

**ANALISIS DE FALLA DEL SISTEMA DE BOMBEO
ELECTROSUMERGIBLE EN LA SUPERINTENDENCIA CASTILLA-
CHICHIMENE DE ECOPETROL EN 2012.**

JIMMY EDWIN SEVILLANO SUAZA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAS DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACION EN PRODUCCION DE HIDROCARBUROS
BUCARAMANGA
2015**

**ANALISIS DE FALLA DEL SISTEMA DE BOMBEO
ELECTROSUMERGIBLE EN LA SUPERINTENDENCIA CASTILLA-
CHICHIMENE DE ECOPETROL EN 2012.**

JIMMY EDWIN SEVILLANO SUAZA

**Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de
ESPECIALISTA EN PRODUCCION DE HIDROCARBUROS**

Director

CIRIO ABRAHAM PINTO

Ingeniero de Petróleos

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAS DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACION EN PRODUCCION DE HIDROCARBUROS
BUCARAMANGA
2015**

AGRADECIMIENTOS

A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, guiándome, cuidándome y dándome fortaleza para seguir adelante con los proyectos de vida.

A mi esposa y mis hijos por enseñarme a luchar en esta vida, a alcanzar las metas que me proponga, a estar conmigo cuando he caído y motivarme a seguir adelante, por brindarme su confianza, paciencia y la fortaleza estímulo necesario para lograr llegar a culminar este logro.

A mi padre en el cielo y mi madre, quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, creyeron en mí en todo momento y no dudaron de mis habilidades.

Finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abre sus puertas a profesionales como nosotros, para brindarnos una herramienta más para un futuro competitivo.

DEDICATORIA

A Dios forjador de mi camino, el que me acompaña y siempre me levanta de mis tropiezos, el creador de mis padres y de todas la personas que amo

A mi hijo Samuel quien es este momento posiblemente no entienda mis palabras, pero para cuando seas capaz, quiero que te des cuenta de lo que significas para mí. Eres la razón de que me levante cada día esforzarme por el presente y el mañana, eres mi principal motivación. Como en todos mis logros, en este has estado presente. Muchas gracias hijo.

A mi hijo Sebastián quien con su afecto y cariño son los motivos para buscar lo mejor para ti. Aun a tu corta edad me has enseñado y me sigues enseñando muchas cosas de esta vida. Fuiste mi gran motivación para terminar con éxito este trabajo.

A mi esposa Tu ayuda ha sido fundamental, has estado conmigo incluso en los momentos más turbulentos. Este proyecto no fue fácil, pero estuviste con paciencia motivándome y ayudándome hasta donde tus alcances lo permitían. Te lo agradezco muchísimo, amor.

A mis padres por haberme formado Como la persona que soy; muchos de mis logros se los debo a ustedes incluyendo Este. Me formaron con libertades y reglas las cuales fueron el camino para seguir en constancia para alcanzar mis anhelos.

Finalmente a todas las personas que se cruzaron en este camino y que me dieron palabras de aliento y apoyo.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	14
1. GENERALIDADES DEL CAMPO CASTILLA-CHICHIMENE	15
1.1 ANTECEDENTES.....	15
2. BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE	16
2.1 COMPONENTES – DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO.....	16
2.1.1 Equipo de superficie.....	17
2.1.1.1 Transformador reductor (SDT)	17
2.1.1.2 Controlador del motor.....	18
2.1.1.3 Caja de venteo (Vent box).....	18
2.1.1.4 El Transformador Elevador (SUT)	18
2.1.2 Equipo de fondo.....	19
2.1.2.1 Bomba centrífuga multi etapas	19
2.1.2.1.1 Impulsores flotantes	22
2.1.2.1.1.1 Ventajas de las bombas con impulsores flotantes	22
2.1.2.1.2 Impulsores fijos o de compresión	23
2.1.2.1.2.1 Ventajas de las bombas con impulsores de compresión	24
2.1.2.2 Motor.....	24
2.1.2.3 Sección sellante o protector	26
2.1.2.4 Intake o separador de gas.....	27
2.1.2.5 Cable de potencia	27
2.1.2.6 Cable de extensión	29
2.1.2.7 Equipo y accesorios opcionales	29

2.2 CONFIGURACION TIPICA DE BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE EN SCC	30
2.2.1 Tipos De Componentes De Bes Usados En Campo Castilla-Chichimene .	42
2.2.1.1 Bombas.....	42
2.2.1.2 Sellos	44
2.2.1.3 Motor.....	44
2.2.1.4 Sensor	44
2.3 METODOLOGIA DE ANALISIS.....	45
2.3.1 INDICADORES DE RENDIMIENTO Y VARIABLES DE MEDICION	45
2.3.3 FALLAS DE SISTEMAS ELECTROSUMERGIBLES.....	48
2.3.4 ANALISIS DE FALLA DE EQUIPOS ELECTROSUMERGIBLES	51
2.3.4.1 Componentes fallados.....	51
2.3.4.2 Sub-componente fallado	53
2.3.5 ANALISIS FALLAS DIRECTAS.....	57
2.3.5.1 Hallazgos fallas directas.....	57
2.3.5.2 Planes de acción fallas directas	58
2.3.6 ANALISIS FALLAS INDIRECTAS	59
2.3.6.1 Hallazgos fallas indirectas	60
2.3.6.2 Planes de acción fallas indirectas	60
3. CONCLUSIONES	63
BIBLIOGRAFIA.....	64
ANEXOS	66

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Ubicación campo Castilla-Chichimene _____	16
Ilustración 2. Equipo de superficie BES. _____	17
Ilustración 3. Equipo de subsuelo BES _____	19
Ilustración 4. Bomba centrífuga de etapas múltiples. _____	20
Ilustración 5. Impulsor y difusor. _____	21
Ilustración 6. Alabes de impulsor. _____	21
Ilustración 7. Impulsores flotantes y de compresión. _____	23
Ilustración 8. Componentes básicos de un motor. _____	25
Ilustración 9. Sellos _____	26
Ilustración 10. Cable de potencia. _____	28
Ilustración 11. Tipos de cables. _____	28
Ilustración 12. Cable de extensión. _____	29
Ilustración 13. Estado mecánico Schlumberger. _____	31
Ilustración 14. Estado mecánico Alkhorayef. _____	33
Ilustración 15. Estado mecánico Borest. _____	35
Ilustración 16. Estado mecánico General Electric. _____	38
Ilustración 17. Estado mecánico Baker Hughes. _____	40
Ilustración 18. Indicadores de rendimiento _____	46
Ilustración 19. Indicadores de rendimiento _____	47
Ilustración 20. Causas de desinstalación equipos BES. _____	48
Ilustración 21. Modo de falla. _____	49
Ilustración 22. Modo de falla específica por causa eléctrica. _____	50
Ilustración 23. Modo de falla específica para flujo. _____	50
Ilustración 24. Componentes fallados, causa eléctrica. _____	52
Ilustración 25. Componentes fallados cuando no hay flujos en superficie. _____	53
Ilustración 26. Componentes Sub-fallados de la bomba. _____	54
Ilustración 27. Componente Sub-fallado de MLE. _____	55
Ilustración 28. Descripción específica de la falla. _____	56
Ilustración 29. Causas de falla directa _____	57
Ilustración 30. Causas de falla indirecta _____	59

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Referencias Bombas por empresas. _____	42
Tabla 2. Referencias sellos por empresas. _____	44
Tabla 3. Tipos de motores por empresas. _____	44
Tabla 4. Tipos de sensores por empresa. _____	44
Tabla 5. Causas de desinstalación de equipo BES. _____	47
Tabla 6. Modo de falla _____	48
Tabla 7. Modo de falla especifica por causa eléctrica. _____	49
Tabla 8. Modo de falla especifica flujo. _____	50
Tabla 9. Componentes fallados, causa eléctrica. _____	51
Tabla 10. Componentes de falla cuando no hay flujo en superficie. ____	52
Tabla 11. Sub-componente fallado de la bomba. _____	53
Tabla 12. Componente Sub- fallado de MLE. _____	54
Tabla 13. Descripción especifica de la falla. _____	55
Tabla 14. Causa de falla especifica _____	57

Anexos.

ANEXO A. Número de pulling y las razones	66
ANEXO B. Base de datos.....	68

RESUMEN

TITULO: ANALISIS DE FALLA DEL SISTEMA DE BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE EN LA SUPERINTENDENCIA CASTILLA-CHICHIMENE DE ECOPETROL EN 2012.*

AUTOR: SEVILLANO SUAZA, Jimmy Edwin**

PALABRAS CLAVE: Análisis falla, Sistema Bombeo electrosumergible, Superintendencia Castilla-Chichimene, Cuenca llanos orientales.

DESCRIPCION:

La presente monografía contiene un análisis de falla en el Sistema de Bombeo electrosumergible, el cual permite identificar e ir filtrando los tipos de fallas hasta encontrar las principales y más recurrentes. El análisis causa raíz es un estudio estadístico que permite la identificación de factores de riesgo importantes, permitiendo la rápida reacción por parte de los ingenieros de control de producción.

Adicionalmente se realiza un estudio causa-raíz, que consiste en la identificación de los por qué se presentan las fallas, para poder determinar las diferentes opciones de mejora que existen y a su vez evaluar cuales fallas son directas o indirectas en el momento de aplicar las correspondientes soluciones. Los dos principales causantes de fallas indirectas son los componentes del yacimiento como lo es el fluido o los sólidos provenientes del mismo, y las fallas o errores humanos en cuanto a las prácticas utilizadas durante la operación.

El análisis de falla permite identificar cuáles son los componentes que presentan mayores daños permitiendo reemplazarlos, o si no es posible buscar apoyo con las compañías de servicio para reconocer y aplicar las oportunidades de mejora de los elementos fallantes. La realización de este estudio permite disminuir en los años futuros la intensidad en las fallas presentes en este campo, al ser tenido en cuenta las correspondientes acciones y conclusiones, resultado de esta monografía.

* Monografía de grado

**Facultas de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director: Cirio Abraham Pinto, Ingeniero de Petroleos.

ABSTRACT

TITLE: FAILURE ANALYSIS OF ELECTRICAL SUBMERSIBLE PUMPS IN THE SUPERINTENDENCIA CASTILLA-CHICHIMENE OF ECOPETROL IN 2012.*

AUTHOR: SEVILLANO SUAZA, Jimmy Edwin**

KEY WORDS: Analysis fails, Electrical submersible pumps, Superintendencia Castilla-Chichimene, Basin eastern plains.

DESCRIPTION:

This monograph contains an analysis of failure electrical submersible pumps system, which identifies and filtering fault types until you find the main and recurring. The root cause analysis is a statistical test that can identify important risk factors, allowing quick reaction from the production control engineers.

Additionally a cause-root study, which involves identifying why failures occur, to determine the different options to improve world and in turn assess which troubles are direct or indirect at the time of applying the corresponding is done solutions. The two main causes of indirect failures are the components of the reservoir as is the fluid or solid from the same, and failure or human error as to the practices used during operation.

The failure analysis can identify the components that have more damage, allowing to replace them, or if you can search support from service companies to recognize and implement improvement opportunities to the failing elements. Conducting this study allows to decrease in future years the intensity of faults in this field, to be considered appropriate actions and conclusions resulting from this monograph.

* Graduate monografy.

** Physical chemical engineering. Petroleum engineering school. Director: Ciro Abraham Pinto, Petroleum Engineer

INTRODUCCIÓN

Cuando los pozos no presentan aporte en superficie, o es menor al esperado; se entra a evaluar las condiciones del sistema de levantamiento; en la Superintendencia Castilla-Chichimene el principal sistema es el electrosumergible. Las propiedades de los fluidos producidos o del yacimiento, la precipitación de sólidos de la formación o del completamiento, la corrosión, o el mal diseño del equipo pueden afectar las condiciones de operación de un sistema electrosumergible, generando deficiencia o fallas en sus componentes.

El aumento de fallas de sistemas electrosumergibles genera un incremento en los costos de mantenimiento afectando la rentabilidad de cada pozo, y generando adicionalmente producción diferida por el tiempo que dura la intervención; por esta razón es necesario realizar el análisis correspondiente para poder identificar las causas raíces de las fallas más recurrentes, permitiendo generar estrategias que mitiguen o eliminen las intervenciones por dichas causas.

Para la realización del análisis es necesario recopilar la información correspondiente a cada pulling generado durante el año 2012, en caso de reconocer que la causa es por una falla del sistema electrosumergible se entra a realizar un teardown que permite identificar que componente fue el que presentó falla; adicionalmente se genera una investigación en donde se examina la causa raíz de la falla.

1. GENERALIDADES DEL CAMPO CASTILLA-CHICHIMENE

1.1 ANTECEDENTES

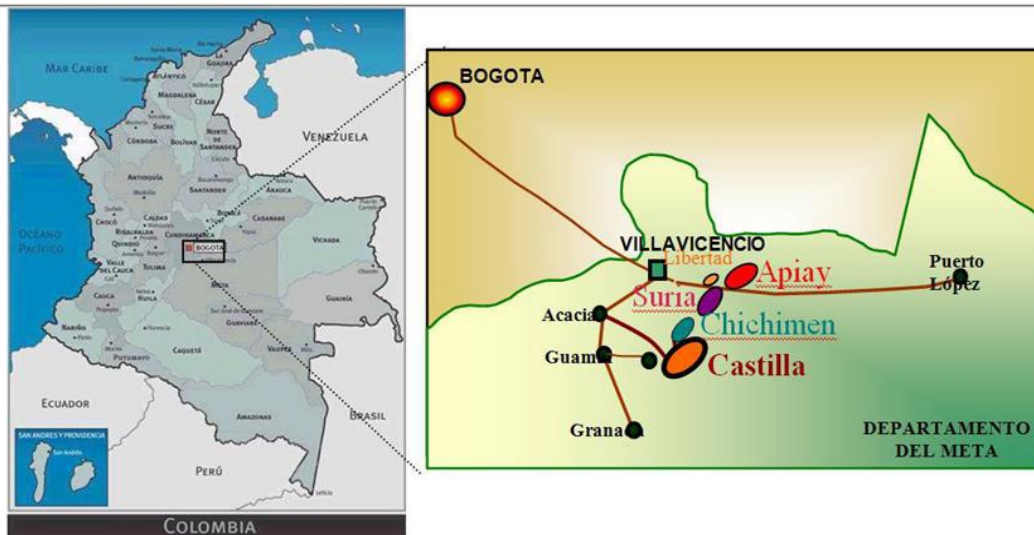
El campo Castilla se encuentra localizado en el departamento del Meta, aproximadamente 54 Km al sur de la ciudad de Villavicencio, en inmediaciones de los municipios de Castilla La Nueva y Acacias.

El campo fue descubierto en 1969 por la compañía Chevron con la perforación del pozo Castilla 1, pero inició producción en 1977; para operar este campo se firmó el primer contrato de asociación en Colombia, el cual se denominó Cubarral, en el año de 1977 con la mencionada compañía. En 1988 ECOPETROL S.A. perforó el pozo Castilla Norte-1, comprobando la extensión del campo hacia el extremo nororiental de la estructura. El contrato de asociación con Chevron terminó el 30 de enero del año 2000, tras lo cual ECOPETROL S.A. suscribió un contrato por seis meses con la misma compañía para su administración. **(Ecopetrol, 2013)**

El campo petrolero de Chichimene, administrado desde enero 31 del 2000 y operado desde julio 31 del mismo año por la Gerencia Llanos de ECOPETROL, está ubicado entre las siguientes coordenadas: (1.043.000 E, 926.000N) y (1.045.500E, 929.000N) con una extensión superficial de 750 Hectáreas y con un área de yacimiento de 374 Hectáreas. Está localizado a 12 Km al sureste del municipio de Acacias en el departamento del Meta.

Los yacimientos de Castilla y Chichimene tiene principalmente sus formaciones productoras en la formación Guadalupe con sus unidades K1 y K2, y la formación San Fernando con su unidad T2. Son yacimientos que gastan gran parte de su energía disponible en mover el fluido desde el yacimiento hasta superficie. La baja gravedad API, la alta viscosidad dinámica y el alto contenido de fracciones pesadas se conjugan para generar un fluido que requiere una alta energía para ser producido. A nivel de yacimientos se presenta formación de depósitos orgánicos y de formación de escamas minerales. La estabilidad de Asfáltenos está determinada por el valor del índice coloidal (CII), que se puede calcular a partir de un análisis SARA (Análisis de contenido de saturados, aromáticos y resinas). Para el caso del campo Castilla se tiene que el CII es menor a 0.9, por lo que se consideran crudos estables, pero la variación de pH y temperatura por agentes externos causan la precipitación de los asfáltenos a nivel del yacimiento. **(Ecopetrol, 2011).**

Ilustración 1. Ubicación campo Castilla-Chichimene



Fuente: Ecopetrol S.A

El campo Castilla se encuentra dividido en tres áreas operacionales llamadas Campo Castilla, Campo Castilla Norte y Campo Castilla Este, aunque todos pertenecen a la misma estructura geológica. Para la fecha (marzo 2013) el campo cuenta con 361 pozos perforados, repartidos en 168 en Castilla Norte, 192 en Castilla Sur y 1 en Castilla Este distribuidos en 106 locaciones. La producción promedio actual del campo es de 124438 BPPD con un corte de agua del 85%. La producción acumulada de aceite y agua al 28 de Febrero de 2013 es de 376 MBIs y 1276 MBIs, respectivamente. **(Ecopetrol, 2013)**

La producción de los campos Castilla – Chichimene en conjunto está en el orden de los 180.000 BOPD **(Boletín Estadístico ACIPET- Marzo 2013)**.

2. BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE

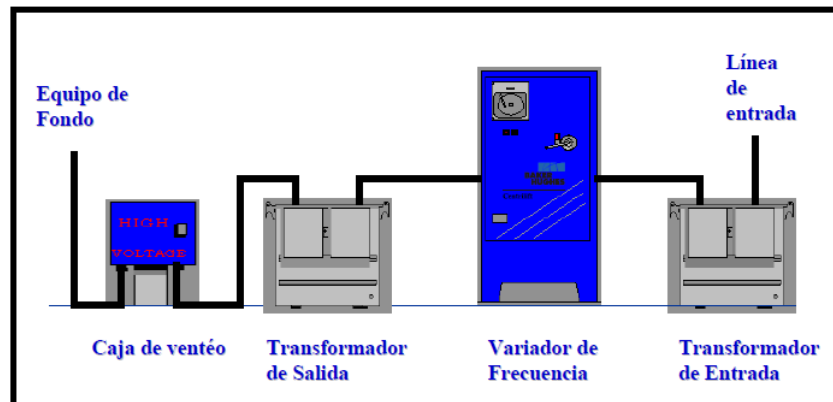
2.1 COMPONENTES – DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

Una bomba electrosumergible convierte la energía provista por un motor primario (motor eléctrico) en energía dentro del líquido que se bombea. Esta energía contenida en el fluido se presenta como energía de presión. Generalmente se considera al bombeo electrosumergible como un sistema de extracción artificial para volúmenes relativamente altos, más aplicables a yacimientos que están bajo

la influencia de empuje natural de agua o en yacimientos con inyección de agua y que además tienen alto porcentaje de la misma o bajo GOR. Sin embargo, a través de los años, las compañías dedicadas al bombeo electrosumergible conjuntamente con las principales compañías productoras de petróleo han obtenido una considerable experiencia en la producción de fluidos de alta viscosidad, en pozos gasíferos, pozos de alta temperatura, etc. Con esta experiencia, más los adelantos tecnológicos, se está bombeando hoy económicamente en pozos en los cuales antes no se consideraba posible la utilización de bombeo electrosumergible.

2.1.1 Equipo de superficie

Ilustración 2. Equipo de superficie BES.



Fuente: Pinto, 2001.

El equipo típico de superficie está compuesto por:

- ✓ Un banco de tres transformadores monofásicos o un transformador trifásico
- ✓ Un panel de control (Controlador del motor o VSD)
- ✓ Una caja de venteo
- ✓ Un cabezal de boca de pozo que puede empaquetar alrededor del cable de potencia, y del cual cuelga toda la instalación de fondo

2.1.1.1 Transformador reductor (SDT)

Encargado de reducir la tensión de la línea de distribución, al nivel de tensión requerida por el variador de velocidad.

2.1.1.2 Controlador del motor

Realiza el arranque controlado y protegido del motor esto, luego de arrancar el motor, permite controlar los parámetros de operación para controlar y mantener la frecuencia a la cual se espera que trabaje el motor de la bomba, manteniendo la relación Voltios/Hertz de placa del motor.

Existen tres tipos de controladores: El arrancador directo, el arrancador suave ("Soft Starter") y el Controlador de frecuencia variable (VSC).

- El arrancador directo ("Switch board") arranca el motor a la frecuencia nominal de la alimentación (60 Hertz) posee protección por sobrecarga y baja carga manteniendo constante la frecuencia a 60 Hertz.
- El Arrancador suave está diseñado para controlar la corriente y el voltaje durante el período de arranque, de tal forma que el voltaje es incrementado gradualmente hasta alcanzar el voltaje nominal del sistema (60 Hz).
- El Controlador de Frecuencia o Variador (VSC o VSD) controla el voltaje, la corriente y la frecuencia en el arranque. Mantiene la relación Voltios/Hz requerida en los bornes del motor para que éste entregue la máxima potencia. Después del arranque, puede variarse la frecuencia del motor, manteniendo siempre la relación Volts/Hz de placa del mismo. El VSD permite así lograr un amplio rango de caudales de acuerdo al tipo de bomba.

2.1.1.3 Caja de venteo (Vent box)

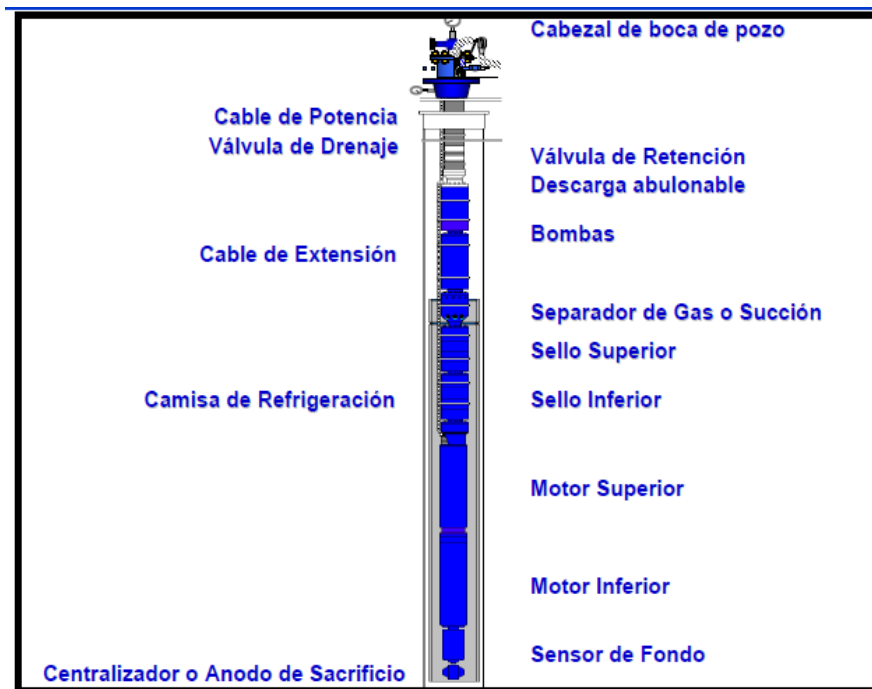
Punto de conexión entre el cable de potencia de superficie y el de fondo. Ventea a la atmósfera cualquier migración de gas que ocurra a través del cable. Punto de fácil medición de parámetros eléctricos al equipo de fondo.

2.1.1.4 El Transformador Elevador (SUT)

Permite incrementar el voltaje del controlador de frecuencia al nivel de tensión necesario para que el motor opere eficientemente. Esto se logra mediante un sistema que permite variar las salidas del secundario (taps). En los controladores de frecuencia Robicon, no se requiere utilizar SUT debido a que la tecnología de este fabricante permite obtener a la salida del VSD el voltaje requerido para operar el motor. **(Schlumberger, 2005).**

2.1.2 Equipo de fondo

Ilustración 3. Equipo de subsuelo BES



Fuente: Pinto, 2001

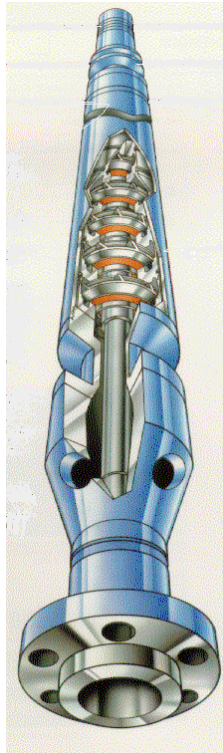
La instalación típica de fondo de una unidad electrosumergible consiste en:

- ✓ Una bomba centrífuga multietapas
- ✓ Un motor eléctrico trifásico
- ✓ Sección sello
- ✓ Separador de gas rotativo – Admisión
- ✓ Un cable plano de extensión al motor
- ✓ Un cable de potencia
- ✓ Una válvula de retención
- ✓ Una válvula de drenaje

2.1.2.1 Bomba centrífuga multi etapas

Su función básica es imprimir a los fluidos del pozo, el incremento necesario para hacerlo llegar a la superficie, el gasto requerido con presión suficiente en la cabeza de pozo. (<http://es.slideshare.net/jkbv1990/puntos-del-bes-1>)

Ilustración 4. Bomba centrífuga de etapas múltiples.

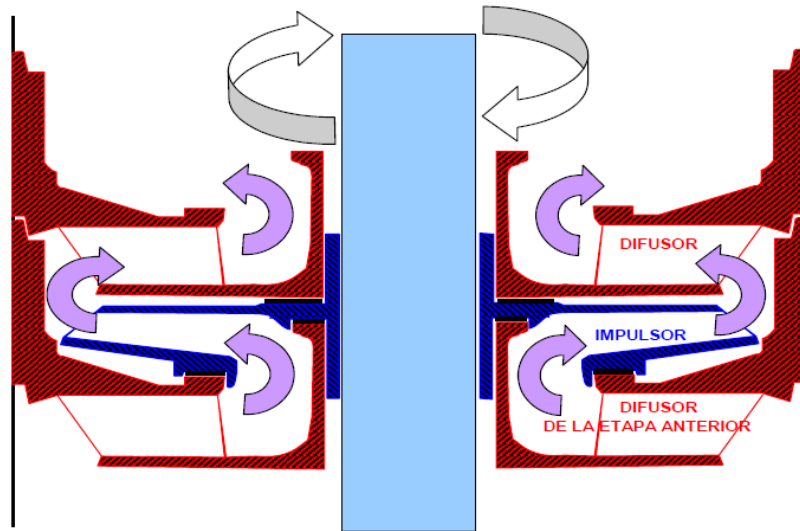


Fuente: Tomado de Sistema de extracción de bombeo electro sumergible. 2014

Cada etapa de una bomba centrífuga está compuesta por un impulsor y un difusor, el impulsor está fijo al eje y gira con éste, mientras que el difusor permanece estático por estar fijo a la carcasa de la bomba. (Figura 4)

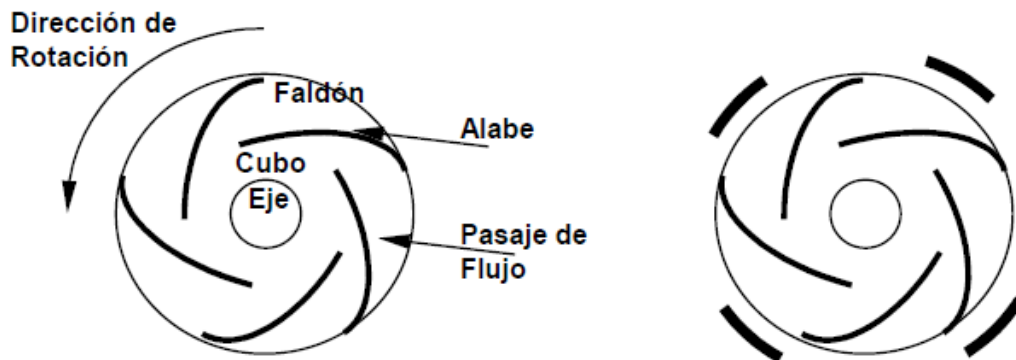
Dependiendo del tipo de etapa, el impulsor tiene entre 7 y 9 álabes que generan el movimiento al fluido que pasa por el impulsor, el número de álabes del difusor es diferente que el del impulsor para prevenir vibraciones. (Figura 5)

Ilustración 5. Impulsor y difusor.



Fuente: Tomado de Sistema de extracción de bombeo electro sumergible. 2014

Ilustración 6. Alabes de impulsor.



Fuente: Tomado de Sistema de extracción de bombeo electro sumergible. 2014

Los impulsores de las bombas electrosumergibles, se construyen de dos tipos, flujo radial y flujo mixto, el tipo de flujo se determina en el proceso de diseño de la etapa, generalmente las destinadas a producir bajos caudales son radiales, y las diseñadas para mayores caudales son flujo mixto.

El primer impulsor de una bomba, entrega una cantidad de energía cinética al fluido mientras se mueve desde el centro hasta la periferia del mismo, este fluido es tomado por el difusor que cambia la dirección del mismo, transformando la energía cinética en energía potencial (de altura o presión); el fluido ingresa por la parte central al segundo impulsor donde se genera nuevamente energía cinética, que el segundo difusor transformará en energía potencial; de esta manera cuando

el fluido atraviesa toda la bomba, habrá acumulado tanta energía potencial, como cantidad de etapas tenga la bomba.

2.1.2.1.1 Impulsores flotantes

Para pozos que no tengan el problema de los abrasivos existen bombas de impulsores flotantes, libres para desplazarse axialmente (Ilustración 5). Cada impulsor flotante transmite su empuje al difusor por medio de soportes circulares de Cintane manteniendo una fina capa de fluido del pozo como lubricante entre las superficies. Solo un pequeño esfuerzo axial es impartido al eje aun cuando se utiliza un gran número de etapas. En estas bombas los impulsores se vinculan al eje por medio de una chaveta que le permite el desplazamiento axial, de esta manera todos los empujes axiales que soporte un impulsor, generarán el desplazamiento vertical del mismo hasta encontrarse con el difusor inferior o superior, de acuerdo a la dirección del empuje. Este esfuerzo es transmitido al housing del equipo a través de los difusores y debe tratar de minimizarse el mismo para evitar excesivos desgastes en las etapas.

Entre los puntos de contacto impulsor-difusor, se colocan arandelas de empuje, que disminuyen la fricción en las etapas de la bomba.

El tamaño y la ubicación de estas arandelas, dependerán del diseño de la bomba; generalmente tienen mayor sección las que se ubican en la parte inferior del impulsor, por ser de mayor magnitud los empujes descendentes que los ascendentes. Estas bombas se diseñan para trabajar dentro de su rango operativo, fuera del mismo los desgastes son mayores a los que pueden soportar las arandelas de empuje.

2.1.2.1.1.1 Ventajas de las bombas con impulsores flotantes

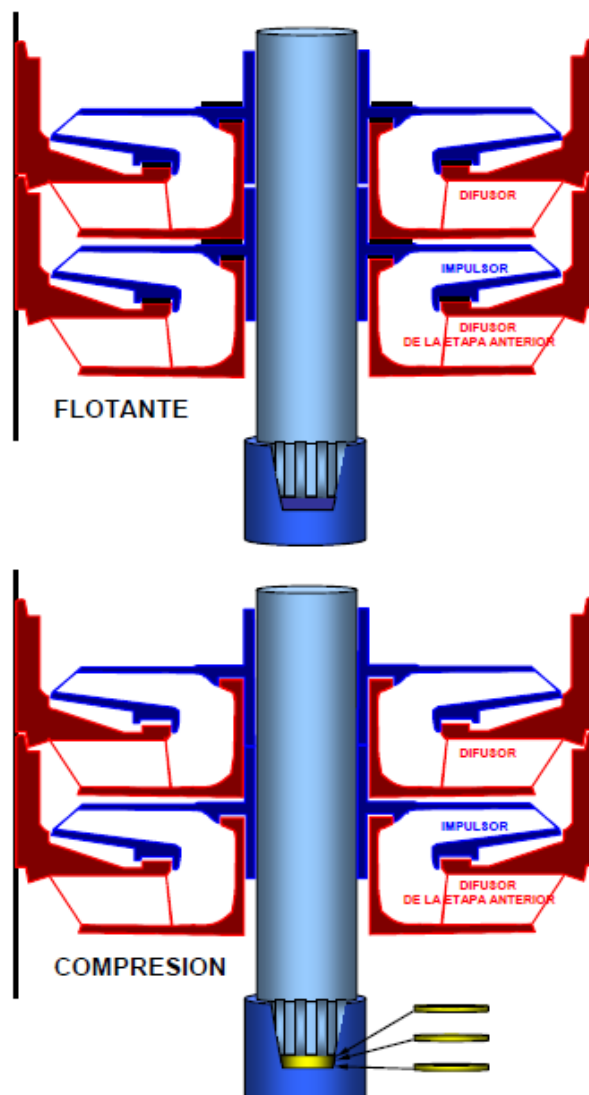
- Hace algunos años, la tecnología para los cojinetes no había avanzado como la de hoy y era ventajoso que cada etapa de la bomba maneje su propio empuje.
- Las tolerancias dimensionales de las bombas de compresión son más exigentes que en las bombas de impulsores flotantes, por tal motivo su fabricación es más costosa.
- El ensamble de una bomba de impulsores flotantes, en la bajada de la misma al pozo no requiere de ajustes, como cuando se lo hace con una bomba de compresión.

2.1.2.1.2 Impulsores fijos o de compresión

Este tipo de bombas, también llamadas de compresión, permite una mayor vida útil en el manejo de fluidos abrasivos y mayor margen de caudal en cualquier aplicación (Figura 6).

La diferencia básica en el diseño de este tipo de bombas es que se mantiene una diferencia constante entre el impulsor y difusor, transmitiendo los esfuerzos axiales del primero al eje de la bomba. Esto se hace posible gracias al diseño del rodamiento axial de alta capacidad de carga. En este tipo de bombas se puede trabajar con tranquilidad fuera del rango operativo, sin correr riesgos de desgaste anormales en las etapas.

Ilustración 7. Impulsores flotantes y de compresión.



Fuente: Tomado de Sistema de extracción de bombeo electro sumergible. 2014

2.1.2.1.2.1 Ventajas de las bombas con impulsores de compresión

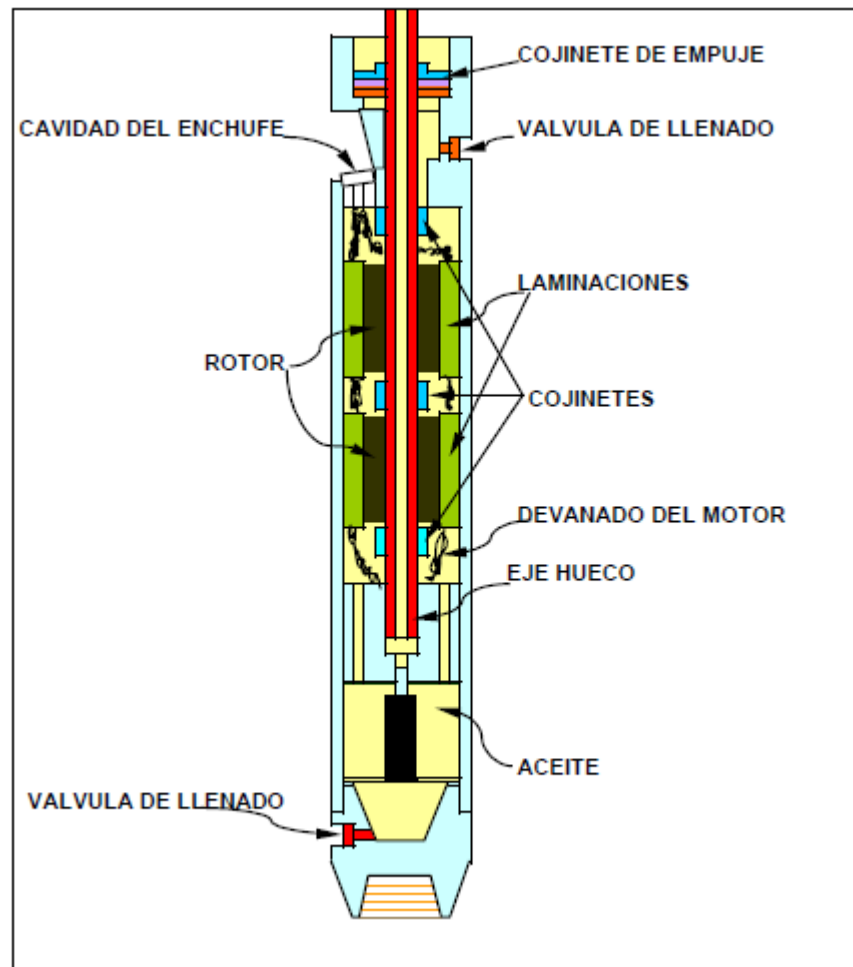
- Algunas etapas generan demasiado empuje axial, que no puede ser manejado por las arandelas de empuje de una etapa; en las bombas de compresión este empuje lo soporta un cojinete que puede sobredimensionarse.
- Algunos fluidos (propano) no pueden lubricar lo suficiente las arandelas de empuje, y se acelera el desgaste de las mismas; en las bombas de compresión las partes en contacto del cojinete de empujes están lubricadas por el aceite del motor.
- Si hay abrasivos o corrosivos presentes en el fluido del pozo también se acelera el desgaste de las arandelas de empuje.
- En pozos muy gaseosos algunos de los impulsores de la bomba trabajan con grandes empujes y otros con empujes aceptables, esto es soportado satisfactoriamente por una bomba de compresión.
- Si se dimensiona adecuadamente el cojinete de empuje del protector, la bomba puede trabajar sin riesgos fuera del rango operativo de la etapa flotante.

2.1.2.2 Motor

El motor es el elemento encargado de suministrar la potencia necesaria para hacer girar la bomba. Consiste en un motor trifásico bipolar, tipo jaula de ardilla el cual utiliza el principio básico de los motores de inducción magnética.

Los componentes básicos de un motor para bombeo electrosumergible son el Housing dentro del cual se arma el motor, que está constituido por un tubo de acero con roscas en sus extremos para fijarlo al cabezal y a la base del mismo, un eje hueco que transmite la potencia al resto del equipo y permite circular por su interior al aceite, de manera de mantener constante la temperatura del mismo dentro del motor; en el cabezal se aloja un cojinete de empuje encargado de soportar el peso del eje del motor y una cavidad por donde se realiza el empalme entre el cable del equipo y el devanado del motor. Dentro del housing se aloja el estator laminado, en cuyo interior gira, entre dos cojinetes, el eje y el rotor tipo jaula de ardilla. (Ilustración 6)

Ilustración 8. Componentes básicos de un motor.



Fuente: Tomado de Sistema de extracción de bombeo electro sumergible. 2014

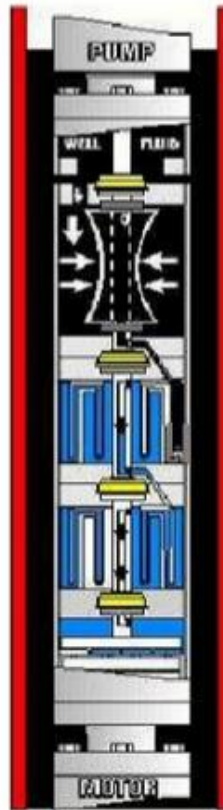
Los motores en general tienen el estator lleno de una resina epoxica o barnices especiales los cuales se aplican una vez bobinado el mismo, esto le permite una mayor resistencia mecánica al bobinado lográndose además una muy buena aislamiento y una mayor difusión térmica. El motor va lleno de un aceite mineral altamente refinado que provee una gran resistencia dieléctrica, una buena lubricación de los cojinetes y una alta conductibilidad térmica. El enfriamiento se obtiene mediante la transferencia del calor al fluido del pozo que pasa por el motor. Por esta razón, la profundidad de colocación se limita normalmente a un punto por encima del fluido entrante al pozo (punzado) de manera que circule alrededor del motor antes de ser admitido por la bomba, a no ser que se prevea algún método de enfriamiento (camisa refrigerante sobre el motor, protector y toma de la bomba).

2.1.2.3 Sección sellante o protector

El protector es un elemento cuya principal función es proporcionar un sello entre al aceite del motor y el fluido del pozo, se lo ubica entre el motor y el intake, y su correcta elección es vital para el funcionamiento del motor. Sus principales funciones son:

- Evitar el ingreso de fluidos del pozo al motor (el protector está en contacto con el fluido del pozo en la cabeza, a través del intake)
- Soportar el empuje producido por el movimiento (hacia arriba y hacia abajo)
- Transmitir el torque generado por el motor hacia el eje de la bomba
- Ecuilibrar presiones
- Sirve como reservorio de aceite del motor.

Ilustración 9. Sellos



Fuente: <http://es.slideshare.net/kti0n/clase-n5-bes-pp-514>

Los sellos están formados por cámaras laberínticas o cámaras con bolsas elastoméricas (ambas permiten la dilatación y contracción de los fluidos). El empleo de una o más bolsas dentro de esta configuración y la multiplicidad de sellos dependen generalmente de varios factores, entre ellos:

- Ángulo de inclinación del sello en el pozo
- Presencia de gas en el pozo
- Potencia del motor a conectarse
- Relación costo / vida útil esperada

2.1.2.4 Intake o separador de gas

Un Intake, permite solo una separación pobre del gas que ingresa al equipo, si se requiere una separación adicional, se debe utilizar como sección de entrada un separador de gas.

Los primeros Separadores de gas, eran estáticos, y se diseñaban para que el Gas se separe en el mismo, debido a un cambio brusco de dirección del fluido (180°) y se lo denominaba de flujo inverso, también se han utilizado separadores de flujo inverso con agitadores para intentar mejorar la separación.

2.1.2.5 Cable de potencia

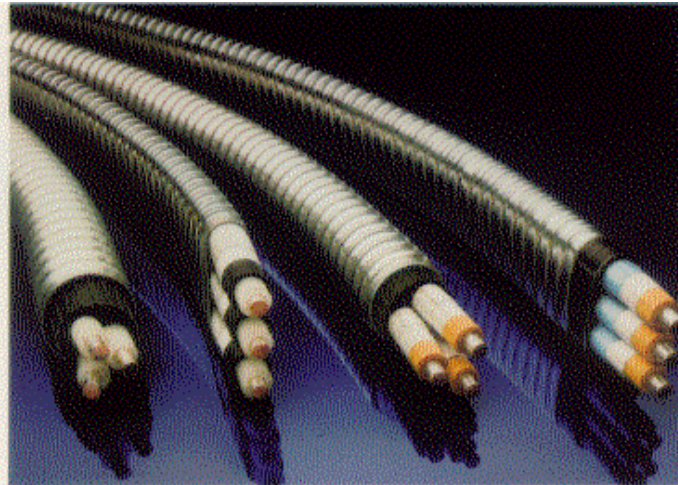
El cable de potencia transporta la energía eléctrica desde el fondo del equipo de superficie hasta el motor, en el equipo de fondo.

El tamaño del cable se basa en el amperaje y la caída de voltaje. La temperatura de fondo es crítica para la selección del cable.

(<http://es.slideshare.net/kti0n/clase-n5-bes-pp-514>)

Los cables están constituidos por tres conductores de cobre con una aislación individual, una segunda capa que generalmente es impermeable al gas, una cubierta exterior que lo protege química y mecánicamente y por ultimo una armadura metálica que le da la protección mecánica necesaria.

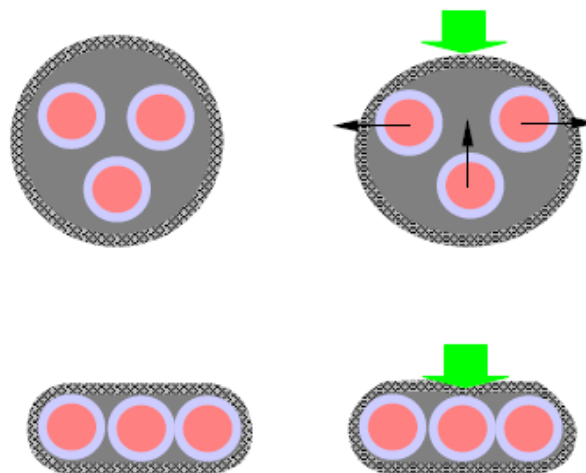
Ilustración 10. Cable de potencia.



Fuente: Tomado de Sistema de extracción de bombeo electro sumergible. 2014

En cuanto a la configuración del cable, se pueden utilizar cables redondos o plano (Flat), cada uno posee ventajas y desventajas; si analizamos el cable plano, vemos que son adecuados para bajarlos en pozos con poco espacio anular, en especial si se lo baja con un capilar para tratamiento químico, pero estos tienen poca resistencia mecánica y por no ser simétricos, producen un desbalance de las fases, debido a la falta de simetría. (Figura 10)

Ilustración 11. Tipos de cables.

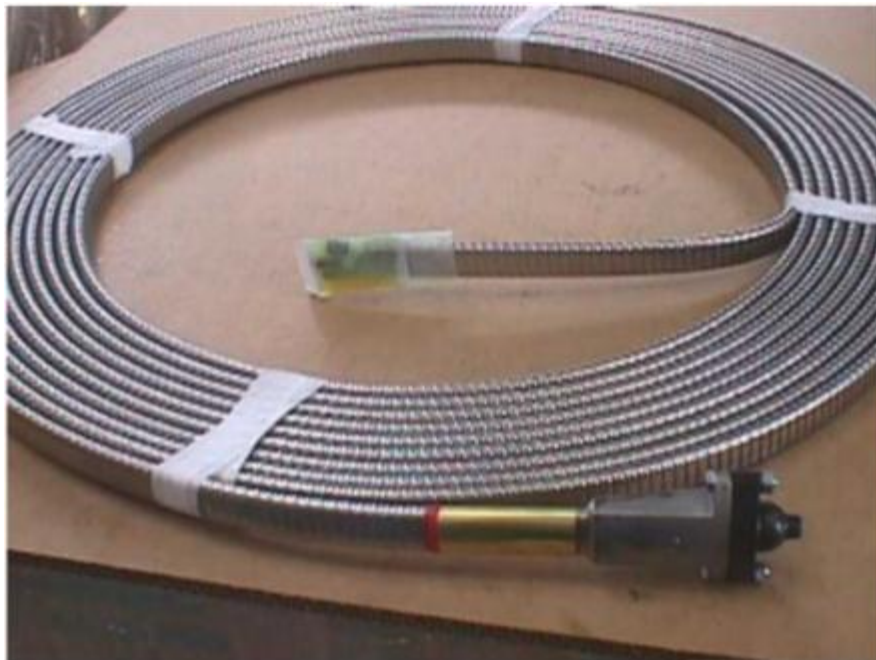


Fuente: Tomado de Sistema de extracción de bombeo electro sumergible. 2014

2.1.2.6 Cable de extensión

El cable de extensión del motor o MLE es un cable construido especialmente para ser instalado en toda la longitud del equipo de fondo debido a que este es más delgado y disminuye el diámetro exterior del conjunto que un cable de potencia. Posee una conexión o POT HEAD que va conectado al motor en uno de sus extremos y por el otro extremo se empalma al cable de potencia.

Ilustración 12. Cable de extensión.



Fuente: Tomado de Sistema de extracción de bombeo electro sumergible. 2014

2.1.2.7 Equipo y accesorios opcionales

Ensambladas a la sarta de producción se usan varias herramientas típicas del sistema BES, las más importantes son:

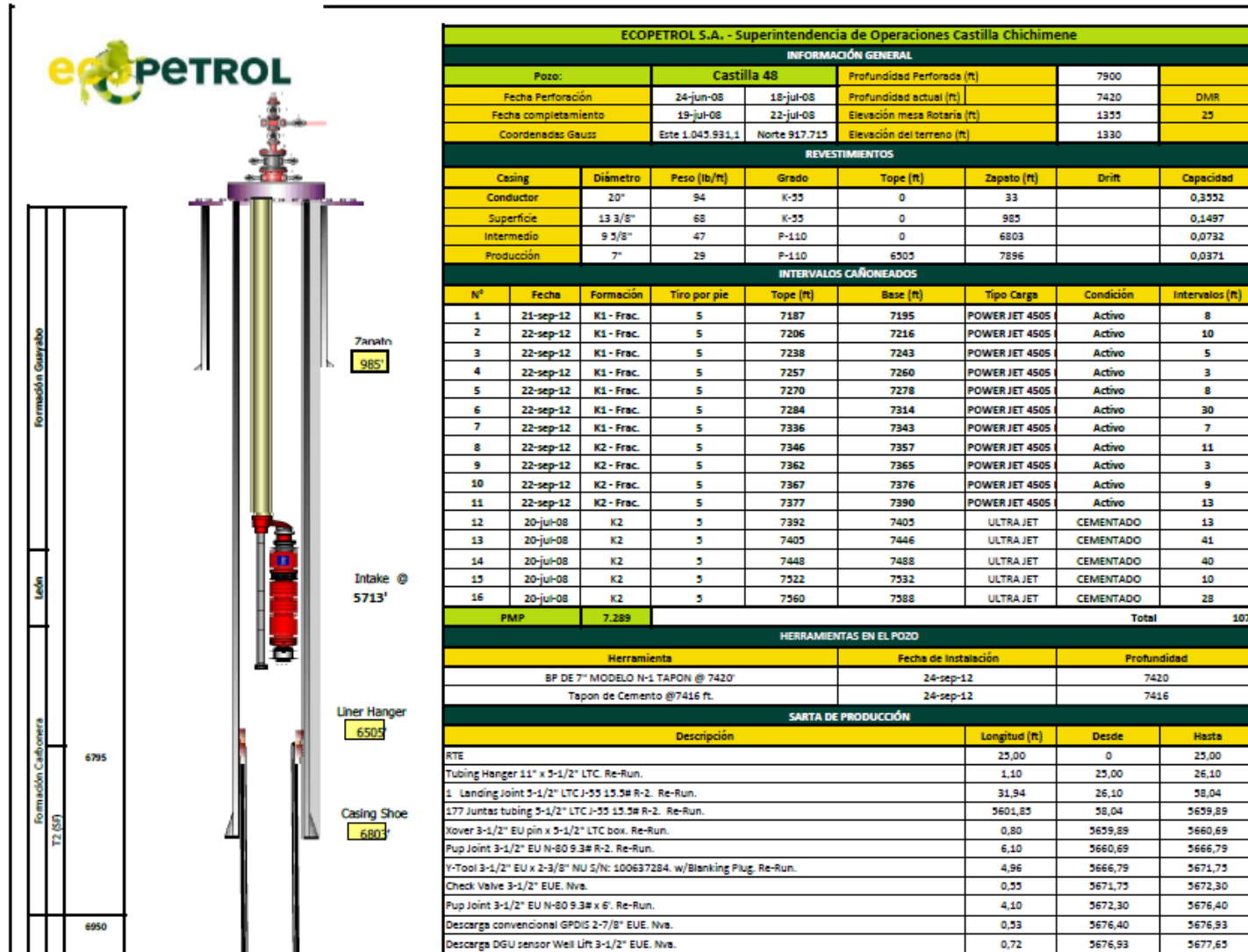
- Válvula de cheque (check valve)
- Válvula de drenaje (drain valve)
- Instrumento sensor de presión
- Centralizadores
- Bandas de cable
- Guardas del cable plano
- Grapa (Pinto, 2001)

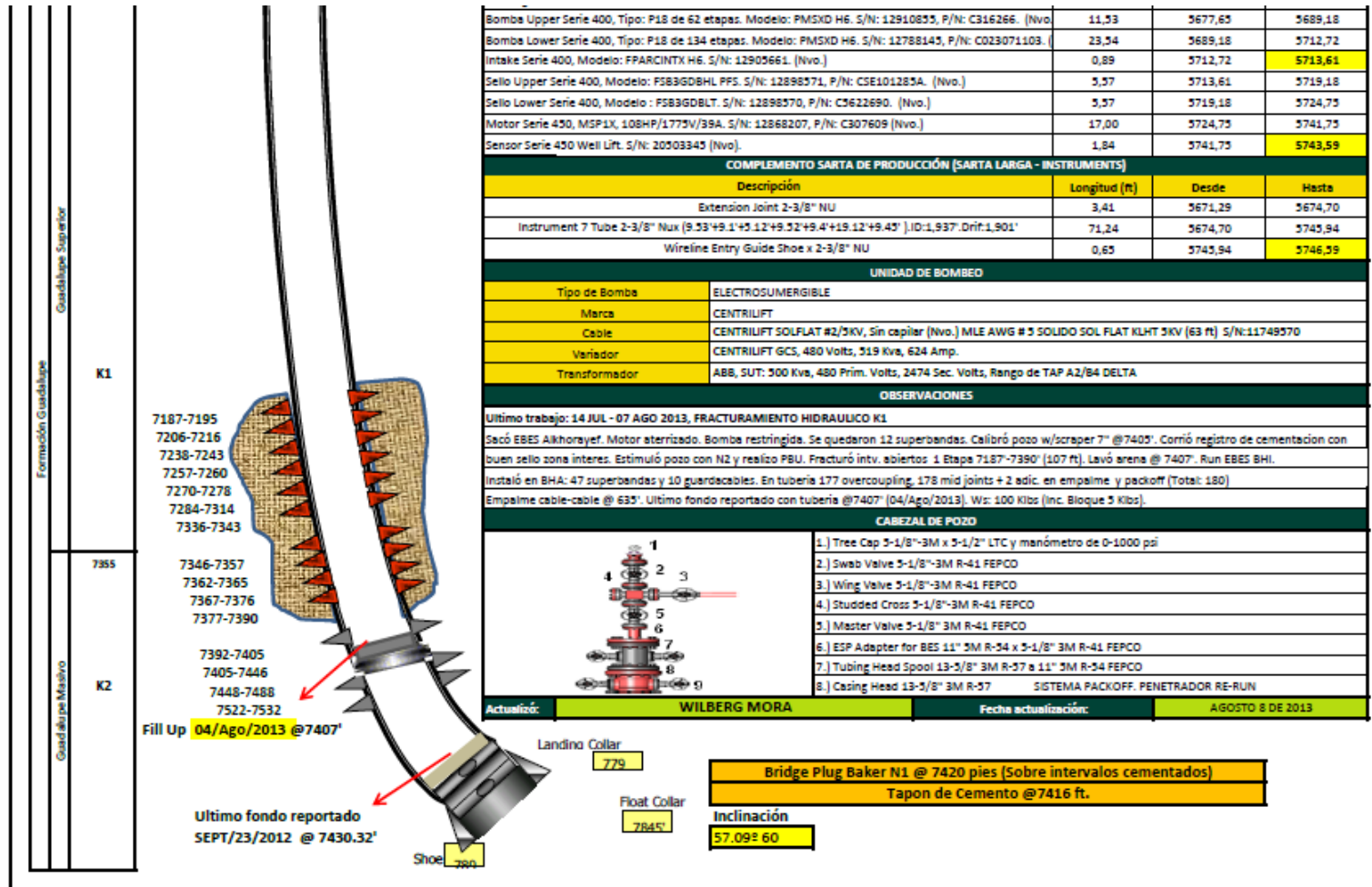
2.2 CONFIGURACION TIPICA DE BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE EN SCC

La aplicación del sistema artificial de Bombeo Electrosumergible requiere del conocimiento y comprensión de la parte eléctrica y electrónica, con la finalidad de analizarlo y enfocarlo como un sistema integral en donde todos los parámetros del yacimiento-pozo-equipo BES de fondo- equipo BES de superficie están íntimamente relacionados y correlacionados. La estrecha coordinación técnica y la buena comunicación del personal del área de Electricidad – Electrónica con el personal del área de Ingeniería de Petróleo (Operaciones – Producción) es uno de los factores preponderantes y de vital importancia para optimizar el sistema BES y obtener largos tiempos de la vida útil de los equipos BES **(ESPOL, 2004)**

Durante el año 2012 se utilizaron equipo de bombeo electro sumergible de cinco diferentes empresas, sin embargo solo tres de estas realizan el “Running” de los equipos; a continuación se presentan los estados mecánicos como ejemplo de cada una de los proveedores.

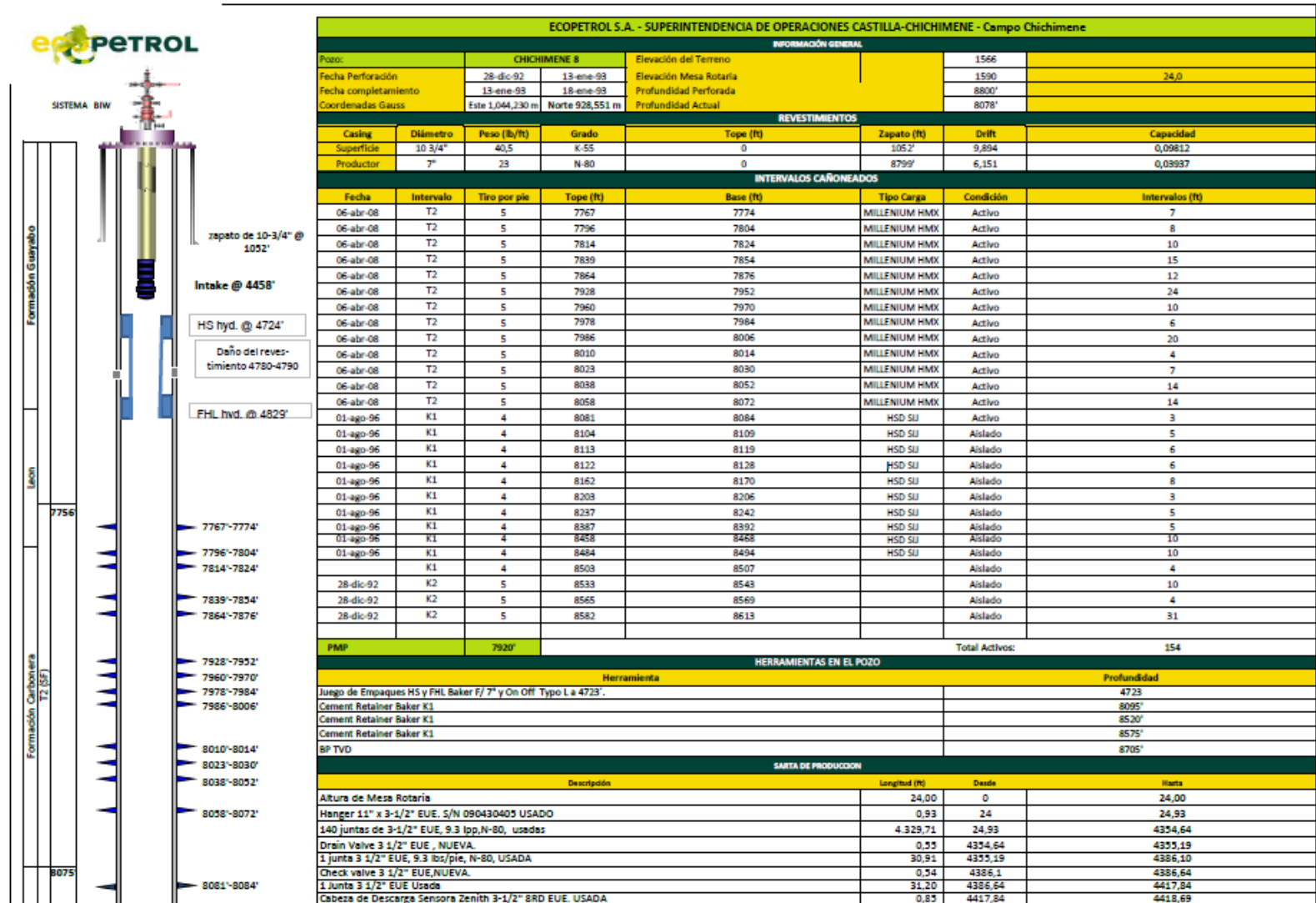
Ilustración 13. Estado mecánico Schlumberger.

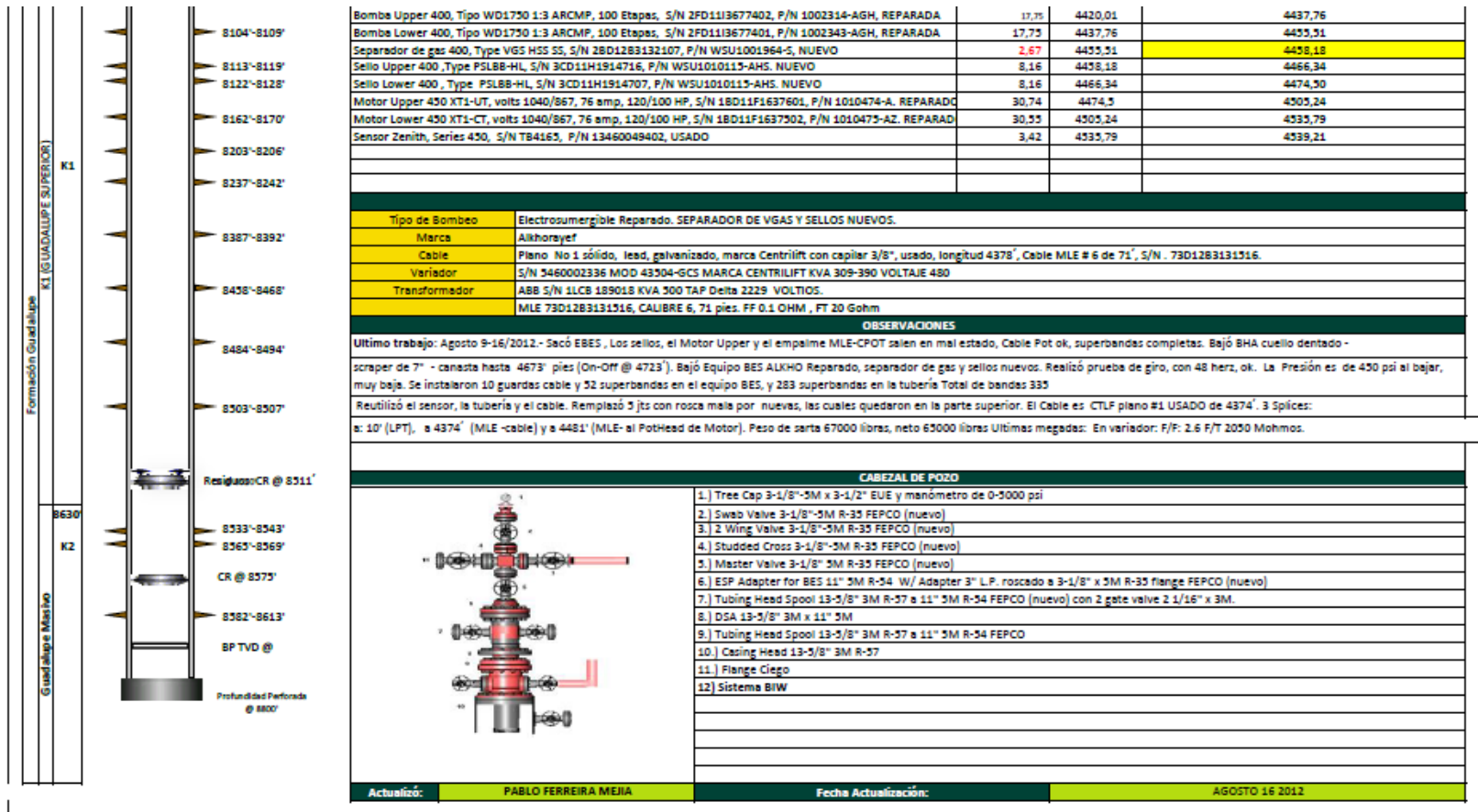




Fuente: Ecopetrol S.A

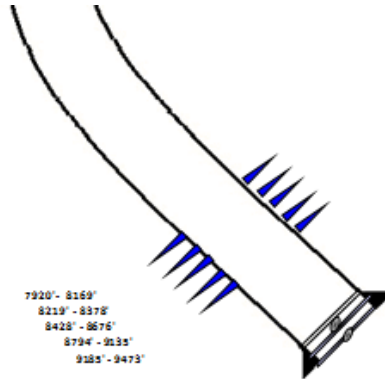
Ilustración 14. Estado mecánico Alkhorayef.





Fuente: Ecopetrol S.A

S.A.	GUADALUPE SUPERIOR	7250	7000
		K1	K1
GUADALUPE INFERIOR	7889	7239	
	K1	K1	
GUADALUPE MASIVO	K2	K2	
	9995	7333	



Ultimo fondo con tubería @ 9897' LC, 05-May-2014

En BHA: 14 Guardacables (7 térmicos y 7 convencionales) mas 38 Superbandas, total: 40 superbandas. Peso Sarta: 134 Kilbras (Sin Bloque). Prueba de giro, produio 720 BPM en FWD

CABEZAL DE POZO	
	1.) Tree Cap 5-1/8"-3M x 5-1/2" LTC
	2.) Swab Valve 5-1/8"-3M R-41 FEPCO
	3.) Wing Valve 5-1/8"-3MR-41 FEPCO
	4.) Studded Cross 5-1/8"-3MR-41 FEPCO
	5.) Master Valve 5-1/8" 3MR-41 FEPCO
	6.) ESP Adapter for BES 11" 5MR-54 x 5-1/8" 3MR-41 FEPCO
	7.) Tubing Head Spool 13-5/8" 3MR-57 a 11" 5MR-54 FEPCO
	8.) Casing Head 13-5/8" 3MR-57
Sistema PACK OFF	

Landing Callar @
9.997,00' MD

Floater Callar @
9.939,0' MD

Zapato Liner 7" @
9.983'

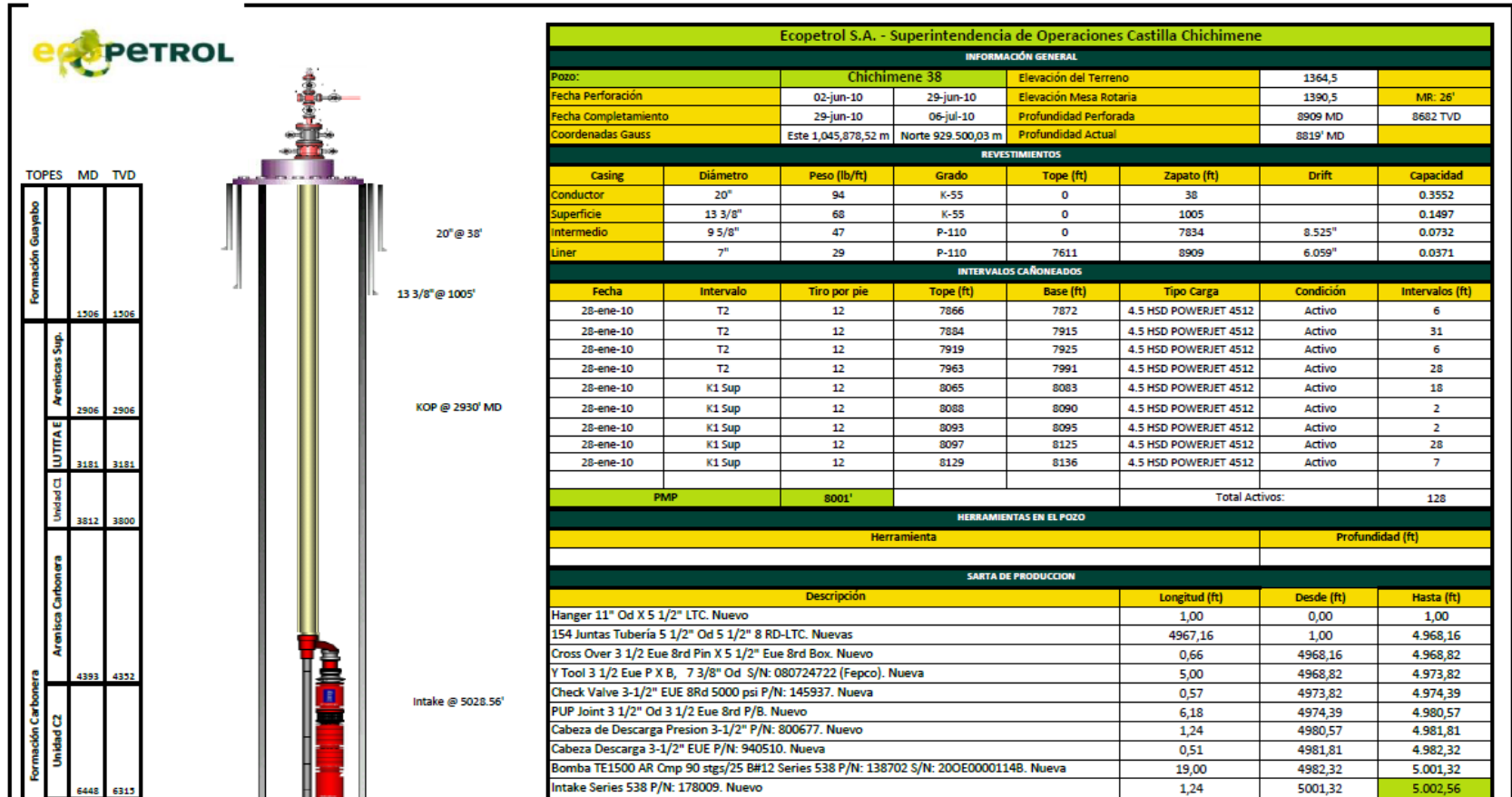
Profundidad Final @
9.995' MD

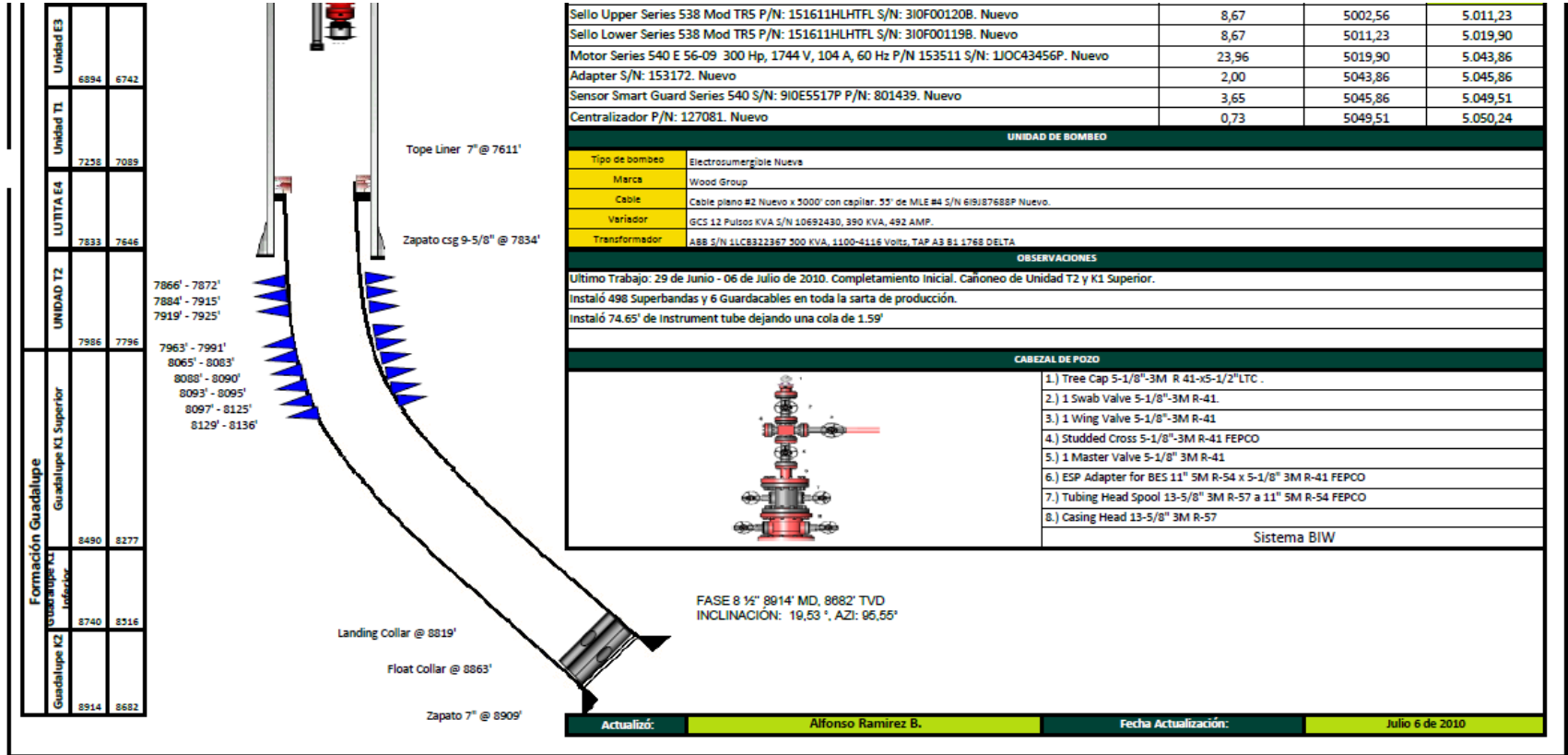
7.333,00' TWD

Ultimazurvey @	9.931' MD
Inclinación - 88,13°	7.331,48' TWD
	Azimut - 298,62°

Fuente: Ecopetrol S.A

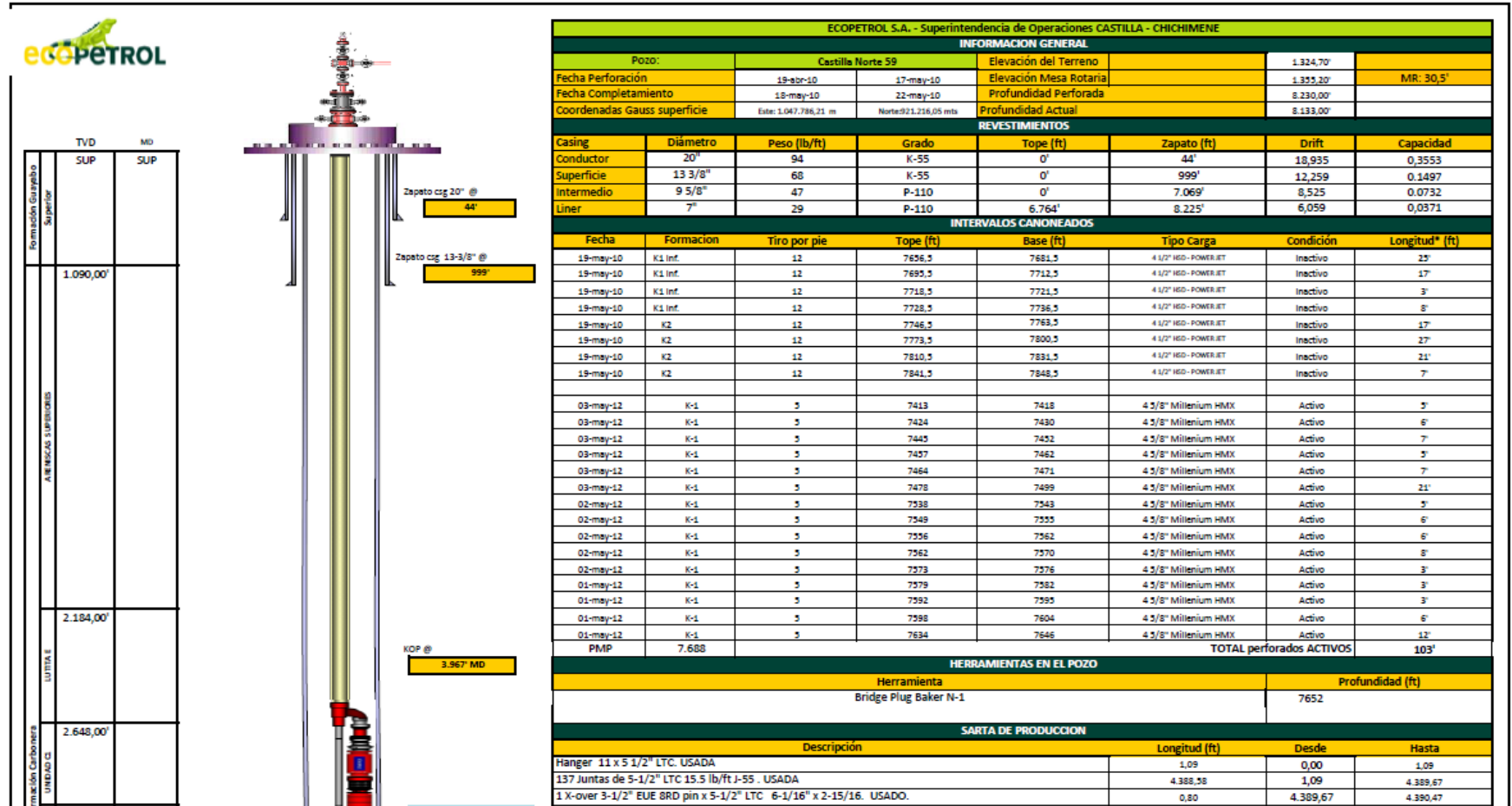
Ilustración 16. Estado mecánico General Electric.

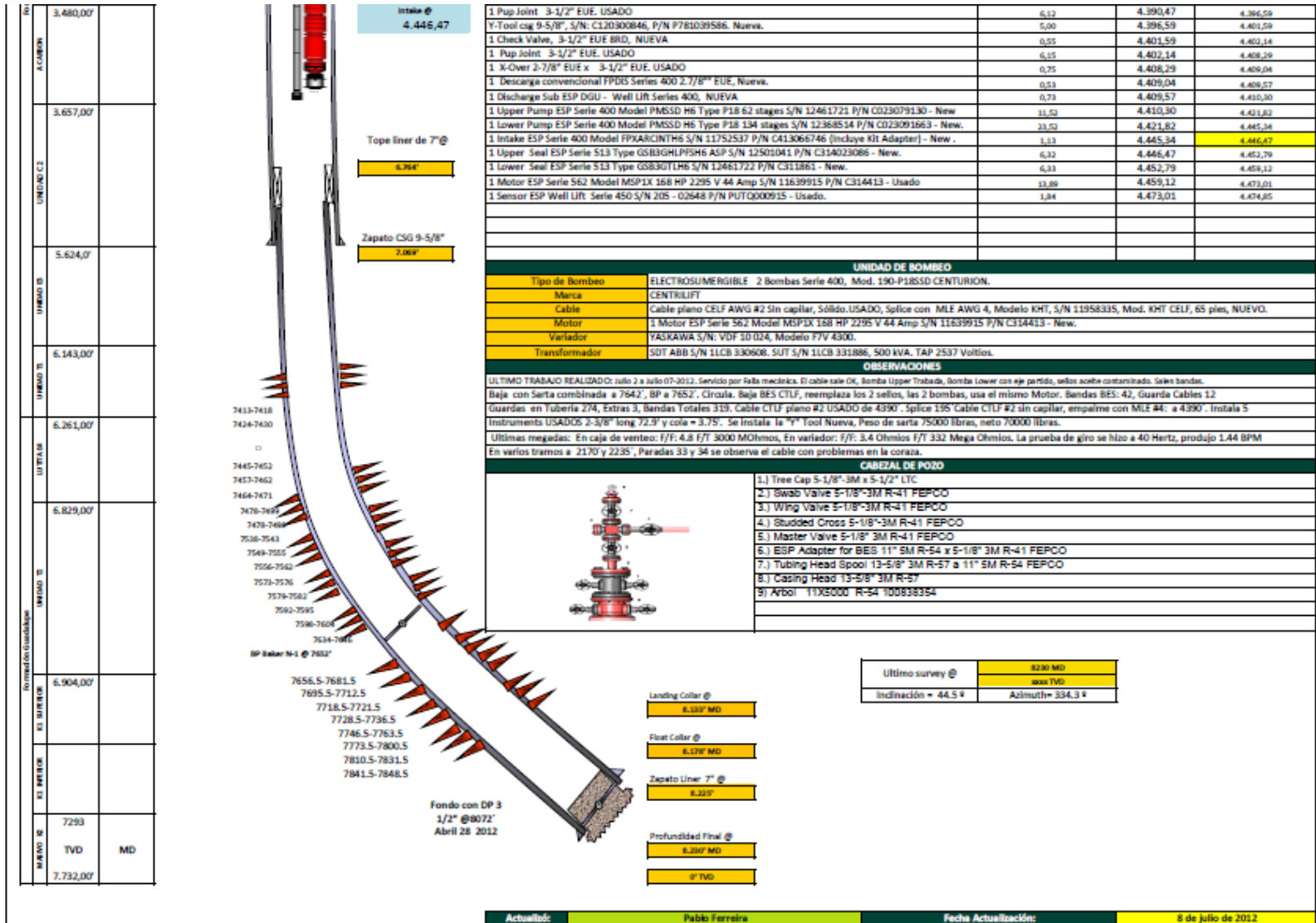




Fuente: Ecopetrol S.A

Ilustración 17. Estado mecánico Baker Hughes.





Fuente: Ecopetrol S.A

2.2.1 TIPOS DE COMPONENTES DE BES USADOS EN CAMPO CASTILLA-CHICHIMENE

2.2.1.1 Bombas

Tabla 1. Referencias Bombas por empresas.

SCHLUMBERGER		BAKER HUGHES		ALKHORAYEF	BORETS	GENERAL ELECTRIC
N1050C	A400	A177	400P10	WD1000	400-700	TA400
P2000A	A1200	B11W	400P22	WD1750	400-950	TA550
P2000B	A1500	D225B	538P11	WD3000	538-2600	TA900
P2000C	AN550	E127	538P37	WG4000	538-3600	TA1200
DN525	AN1200	F35	538P47	WE1500	538-1900	TA1500
AN900	AN1500	FC650	538P62	WE2600	538-5000	TD150
DN800	D1400	FC925	538P100	WE3600	538-7000	TD300
DN1800	D400	FC1200	400-P10	WE5500	400-1250	TD450
DN3100	D950	FC1600	400P12	WE7000	400-2200	TD600
SN3600	DN1000	FC4300	400P8	WD450	400-1750	TD650
DN525	DN1300	FC6000	400P18	WD650	400-180	TD800
AN900	DN1750	G48	400P29	WD850	400-350	TD850
DN800	DN2150	GC1200	400G22	WD1300	400-500	TD980
DN1800	DN280	GC1600	400P35	WD2150	400-3000	TD1200
DN3100	DN3000	GC2200	562P155	WD150	400-4500	TD1350
SN3600	DN4000	GC3500	400P6	WD300	400-5800	TD1750
HN1000 0	DN440	GC4100	562P110	WD4300	538-9000	TD2200
D1400N	DN675	GC6100	400P4	WD6000	538-12500	TD3000
D4300N	GN1600	GC8200	538P23	WE8500	538-18000	TD4300
D475N	GN2100	H27	538G31	WE11000	ESPD50A -60-2050	TD6000
D5800N	GN2500	HC9000	400FLEX -10	WH13000		TG2000
D725N	G2700	HC1200 0	400FLEX -17.5	WH15000		TG2500
G6200N	GN3200	HC1900 0	400FLEX -3.2			TG3100
GN1300	GN4000	I42B	400FLEX -31			TG4000

H21500 N	GN5200	IA600	538FLEX -47			TG5600
H28000 N	GN5600	IB700	538FLEX -80			TG7000
J12000N	GN7000	J61				TE1500
J7000N	GN1000 0	JA1100				TE2700
L16000 N	HN1300 0	JB1300				TE5500
L43000 N	HN1350 0	K70				TE7000
N1400N A	HN1500 0	KA100				TE11000
N1400N B	HN2100 0	K15000				TH13000
N1500A C	JN7500	L500				TH15000
N1500B C	JN1000 0	M34				TH20000
P2500A	JN1600 0	N80				TJ7500
S5000N	JN2100 0	P320A				TJ9000
A2700N	SN2600	R330				TJ10000
DC1100	SN8500	S175				TJ12000
DF1100	M520A	T36				TJ16000
HN1550 0	M520B	T100				TJ20000
S6000N	M520C	U23				TM520C
SN-2600	M675A	W18				TM520B
D2400N	M675B	Z69				TM520A
S8000N	M675C	HC3500 0				TM675B
D1150N	N1050A	GC1150				TM675C
	N1050B	GC1700				TM675A
						TN1050C
						TN1050B
						TN1050A
						TE3300

Fuente: Ecopetrol S.A

2.2.1.2 Sellos

Tabla 2. Referencias sellos por empresas.

SCHLUMBERGER	BAKER HUGHES	ALKHORAYEF	BORETS	GENERAL ELECTRIC
Serie 540	Serie 400	Serie 540	Serie 513	TR5-AR L/2BP
	Serie 513	Serie 400		TR5-AR B/L

Fuente: Ecopetrol S.A

2.2.1.3 Motor

Tabla 3. Tipos de motores por empresas.

SCHLUMBERGER	BAKER HUGHES	GENERAL ELECTRIC
375_Series_S	375_Series	TR3_Series_WG
456_Series_S	450_Series	TR4_Series
456_Series_M	544_Series	TR5_Series
540_Series_S	552_Series	TR7_Series_WG
540_Series_M&P	725_Series	
562_Series		
738_Series		

Fuente: Ecopetrol S.A

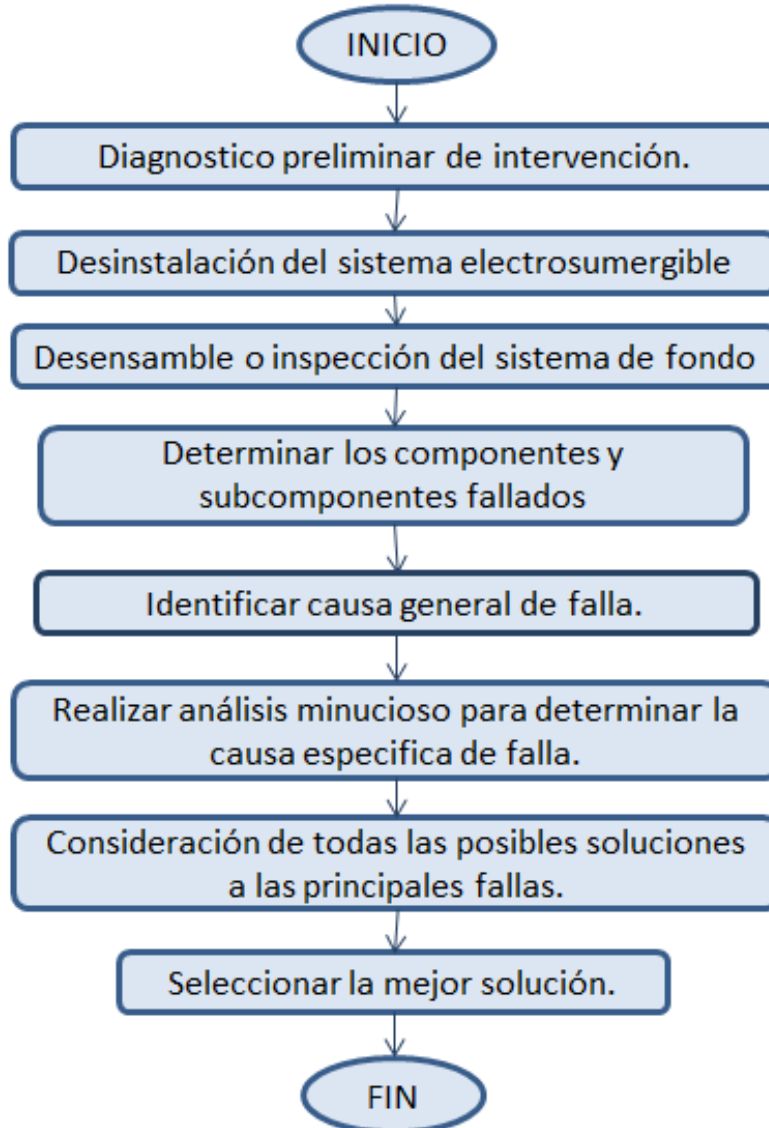
2.2.1.4 Sensor

Tabla 4. Tipos de sensores por empresa.

SCHLUMBERGER	BAKER HUGHES	ALKHORAYEF	BORETS	GENERAL ELECTRIC
Schlumberger	Centinel	Zenith	View point	Wood Group
	Well Lift	Scout		

Fuente: Ecopetrol S.A

2.3 METODOLOGIA DE ANALISIS



2.3.1 INDICADORES DE RENDIMIENTO Y VARIABLES DE MEDICION

La elaboración de la base de datos con la información correspondiente al año 2012 (Anexo B), permitió identificar que se intervinieron 91 pozos en el campo Castilla- Chichimene y un número de 209 pulling (Anexo A); dando como resultado el siguiente índice de falla:

- $$\text{INDICE DE FALLA ANUAL} = \frac{\text{NUMERO DE FALLAS}}{\text{POZOS ACTIVOS PROMEDIO}}$$

$$\text{INDICE DE FALLA ANUAL} = \frac{140}{468}$$

$$\text{INDICE DE FALLA ANUAL} = 0,299$$

Ilustración 18, Indicadores de rendimiento

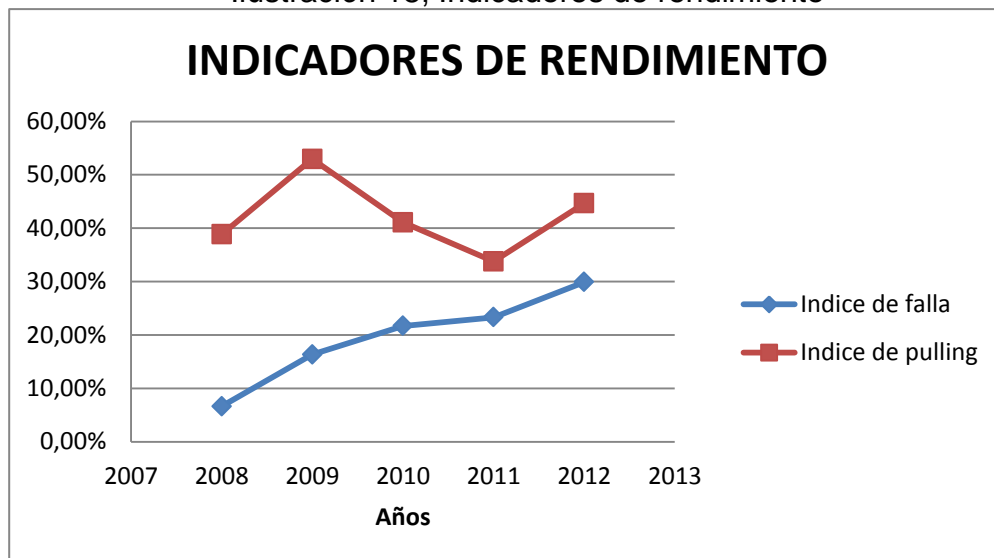
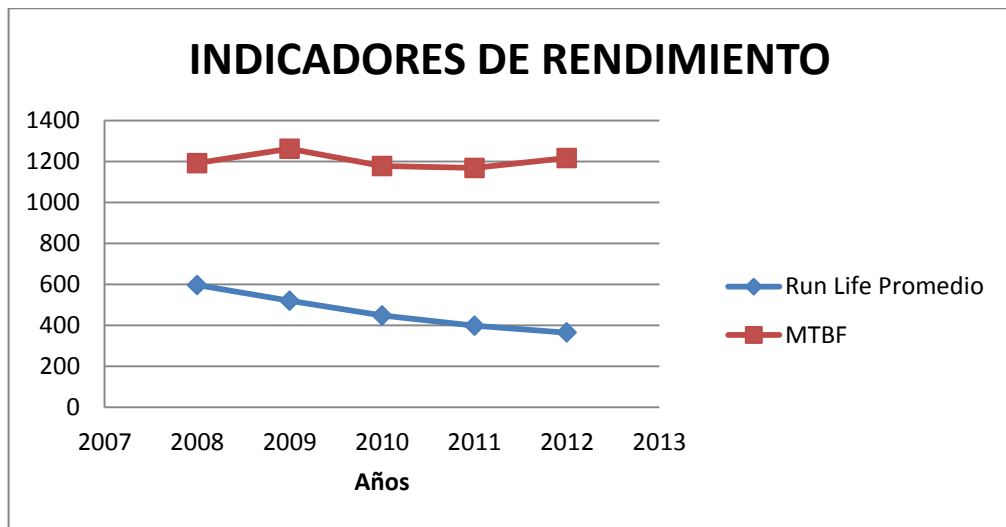


Ilustración 19. Indicadores de rendimiento



En la ilustración 18. Se muestra la relación de los años desde el 2008 hasta el 2012, tanto para los índices de fallas como para el número de pulling. Como se puede observar se presenta un aumento considerable entre el 2011 y el 2012, razón por la cual es importante la implementación de este análisis para poder identificar las fallas más comunes y recurrentes; y generar lecciones aprendidas para minimizar dichos efectos en los siguientes años.

2.3.2 RAZONES DE DESINSTALACION DE EQUIPOS BES

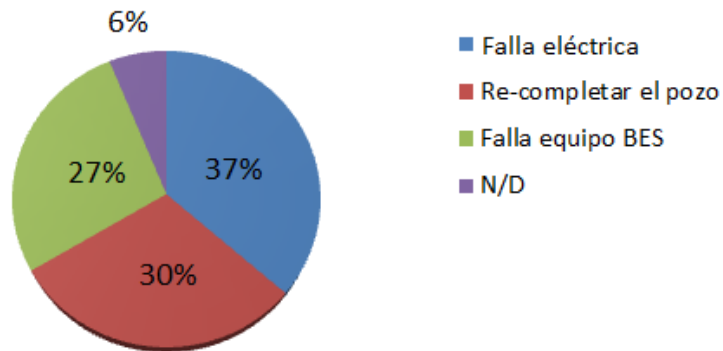
Las principales causas de desinstalación de equipos electrosumergibles en el Campo Castilla-Chichimene durante el año 2012, se ve representados en la siguiente tabla:

Tabla 5. Causas de desinstalación de equipo BES.

CAUSAS DESINSTALACION BES	CANTIDAD	PORCENTAJE
Falla eléctrica	76	36%
Re-completar el pozo	63	30%
Falla equipo BES (Mecánica -eléctrica)	57	27%
No Determinado	13	6%
TOTAL	209	

Ilustración 20. Causas de desinstalación equipos BES.

CAUSAS DE DESINSTALACIÓN DE EQUIPO BES



Al identificar y jerarquizar las causas de desinstalación de equipos BES, se evidencia que la falla más frecuente es eléctrica con un 36%, seguido de re-completar el pozo con 30%.

2.3.3 FALLAS DE SISTEMAS ELECTROSUMERGIBLES

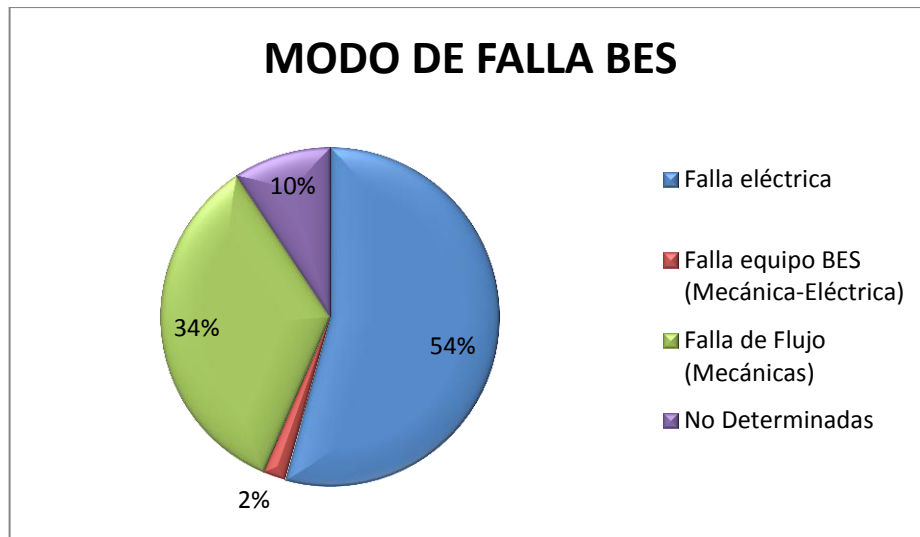
De los 209 pulling que se realizaron en el 2012, 140 fueron debido a falla en los equipos electrosumergibles; los cuales se clasifican como aparece a continuación:

Tabla 6. Modo de falla

MODO DE FALLA BES	CANTIDAD	PORCENTAJE
Falla eléctrica	76	54,28%
Falla equipo BES	3	2,14%
Falla de Flujo (Mecánica)	48	34,28%
No Determinadas	13	9,28%
TOTAL	140	

Si se realiza una comparación entre los porcentajes de los diferentes tipos de fallas por compañía, se observa que todas las empresas manejan un comportamiento muy similar con variaciones de 1 ó 2%

Ilustración 21. Modo de falla.



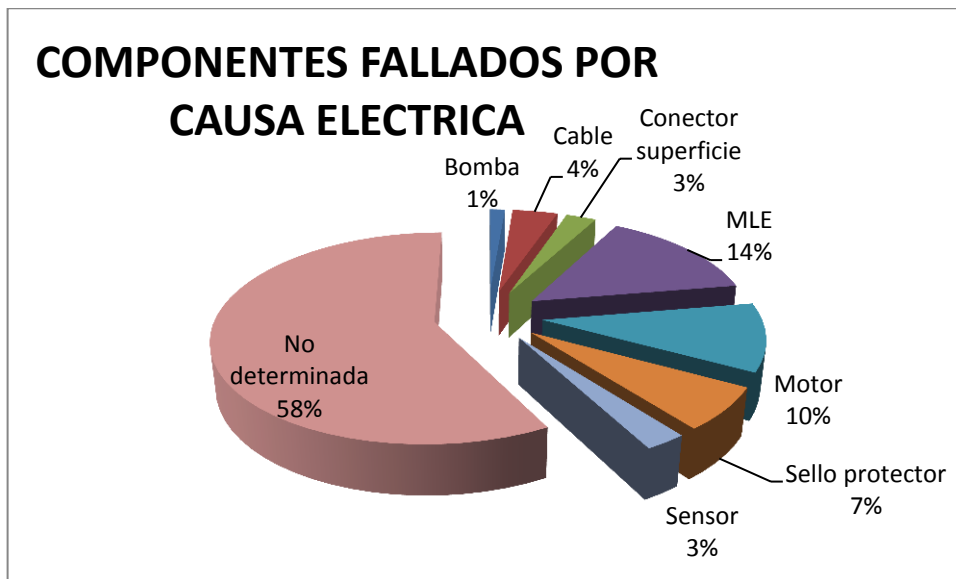
De la tabla número 6, la falla de equipo BES es una clasificación en la cual no es posible identificar si la causa es mecánica o eléctrica por lo tanto no es tenida en cuenta dentro del análisis, lo mismo ocurre con el modo de falla no determinado.

- **Falla eléctrica**

Tabla 7. Modo de falla específica por causa eléctrica.

MODO DE FALLA ESPECIFICA	CANTIDAD
Bajo aislamiento	6
Corto circuito	33
Fases desbalanceadas	19
No Determinadas	18

Ilustración 22. Modo de falla específica por causa eléctrica.



- **Falla específica flujo**

Tabla 8. Modo de falla específica flujo.

MODO DE FALLA ESPECIFICA FLUJO	CANTIDAD	PORCENTAJE
No flujo superficie	44	77,19%
No Determinadas	4	12,28%

Ilustración 23. Modo de falla específica para flujo.



2.3.4 ANALISIS DE FALLA DE EQUIPOS ELECTROSUMERGIBLES

Debido a los resultados obtenidos de los modos de fallas específicas se puede determinar que solo el 60,78% equivalente a 124 de las intervenciones, son las correspondientes a realizar un análisis de falla del equipo BES.

Del total de intervenciones a analizar (124) el 38,7% es debido a que no se tiene flujo en superficie y el 61,29% es de causa eléctrica.

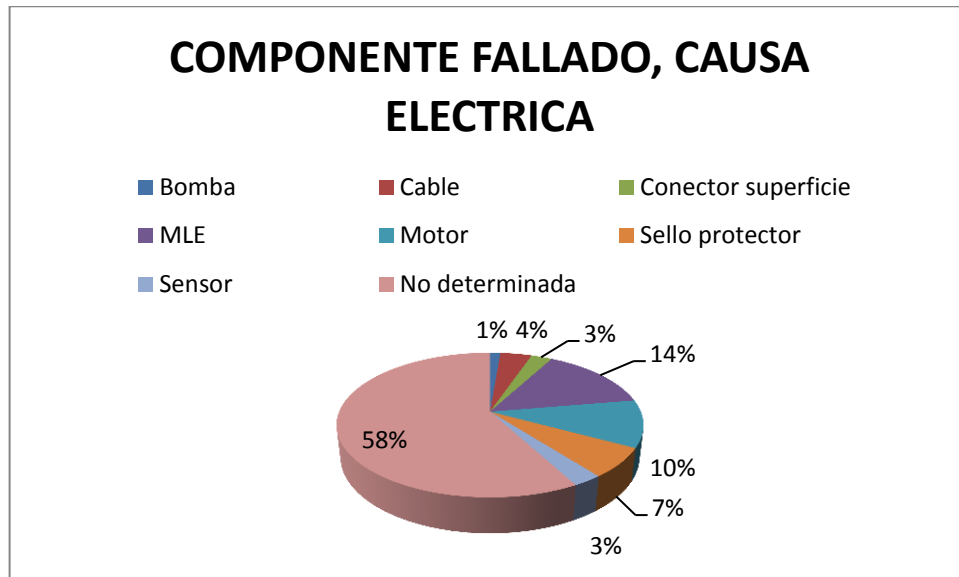
2.3.4.1 Componentes fallados

La causa eléctrica es el mayor porcentaje de modo de falla, siendo por tal razón, en donde se centra el avance del estudio. A continuación se presenta una tabla resumen con la anterior información:

Tabla 9. Componentes fallados, causa eléctrica.

COMPONENTE FALLADO	CANTIDAD
Bomba	1
Cable	3
Conector superficie	2
MLE	11
Motor	8
Sello protector	5
Sensor	2
No determinada	44

Ilustración 24. Componentes fallados, causa eléctrica.

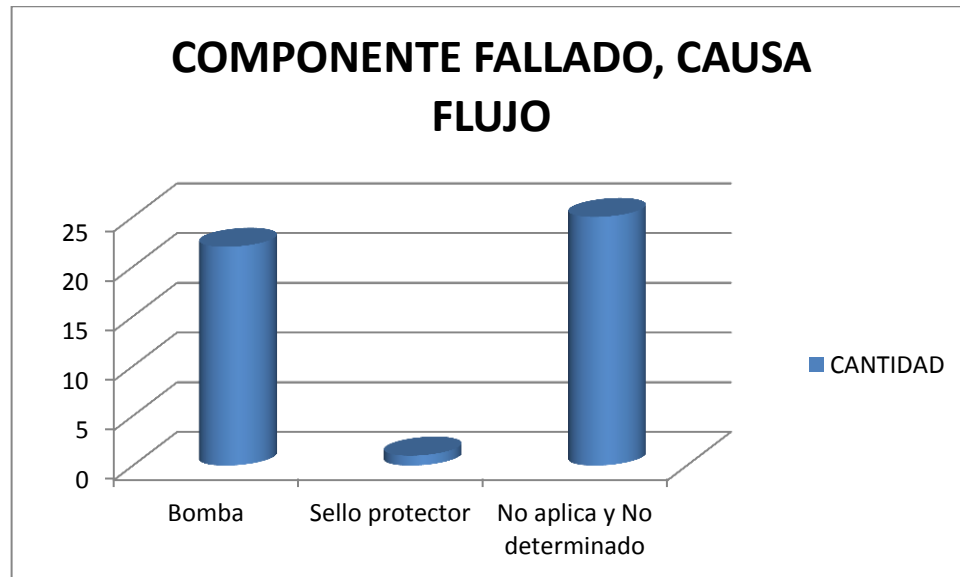


El no flujo en superficie genera una afectación en una serie de componentes del BES durante el año 2012, entre los cuales están:

Tabla 10. Componentes de falla cuando no hay flujo en superficie.

COMPONENTE FALLADO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Bomba	22	45,83%
Sello protector	1	2,08%
No aplica y No determinado	25	52,08%

Ilustración 25. Componentes fallados cuando no hay flujos en superficie.



2.3.4.2 Sub-componente fallado

Basado en el análisis de componentes fallados, la bomba y el MLE representan la mayoría de los tipos de fallas determinados para las causas de flujo y eléctrica respectivamente; es por esto que se continúa la identificación de los sub-componentes fundamentados en estos.

A continuación se representa la tabla resumen de la información:

Tabla 11. Sub-componente fallado de la bomba.

SUB-COMPONENTE DE LA BOMBA FALLADOA	CANTIDAD	PORCENTAJE
AR Flanged	1	4,54%
Impeller	7	31,81%
Shaft	13	59,09%
Desconocida	1	4,54%

Ilustración 26. Componentes Sub-fallados de la bomba.

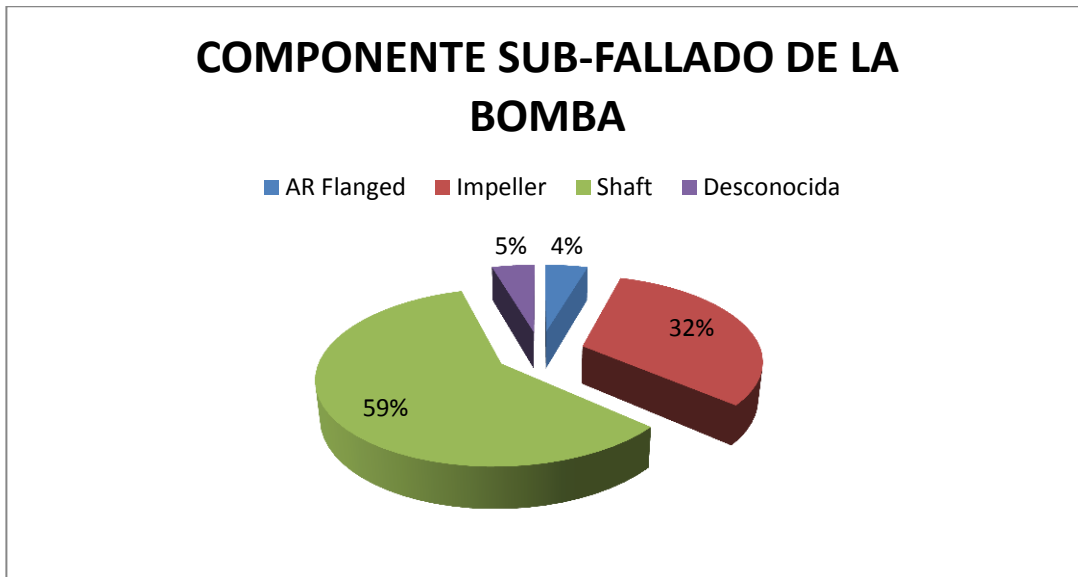
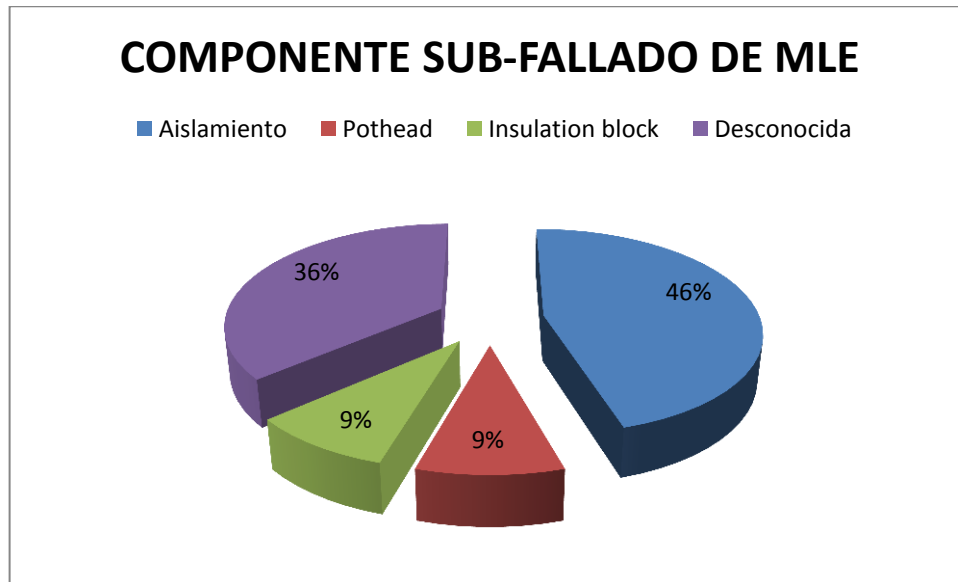


Tabla 12. Componente Sub- fallado de MLE.

COMPONENTE SUB-FALLADO DE MLE	CANTIDAD
Aislamiento	5
Pothead	1
Insulation block	1
Desconocida	4

Ilustración 27. Componente Sub-fallado de MLE.



2.3.4.3 Descripción general y detallada de la falla

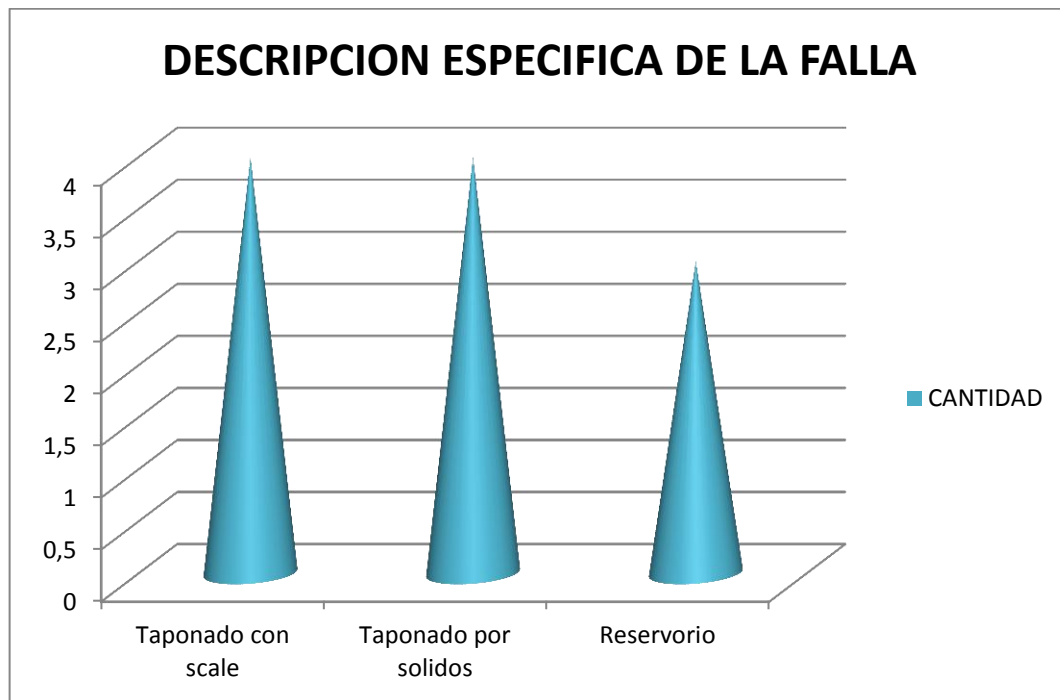
Para continuar con el desarrollo del análisis es necesario identificar de manera general la descripción de la falla; en el caso del 2012 se presentan tres (3) causas principales: Falla mecánica, falla eléctrica o influencia externa.

Al avanzar con el estudio se van determinando de manera más detallada o específica las condiciones en las que se presentaron las fallas; la falla mecánica principalmente se ve representada en el eje roto de la bomba, mientras que la eléctrica se basa en los cortos circuitos que se presentan, y la influencia externa se debe a tres factores incorporados en la siguiente tabla:

Tabla 13. Descripción específica de la falla.

DESCRIPCION ESPECIFICA DE LA FALLA	CANTIDAD
Taponado con scale	4
Taponado por solidos	4
Reservorio	3

Ilustración 28. Descripción específica de la falla.



2.3.4.4 Causa de falla general y específica

De acuerdo con el avance del análisis se permite identificar y jerarquizar las causas de falla, dando por resultado:

Que la principal afectación de los sistemas Electrosumergibles en el campo Castilla-Chichimene es debido al reservorio del fluido, factor que representa el 7,86% de las fallas totales de este tipo de sistema en el año 2012. Adicionalmente se identifica que por operación, instalación y selección del sistema de levantamiento también se altera o incrementa la presencia de fallas de BES.

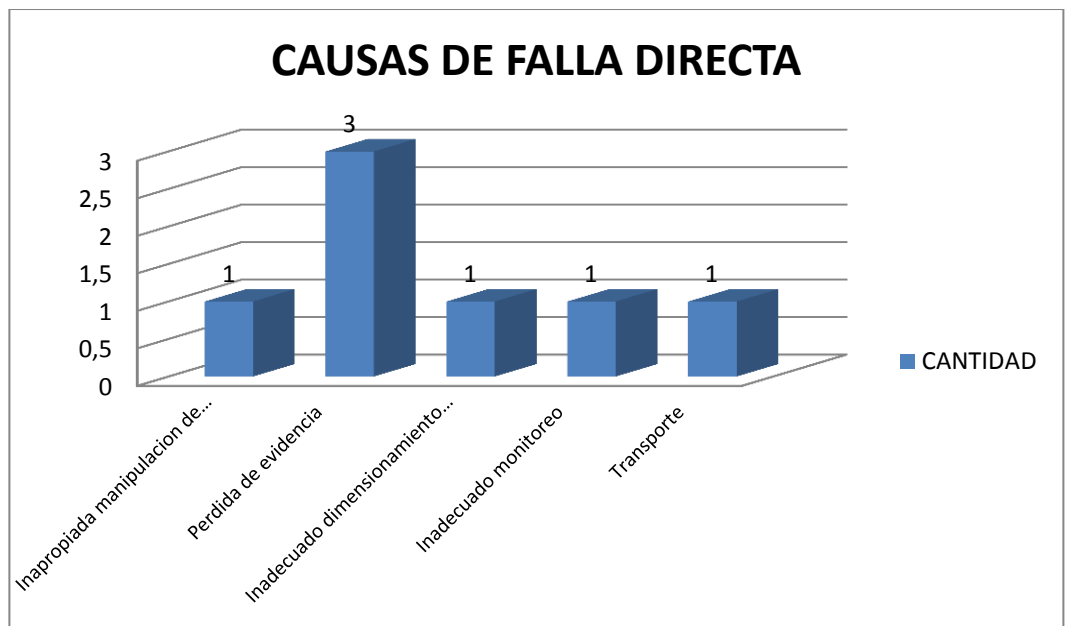
Para poder completar el estudio, es necesario determinar de manera específica las causas de falla. Información que se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 14. Causa de falla especifica

DISEÑO O SELECCIÓN DEL SISTEMA	OPERACIÓN	RESERVORIO FLUIDO
Inadecuado dimensionamiento del equipo	Inadecuado monitoreo	Carbonatos
Datos inapropiados para el diseño	Operación fuera de estándar	Material fluido completamente
		Bajo IP

2.3.5 ANALISIS FALLAS DIRECTAS

Ilustración 29. Causas de falla directa



2.3.5.1 Hallazgos fallas directas

- Inapropiada manipulación de equipos: Pobre supervisión o conocimiento de los procedimientos de manipulación de equipo BES durante las operaciones de instalación.
- Perdida de evidencia: Perdida de evidencia durante los pulling de equipos BES por el no cumplimiento de los procedimientos de esta

actividad por el personal de campo. Específicamente en fallas de MLE.

- Inadecuado dimensionamiento del equipo: Falta de análisis para la elección de la capacidad del equipo o el uso de una información errónea.
- Inadecuado monitoreo: Durante el monitoreo de las variables del pozo no se realiza el análisis que permite determinar que está sucediendo con el pozo o la no toma de los datos.
- Transporte: Durante el transporte del sistema electrosumergible, no se aplican las consideraciones de seguridad necesarias para asegurar la integridad de cada uno de los componentes.

2.3.5.2 Planes de acción fallas directas

➤ **Inapropiada manipulación de estudios:**

- ✓ Validación de las prácticas de manipulación de equipos BES en pozo por parte de los supervisores de campo de las compañías BES.
- ✓ Generación y divulgación de Lecciones para Aprender sobre la correcta manipulación de equipos BES en pozo y respecto a la definición de roles y responsabilidades para estas tareas.

➤ **Perdida de evidencia:**

- ✓ Generación y divulgación de Lecciones para Aprender sobre la importancia del aseguramiento de evidencias físicas durante los Pulling de equipos BES fallados.
- ✓ Estandarizar entre los procedimientos de Pulling la toma de evidencia fotográfica por parte del personal de las compañías.
- ✓ Asignación de este tipo de fallas como directas (Garantía) con el fin de asegurar que las compañías BES recuerden la importancia del cumplimiento de procedimientos relacionados al Pulling de equipos BES fallados.

➤ **Inadecuado dimensionamiento del equipo:**

- ✓ Verificar el procedimiento para la elección de la capacidad del equipo, permitiendo identificar las opciones de optimización del proceso.

- ✓ Realizar capacitaciones si son requeridas por el personal.

➤ **Inadecuado monitoreo:**

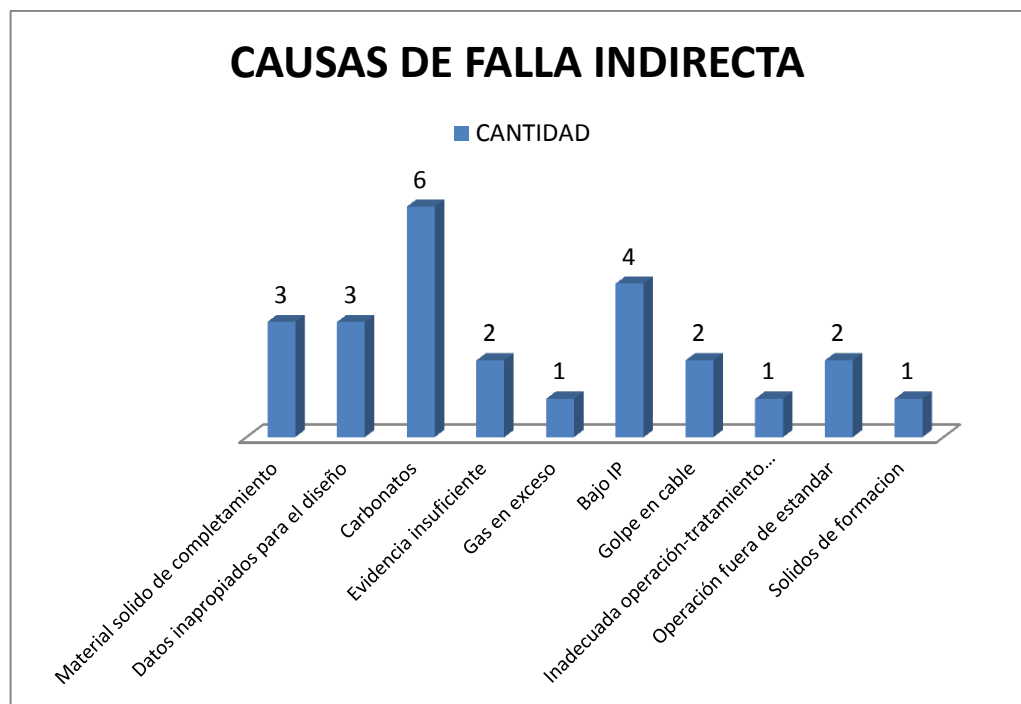
- ✓ Implementación de software como Scada o Lowis que permiten el monitoreo continuo de los pozos.
- ✓ Realizar una revisión permanente de los pozos, identificando en los que se observe un cambio representativo para tenerlos como prioridad.

➤ **Transporte:**

- ✓ Validación de las prácticas de transporte y almacenamiento de equipos BES por parte de las compañías BES.
- ✓ Generación y divulgación de las lecciones aprendidas sobre la forma de transportar los equipos BES.

2.3.6 ANALISIS FALLAS INDIRECTAS

Ilustración 30. Causas de falla indirecta



2.3.6.1 Hallazgos fallas indirectas

- Material solido de completamiento: Presencia de material utilizado en el completamiento los cuales generan taponamiento de la bomba y posterior falla. Generalmente se presenta este evento en completamientos iniciales.
- Datos inapropiados para el diseño: Datos inapropiados suministrados para el diseño del equipo BES principalmente para completamientos iniciales y trabajos de reacondicionamiento.
- Carbonatos: Presencia de carbonatos en fondo los cuales generan taponamiento de la bomba y posterior falla.
- Evidencia insuficiente: Fallas de 2012 en donde no se encontró ninguna información que resultara en la definición de una causa raíz concluyente.
- Gas en exceso: Fallas presentadas por el bloqueo crítico de la bomba por gas en donde no se esperaba el manejo de volúmenes en fondo considerables.
- Bajo IP: Bajo índice de producción, se considera bajo caudal
- Golpe en cable: Durante el proceso de instalación se genera un golpe en el cable, generando un desgaste.
- Inadecuada operación- tratamiento de pozo: En algunos pozos es necesario tener punto de inyección de químico en el fondo del pozo, y en ocasiones no existe suficiente control del tratamiento.
- Operación fuera de estándar: Actividades que no se generan de acuerdo a los procedimientos actuales, generando un riesgo en la operación.
- Solidos de formación: Presencia de solidos de la formación especialmente arenas que obstruyen las etapas de la bomba.

2.3.6.2 Planes de acción fallas indirectas

- **Material solido de completamiento:**
 - ✓ Mejoramiento en los procedimientos de limpieza de pozo durante los completamientos por parte de perforación o subsuelo.
 - ✓ Arranques inmediatos posterior a la instalación del equipo BES con el fin de evitar deposición de solidos del completamiento.
 - ✓ Realización de talleres que involucren las áreas relacionadas de Ecopetrol con el fin de socializar los materiales encontrados en los Teardowns de los equipos BES fallados y de esta forma generar planes de acción para su correcta limpieza en IC y WO.

- **Datos inapropiados para el diseño:**
 - ✓ Selección del mejor diseño BES de acuerdo a valores más precisos con respecto al potencial esperado de cada pozo de completamiento inicial o reacondicionamiento. Eliminación del uso de equipos “Tipo”.

- **Carbonatos:**
 - ✓ Asistencia del personal especializado soporte de Ecopetrol en materiales orgánicos e inorgánicos producidos en fondo a los teardowns con el fin de caracterizar materiales encontrados en los equipos BES.
 - ✓ Incluir oportunamente los pozos identificados durante el RCA en los programas de inhibición en fondo.
 - ✓ Monitorear con Nalco el comportamiento de fluidos del campo con el fin de determinar los pozos en donde potencialmente se puede generar carbonatos.

- **Evidencia insuficiente:**
 - ✓ Aseguramiento por parte del grupo de SLA de todas las evidencias a través de todo el proceso cuando se presenta una falla de BES (Reporte de Falla Preliminar, Pulling, TD y Reunión RCA) mediante la estandarización de formatos.
 - ✓ Realización oportuna y completa del proceso de análisis de causa raíz con el fin de asegurar la definición correcta de la causa de la falla.

- **Gas en exceso:**
 - ✓ Instalación de equipos para manejo de gas en fondo (Separadores y separadores de gas) en pozos donde de acuerdo a las pruebas de producción se tiene o se puede llegar a tener cantidades considerables de gas en fondo.
 - ✓ Implementación de reunión interdisciplinaria mensual con el fin de revisar continuamente el desempeño de los equipos BES y de esta forma diagnosticar y tomar acciones oportunamente ante condiciones que puedan llevar a una falla acelerada del equipo.

- **Bajo IP:**
 - ✓ Verificar si existe presencia de daño en la formación que impida el correcto caudal de aporte del pozo
 - ✓ Buscar opciones para la intervención del pozo, en busca de mejora del índice de productividad.

- **Golpe en cable:**
 - ✓ Verificar, analizar y corregir el proceso de instalación del cable después de una intervención.
 - ✓ Divulgar las lecciones aprendidas a todas las personas que están involucradas en el proceso de instalación.

- **Inadecuada operación- tratamiento de pozo:**
 - ✓ Asegurar el análisis necesario para la identificación de los pozos que requieren tratamiento especial
 - ✓ Identificar las condiciones operacionales necesarias para la correcta inyección de químico.

- **Operación fuera de estándar:**
 - ✓ Validación de las prácticas operacionales en la intervención de los equipos BES.
 - ✓ Generación y divulgación de las lecciones aprendidas sobre el correcto procedimiento de intervención de los equipos BES.

- **Sólidos de formación:**
 - ✓ Identificación de los pozos que presentan sólidos, para poder realizar el diseño del sistema BES de acuerdo al tipo y cantidad de sólidos.

3. CONCLUSIONES

- El análisis causa raíz es un estudio estadístico que permite la identificación de factores de riesgo importantes, permitiendo la rápida reacción por parte de los ingenieros de control de producción.
- La organización y recopilación de la información de las intervenciones referentes a fallas, permite llevar un registro de los componentes fallados y del número de fallas por pozo, identificando los de mayor riesgo y mayor run life.
- De las diferentes compañías que intervienen en los sistemas electrosumergibles la percepción es la misma, la diferencia en las capacidades de los equipos es lo que las distinguen.
- El análisis de falla permite identificar cuáles son los componentes que presentan mayores daños permitiendo reemplazarlos, o si no es posible buscar apoyo con las compañías de servicios para reconocer y aplicar las oportunidades de mejora de los elementos fallantes.
- Las fallas directas más recurrentes son principalmente por causa humana como lo es la pérdida de evidencia, inadecuado monitoreo, inadecuado dimensionamiento del equipo o inapropiada manipulación de equipos; lo que con lleva a generar estrategias de validación de las prácticas o de divulgación de las lecciones aprendidas como principal método de corrección o mitigación.
- Los dos principales causantes de fallas indirectas son los componentes del yacimiento como lo es el fluido o los sólidos provenientes del mismo, y las fallas o errores humanos en cuanto a las prácticas utilizadas durante la operación.

BIBLIOGRAFIA

ACIPET, “Boletín Estadístico”. Internet:

http://www.acipet.com/tab/contenidos_x_modulo.php?idcat=40. Marzo 2013

ANONIMO. “Bombeo electrocentrifugo”. Internet:

<http://es.slideshare.net/kti0n/clase-n5-bes-pp-514>. Septiembre 2014.

CARDOZO, Néstor y PABON, Luis. Análisis de falla de pozos de bombeo electrosumergible en el campo Cantagallo.

COMPANY, B. H. Fundamentos de bombeo Electrosumergible. (Beaker Hugues Company, Intérprete) Bogotá, Cundinamarca, Colombia. 2007

CURSO BASICO DE BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE. Well completions and Productivity. Artificial lift. Schlumberger.

ECOPETROL S.A, http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web!/ut/p/z1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziLQIMHd09DQy93YMsDAwcjYIdA728nZ2cA0z1w8EKDHAARwP9KEL6o8BK8JhQkBthkO6oqAgATn0CCg!!/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/, Febrero 2013.

ESPOL. (2004). ESPOL. Obtenido de ESPOL:

<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6233/7/CAPITULO%202.pdf>

ESTADOS MECANICOS TOMADOS DE LA RED INTERNA DE LA SUPERINTENDENCIA CASTILLA-CHICHIMENE

GABOR, Takacks. Electrical Submersible Pumps Manual Design, Operations, And Maintenance. 1987

MICHELI SCARMUZZA, José Luis. Sistemas de Bombeo electrosumergible. En: Componentes-Descripción y funcionamiento (1:20-24, Octubre: Villavicencio). Sistemas de Bombeo electrosumergible.

Sistemas de Bombeo electrosumergible. En: Operación, mantenimiento y desperfectos en instalaciones de Bombeo electrosumergible (1:20-24, Octubre: Villavicencio). Sistemas de Bombeo electrosumergible.

Sistemas de Bombeo electrosumergible. En: Atributos de los sistemas de extracción (1:20-24, Octubre: Villavicencio). Sistemas de Bombeo electrosumergible.

PINTO, C. (2001). Diplomado Bombeo Electrosumergible. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

SCHLUMBERGER. (2004). Schlumberger. Obtenido de http://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/spanish04/aut04/03_es_p_surveillance.pdf

Curso básico de Bombeo Electrosumergible. (Schlumberger, Intérprete) Bogota. (2005).

SCRIBD. (s.f.). scribd. Obtenido de scribd: <http://es.scribd.com/doc/76108432/BOMBEO-ELECTROSUMERGIBLE>

ANEXOS

ANEXO A. Número de pulling y las razones

MODO DE FALLA GENERAL	MODO DE FALLA ESPECIFICA		COMPONENTE FALLADO	COMP SUB FALLADO	Descripcion general de Falla		Descripcion detallada de Falla		Causa de Falla General		Causa de Falla Especifica		Tipo de Falla																										
ELECTRICA	76	BAJO AISLAMIENTO	ESP_MLE	2	ESP MLE-Unknown	1	Falla electrica	2	Corto circuito	2	Reservorio fluido	2	Bajo IP	1	Indirecta	2																							
					ESP MLE-Pothead	1							Carbonatos	1																									
			ESP_Sello_Protector	1	Mechanical seal	1	Influencia_Externa	1	Taponado con parafina/asfalteno	1	Reservorio Fluido	1	Asfalteno	1	Indirecta	1																							
			ESP_Sensor	1	ESP Sensor-Wire	1	Falla_Electrica	1	Circuito Abierto	1	Instalacion	1	Inadecuada instalacion	1	Directa	1																							
		N/D	2																																				
		CORTO CIRCUITO	33	ESP_Bomba	1	ESP Bomba-Impeller	1	Influencia_Externa	1	Reservorio	1	Reservorio Fluido	1	Bajo IP	1	Indirecta	1																						
																		ESP_Cable	1	ESP Cable-Splice	1	Falla_Electrica	1	Corto Circuito	1	Otra	1	Evidencia insuficiente	1	Indirecta	1								
				ESP_Conector_superficie	2	ESP Conector superficie-QCI/SPS	2	Falla_Electrica	2	Falla_Electrica	2	Corto Circuito	2	Instalacion	2	Inadecuada instalacion	2	Indirecta	2																				
																				Desconocida	1	Indefinida	1																
				ESP_MLE	5	ESP MLE-Unknown	2	Desconocida	2	Desconocida	2	Desconocida	2	Otra	2	Diseño o selección del sistema	2	Datos inapropiados para el diseño	2	Indirecta	2																		
																		ESP MLE-Insulation block	1	Falla_Mecanica	1	Liqueo	1	Instalacion	1	Inapropiada manipulacion de equipos	1	Directa	1										
																		ESP_Motor	1	ESP Motor-Stator	1	Falla_Electrica	1	Corto Circuito	1	Desgaste Normal	1	Cumple TRL	1	Indirecta	1								
				ESP_Sello_Protector	2	ESP Sello/Protector-Fill/Drain plug	1	Falla_Electrica	1	Falla_Electrica	1	Corto Circuito	1	Instalacion	1	Inadecuada instalacion	1	Directa	1																				
																				ESP Sello/Protector-Oil	1	Influencia_Externa	1	Fluido contaminado	1	Otra	1	Desconocida	1	Indefinida	1								
				ESP_Sensor	1	ESP Sensor-Housing	1	Falla_de_Material	1	Falla_de_Material	1	Colapso	1	Fabricacion	1	Problema de Manufactura	1	Directa	1																				
				N/D	20																																		
		FASES DESBALANCEADAS	19	ESP_Cable	2	ESP Cable-Insulation	1	Falla_Electrica	2	Circuito Abierto	1	Reservorio Fluido	1	corrosion	1	Indirecta	1																						
						ESP Cable-Splice	1			Corto Circuito	1	Instalacion	1	Inadecuada instalacion	1	Directa	1																						
				ESP_MLE	4	ESP MLE-Insulation	3	Desconocida	3	Influencia_Externa	2	Desconocida	2	Instalacion	2	Golpe en Cable	2	Indirecta	2																				
																				Falla_Electrica	1	Corto Circuito	1	Otra	1	Perdida de Evidencia	1	Directa	1										
																				ESP MLE-Unknown	1	Desconocida	1	Desconocida	1	Otra	1	Perdida de Evidencia	1	Directa	1								
				ESP_Motor	7	ESP Motor-Leads	1	Falla_Electrica	1	Falla_Electrica	1	Corto Circuito	1	Fabricacion	1	Problema de Manufactura	1	Directa	1																				
																				ESP Motor-Pothead	1	Falla_Electrica	1	Corto Circuito	1	Reservorio fluido	1	Material Solido de	1	Indirecta	1								
																				ESP Motor-Stator	5	Falla electrica	4	Corto circuito	4	Fabricacion	1	Problema de manufactura	1	Directa	1	Directa	1						
																																		Desgaste normal	2	Cumple TRL	2	Indirecta	2
																																		Instalacion	1	Inapropiada manipulacion de equipos	1	Directa	1
				Influencia_Externa	1	Reservorio	1	Diseño o selección del sistema	1	Datos inapropiados para el diseño	1	Indirecta	1																										
		ESP_Sello_Protector	2	ESP Sello/Protector-Oil	1	Influencia_Externa	1	Fluido contaminado	1	Otra	1	Desconocida	1	Indefinida	1																								
		ESP_Sello_Protector	2	ESP Sello/Protector-Bag Chamber assembly	1	Falla_Mecanica	1	Liqueo	1	Fabricacion	1	Problemas de manufactura	1	Directa	1																								
		N/D	4																																				
		N/D	18																																				

FALLA EQUIPO BES	3	N/D	3																					
FLUJO	48	NO FLUJO SUPERFICIE	44	ESP_Bomba	22	13	Falla_Mecanica	10	Eje roto	9	ESP Bomba-AR flanged	1	Falla_Mecanica	1	Eje roto	1	Almacenamiento/transporte	1	Transporte	1	Directa	1		
											ESP Bomba-Impeller	7	Influencia_Externa	7	Reservorio	2	Reservorio fluido	2	Bajo IP	1	Indirecta	1		
															Taponado con escala	3	Reservorio fluido	3	Gas en exceso	1	Indirecta	1		
															Taponado por solidos	2	Reservorio fluido	2	Carbonatos	3	Indirecta	3		
											ESP Bomba-Shaft	13	Falla_Mecanica	10	Eje roto	9	Atascada	1	Reservorio fluido	1	Evidencia insuficiente	1	Indirecta	1
																	Reservorio fluido	3	Carbonatos	1	Indirecta	1		
																			Material Solido de completamiento	1	Indirecta	1		
																			Bajo IP	1	Indirecta	1		
																	Otra	1	Desconocida	1	Indefinida	1		
																	Operación	4	Inadecuado monitoreo	1	Directa	1		
																			Inadecuada operación-tratamiento de pozo	1	Indirecta	1		
											Operación fuera de Estandar	2	Indirecta	2										
											Diseño o selección del sistema	1	Inadecuado dimensionamiento del equipo	1	Directa	1								
											ESP Bomba-Unknown	1	Desconocida	1	Desconocida	1	Diseño o selección del sistema	1	Reservorio fluido	3	Carbonatos	1	Indirecta	1
Evidencia insuficiente	1	Indirecta	1																					
Material Solido de completamiento	1	Indirecta	1																					
ESP_Sello_Protector	1	ESP Sello/Protector-Thrust bearing assembly	1	Falla_de_Material	1	Desgastado	1	Operación	1	Inadecuado monitoreo	1	Indirecta	1											
No aplica	3	No aplica	3	Desconocida	1	Desconocida	1	Otra	1	Desconocida	1	Indefinida	1											
N/D	18	N/D	18	Influencia_Externa	2	Reservorio	2	Diseño o selección del sistema	2	Datos inapropiados para el diseño	2	Indirecta	2											
N/D	4	N/D	4																					
MANTENIMIENTO O REPARACION	6	REPARACION OTROS EQUIPOS DE FONDO	6	No aplica	6	No aplica	6																	
RE-COMPLETAR EL POZO	63	CAMBIO O MODIFICACION DE ZONA PRODUCTIVA	47	No aplica	47	No aplica	47																	
		ESTIMULACION/RECAÑONEO	7	No aplica	7	No aplica	7																	
		RECONVERTIR POZO	1	No aplica	1	No aplica	1																	
REDIMENSIONAMIENTO BES	8	No aplica	8	No aplica	8																			
NO DETERMINADAS	13	N/D	13	No aplica	13																			

ANEXO B. Base de datos

Pozo	Modo de Falla	Modo de Falla Especifica	Componente Fallado	Comp_Sub Fallado	Descripcion general de Falla	Descripcion detallada de Falla	Causa de Falla General	Causa de Falla Especifica	Tipo de Falla
AKAC-0001	Recompletacion_de_pozo	Redimensionamiento BES	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CASD-0002	Recompletacion_de_pozo	Reconvertir pozo	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CASN-0005	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CASN-0005	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CASN-0007	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CASN-0009	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CASN-0011									
CASN-0011	Electrica	Fases desbalanceadas	ESP_Motor	ESP Motor-Stator	Falla_Electrica	Corto Circuito	Fabricacion	Problema de Manufactura	Directa
CASN-0013	Electrica	Fases desbalanceadas							
CASN-0013	Electrica	Bajo aislamiento							
CASN-0016	Recompletacion_de_pozo	Redimensionamiento BES	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CASN-0019	Electrica	Fases desbalanceadas	ESP_Cable	ESP Cable-Insulation	Falla_Electrica	Circuito Abierto	Reservorio Fluido	Corrosion	Indirecta
CASN-0027	Electrica	Fases desbalanceadas	ESP_Motor	ESP Motor-Stator	Falla_Electrica	Corto Circuito	Desgaste Normal	Cumple TRL	Indirecta
CASN-0029	Recompletacion_de_pozo	Redimensionamiento BES	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CASN-0032	Electrica	Corto circuito	ESP_Cable	ESP Cable-Splice	Falla_Electrica	Corto Circuito	Otra	Evidencia insuficiente	Indirecta
CASN-0032	Electrica								
CASN-0034	Mantenimiento_o_Reparacion	Reparacion otros equipos de fondo	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CASN-0034	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Shaft	Falla_Mecanica	Atascada	Reservorio Fluido	Evidencia insuficiente	Indirecta
CASN-0037	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					

CASN-0037	Electrica								
CASN-0040	Electrica								
CASN-0041	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CASN-0044	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Impeller	Influencia_Externa	Taponado con escala	Reservorio Fluido	Carbonatos	Indirecta
CASN-0044	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Impeller	Influencia_Externa	Taponado con escala	Reservorio Fluido	Carbonatos	Indirecta
CASN-0044	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Shaft	Influencia_Externa	Taponado con escala	Reservorio Fluido	Carbonatos	Indirecta
CASN-0044	Flujo	No flujo a superficie							Indirecta
CASN-0049	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CASN-0051	Flujo	No flujo a superficie							
CASN-0052	Electrica	Fases desbalanceadas							
CASN-0055	Electrica	Fases desbalanceadas	ESP_Motor	ESP Motor-Stator	Falla_Electrica	Corto Circuito	Desgaste Normal	Cumple TRL	Indirecta
CASN-0058	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CASN-0059	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Shaft	Influencia_Externa	Taponado por solidos	Reservorio Fluido	Evidencia insuficiente	Indirecta
CASN-0059	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Shaft	Falla_Mecanica	Eje Roto	Reservorio Fluido	Carbonatos	Indirecta
CASN-0062	Flujo	No flujo a superficie							
CASN-0068	Electrica	Corto circuito							
CASN-0074	Electrica								
CASN-0077	Flujo	No flujo a superficie							
CASN-0078	Flujo	No flujo a superficie							
CASN-0079	Recompletacion_de_pozo	Estimulacion / Recañoneo	No_Aplica	No aplica-No aplica					

CASN-0084	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Unknown	Desconocida	Desconocida	diseño o seleccion del sistem	Datos inapropiados para el diseño	Indirecta
CASN-0085	Recompletacion_de_pozo	Estimulacion / Recafoneo	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CASN-0087	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Impeller	Influencia_Externa	Reservorio	Reservorio Fluido	Bajo IP	Indirecta
CASN-0090	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CASN-0094	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Impeller	Influencia_Externa	Taponado con escala	Reservorio Fluido	Carbonatos	Indirecta
CASN-0094	Electrica	Corto circuito	ESP_MLE	ESP MLE-Unknown	Desconocida	Desconocida	Otra	Desconocida	Indefinida
CASN-0097	Electrica	Corto circuito							
CASN-0103	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CASN-0103	Flujo	No flujo a superficie	No_Aplica	No aplica-No aplica	Desconocida	Desconocida	Otra	Desconocida	Indefinida
CASN-0104	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CASN-0106	Flujo	No flujo a superficie							
CASN-0106	Recompletacion_de_pozo	Estimulacion / Recafoneo	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CASN-0108	Electrica	Corto circuito							
CASN-0109	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CASN-0109	Electrica	Corto circuito	ESP_Sello_Protector	ESP Sello/Protector-Fill/Drain plug	Falla_Electrica	Corto Circuito	Instalacion	Inadecuada instalacion	Directa
CASN-0109	Electrica	Fases desbalanceadas	ESP_Motor	ESP Motor-Stator	Falla_Electrica	Corto Circuito	Instalacion	napropiada manipulacion de equipo	Directa
CASN-0110	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CASN-0111	Flujo	No flujo a superficie							
CASN-0115	Electrica	Fases desbalanceadas	ESP_Motor	SP Motor-Pothead connector assem	Falla_Electrica	Corto Circuito	Reservorio Fluido	Material Solido de completamiento	Indirecta
CASN-0115	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Shaft	Falla_Mecanica	Eje Roto	Reservorio Fluido	Material Solido de completamiento	Indirecta
CASN-0115	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Shaft	Falla_Mecanica	Eje Roto	Otra	Desconocida	Indefinida

CASN-0115	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Shaft	Falla_Mecanica	Eje Roto	Reservorio Fluido	Material Sólido de completamiento	Indirecta
CASN-0115	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Shaft	Falla_Mecanica	Eje Roto	Otra	Desconocida	Indefinida
CASN-0143	Flujo								
CASN-0146	Electrica	Corto circuito	ESP_MLE	ESP MLE-Insulation	Falla_Electrica	Corto Circuito	diseño o seleccion del sistema	Datos inapropiados para el diseño	Indirecta
CASN-0147	Electrica	Corto circuito	ESP_MLE	ESP MLE-Insulation	Falla_Electrica	Corto Circuito	diseño o seleccion del sistema	Datos inapropiados para el diseño	Indirecta
CAST-0001	Recompletacion_de_pozo	Redimensionamiento BES	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0007	Electrica	Fases desbalanceadas	ESP_Sello_Protector	ESP Sello/Protector-Oil	Influencia_Externa	Fluido contaminado	Otra	Desconocida	Indefinida
CAST-0016	Recompletacion_de_pozo	Redimensionamiento BES	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0029	Recompletacion_de_pozo	Estimulacion / Recañoneo	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0029	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Shaft	Falla_Mecanica	Eje Roto	Reservorio Fluido	Bajo IP	Indirecta
CAST-0030	Electrica	Bajo aislamiento							
CAST-0030	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0034	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0035	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0036	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0037	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0037	Mantenimiento_o_Reparacion	Reparacion otros equipos de fondo	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0048	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0055	Recompletacion_de_pozo	Redimensionamiento BES	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0059	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					

CAST-0071	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0078	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0080	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Shaft	Influencia_Externa	Taponado por solidos	Reservorio Fluido	Material Solido de completamiento	Indirecta
CAST-0081	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0082	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0082	Recompletacion_de_pozo	Redimensionamiento BES	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0084	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0087	Electrica	Corto circuito							
CAST-0087	Electrica	Corto circuito	ESP_MLE	ESP MLE-Insulation block	Falla_Mecanica	Liqueo	Instalacion	napropiada manipulacion de equipo	Directa
CAST-0092	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0093	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0097	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0098	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0105	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0105	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0110	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Impeller	Influencia_Externa	Taponado por solidos	Reservorio Fluido	Solidos de formacion	Indirecta
CAST-0111	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0113	Electrica	Corto circuito	ESP_Sello_Protector	ESP Sello/Protector-Oil	Influencia_Externa	Fluido contaminado	Otra	Desoonocida	Indefinida
CAST-0117	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0118	Electrica	Corto circuito							

CAST-0118	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0119									
CAST-0123	Flujo	No flujo a superficie							
CAST-0125	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0125	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0128	Flujo								
CAST-0131	Falla equipo BES								
CAST-0132									
CAST-0132	Falla equipo BES								
CAST-0132	Recompletacion_de_pozo	Estimulacion / Reacondonamiento	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0133	Electrica	Corto circuito							
CAST-0134	Electrica	Corto circuito							
CAST-0140	Electrica	Corto circuito							
CAST-0141	Flujo	No flujo a superficie							
CAST-0141	Flujo	No flujo a superficie							
CAST-0141	Electrica								
CAST-0162	Electrica	Corto circuito							
CAST-0166	Flujo	No flujo a superficie							
CAST-0166	Flujo	No flujo a superficie							
CAST-0170	Mantenimiento_o_Reparacion	Reparacion otros equipos de fondo	No_Aplica	No aplica-No aplica					

CAST-0170	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CAST-0171	Electrica								
CAST-0171	Falla equipo BES								
CHIC-0006	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CHIC-0008	Electrica	Fases desbalanceadas	ESP_MLE	ESP MLE-Insulation	Influencia_Externa	Desoonocida	Instalacion	Golpe en Cable	Indirecta
CHIC-0008	Electrica	Fases desbalanceadas	ESP_MLE	ESP MLE-Insulation	Influencia_Externa	Desoonocida	Instalacion	Golpe en Cable	Indirecta
CHIC-0009	Electrica	Corto circuito	ESP_Motor	ESP Motor-Stator	Falla_Electrica	Corto Circuito	Desgaste Normal	Cumple TRL	Indirecta
CHIC-0009	Electrica	Fases desbalanceadas	ESP_MLE	ESP MLE-Unknown	Desoonocida	Desoonocida	Otra	Perdida de Evidencia	Directa
CHIC-0011	Electrica	Corto circuito							
CHIC-0014	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CHIC-0014	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Shaft	Falla_Mecanica	Eje Roto	diseño o seleccion del sistema	decaido dimensionamiento del equipo	Directa
CHIC-0015	Electrica	Fases desbalanceadas	ESP_Motor	ESP Motor-Stator	Influencia_Externa	Reservorio	diseño o seleccion del sistema	Datos inapropiados para el diseño	Indirecta
CHIC-0015	Mantenimiento_o_Reparacion	Reparacion otros equipos de fondo	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CHIC-0018	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Shaft	Falla_Mecanica	Eje Roto	Operacion	Inadecuado monitoreo	Directa
CHIC-0018	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Impeller	Influencia_Externa	Reservorio	Reservorio Fluido	Gas en exceso	Indirecta
CHIC-0021	Electrica								
CHIC-0021	Electrica	Corto circuito	ESP_MLE	ESP MLE-Unknown	Desoonocida	Desoonocida	Otra	Perdida de Evidencia	Directa
CHIC-0022	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Sello_Protector	Sello/Protector-Thrust bearing assem	Falla_de_Material	Desgastado	Operacion	Inadecuado monitoreo	Indirecta
CHIC-0024	Recompletacion_de_pozo	Estimulacion / Reañooneo	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CHIC-0029	Mantenimiento_o_Reparacion	Reparacion otros equipos de fondo	No_Aplica	No aplica-No aplica					

CHIC-0076	Electrica	Fases desbalanceadas	ESP_Cable	ESP Cable-Splice	Falla_Electrica	Corto Circuito	Instalacion	Inadecuada instalacion	Directa
CHIC-0077	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CHIC-0078	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CHIC-0078	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-AR flanged	Falla_Mecanica	Eje Roto	Almacenamiento/ Transport	Transporte	Directa
CHIC-0079	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CHIC-0086	Flujo	No flujo a superficie							
CHIC-0086	Electrica	Bajo aislamiento	ESP_Sello_Protector	Mechanical seal	Influencia_Externa	aponado con parafina/asfalten	Reservorio Fluido	Asfalteno	Indirecta
CHIC-0087	Electrica	Corto circuito							
CHIC-0088ST1	Flujo	No flujo a superficie							
CHIC-0089	Electrica	Corto circuito							
CHIC-0093	Electrica	Fases desbalanceadas							
CHIC-0095	Mantenimiento_o_Reparacion	Reparacion otros equipos de fondo	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CHIC-0106	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Shaft	Falla_Mecanica	Eje Roto	Operacion	Operacion fuera de Estandar	Indirecta
CHIC-0107	Flujo	No flujo a superficie							
CHIC-0109	Flujo								
CHIC-0115	Electrica	Corto circuito							
CHIC-0115	Electrica								
CHIC-0138	Electrica								
CHIC-0140	Flujo	No flujo a superficie							
CHIC-0140	Electrica								

CHIC-0144	Flujo								
CHIC-0145	Electrica								
CHIC-0152	Flujo	No flujo a superficie							
CHIC-0162	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CHSV-0001	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CHSV-0002	Electrica	Corto circuito							
CHSV-0002	Flujo	No flujo a superficie	No_Aplica	No aplica-No aplica	Influencia_Externa	Reservorio	diseño o seleccion del sistema	Datos inapropiados para el diseño	Indirecta
CHSV-0002	Electrica	Fases desbalanceadas	ESP_Motor	ESP Motor-Leads	Falla_Electrica	Corto Circuito	Fabricacion	Problema de Manufactura	Directa
CHSV-0003	Electrica	Corto circuito							
CHSV-0004	Recompletacion_de_pozo	Cambio o Modificacion de zona productora	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CHSV-0006									
CHSV-0006	Electrica	Bajo aislamiento	ESP_MLE	ESP MLE-Pothead	Falla_Electrica	Corto Circuito	Reservorio Fluido	Carbonatos	Indirecta
CHSV-0008	Flujo	No flujo a superficie	No_Aplica	No aplica-No aplica	Influencia_Externa	Reservorio	diseño o seleccion del sistema	Datos inapropiados para el diseño	Indirecta
CHSV-0008	Recompletacion_de_pozo	Redimensionamiento BES	No_Aplica	No aplica-No aplica					
CHSV-0013									
CHSV-0014	Electrica								
CHSV-0014	Electrica	Fases desbalanceadas	ESP_MLE	ESP MLE-Insulation	Falla_Electrica	Corto Circuito	Otra	Perdida de Evidencia	Directa
CHSV-0014	Electrica	Fases desbalanceadas	ESP_Sello_Protector	P Sello/Protector-Bag Chamber assem	Falla_Mecanica	Liqueo	Fabricacion	Problema de Manufactura	Directa
CHSV-0016	Electrica	Corto circuito	ESP_Bomba	ESP Bomba-Impeller	Influencia_Externa	Reservorio	Reservorio Fluido	Bajo IP	Indirecta
CHSV-0017	Electrica	Corto circuito							
CHSV-0018	Electrica	Fases desbalanceadas							
CHSV-0019	Electrica	Corto circuito							
CHSV-0019	Electrica	Corto circuito	ESP_Sensor	ESP Sensor-Housing	Falla_de_Material	Colapso	Fabricacion	Problema de Manufactura	Directa
CHSV-0024	Electrica	Corto circuito							
CHSV-0024	Electrica	Bajo aislamiento	ESP_Sensor	ESP Sensor-Vire	Falla_Electrica	Circuito Abierto	Instalacion	Inadecuada instalacion	Directa
CHSV-0026									
CHSV-0028									
CHSV-0031	Flujo	No flujo a superficie	ESP_Bomba	ESP Bomba-Shaft	Falla_Mecanica	Eje Roto	Operacion	Operacion fuera de Estandar	Indirecta
CHSV-0032									