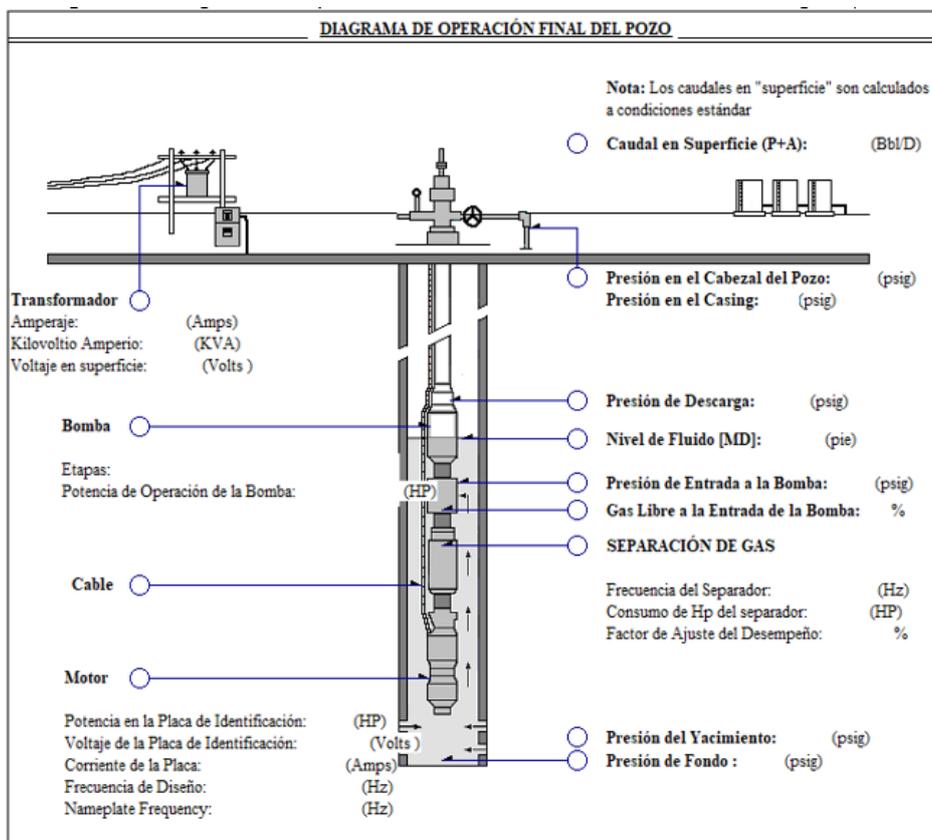
Figura 3. Carta ampérimétrica en blanco.

Fuente: (Cabrera, 2018).

Funcionamiento BES

El funcionamiento del sistema de bombeo electrosumergible inicia cuando se envía una señal eléctrica de arranque hacia el motor desde el controlador. Según Constante (2002), el giro del motor se transmite al eje del sello a través de un acople; el sello evita que el fluido del pozo ingrese al motor eléctrico y el giro de su eje se transmite a la succión de la bomba para permitir el giro.

Figura 4. Diagrama de operación del sistema de bombeo electrosumergible.



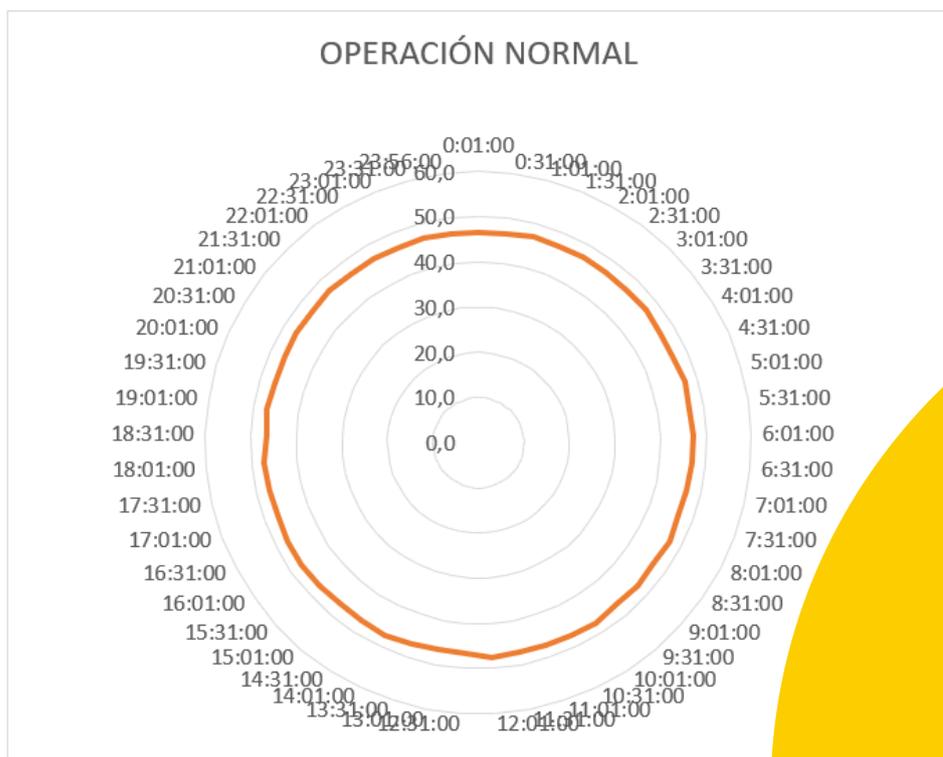
Fuente: (Castañeda, 2015).

El sistema de bombeo electrosumergible incluye un sensor de fondo, el cual se instala al final del equipo y su función es medir las variables principales que involucra un sistema BES. Estas son: PIP (presión de entrada a la bomba), PDP (presión de descarga de la bomba), TI (temperatura de entrada del fluido), TM (Temperatura de motor), y Vx (Vibraciones del motor). El conocer en tiempo real el comportamiento de estas variables de fondo permitirá realizar un mejor análisis a la hora de presentarse una falla o comportamiento anormal en el funcionamiento del sistema, lo que permitirá tomar mejores decisiones para mantener la integridad del equipo, y alargar el tiempo de vida del mismo (Clyde & Cristo, 2015).

Operación normal de un equipo BES

Ya que el equipo BES es impulsado por el motor de inducción, se partirá de la premisa de que el motor debe consumir la misma cantidad de corriente siempre y cuando las condiciones de operación se mantengan estables, es decir, carta amperimétrica de un equipo BES que opera en condiciones estables debe presentar un comportamiento similar al mostrado en la Figura 5 que hace referencia a la carta amperimétrica de un pozo de un campo colombiano. Dicha carta, está consumiendo 47 A (amperios) aproximadamente durante un día de operación. El hecho de que la curva sea simétrica y consistente día a día indica que el sistema está operando adecuadamente (Florez & Vargas , 2019).

Figura 5. Carta amperimétrica de un pozo operando a condiciones normales.



Fuente: (Florez & Vargas, 2019).

Para el caso específico de la Figura 5, el consumo de corriente del motor oscila entre 46.7 y 47.2 A. Por lo tanto, el valor promedio de consumo de corriente es de 47 A (Florez & Vargas , 2019).

Una desviación (aumento, caída, o fluctuación de corriente) en la carta amperimétrica podría ser interpretado como una falla en el sistema o condición operacional, siempre y cuando no se hayan realizado a propósito cambios operacionales en el equipo, como por ejemplo cambios de frecuencia.

Fallas operativas del sistema BES



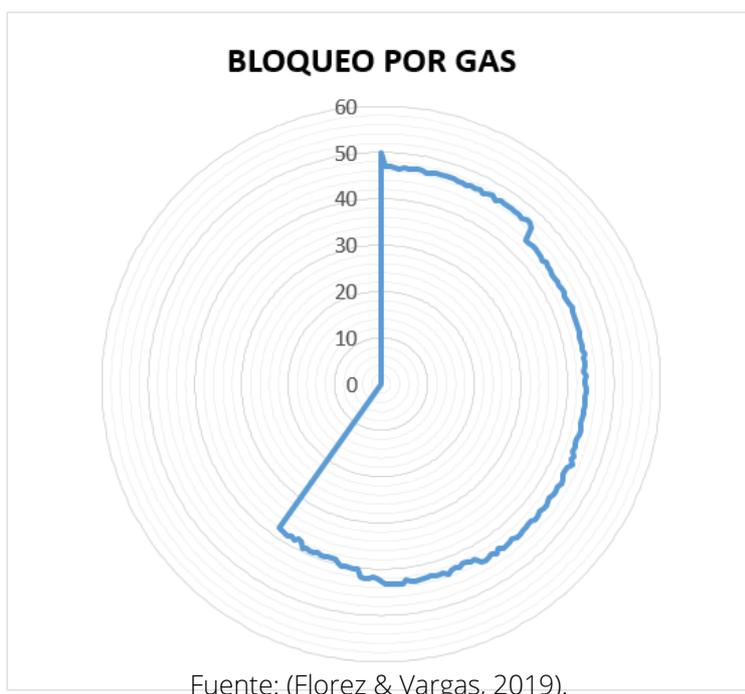
2020/05

Boqueo por gas

DIAGNÓSTICO:

En la Figura 6 se observa una carta amperimétrica que representa el bloqueo por gas. En ella es posible identificar una disminución gradual del consumo de corriente, que al llegar al límite de baja carga presenta apagado de la unidad como parte de su sistema de auto-protección (Castañeda, 2015).

Figura 6. Carta amperimétrica: Bloqueo por gas.



POSIBLES SOLUCIONES:

- Aumento rápido de frecuencia. Esto permitirá desplazar el gas de manera más eficiente logrando desbloquear el equipo.
- Sí se llegase a presentar el apagado por baja carga se debe despresurizar las líneas en superficie antes de arrancar. Esto permitirá que el gas fluya a través de la tubería de producción y al dar arranque al equipo permitirá un desplazamiento más eficaz de fluido líquido.
- A largo plazo, en posteriores intervenciones al pozo, podría evaluarse la inclusión de separadores de gas. De igual forma, otra opción válida es instalar la bomba a una mayor profundidad para que la presión de entrada de la bomba sea mayor y evitar mayor liberación del gas disuelto.

(Pozo, 2013; Castañeda, 2015; Cumbal, 2015; Cabrera, 2018).

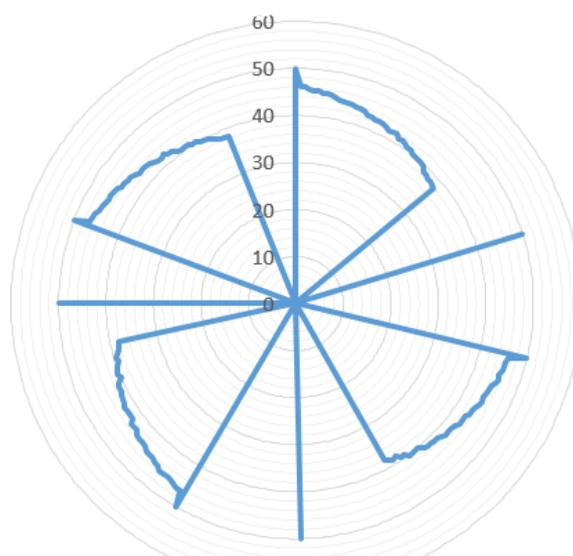
Bajo nivel de fluido

DIAGNÓSTICO:

En la Figura 7 se aprecia una carta amperimétrica que representa bajo nivel de fluido en el sistema. En ella, el consumo de corriente disminuye gradualmente, hasta que se presenta apagado por baja carga, el equipo realiza un intento de arranque, pero debido a que el nivel de fluido en el anular es muy bajo, el arranque no es posible. Después de un tiempo se intenta un segundo arranque exitoso. El ciclo es repetitivo (Castañeda, 2015).

Figura 7. Carta amperimétrica: Bajo nivel de fluido.

BAJO NIVEL DE FLUIDO



Fuente: (Florez & Vargas, 2019).

POSIBLES SOLUCIONES:

- Operar el equipo a menor frecuencia.
- En caso de que se presente un taponamiento de las perforaciones del pozo (por ejemplo, por presencia de arena), una re-circulación puede limpiar la zona y propiciar que el pozo tenga un mejor aporte de fluidos.
- A largo plazo, en próximas intervenciones, un re-diseño podría ser una opción, en el que se evalúe la instalación de una bomba más pequeña.
- Otra opción a largo plazo es evaluar la estimulación del pozo mediante un tratamiento ácido o un re-cañoneo, por ejemplo.

(Pozo, 2013; Castañeda, 2015; Cumbal, 2015; Cabrera, 2018).

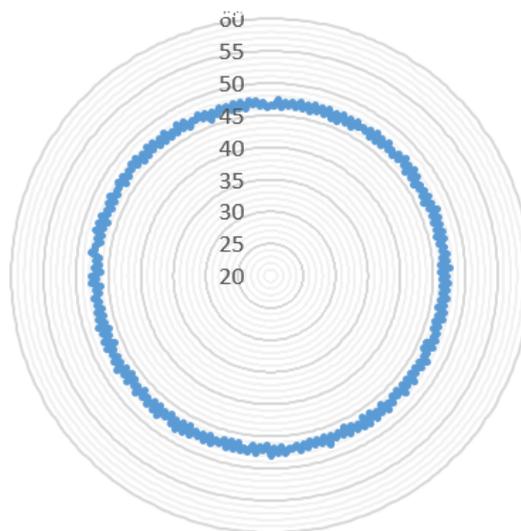
Gas libre en la bomba

DIAGNÓSTICO:

En la Figura 8, se muestra una carta amperimétrica que presenta gas libre en la bomba, el cual comienza a entrar en la bomba causando bloqueo por gas, y aunque no es una falla grave disminuye el caudal en superficie (Castañeda, 2015).

Figura 8. Carta amperimétrica: Gas libre en la bomba.

GAS LIBRE EN LA BOMBA



Fuente: (Florez & Vargas, 2019).

POSIBLES SOLUCIONES:

- Disminuir la frecuencia de operación de la bomba podría ayudar a mejorar el comportamiento. Sin embargo, no siempre es eficaz en estos casos porque se trata de gas libre y no en solución.
- Mejorar la evacuación del gas libre a través del anular en cabeza de pozo. Esto ayudará a que el gas no ingrese en la bomba y mejorará este comportamiento.
- A largo plazo, se podría evaluar un re-diseño del equipo, instalando un gas handling o manejadora de gas: Este no separa el gas, sino que permite homogenizar la mezcla gas-líquido reduciendo el tamaño de las burbujas de gas y lograr, que el gas se mueva en la dirección principal del flujo.

(Pozo, 2013; Castañeda, 2015; Cumbal, 2015; Cabrera, 2018).

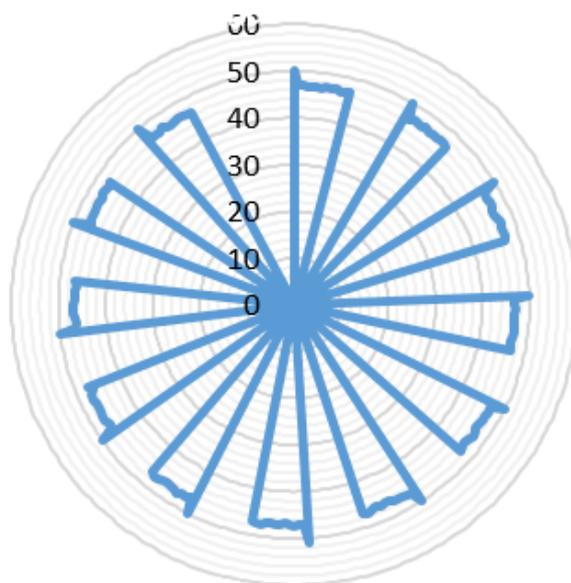
Excesos de ciclos de operación

DIAGNÓSTICO:

En la Figura 9, se observa una carta amperimétrica que muestra excesos de ciclos de operación. El equipo se encuentra trabajando y después de un tiempo de operación se presenta el apagado. El ciclo se repite varias veces, esta condición es muy perjudicial para el equipo y debe ser corregida de manera inmediata. (Castañeda , 2015)

Figura 9. Carta amperimétrica: Excesos de ciclos de operación.

EXCESOS DE CICLOS DE OPERACIÓN



Fuente: (Florez & Vargas, 2019).

POSIBLES SOLUCIONES:

- Verificar la alineación del equipo para descartar bloqueo en superficie.
- Tomar medidas eléctricas tanto en el variador como en los transformadores para descartar una falla eléctrica en superficie.
- Realizar prueba de tubería.

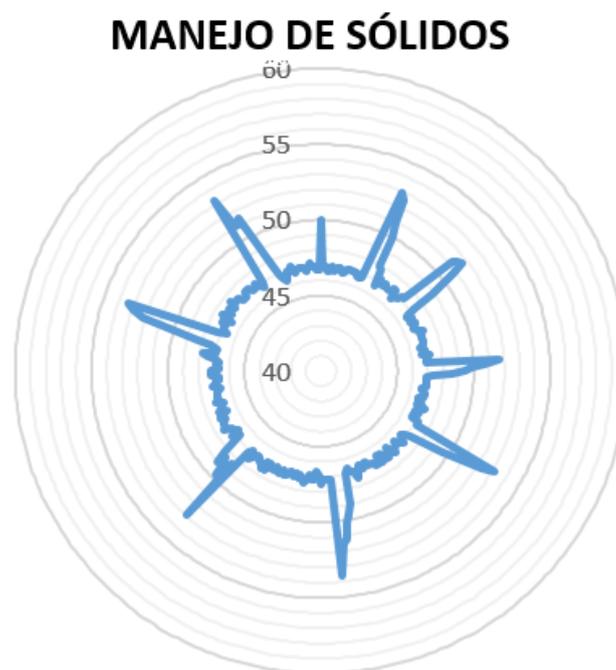
(Pozo, 2013; Castañeda, 2015; Cumbal, 2015; Cabrera, 2018).

Manejo de sólidos

DIAGNÓSTICO:

En la Figura 10, se observa una carta amperimétrica que presenta problema por manejo de sólidos en la bomba. La presencia de sólidos en la bomba genera un esfuerzo adicional a la bomba en su rotación, esto se traduce en incrementos en la corriente del motor, al mismo tiempo que hay disminución de caudal y de presión en cabeza de pozo (Castañeda, 2015).

Figura 10. Carta amperimétrica: Manejo de sólidos.



Fuente: (Florez & Vargas, 2019).

POSIBLES SOLUCIONES:

Para tomar acciones en este caso, será necesario determinar qué tipo de sólidos se encuentran en el pozo:

- **ARENA:** Una opción es disminuir la frecuencia de operación del equipo, esto generará una menor caída de presión y por ende una producción menor de sólidos.
- **SCALE:** Tratados con inyección química, a través de un tubo capilar instalado en el cuerpo del cable de potencia que lleva los químicos a la zona de la entrada de la bomba, disminuyendo de forma significativa los problemas asociados.

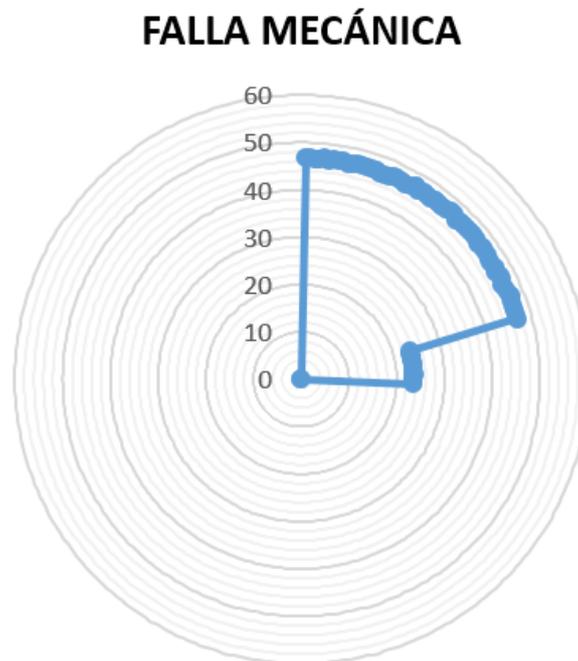
(Pozo, 2013; Castañeda, 2015; Cumbal, 2015; Cabrera, 2018).

Falla mecánica (Eje roto)

DIAGNÓSTICO:

Este es un caso derivado de problemas con manejos de sólidos como se aprecia en la Figura 11. Cuando los sólidos se acumulan en grandes cantidades dentro de la bomba, causan un sobre esfuerzo en sus componentes, principalmente en el eje, que es el encargado de transmitir el movimiento generado por el motor. Este sobre esfuerzo continuo va generando fatiga del material, lo cual termina en la rotura o desacople del mismo (Castañeda, 2015).

Figura 11. Carta amperimétrica: Falla mecánica.



Fuente: (Florez & Vargas, 2019).

POSIBLES SOLUCIONES:

- Realizar intervención al pozo y bajar un nuevo equipo BES.
- Realizar limpieza al pozo.

(Pozo, 2013; Castañeda, 2015; Cumbal, 2015; Cabrera, 2018).

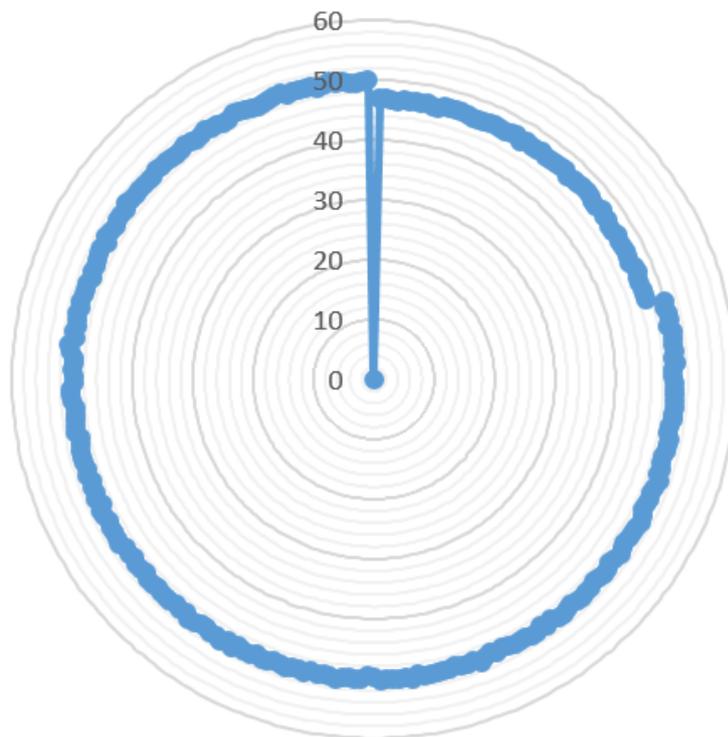
Aumento del corte de agua

DIAGNÓSTICO:

Se aprecia en la Figura 12 una carta amperimétrica que presenta aumento del corte de agua. El equipo consume más corriente de lo que consume en promedio, pero no se genera apagado por sobrecarga (Castañeda, 2015).

Figura 12. Carta amperimétrica: Aumento del corte de agua.

AUMENTO EN EL CORTE DE AGUA



Fuente: (Florez & Vargas, 2019).

POSIBLE SOLUCIÓN:

- Si el aumento en el corte de agua es por efecto de pozos inyectores se debe probar el pozo para determinar cómo está afectando dicho efecto a la producción del pozo.

(Pozo, 2013; Castañeda, 2015; Cumbal, 2015; Cabrera, 2018).

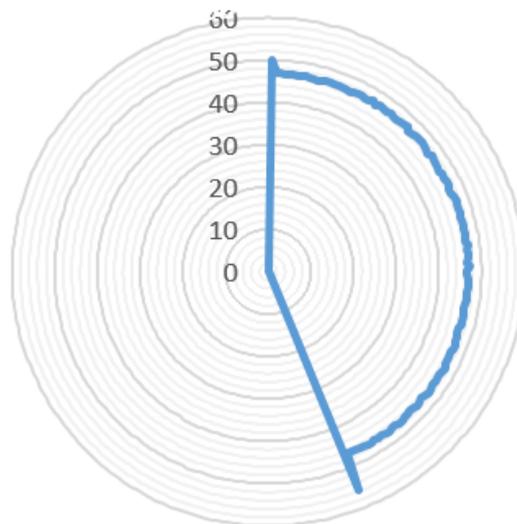
Sobrecarga

DIAGNÓSTICO:

La Figura 13 representa falla en apagado por sobrecarga y esto se presenta cuando el valor de corriente supera el 120% del consumo promedio de corriente (Castañeda, 2015).

Figura 13. Carta amperimétrica: Sobrecarga.

SOBRECARGA



Fuente: (Florez & Vargas, 2019).

POSIBLE SOLUCIÓN:

- Descartar fallas en la fuente de alimentación y los equipos de superficie (Tomar medidas eléctricas a la entrada y salida de los transformadores y del variador).
- Analizar el contenido de sólidos del fluido (Generalmente se cuenta con esta información de pruebas tomadas antes de que se presente el apagado), se debe determinar qué tipo de sólidos presenta y tomar las acciones correctivas correspondientes.

IMPORTANTE: No se debe dar arranque al equipo hasta no identificar la causa de la sobrecarga.

(Pozo, 2013; Castañeda, 2015; Cumbal, 2015; Cabrera, 2018).

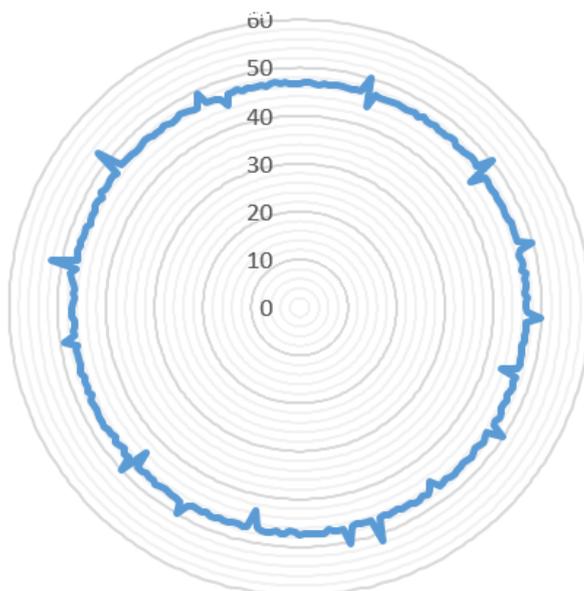
Falla en el suministro de energía

DIAGNÓSTICO:

En la Figura 14 se presentan picos periódicos que cruzan el trayecto normal de operación, cargas periódicas que pueden ser consecuencia de descargas eléctricas cayendo (tormentas eléctricas), debido a que se presenta falla en el suministro de energía (Castañeda, 2015).

Figura 14. Carta amperimétrica: Falla en el suministro de energía.

FALLA EN EL SUMINISTRO DE ENERGÍA



Fuente: (Florez & Vargas, 2019).

POSIBLE SOLUCIÓN:

- Verificar la fuente de alimentación.
- Tomar medidas eléctricas a la entrada y salida de los transformadores y del variador.

(Pozo, 2013; Castañeda, 2015; Cumbal, 2015; Cabrera, 2018).

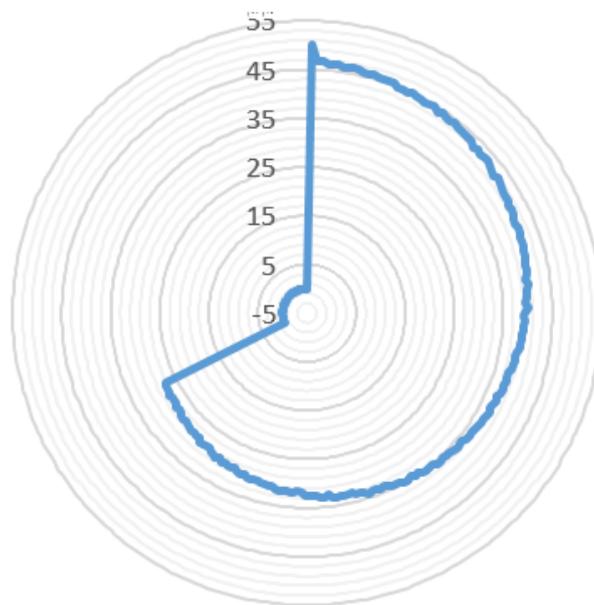
Falla en apagado por baja carga

DIAGNÓSTICO:

En la Figura 15 se presenta una carta amperimétrica por falla en apagado por baja carga. La unidad bombea fluido hasta el punto en que no hay fluido para producir, pero el equipo continúa funcionando sin carga hasta que se genera suficiente calor para fundir el motor (Castañeda, 2015).

Figura 15. Carta amperimétrica: Falla en apagado por baja carga.

FALLA EN APAGADO POR BAJA CARGA



Fuente: (Florez & Vargas, 2019).

POSIBLE SOLUCIÓN:

- Tomar medidas eléctricas para corroborar si se fundió el motor.
- Sí se quemó el motor, se debe bajar un nuevo equipo BES.
- En caso de que no se haya quemado el motor, configurar el apagado por baja carga en el variador y proceder a arrancar el equipo.

(Pozo, 2013; Castañeda, 2015; Cumbal, 2015; Cabrera, 2018).

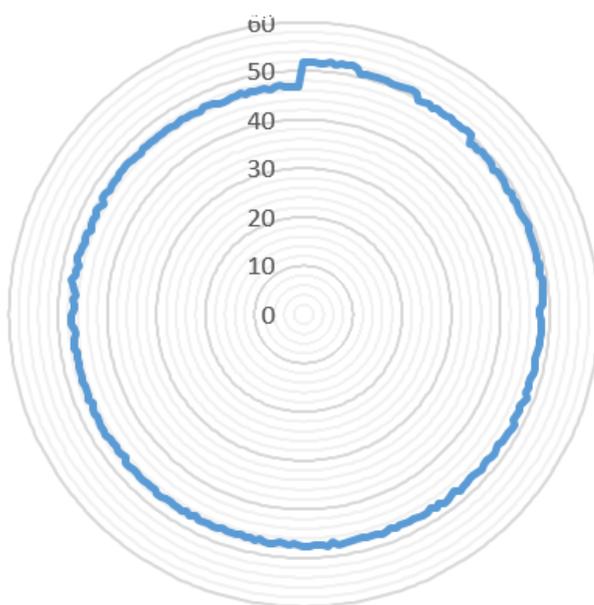
Descarga de fluido de control

DIAGNÓSTICO:

Más que una falla es una condición operativa. Lo que se presenta en la Figura 16, es una condición operativa que se genera cuando el pozo ha sido intervenido e inicia nueva corrida (Castañeda, 2015).

Figura 16. Carta amperimétrica: Descarga de fluido de control.

DESCARGA DE FLUIDO DE CONTROL



Fuente: (Florez & Vargas, 2019).

POSIBLE SOLUCIÓN:

- Se debe ajustar el valor de sobrecarga al menos al 115% del valor de placa del motor para evitar apagado por sobrecarga.
- Permitir que el equipo trabaje en estas condiciones. Después de un tiempo el consumo de corriente disminuirá y estabilizará, una vez el consumo de corriente haya estabilizado se debe proceder a replantear el valor de sobrecarga del motor.

(Pozo, 2013; Castañeda, 2015; Cumbal, 2015; Cabrera, 2018).

2020/05

CARTILLA DE ESTUDIO UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER



BIBLIOGRAFÍA

Benítez , J., & Cristo , J. (2015). Re-diseño de los sistemas de bombeo electrosumergible (BES) para la extracción de agua aplicada a un campo colombiano . Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Cabrera , S. G. (2018). Metodología para la identificación de fallas y situaciones operacionales riesgosas en equipos de bombeo electrosumergible. Universidad Industrial de Santander . Obtenido de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2018/172822.pdf>

Castañeda , A. M. (2015). Estudio de factores que afectan las operaciones de producción y causan fallas a los equipos ESP en un campo petrolero. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito. Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5410/1/60181_1.pdf

Constante , L. (2002). "Localización, detección y análisis de fallas en el sistema de bombeo electrosumergible para la región amazónica del ecuador". Latacunga: Escuela Politécnica del Ejército.

Cumbal , V. J. (2015). Estudio del bombeo electrosumergible en el comportamiento de la producción del pozo Villano 15H, en la amazonia ecuatoriana. Universidad Tecnológica Equinoccial. Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14389/1/64199_1.pdf

Clyde , J., & Cristo , J. (2015). Rediseño de los sistemas de Bombeo electrosumergible (BES) para la extracción de agua aplicado a un campo colombiano. Bucaramanga: Universidad industrial de Santander .

Florez, S. Y., & Vargas , S. (2019). Diagnóstico y solución de las fallas operativas presentadas durante la aplicación de un sistema de bombeo electrosumergible en un campo colombiano. Unidades Tecnológicas de Santander .

Martínez , R. (2004). Descripción, diseño y monitoreo de una unidad de Bombeo electrosumergible. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander.

Pozo , E. R. (2013). Análisis de los problemas electromecánicos más comunes que se presentan en los equipos de levantamiento artificial electrosumergible instalados en los pozos del campo Auca mediante análisis del historial de cambios de equipos BES en dichos pozos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/6091/1/53823_1.pdf

Schlumberger. (7 de Mayo de 2020a). Schlumberger. Obtenido de https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/e/electric_submersible_pump.aspx

Schlumberger. (7 de Mayo de 2020b). Schlumberger. Obtenido de https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/a/artificial_lift.aspx

2020/05

CARTILLA DE ESTUDIO UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER

