

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y PETRÓLEOS

ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN MEDIANTE UN ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS EQUIPOS BES EN LOS POZOS DEL CAMPO SACHA

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIEROS EN
PETRÓLEOS**

ARMIJOS QUISHPE HOLGER EFRÉN

holger.armijos89@gmail.com

PACCHA TOSCANO JESSICA PAOLA

jessica.paccha@gmail.com

DIRECTOR: ING. VINICIO RENÉ MELO GORDILLO

vinicio.melo@epn.edu.ec

Quito, junio 2013

DECLARACIÓN

Nosotros, Holger Efrén Armijos Quishpe, Jessica Paola Paccha Toscano, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

**HOLGER EFRÉN ARMIJOS
QUISHPE**

**JESSICA PAOLA PACCHA
TOSCANO**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Holger Efrén Armijos Quishpe y Jessica Paola Paccha Toscano, bajo mi supervisión.

ING. VINICIO MELO
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por todas sus bendiciones recibidas, por todas las pruebas que ha puesto a lo largo de mi camino, que a su vez me permitieron tener una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo llena de felicidad.

A mis padres, el pilar fundamental en mi vida, por haberme apoyado y motivado en mi formación académica y en todo lo que me he propuesto; gracias por los valores que me han inculcado durante mi vida, por apoyarme en todo momento, por compartir mis penas y mis alegrías, mis momentos difíciles, mis sueños e inquietudes, pero sobre todo gracias por ser un excelente ejemplo de vida a seguir, gracias por hacer de mí lo que hoy soy.

A Jessica, por su paciencia, su actitud, su gran apoyo presentado en los momentos difíciles, y por todo el esfuerzo realizado para el desarrollo de éste proyecto de titulación.

Al Ing. Vinicio Melo, por su dedicación, paciencia, rectitud, exigencia y visión crítica presentada a lo largo de la realización de éste proyecto.

Al equipo de trabajo de ORNCEM y Weatherford, por su asesoramiento continuo y por todo el apoyo y facilidades que nos fueron otorgadas, necesarias para la elaboración de éste proyecto.

Holger

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haber guiado mi camino siempre, fortaleciéndome en cada instante de flaqueza y permitiéndome seguir adelante cumpliendo mis sueños y metas en cada etapa de mi vida.

A mis padres por ser mi soporte, brindándome siempre su confianza, apoyándose en cada decisión y permaneciendo siempre junto a mí con una palabra de aliento.

A mi hermano con quien he vivido innumerables cosas y con quien siempre he podido contar en las buenas y malas, me ha sabido escuchar, dar consejos y se ha convertido en mi mejor amigo.

A Holger, el mejor compañero, amigo y novio, me ha brindado su infinita paciencia, ha estado a mi lado brindándome todo su amor y apoyo; quien se enrumbó junto a mí en este proyecto tan importante y con quien trabajamos duro para lograr este objetivo trascendental en nuestras vidas.

Al personal de ORNCEM y Weatherford que nos supo ayudar en el transcurso de este proyecto, apoyándonos con información, experiencia y conocimientos que permitieron la elaboración del presente trabajo.

Al ingeniero Vinicio Melo quien nos apoyó en la dirección de este proyecto de titulación, compartiéndonos todo su conocimiento y sabiduría para poder elaborar y culminar este objetivo.

Jessy

DEDICATORIA

Dedico éste proyecto a mi mamá Ritha Quishpe y mi papá Holger Armijos, quienes sin escatimar esfuerzo alguno han sacrificado gran parte de su vida por mí, quienes a pesar de las adversidades me alentaron a seguir adelante, quienes han sido mis guías y mis soportes en los momentos más difíciles de mi vida, convirtiéndose así en mi fortaleza y en la mayor bendición que pude haber recibido de Dios; les dedico éste proyecto como un pequeño reconocimiento a su gran esfuerzo y al gran apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi vida.

Holger

DEDICATORIA

Este trabajo representa la culminación de una etapa muy importante en mi vida, es fruto de mucha dedicación, trabajo duro y esfuerzo, el cual significa un logro muy grande para mí y por esa razón se la dedico a mis padres (Manuel Paccha y Germania Toscano) y a mi hermano (Alejandro Paccha) quienes me han acompañado en cada etapa de mi vida, han sabido darme consejos, me han entregado todo lo bueno de ellos para que yo sea siempre una persona mejor día tras día, han sacrificado sus vidas para darme todo lo que he necesitado y a quienes les digo que nunca los defraudaré y quiero que siempre se sientan orgullosos de mi.

Jessy

CONTENIDO

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA.....	VI
CONTENIDO.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIX
ÍNDICE DE ANEXOS	XXV
SIMBOLOGÍA O SIGLAS	XXVI
RESUMEN	XXIX
PRESENTACIÓN.....	XXXI
CAPÍTULO I	1
CARACTERIZACIÓN DE PRODUCCIÓN DE LOS YACIMIENTOS DEL CAMPO SACHA.....	1
1.1. RESEÑA HISTÓRICA.....	1
1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	2
1.3. ESTRUCTURA.....	3
1.4. ESTRATIGRAFÍA.....	5
1.4.1. FORMACIÓN HOLLÍN.....	5
1.4.2. FORMACIÓN NAPO.....	5
1.4.3. FORMACIÓN TENA	5
1.5. LITOLOGÍA	7
1.5.1. FORMACIÓN HOLLÍN.....	7
1.5.1.1. Hollín Superior.....	7
1.5.1.2. Hollín Inferior	7

1.5.2.	FORMACIÓN NAPO.....	8
1.5.2.1.	Yacimiento “U”	8
1.5.2.2.	Yacimiento “T”	8
1.5.3.	FORMACIÓN TENA	8
1.6.	DESCRIPCIÓN DE LAS PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA Y FLUIDO DEL CAMPO SACHA.....	12
1.6.1.	CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LA ROCA	12
1.6.1.1.	Porosidad.....	12
1.6.1.2.	Permeabilidad	13
1.6.1.3.	Saturación.....	16
1.6.2.	CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL FLUIDO.....	18
1.6.2.1.	Gravedad API.....	18
1.6.2.2.	Factor Volumétrico Del Petróleo (Bo)	19
1.6.2.3.	Gravedad Específica del petróleo (SGo).....	20
1.6.2.4.	Relación Gas – Petróleo (Rs)	20
1.7.	ESTADO DE PRODUCCIÓN ACTUAL DEL CAMPO SACHA.....	21
1.7.1.	UBICACIÓN DE LOS POZOS	21
1.7.2.	PRODUCCIÓN DEL CAMPO SACHA.....	23
CAPÍTULO II		25
DESCRIPCIÓN Y UTILIZACIÓN DE LA OPCIÓN ANÁLISIS DEL SOFTWARE LOWIS.....		25
2.1.	INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE LOWIS	25
2.1.1.	BENEFICIOS DE LOWIS	25
2.1.1.1.	Reducir Costos de Levantamiento.....	25
2.1.1.2.	Optimizar Flujos de Trabajo	26
2.1.1.3.	Minimizar Riesgos Financieros	26
2.1.2.	TAREAS EJECUTADAS POR EL USUARIO A TRAVÉS DE LOWIS 26	
2.2.	FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE LOWIS.....	27
2.2.1.	CONFIGURACIÓN	27

2.2.2.	SUPERVISIÓN	28
2.2.3.	ANÁLISIS	28
2.2.4.	PLAN DE TRABAJO.....	28
2.2.5.	SERVICIOS	29
2.2.6.	CARTA DE PUNTUACIÓN.....	29
2.3.	INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO DEL SOFTWARE LOWIS.....	29
2.3.1.	NAVEGACIÓN INICIAL	30
2.3.2.	CONFIGURACIÓN DE EQUIPO DE FONDO.....	30
2.3.2.1.	Catálogos	31
2.3.2.2.	Ingreso bomba y motor.....	32
2.3.2.3.	Ingreso de parámetros	33
2.3.2.3.1.	Parámetros de línea base.....	33
2.3.2.3.2.	Parámetros de fluido.....	35
2.3.2.3.3.	Parámetros de afluencia	37
2.3.2.3.4.	Parámetros de fondo de pozo.....	39
2.3.3.	SUPERVICIÓN O MONITOREO	43
2.3.3.1.	Reporte matutino BES	43
2.3.3.2.	Estado de grupo de pozos BES	44
2.3.3.3.	Mapa de monitoreo	45
2.3.3.4.	Estado actual por pozo BES.....	46
2.3.3.5.	Reportes	47
2.3.3.6.	Curvas fx actual / diaria.....	48
2.3.3.7.	Curva fx mensual / del período	49
2.3.4.	ANÁLISIS WORKBENCH	50
2.3.4.1.	Entorno de Análisis.....	50
2.3.4.1.1.	Desempeño de análisis ESP*	51
2.3.4.1.2.	Historial de Análisis ESP	51
2.3.4.1.3.	Pruebas de Pozo.....	52
2.3.4.1.4.	Análisis del punto operativo	54
2.3.4.1.5.	Curva de Pozo.....	56
2.3.4.1.6.	Traversa de presión (Curva de gradiente de presión).....	58

2.3.4.2.	Ajuste de la Curva Traversa de Presión (Curva Gradiente de Presión)	60
2.3.4.2.1.	Ajuste de la Presión de Cabeza	61
2.3.4.2.2.	Ajuste del Diferencial de Presión	62
2.3.4.2.3.	Ajuste de la Presión de Descarga	63
2.3.4.2.4.	Ajuste de la Presión de Intake	66
2.3.4.2.5.	Ajuste de la Curva IPR (Inflow Performance Relationship)	69
2.3.4.3.	Análisis de presiones a través de la bomba BES.....	72
2.3.4.4.	Análisis de las tendencias de corrientes.....	73
2.3.4.5.	Análisis de las causas del deterioro del comportamiento del pozo.....	77
2.3.4.6.	Análisis de Puntos de Operación del Sistema BES.....	79
2.3.4.6.1.	Condición de Diseño y Operación Ideal	79
2.3.4.6.2.	Condición de Diseño y Operación No Ideal.....	80
2.3.4.6.3.	Nuevas Condiciones de Yacimiento	80
2.3.4.6.4.	Datos Incorrectos	81
2.3.4.7.	Cálculo del Factor de Corrección en Potencia.....	82
2.3.4.8.	Análisis de Sensibilidades	83
CAPÍTULO III		85
CONDICIONES ACTUALES DE LOS POZOS PRODUCTORES CON BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE EN EL CAMPO SACHA		85
3.1.	BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE	85
3.1.1.	VENTAJAS	86
3.1.2.	DESVENTAJAS.....	87
3.1.3.	COMPONENTES DEL SISTEMA BES.....	87
3.1.3.1.	Equipo de fondo	88
3.1.3.1.1.	Sensor de fondo	88
3.1.3.1.2.	Motor	89
3.1.3.1.3.	MLE.....	92
3.1.3.1.4.	Sello o protector.....	93
3.1.3.1.5.	Intake.....	94
3.1.3.1.6.	Separador de gas.....	94
3.1.3.1.7.	Bomba electrosumergible.....	96
3.1.3.1.8.	Cable de potencia.....	98

3.1.3.2.	Equipo de superficie.....	98
3.1.3.2.1.	Cabezal	99
3.1.3.2.2.	Caja de venteo.....	99
3.1.3.2.3.	Transformador	100
3.1.3.2.4.	Switchboard	101
3.1.3.2.5.	Variador de frecuencia.....	101
3.2.	POZOS BES MONITOREADOS CON LOWIS.....	103
3.2.1.	PRODUCCIÓN DE LOS POZOS BES MONITOREADOS	105
3.2.2.	ESTADO ACTUAL DE LOS POZOS BES MONITOREADOS CON LOWIS PARA EL ANÁLISIS WORKBENCH	106
3.2.2.1.	POZO SAC – 008.....	107
3.2.2.2.	POZO SAC – 032.....	108
3.2.2.3.	POZO SAC – 099.....	109
3.2.2.4.	POZO SAC – 172D	110
3.2.2.5.	POZO SAC – 185D	111
3.2.2.6.	POZO SAC – 213D	112
3.2.2.7.	POZO SAC – 242D	113
3.2.2.8.	POZO SAC – 265D	114
3.2.2.9.	POZO SAC – 320D	115
3.2.2.10.	POZO SAC – 332D	116
CAPÍTULO IV	118
ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA A TRAVÉS DEL SOFTWARE LOWIS		118
4.1.	POZO SAC-008	119
4.1.1.	Ajuste de la travesa de presión	119
4.1.2.	Análisis del punto de operación del sistema BES.....	120
4.1.3.	Cálculo del factor de corrección en potencia	121
4.1.4.	Análisis de Sensibilidades	123
4.1.5.	Tendencia de corriente	124
4.2.	POZO SAC-032	125

4.2.1.	Ajuste de la travesa de presión	125
4.2.2.	Análisis del punto de operación del sistema BES.....	126
4.2.3.	Cálculo del factor de corrección en potencia	127
4.2.4.	Análisis de sensibilidades	128
4.2.5.	Tendencia de corriente	130
4.3.	POZO SAC-099	131
4.3.1.	Ajuste de la travesa de presión	131
4.3.2.	Análisis del punto de operación del sistema BES.....	132
4.3.3.	Cálculo del factor de corrección en potencia	133
4.3.4.	Análisis de Sensibilidades	135
4.3.5.	Tendencia de corriente	136
4.4.	POZO SAC-172D.....	138
4.4.1.	Ajuste de la travesa de presión	138
4.4.2.	Análisis del punto de operación del sistema BES.....	139
4.4.3.	Cálculo del factor de corrección en potencia	140
4.4.4.	Análisis de Sensibilidades	141
4.4.5.	Tendencia de corriente	143
4.5.	POZO SAC-185D.....	144
4.5.1.	Ajuste de la travesa de presión	144
4.5.2.	Análisis del punto de operación del sistema BES.....	145
4.5.3.	Cálculo del factor de corrección en potencia	146
4.5.4.	Análisis de Sensibilidades	147
4.5.5.	Tendencia de corriente	148
4.6.	POZO SAC-213D.....	150
4.6.1.	Ajuste de la travesa de presión	150
4.6.2.	Análisis del punto de operación del sistema BES.....	151
4.6.3.	Cálculo del factor de corrección en potencia	152

4.6.4.	Análisis de Sensibilidades	153
4.6.5.	Tendencia de corriente	154
4.7.	POZO SAC-242D	156
4.7.1.	Ajuste de la travesa de presión	156
4.7.2.	Análisis del punto de operación del sistema BES.....	157
4.7.3.	Cálculo del factor de corrección en potencia	158
4.7.4.	Análisis de sensibilidades.....	159
4.7.5.	Tendencia de corriente	161
4.8.	POZO SAC-265D.....	162
4.8.1.	Ajuste de la travesa de presión	162
4.8.2.	Análisis del punto de operación del sistema BES.....	163
4.8.3.	Cálculo del factor de corrección en potencia	164
4.8.4.	Análisis de Sensibilidades	165
4.8.5.	Tendencia de corriente	167
4.9.	POZO SAC-320D	168
4.9.1.	Ajuste de la travesa de presión	168
4.9.2.	Análisis del punto de operación del sistema BES.....	169
4.9.3.	Cálculo del factor de corrección en potencia	170
4.9.4.	Análisis de Sensibilidades	172
4.9.5.	Tendencia de corriente	173
4.10.	POZO SAC-332D.....	175
4.10.1.	Ajuste de la travesa de presión	175
4.10.2.	Análisis del punto de operación del sistema BES	176
4.10.3.	Cálculo del factor de corrección en potencia.....	177
4.10.4.	Análisis de Sensibilidades	178
4.10.5.	Tendencia de corriente.....	179
4.11.	RECOPIACIÓN DE RESULTADOS.....	180

CAPÍTULO V	183
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	183
5.1. CONCLUSIONES.....	183
5.2. RECOMENDACIONES	187
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	189
ANEXOS	191
ANEXO No 1	192
ANEXO No 2	202
ANEXO No 3	210
ANEXO No 4	216
ANEXO No 5	227

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. 1 COORDENADAS DEL CAMPO SACHA.....	2
TABLA 1. 2 LÍMITES DEL CAMPO SACHA.....	2
TABLA 1. 3 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LA ROCA EN EL CAMPO SACHA.....	18
TABLA 1. 4 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL FLUIDO EN EL CAMPO SACHA.....	21
TABLA 1. 5 ESTADO DE LOS POZOS DEL CAMPO SACHA	23
TABLA 1. 6 TIPO DE LEVANTAMIENTO EN LOS POZOS DEL CAMPO SACHA	23
TABLA 2. 1 CÓDIGOS Y TIPOS DE IDENTIFICACIÓN PARA PRUEBAS DE PRODUCCIÓN.....	53
TABLA 2. 2 CAUSAS Y EFECTOS DE LA VARIACIÓN DE PRESIÓN A TRAVÉS DE LA BOMBA BES.....	72
TABLA 2. 3 TENDENCIAS DE CORRIENTE.....	73
TABLA 2. 4 EVENTOS Y CAUSAS MÁS COMUNES DE DETERIORO DEL COMPORTAMIENTO DEL POZO.....	78
TABLA 3. 1 POZOS BES MONITOREADOS CON LOWIS, AL 18 DE JULIO DE 2012	103
TABLA 3. 2 PRODUCCIÓN MONITOREADA POR ESTACIONES DE LOS POZOS BES.....	105
TABLA 3. 3 ESTADO ACTUAL POZO SAC-008 AL 17 DE MARZO DE 2013...	107
TABLA 3. 4 ESTADO ACTUAL POZO SAC-032 AL 21 DE MARZO DE 2013...	108
TABLA 3. 5 ESTADO ACTUAL POZO SAC-099 AL 16 DE ABRIL DE 2013	109
TABLA 3. 6 ESTADO ACTUAL POZO SAC-172D AL 10 DE ABRIL DE 2013...	110
TABLA 3. 7 ESTADO ACTUAL POZO SAC-228D AL 16 DE MAYO DE 2013 ..	111
TABLA 3. 8 ESTADO ACTUAL POZO SAC-213D AL 19 DE MARZO DE 2013	112
TABLA 3. 9 ESTADO ACTUAL POZO SAC-242D AL 14 DE MARZO DE 2013	113
TABLA 3. 10 ESTADO ACTUAL POZO SAC-265D AL 03 DE ABRIL DE 2013.	114

TABLA 3. 11 ESTADO ACTUAL POZO SAC-320D AL 22 DE MARZO DE 2013	115
TABLA 3. 12 ESTADO ACTUAL POZO SAC-59 AL 15 DE MAYO DE 2013.....	116
TABLA 3. 13 ESPECIFICACIONES DE MOTORES DE LOS POZOS SUJETOS A ANÁLISIS	117
TABLA 4. 1 PARÁMETROS MODIFICADOS EN EL POZO SAC – 008 PARA EL AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN.....	119
TABLA 4. 2 SIMULACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA (SAC – 008)	123
TABLA 4. 3 PARÁMETROS MODIFICADOS EN EL POZO SAC – 032 PARA EL AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN.....	125
TABLA 4. 4 SIMULACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA (SAC – 032)	129
TABLA 4. 5 PARÁMETROS MODIFICADOS EN EL POZO SAC – 099 PARA EL AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN.....	131
TABLA 4. 6 SIMULACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA (SAC – 099)	135
TABLA 4. 7 PARÁMETROS MODIFICADOS EN EL POZO SAC – 172D PARA EL AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN.....	138
TABLA 4. 8 SIMULACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA (SAC – 172D)	142
TABLA 4. 9 PARÁMETROS MODIFICADOS EN EL POZO SAC – 185D PARA EL AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN.....	144
TABLA 4. 10 SIMULACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA (SAC – 185D)	147
TABLA 4. 11 PARÁMETROS MODIFICADOS EN EL POZO SAC – 213D PARA EL AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN.....	150
TABLA 4. 12 SIMULACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA (SAC – 213D)	153
TABLA 4. 13 PARÁMETROS MODIFICADOS EN EL POZO SAC – 242D PARA EL AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN.....	156
TABLA 4. 14 SIMULACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA (SAC – 242D)	159
TABLA 4. 15 PARÁMETROS MODIFICADOS EN EL POZO SAC – 265D PARA EL AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN.....	162

TABLA 4. 16 SIMULACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA (SAC – 265D)	166
TABLA 4. 17 PARÁMETROS MODIFICADOS EN EL POZO SAC – 320D PARA EL AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN.....	168
TABLA 4. 18 SIMULACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA (SAC – 320D)	172
TABLA 4. 19 PARÁMETROS MODIFICADOS EN EL POZO SAC – 332D PARA EL AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN.....	175
TABLA 4. 20 SIMULACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA (SAC-332D)	178
TABLA 4. 21 RECOPIACIÓN DE RESULTADOS DE LOS POZOS ANALIZADOS CON LOWIS.....	181
TABLA 4. 22 INGRESOS OBTENIDOS POSTERIOR AL ANÁLISIS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	182

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. 1 UBICACIÓN DEL CAMPO SACHA.....	3
FIGURA 1. 2 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE INTERES DEL CAMPO SACHA	4
FIGURA 1. 3 COLUMNA LITO - ESTRATIGRÁFICA DE LA CUENCA ORIENTE.	6
FIGURA 1. 4 MAPA ESTRUCTURAL EN PROFUNDIDAD REFERIDO AL TOPE HOLLÍN	9
FIGURA 1. 5 MAPA ESTRUCTURAL EN PROFUNDIDAD REFERIDO AL TOPE "U" INFERIOR	10
FIGURA 1. 6 MAPA ESTRUCTURAL EN PROFUNDIDAD REFERIDO AL TOPE "T" INFERIOR	11
FIGURA 1. 7 ESPACIO POROSO	13
FIGURA 1. 8 LEY DE DARCY.....	15
FIGURA 1. 9 COMPORTAMIENTO DE BO VS. PRESIÓN DE YACIMIENTO	19
FIGURA 1. 10 COMPORTAMIENTO DE RS VS. PRESIÓN DE YACIMIENTO ..	21
FIGURA 1. 11 UBICACIÓN DE LOS POZOS EN EL CAMPO SACHA.....	22
FIGURA 1. 12 PRODUCCIÓN DEL CAMPO SACHA SEGÚN EL TIPO DE LEVANTAMIENTO	24
FIGURA 2. 1 FLUJO DE TRABAJO DEL SOFTWARE LOWIS	27
FIGURA 2. 2 PRESENTACIÓN INICIAL LOWIS.....	29
FIGURA 2. 3 NAVEGACIÓN INICIAL LOWIS	30
FIGURA 2. 4 CATÁLOGOS PRE-CARGADOS EN EL SOFTWARE LOWIS.....	31
FIGURA 2. 5 CURVA DE LA BOMBA REDA – D725N	32
FIGURA 2. 6 INGRESO DE INFORMACIÓN DE BOMBA Y MOTOR	33
FIGURA 2. 7 INGRESO DE PARÁMETROS DE LÍNEA BASE.....	34
FIGURA 2. 8 INGRESO DE PARÁMETROS DE FLUIDO	37
FIGURA 2. 9 INGRESO DE PARÁMETROS DE AFLUENCIA	38
FIGURA 2. 10 CURVA IPR GENERADA POR LOWIS	38
FIGURA 2. 11 INGRESO DE PARÁMETROS DE FONDO DE POZO	42
FIGURA 2. 12 REPORTE MATUTINO BES.....	43
FIGURA 2. 13 ESTADO DE GRUPO DE POZOS BES	45

FIGURA 2. 14 MAPA DE MONITOREO LOWIS	46
FIGURA 2. 15 ESTADO ACTUAL POR POZO BES	47
FIGURA 2. 16 CURVAS FX ACTUAL / DIARIA	48
FIGURA 2. 17 CURVA FX MENSUAL / DEL PERÍODO	49
FIGURA 2. 18 TABLA DE DESEMPEÑO ESP.....	51
FIGURA 2. 19 HISTORIAL DE ANÁLISIS ESP.....	52
FIGURA 2. 20 SUPERVISIÓN DE LAS PRUEBAS DE POZO.....	53
FIGURA 2. 21 CURVA DE POZO Y BOMBA PARA ANÁLISIS DEL PUNTO OPERATIVO	54
FIGURA 2. 22 EFECTOS DE POZO.....	55
FIGURA 2. 23 DEGRADACIÓN DE BOMBA	56
FIGURA 2. 24 IPR (INFLOW PERFORMACE RELATIONSHIP)	57
FIGURA 2. 25 CURVA OUTFLOW	58
FIGURA 2. 26 TRAVERSA DE PRESIÓN.....	59
FIGURA 2. 27 ANÁLISIS NODAL	61
FIGURA 2. 28 AJUSTE DE LA PRESIÓN DE CABEZA	62
FIGURA 2. 29 AJUSTE DE LA PRESIÓN DE DESCARGA (CASO I)	64
FIGURA 2. 30 AJUSTE DE LA PRESIÓN DE DESCARGA (CASO II)	65
FIGURA 2. 31 AJUSTE DE LA PRESIÓN DE INTAKE (CASO I)	67
FIGURA 2. 32 AJUSTE DE LA PRESIÓN DE INTAKE (CASO II)	68
FIGURA 2. 33 TRAVERSA DE PRESIÓN (ANTES DEL AJUSTE DE LA CURVA IPR)	69
FIGURA 2. 34 VALIDACIÓN DEL AJUSTE DE LAS CONDICIONES BASE DE LA PRUEBA.....	70
FIGURA 2. 35 TRAVERSA DE PRESIÓN (ANTES DEL AJUSTE DE LA CURVA IPR)	71
FIGURA 2. 36 CONDICIÓN DE DISEÑO Y OPERACIÓN IDEAL.....	79
FIGURA 2. 37 CONDICIONES DE DISEÑO Y OPERACIÓN NO IDEAL	80
FIGURA 2. 38 NUEVAS CONDICIONES DE YACIMIENTO.....	81
FIGURA 2. 39 DATOS ERRÓNEOS	81
FIGURA 2. 40 PORCENTAJE DE CARGA DE MOTOR CON EL SISTEMA EN EQUILIBRIO.....	82
FIGURA 2. 41 INGRESO DEL FACTOR DE CORRECCIÓN EN POTENCIA	83

FIGURA 2. 42 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES	84
FIGURA 3. 1 CONFIGURACIÓN TÍPICA DE UN SISTEMA BES	86
FIGURA 3. 2 COMPONENTES DEL SISTEMA BES	88
FIGURA 3. 3 SENSOR DE FONDO	89
FIGURA 3. 4 MOTOR DE FONDO Y ACEITE DIELECTRICO	90
FIGURA 3. 5 CONFIGURACIÓN DE UN MOTOR DE FONDO	91
FIGURA 3. 6 MLE CONECTADO AL POTHEAD DEL MOTOR.....	92
FIGURA 3. 7 SELLO O PROTECTOR	93
FIGURA 3. 8 INTAKE	94
FIGURA 3. 9 SEPARADOR DE GAS.....	95
FIGURA 3. 10 IMPULSOR – DIFUSOR	96
FIGURA 3. 11 BOMBA DE FLUJO RADIAL.....	97
FIGURA 3. 12 BOMBA DE FLUJO MIXTO	97
FIGURA 3. 13 CABLE DE POTENCIA.....	98
FIGURA 3. 14 CABEZAL DE PRODUCCIÓN PARA BES	99
FIGURA 3. 15 CAJA DE VENTEO	100
FIGURA 3. 16 TRANSFORMADOR.....	100
FIGURA 3. 17 TABLERO DE CONTROL (SWITCHBOARD).....	101
FIGURA 3. 18 VARIADOR DE FRECUENCIA.....	102
FIGURA 3. 19 PRODUCCIÓN DE LOS POZOS BES MONITOREADOS POR LOWIS.....	106
FIGURA 4. 1 AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN DEL POZO SAC – 008	120
FIGURA 4. 2 PUNTO OPERATIVO DEL POZO SAC – 008	121
FIGURA 4. 3 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC – 008 (SIN CORRECCIÓN)	122
FIGURA 4. 4 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC – 008 (CORREGIDO).....	123
FIGURA 4. 5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES DEL POZO SAC – 008	124

FIGURA 4. 6 AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN DEL POZO SAC - 032	125
.....	
FIGURA 4. 7 PUNTO OPERATIVO DEL POZO SAC - 032.....	126
FIGURA 4. 8 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC - 032 (SIN CORRECCIÓN).....	127
FIGURA 4. 9 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC - 032 (CORREGIDO).....	128
FIGURA 4. 10 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES DEL POZO SAC-032.....	129
FIGURA 4. 11 TENDENCIA DE CORRIENTE DEL POZO SAC-032.....	131
FIGURA 4. 12 AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN DEL POZO SAC - 099	132
.....	
FIGURA 4. 13 PUNTO OPERATIVO DEL POZO SAC - 099.....	133
FIGURA 4. 14 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC - 099 (SIN CORRECCIÓN).....	134
FIGURA 4. 15 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC - 099 (CORREGIDO).....	135
FIGURA 4. 16 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES DEL POZO SAC – 099.....	136
FIGURA 4. 17 TENDENCIA DE CORRIENTE DEL POZO SAC - 099.....	137
FIGURA 4. 18 AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN DEL POZO SAC – 172D.....	138
FIGURA 4. 19 PUNTO OPERATIVO DEL POZO SAC – 172D.....	139
FIGURA 4. 20 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC – 172D (SIN CORRECCIÓN).....	140
FIGURA 4. 21 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC – 172D (CORREGIDO).....	141
FIGURA 4. 22 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES DEL POZO SAC – 172D.....	142
FIGURA 4. 23 TENDENCIA DE CORRIENTE DEL POZO SAC – 172D.....	143
FIGURA 4. 24 AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN DEL POZO SAC - 185D.....	144
FIGURA 4. 25 PUNTO OPERATIVO DEL POZO SAC - 185D.....	145
FIGURA 4. 26 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC - 185D (SIN CORRECCIÓN).....	146

FIGURA 4. 27 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC - 185D (CORREGIDO).....	147
FIGURA 4. 28 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES DEL POZO SAC - 185D	148
FIGURA 4. 29 TENDENCIA DE CORRIENTE DEL POZO SAC - 185D	149
FIGURA 4. 30 AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN DEL POZO SAC – 213D.....	150
FIGURA 4. 31 PUNTO OPERATIVO DEL POZO SAC – 213D.....	151
FIGURA 4. 32 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC – 213D (SIN CORRECCIÓN).....	152
FIGURA 4. 33 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC – 213D (CORREGIDO)	153
FIGURA 4. 34 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES DEL POZO SAC – 213D	154
FIGURA 4. 35 TENDENCIA DE CORRIENTE DEL POZO SAC – 213D	155
FIGURA 4. 36 AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN DEL POZO SAC - 242D.....	156
FIGURA 4. 37 PUNTO OPERATIVO DEL POZO SAC - 242D	157
FIGURA 4. 38 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC - 242D (SIN CORRECCIÓN)	158
FIGURA 4. 39 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC - 242D (CORREGIDO).....	159
FIGURA 4. 40 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES DEL POZO SAC - 242D	160
FIGURA 4. 41 TENDENCIA DE CORRIENTE DEL POZO SAC - 242D	161
FIGURA 4. 42 AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN DEL POZO SAC – 265D.....	162
FIGURA 4. 43 PUNTO OPERATIVO DEL POZO SAC – 265D.....	163
FIGURA 4. 44 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC – 265D (SIN CORRECCIÓN).....	164
FIGURA 4. 45 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC – 265D (CORREGIDO)	165
FIGURA 4. 46 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES DEL POZO SAC – 265D	166
FIGURA 4. 47 TENDENCIA DE CORRIENTE DEL POZO SAC – 265D	167
FIGURA 4. 48 AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN DEL POZO SAC - 320D.....	168

FIGURA 4. 49 PUNTO OPERATIVO DEL POZO SAC - 320D	170
FIGURA 4. 50 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC - 320D (SIN CORRECCIÓN)	170
FIGURA 4. 51 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC - 320D (CORREGIDO).....	171
FIGURA 4. 52 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES DEL POZO SAC - 320D	173
FIGURA 4. 53 TENDENCIA DE CORRIENTE DEL POZO SAC - 320D	174
FIGURA 4. 54 AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN DEL POZO SAC – 332D.....	175
FIGURA 4. 55 PUNTO OPERATIVO DEL POZO SAC – 332D.....	176
FIGURA 4. 56 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC – 332D (SIN CORRECCIÓN).....	177
FIGURA 4. 57 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC – 332D (CORREGIDO)	178
FIGURA 4. 58 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES DEL POZO SAC – 332D	179
FIGURA 4. 59 TENDENCIA DE CORRIENTE DEL POZO SAC – 332D	180

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO No 1	ESTADO ACTUAL DE LOS POZOS DEL CAMPO SACHA....	192
ANEXO No 2	REPORTES GENERADOS POR LOWIS CORRESPONDIENTES AL POZO SAC – 183.....	202
ANEXO No 3	CURVAS DE LAS BOMBAS INSTALADAS EN LOS POZOS PARA ANÁLISIS WORKBENCH.....	210
ANEXO No 4	COMPLETACIONES DE LOS POZOS PARA ANÁLISIS WORKBENCH.....	216
ANEXO No 5	HISTORIAL DE WORKOVER DE LOS POZOS ANALIZADOS CON LOWIS.....	227

SIMBOLOGÍA O SIGLAS

°API	Grado API
°C	Grado centígrado
°F	Grados Fahrenheit
μ	Viscosidad
A	Área transversal en dirección del flujo
Amps	Amperios
API	American Petroleum Engineer
BES	Bombeo electrosumergible
BF	Barriles fiscales
BFPD	Barriles de fluido por día
bl	Barril
Bo	Factor volumétrico del petróleo
BPD	Barriles por día
BPPD	Barriles de petróleo por día
BSW	Base sediment water
cm ²	Centímetro cuadrado
CO ₂	Dióxido de carbono
dP	Diferencial de presión
dx	Diferencial de longitud
E	Este
Eff	Eficiencia
GOR	Relación gas - petróleo
gr/cm ³	Gramo por centímetro cúbico
H ₂ S	Ácido sulfhídrico
HP	Caballos de fuerza (Horse Power)
Hz	Hertz
IPR	Inflow Performance relationship
K	Permeabilidad absoluta
Kf	Permeabilidad efectiva
kg/m ³	Kilogramo por metro cúbico
km	Kilómetro

km ²	Kilómetro cuadrado
Kr	Permeabilidad relativa
KWh	Kilovatio hora
L	Longitud
LOWIS	Life of Well Information Software
m ²	Metro cuadrado
md	Milidarcy
MD	Profundidad medida
MLE	Motor Lead Extension
N ₂	Nitrógeno
NE	Nor - Este
O	Oeste
ORNCEM	Operaciones Río Napo Compañía de Economía Mixta
Pb	Presión de burbuja
PC	Pie cúbico
PCS	Pies cúbicos estándar
PCS/BF	Pies cúbicos estándar sobre barril fiscal
PCSPD	Pies cúbicos estándar por día
PDVSA	Petróleos de Venezuela S.A.
PI	Indicador de presión
pie ²	Pie cuadrado
Pr	Presión de reservorio
Prof	Profundidad
psi	Libras por pulgada cuadrada
psia	Presión tomando en cuenta la presión atmosférica (libras por pulgada cuadrada)
psig	Presión en manómetro (libras por pulgada cuadrada)
PT	Profundidad total
PVT	Presión - Volumen - Temperatura
q	Caudal
Q _{máx}	Caudal máximo

$Q_{\text{mín}}$	Caudal mínimo
Q_o	Caudal de petróleo
Q_{op}	Caudal óptimo
Q_t	Caudal total
REDA	Russian Electrical Dyanmo Arutunoff
RPM	Revoluciones por minuto
R_s	Relación gas - petróleo
S.A.	Sociedad anónima
SAC	Sacha
S_g	Saturación de gas
SG_o	Gravedad específica de petróleo
SO	Sur - Oeste
S_o	Saturación de petróleo
S_w	Saturación de agua
TDP	Presión dinámica (Total Dinamic Pressure)
TVD	Profundidad vertical verdadera
T_y	Temperatura de yacimiento
V_g	Volumen de gas
V_o	Volumen de petróleo
V_p	Volumen poroso
V_s	Volumen de la roca solida sin espacio poroso
VSD	Variable Speed Drive (Variador de frecuencia)
V_t	Volumen total de la roca
V_w	Volumen de agua
ΔHz	Variación de frecuencia (Hertz)
ΔP	Variación de presión
ΔQ_o	Variación de caudal de petróleo
ΔQ_t	Variación de caudal total
ϕ	Porosidad
\$/día	Dólares por día
\$/mes	Dólares por mes

RESUMEN

El presente proyecto fue dirigido a realizar un estudio para optimizar la producción de petróleo

mediante un análisis del comportamiento de los equipos BES en los pozos del campo Sacha operado por OPERACIONES RÍO NAPO COMPAÑÍA DE ECONOMÍA MIXTA, a través de la utilización del software LOWIS.

Inicialmente, en el Capítulo I se realizó una descripción del campo Sacha, sus formaciones geológicas, litología, estratigrafía, propiedades de fluido y roca, adicional se continuó con la descripción del estado actual de los pozos en el campo Sacha, sus producciones, estado y tipo de levantamiento.

Continuando con el Capítulo II se realizó una explicación de los componentes del software LOWIS, su correcto uso y entornos de trabajo, como lo son los entornos de configuración, supervisión y análisis. También se cuenta con una descripción del ingreso, modificación y eliminación de información de pozos, por ejemplo: características de bomba y motor, parámetros de línea base, parámetros de fluido, parámetros de afluencia y parámetros de fondo de pozo, en lo que corresponde el entorno de configuración. En lo correspondiente al entorno de supervisión y monitoreo, se explicó los diferentes reportes generados por LOWIS además del mapa de operación de los equipos y curvas de amperaje vs período de tiempo de carácter actual, diario, mensual y su desviación.

Como parte esencial del Capítulo II se explicó el análisis Workbench el cual empieza con el ajuste de la curva de gradiente de presión, empatando la presión de cabeza, presión de descarga, presión de succión y curva IPR; en este punto también se analizó las presiones a través de la bomba, las tendencias de corriente, deterioro del comportamiento del pozo, puntos de operación del sistema BES, análisis de sensibilidades, degradación de la bomba y motor; cada punto es explicado y ampliado para cada caso de estudio.

En el Capítulo III se explicó en qué consiste el sistema de bombeo electrosumergible, las ventajas y desventajas, como también los componentes de

fondo y superficie que comprenden el equipo de bombeo electrosumergible; dentro de este capítulo también se describió el estado actual de los pozos propuestos por ORNCEM a los cuales se les realizó el análisis de su desempeño a tiempo real con LOWIS.

El Capítulo IV comprende el análisis del desempeño del equipo BES realizado a los pozos descritos en el capítulo anterior, se realizó un análisis sobre los parámetros que permitieron la optimización de producción para los pozos con bombeo electrosumergible en base a resultados mostrados a partir de la utilización del software LOWIS. Los resultados obtenidos posterior al proceso de análisis fueron comparados con las condiciones actuales de producción de los pozos con bombeo electrosumergible del campo Sacha, con el propósito de proponer variaciones de frecuencia que permitieron optimizar las condiciones de producción del pozo y las condiciones de operación del equipo, mejorando así la producción de petróleo y la rentabilidad de los equipos.

Finalmente, en el Capítulo V se encuentran las conclusiones y recomendaciones de acuerdo a los problemas y resultados obtenidos durante la realización del presente proyecto de titulación.

PRESENTACIÓN

El proyecto “ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN MEDIANTE UN ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS EQUIPOS BES EN LOS POZOS DEL CAMPO SACHA” esta direccionado al análisis a tiempo real del desempeño de los equipos de bombeo electrosumergible del campo Sacha operado por ORNCEM, mediante la utilización de la herramienta informática LOWIS, la cual fue desarrollada por la compañía Weatherford.

El propósito del análisis de los equipos BES es el optimizar la producción del campo; durante el proceso del análisis se logra validar valores como BSW, GOR, tasas de fluido; a su vez se realiza un análisis del punto de operación, sensibilidad de frecuencia y tendencias de corriente, permitiendo obtener resultados que ayudan a recomendar cambios en las condiciones de operación y así generar una mejor producción.

El análisis y monitoreo de los pozos a tiempo real permite identificar los pozos que presentan problemas o condiciones de trabajo no correspondientes a las de diseño, además de reducir los tiempos muertos al poder priorizar las intervenciones en pozos con alarmas y que requieran trabajos inmediatos.

CAPÍTULO I

CARACTERIZACIÓN DE PRODUCCIÓN DE LOS YACIMIENTOS DEL CAMPO SACHA

1.1. RESEÑA HISTÓRICA

Desde el 3 de noviembre del año 2009 OPERACIONES RÍO NAPO COMPAÑÍA DE ECONOMÍA MIXTA (ORNCEM) se encuentra a cargo de la explotación, administración, incremento de producción, desarrollo, optimización y mejoramiento integral del campo Sacha; siendo una empresa petrolera de economía mixta con participación de PETROAMAZONAS EP con el 70% y PDVSA Ecuador S.A. con el 30 % restante, convirtiéndose en el segundo campo con mayor aportación de producción a nivel nacional, considerándose así como un campo en desarrollo.

Fue descubierto el 25 de Febrero de 1969 por el Consorcio Texaco – Gulf, llegándose a perforar el primer pozo exploratorio el 21 de enero de 1969 denominado Sacha-1 con una profundidad alcanzada de 10160 pies y produciendo inicialmente 1328 BPPD con un API de 30°, además de un BSW de 0.1%.

El campo empezó su producción el 6 de julio de 1972 con una tasa promedio de 29269 BPPD, llegándose a incrementar a 117591 BPPD en noviembre de ese mismo año, siendo esta la mayor producción registrada por el campo hasta la actualidad. El campo producía en promedio 60000 BPPD hasta el año de 1994, sin embargo su producción declinó hasta llegar a una producción promedio de 40000 BPPD en el año 2007. Actualmente la producción promedio del campo es

de 62122 BPPD observándose un incremento de producción por la inversión en exploración, perforación y reacondicionamiento de pozos por parte de ORNCEM.

1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El campo Sacha está ubicado al nororiente de la Región Amazónica en la provincia Francisco de Orellana, a una distancia aproximada de 180 km en línea recta desde la ciudad de Quito en dirección Sur-Este; ubicándose en el cantón “La Joya de los Sachas”. En la figura 1.1 se puede observar la ubicación del campo Sacha.

El campo Sacha cuenta con un área aproximada de 300 km² y sus coordenadas geográficas se las puede visualizar en la tabla 1.1:

TABLA 1. 1 COORDENADAS DEL CAMPO SACHA

CAMPO SACHA	
Latitud Sur	00°11'00" - 00°24'30"
Longitud Oeste	76°49'40" - 76°54'16"

FUENTE: Archivos Campo Sacha - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

Los límites del campo Sacha se pueden apreciar en la tabla 1.2:

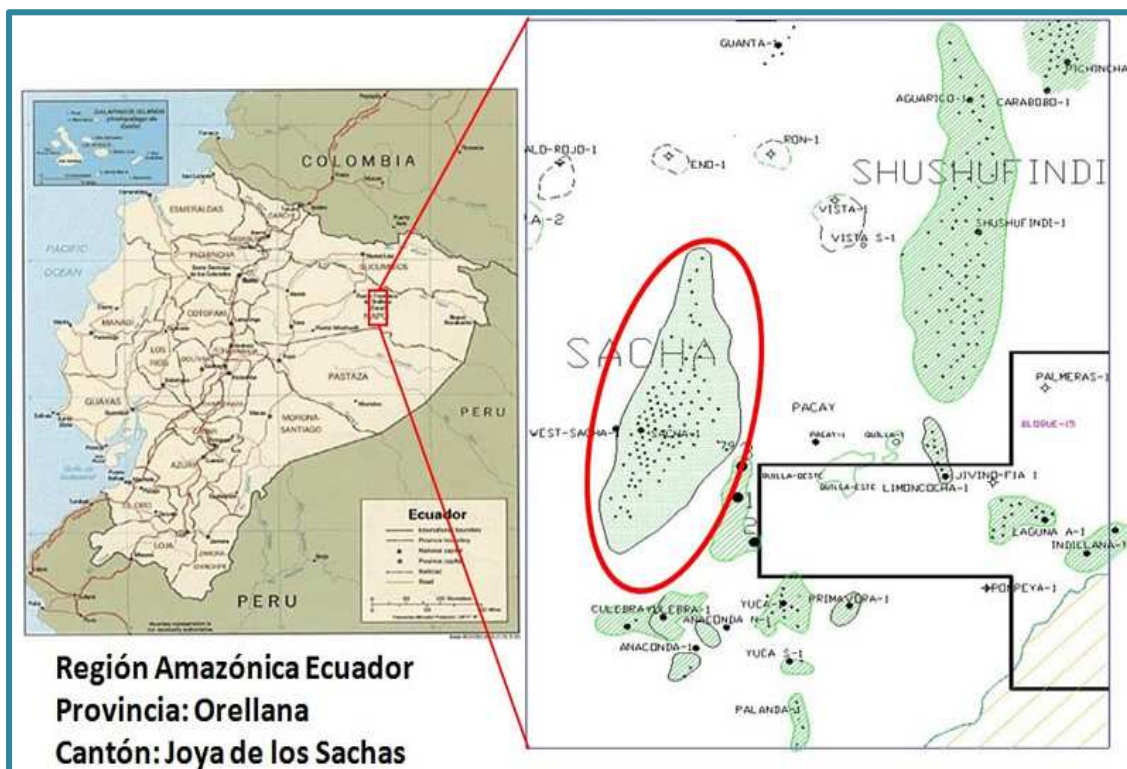
TABLA 1. 2 LÍMITES DEL CAMPO SACHA

CAMPO SACHA	
Norte	Estructuras Palo Rojo, Eno, Ron y Vista
Sur	Campos Culebra – Yulebra
Este	Campos Mauro Dávalos Cordero y Shushufindi – Aguarico
Oeste	Campos Pucuna, Paraíso y Huachito

FUENTE: Archivos Campo Sacha - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

FIGURA 1. 1 UBICACIÓN DEL CAMPO SACHA



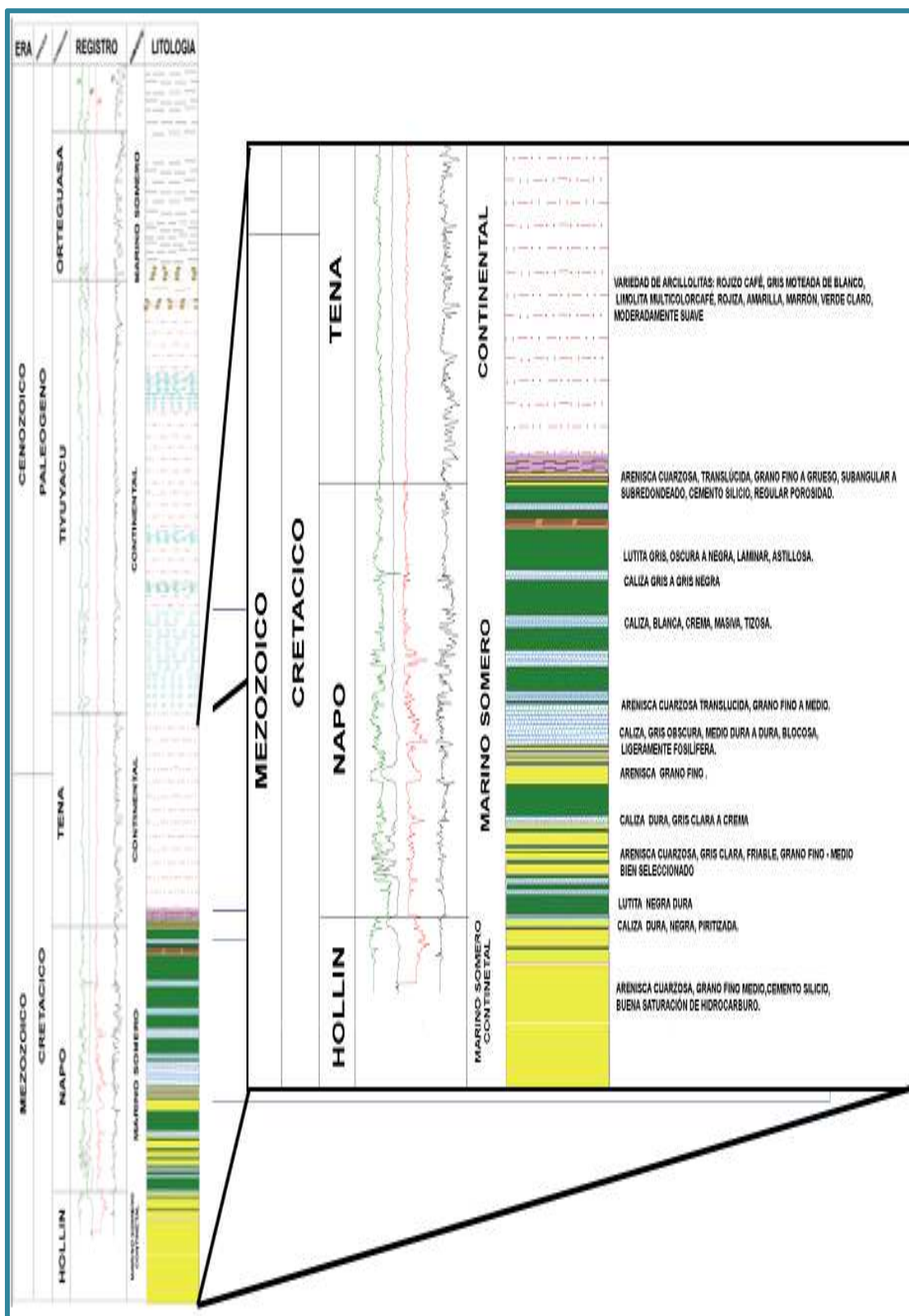
FUENTE: Archivos Campo Sacha - ORNCEM

1.3. ESTRUCTURA

El campo Sacha está comprendido por un anticlinal en dirección NE-SO limitado en uno de sus flancos por una falla transpresional dextral. Presenta un ancho de 4 km al norte y 7 km al centro-sur, con una longitud de 33 km, resultando en un área aproximada de 32167 acres.

El campo se encuentra controlado por un sistema de fallamiento en dirección E-O en la parte sur, el cierre estructural va de inclinado a suave en esta área. En el corredor Sacha-Shushufindi se encuentra la estructura Sacha situada al Oeste del eje axial de la cuenca sedimentaria cretácico norte, encontrándose en el lado levantado de la falla de tendencia general NE-SO, la cual se conecta al sur con la cuenca Marañón y al norte con la cuenca Putumayo. En la figura 1.2 se puede visualizar la columna estratigráfica de interés del campo Sacha.

FIGURA 1. 2 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE INTERÉS DEL CAMPO SACHA



FUENTE: Archivo Campo Sacha, Dep. de Geología, Petroproducción

1.4. ESTRATIGRAFÍA

1.4.1. FORMACIÓN HOLLÍN

Esta formación es la base de la era del Mesozoico de la edad del Cretácico, cuyo ambiente de depositación es Marino Transgresivo. A la parte superior le corresponde un grano depositado en medio marino litoral, en cambio a la parte inferior le corresponde un ambiente marino transgresivo.

1.4.2. FORMACIÓN NAPO

La formación napo corresponde al período que va desde el cretácico medio al superior, además marca el inicio de la era Mesozoica, correspondiente a secuencias marinas de aguas poco profundas.

A la formación “Napo Superior” le corresponden de tres a cuatro ciclos sedimentarios transgresivas-regresivas, separadas por discontinuidades ocasionalmente erosivas; la formación “Napo Medio” corresponde a dos secuencias de transgresión y progradación de plataforma carbonatada; al primer ciclo sedimentario transgresivo-regresivo le corresponde a la formación “Napo Basal”.

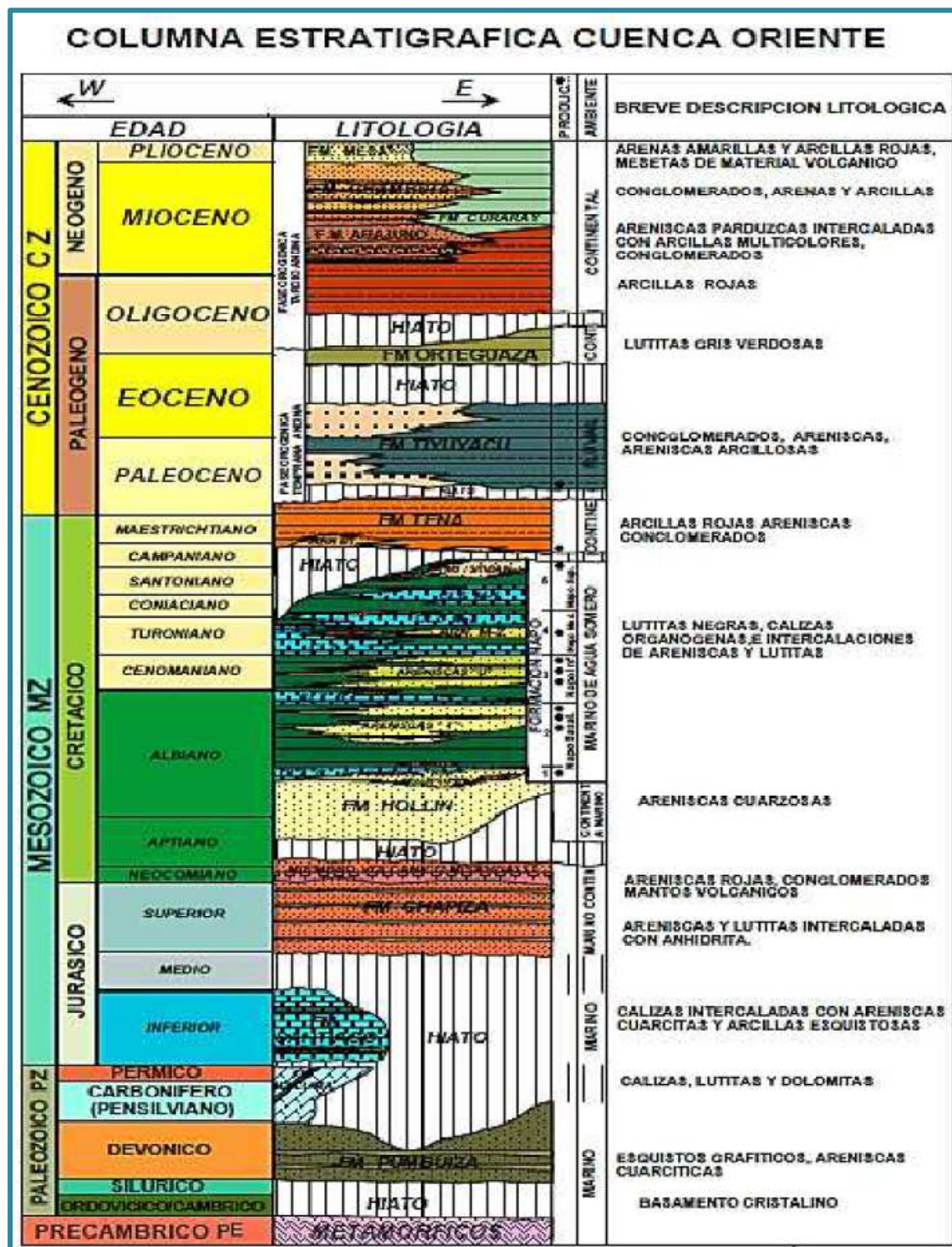
1.4.3. FORMACIÓN TENA

La formación Tena está dividida en dos partes: “Tena Superior” y “Tena Inferior” llegando en conjunto a un espesor aproximado de 400 a 3200 pies.

La formación “Tena Superior” corresponde a la era Cenozoica de la edad del Paleoceno, cuyo ambiente de depositación es continental; la formación “Tena Inferior” pertenece a la era Mesozoica de la edad del Cretácico y su ambiente de sedimentación va desde continental a marino somero.

La figura 1.3 presenta la columna Lito-Estratigráfica de la cuenca oriente del Ecuador.

FIGURA 1. 3 COLUMNA LITO - ESTRATIGRÁFICA DE LA CUENCA ORIENTE



FUENTE: Archivo Campo Sacha, Dep. de Geología, Petroproducción.

1.5. LITOLOGÍA

1.5.1. FORMACIÓN HOLLÍN

1.5.1.1. Hollín Superior

Hace referencia a una arenisca cuarzosa parda oscura, gris oscura y verdosa, traslúcida, consolidada, de grano muy fino, subredondeada, subangular, presentando una buena selección con matriz arcillosa, cemento silíceo con inclusiones de glauconita y clorito presentando una porosidad media del 14% con intercalaciones de caliza y lutita.

Teniendo un espesor neto saturado de 25 pies promedio. En la figura 1.4 se puede apreciar el mapa estructural en profundidad referido al tope Hollín.

1.5.1.2. Hollín Inferior

Esta formación se remonta a la edad cretácica constituida por una arenisca cuarzosa parda oscura consolidada de granos de tamaño medios a muy finos, la presencia de granos gruesos es mínima, y su forma puede ser subredondeada o subregular, presentando una buena selección.

Consiste en una formación con un grano de tamaño promedio con una porosidad media del 18% aproximadamente, generalmente constituida por intercalaciones de diferentes niveles limosos y arcillosos.

1.5.2. FORMACIÓN NAPO

1.5.2.1. Yacimiento “U”

La arenisca “U superior” está constituida principalmente por arenisca cuarzosa blanca cuyos granos son de tamaño fino a muy fino y ocasionalmente a medio.

La arenisca “U inferior” está conformada por arenisca cuarzosa oscura cuyo tamaño de grano va de fino a muy fino y ocasionalmente a medio.

Su selección es regular y posee un espesor aproximado de 30 pies con gran saturación de hidrocarburo. En la figura 1.5 se puede apreciar el mapa estructural en profundidad referido al tope U inferior.

1.5.2.2. Yacimiento “T”

La arenisca T inferior corresponde a una arenisca cuarzosa de tono café claro; cuyo tamaño de grano va de medio a fino con poca presencia de granos gruesos.

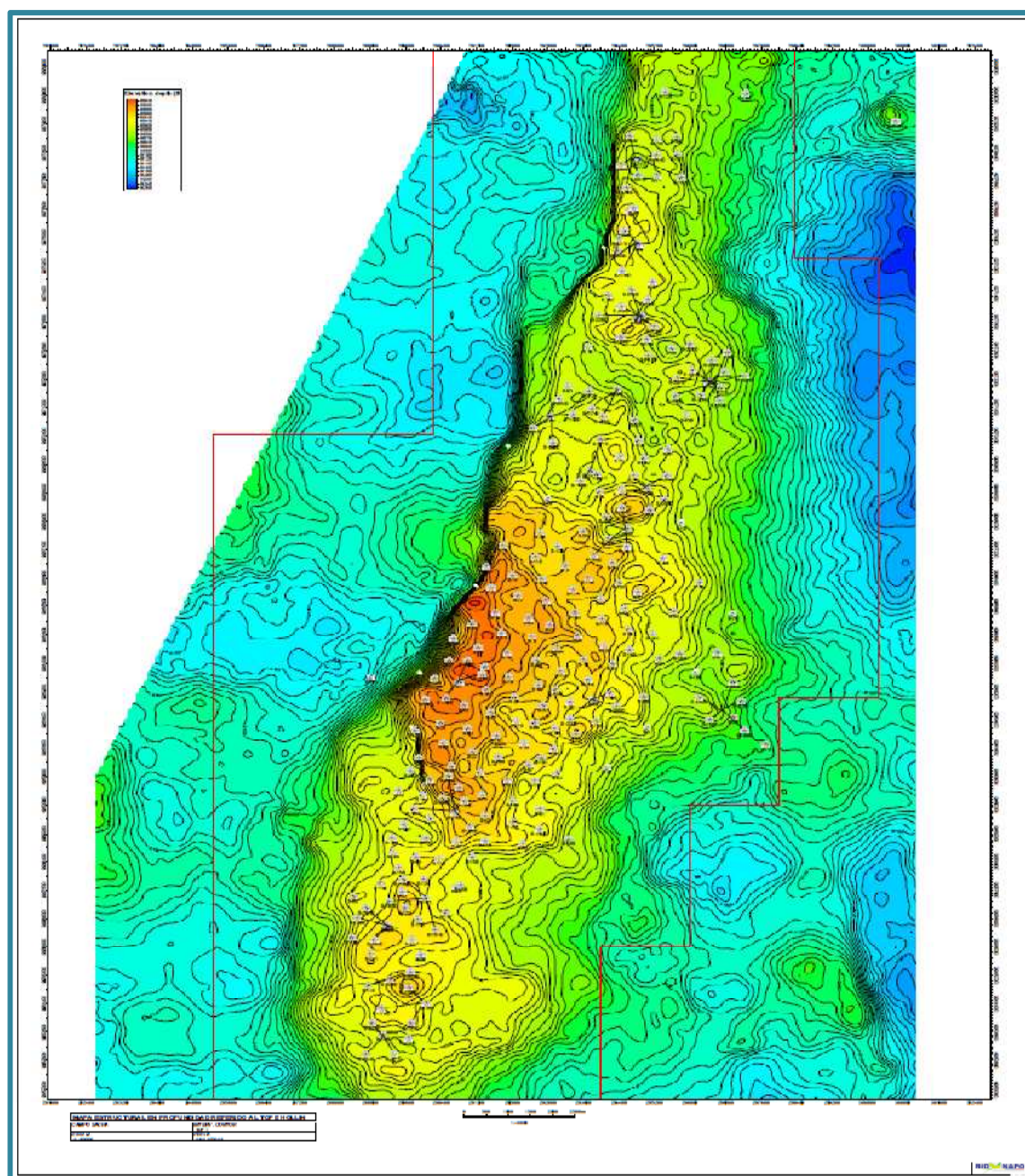
Posee una gran capacidad para la saturación de hidrocarburos, contando con un espesor neto saturado de 20 pies. En la figura 1.6 se puede apreciar el mapa estructural en profundidad referido al tope T inferior.

1.5.3. FORMACIÓN TENA

Está constituida por areniscas cuarzosas de configuración subangular y subredondeada, con una clasificación regular, presentando un buen almacenamiento de hidrocarburo.

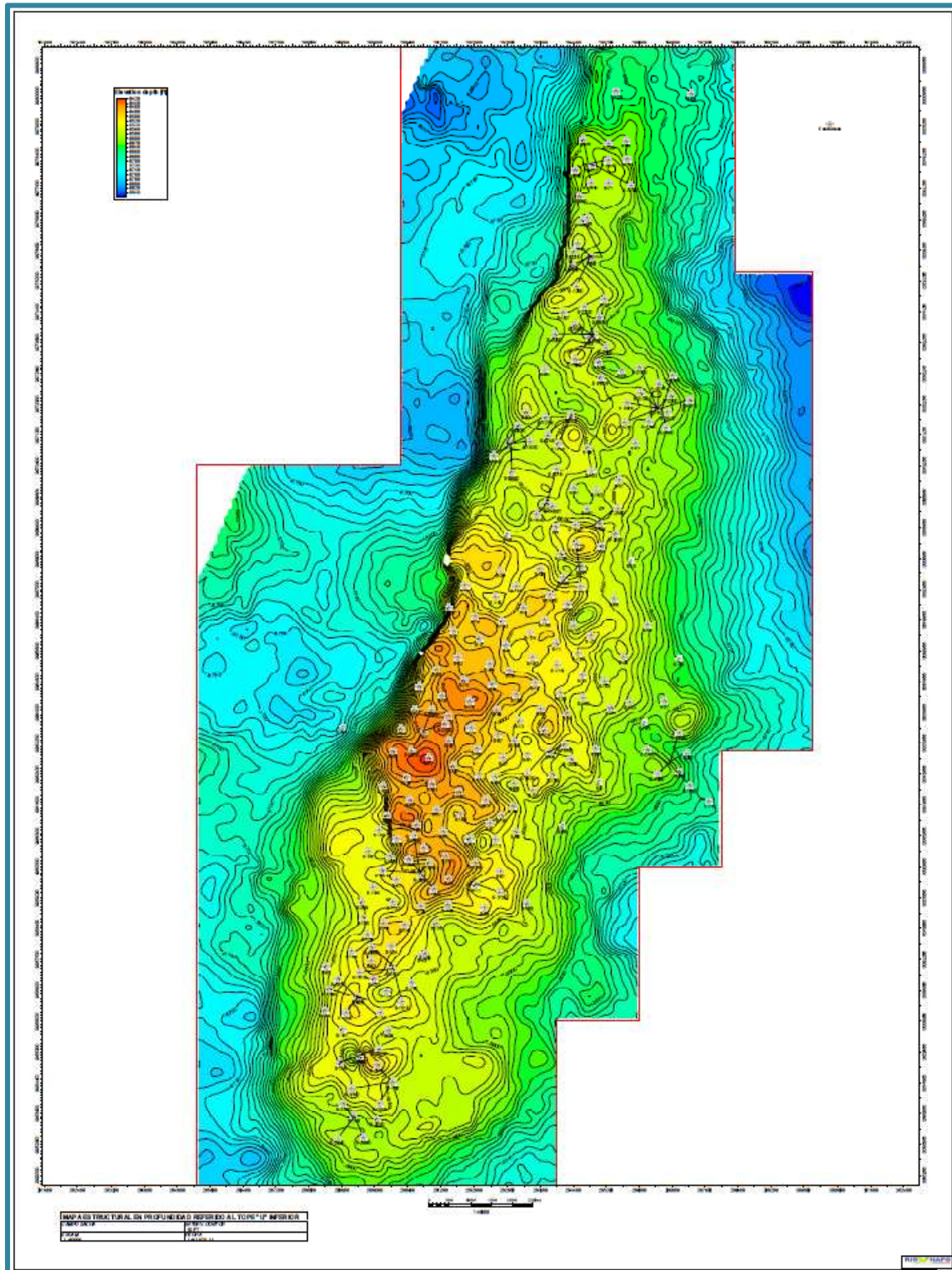
Generalmente el tamaño de su grano va de fino a muy fino y raramente es medio o grueso, como consecuencia se da una formación de estratos lenticulares o trampas estratigráficas a lo largo del campo.

FIGURA 1. 4 MAPA ESTRUCTURAL EN PROFUNDIDAD REFERIDO AL TOPE HOLLÍN



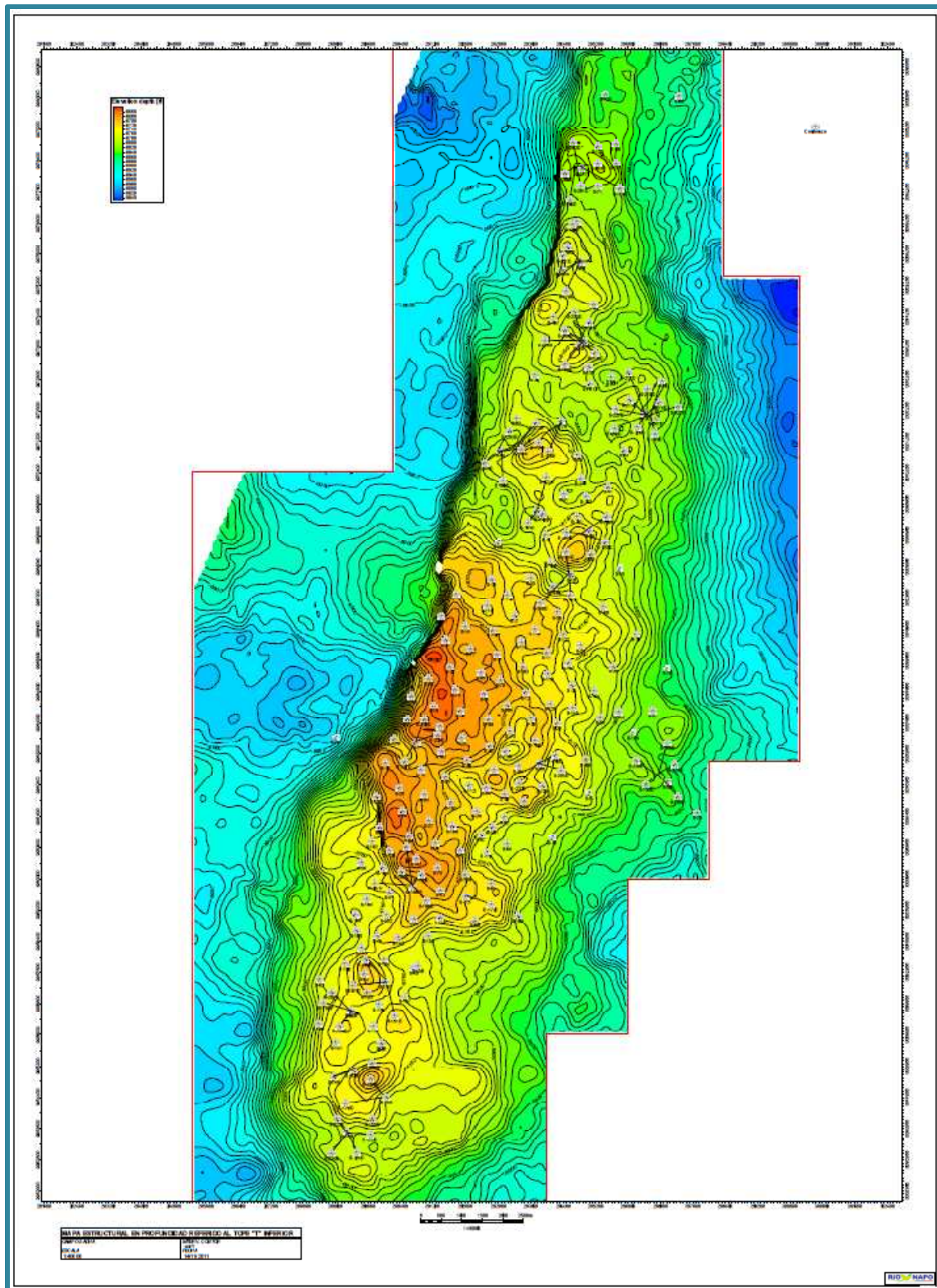
FUENTE: Archivos Campo Sacha - ORNCEM

FIGURA 1. 5 MAPA ESTRUCTURAL EN PROFUNDIDAD REFERIDO AL TOPE "U" INFERIOR



FUENTE: Archivos Campo Sacha - ORNCEN

FIGURA 1. 6 MAPA ESTRUCTURAL EN PROFUNDIDAD REFERIDO AL TOPE "T" INFERIOR



FUENTE: Archivos Campo Sacha - ORNCEM

1.6. DESCRIPCIÓN DE LAS PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA Y FLUIDO DEL CAMPO SACHA

1.6.1. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LA ROCA

1.6.1.1. Porosidad

La porosidad da un indicativo de la capacidad de la roca para almacenar un fluido. Se lo define como la relación del volumen poroso por el volumen total de la roca, como se puede ver en la ecuación 1.1:

$$\phi = \frac{V_p}{V_t} = \frac{V_t - V_s}{V_t} \quad (1.1)$$

Donde,

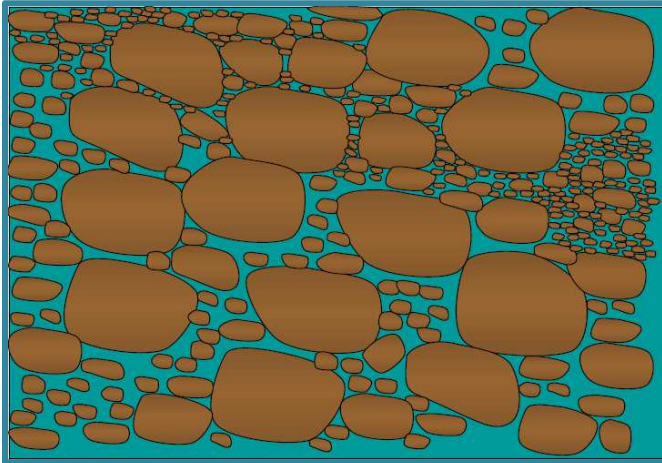
ϕ = porosidad

V_p = volumen poroso (pie³)

V_t = volumen total de la roca (pie³)

V_s = volumen de roca sólida sin espacio poroso (pie³)

La porosidad puede ser clasificada en porosidad total o porosidad efectiva. La porosidad total toma en cuenta a todos los poros en la roca (interconectados y aislados), mientras que la porosidad efectiva solo toma en cuenta a los poros interconectados. Por lo tanto, la porosidad efectiva será menor o igual a la porosidad total dependiendo de la cantidad de poros aislados en la roca. Desde el punto de vista de ingeniería, la porosidad efectiva es más importante que la porosidad total. En la figura 1.7 se representa un espacio poroso.

FIGURA 1. 7 ESPACIO POROSO

FUENTE: Manual de Yacimientos Halliburton

La porosidad es considerada:

- Muy baja cuando es $\leq 5\%$
- Baja cuando es $>5\%$ pero $\leq 10\%$
- Promedio cuando es $>10\%$ pero $\leq 20\%$
- Buena cuando es $>20\%$ pero $\leq 30\%$
- Excelente cuando $>30\%$

1.6.1.2. Permeabilidad

La permeabilidad indica la capacidad de los poros de la roca para transmitir un fluido, es decir la capacidad de la roca para dejar fluir un fluido a través de ella. Está definida a través de la Ley de Darcy. Para un sistema horizontal, la Ley de Darcy para el flujo de una sola fase está dada por la ecuación 1.2:

$$q = - \frac{kA}{\mu} \frac{dP}{dx} \quad (1.2)$$

Donde,

q = caudal $\left(\frac{cm^3}{s}\right)$

k = permeabilidad absoluta (darcy)

A = área transversal en dirección del flujo (cm^2)

μ = viscosidad (cps)

dP = diferencial de presión (atm)

dx = diferencial de longitud (cm)

La ecuación 1.2 puede ser reducida para la permeabilidad absoluta de un medio poroso de la siguiente forma en la ecuación 1.3:

$$k = \frac{q\mu L}{A\Delta P} \quad (1.3)$$

Donde,

q = caudal $\left(\frac{cm^3}{s}\right)$

k = permeabilidad absoluta (darcy)

A = área transversal en dirección del flujo (cm^2)

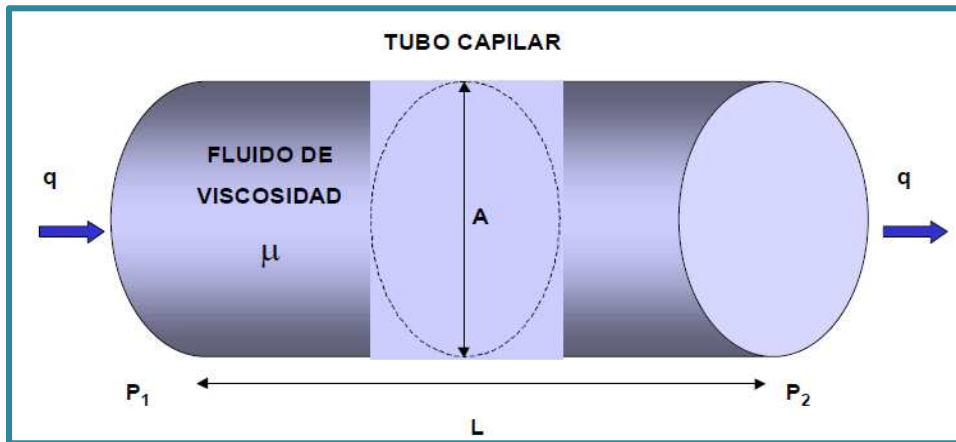
μ = viscosidad (cps)

ΔP = variación de presión (atm)

L = longitud (cm)

Una roca tiene la permeabilidad de un Darcy, cuando un fluido monofásico con una viscosidad de un centipoise y una densidad de $1 \frac{gr}{cm^3}$, atraviesa un área de un centímetro cuadrado y avanza a una velocidad de un centímetro por segundo saturando 100% a la roca, bajo un gradiente de presión de una atmósfera por centímetro. La figura 1.8 ayuda a entender la ley de Darcy.

FIGURA 1. 8 LEY DE DARCY



FUENTE: Manual de Yacimientos Halliburton

La permeabilidad se expresa generalmente en milésimas de Darcy, es decir milidarcys.

$$1 \text{ darcy} = 9.869 \times 10^{-9} \text{ cm}^2 = 9.869 \times 10^{-13} \text{ m}^2 = 1.062 \times 10^{-11} \text{ pie}^2$$

Donde,

cm^2 = centímetro cuadrado

m^2 = metro cuadrado

pie^2 = pie cuadrado

La permeabilidad absoluta es la permeabilidad de un medio cuando es saturado 100% por una sola fase. Es una propiedad del medio poroso y es independiente de las propiedades del fluido.

La permeabilidad efectiva es la capacidad de una roca para dejar fluir a un fluido en presencia de otro que satura a la roca.

La permeabilidad relativa es la capacidad de flujo que tiene una roca para dejar fluir a un fluido de mayor saturación por el espacio poroso intercomunicado en presencia de otros fluidos de menor saturación. Es utilizada para los cálculos de

reservas y de ingeniería. Es la relación entre la permeabilidad efectiva y la permeabilidad absoluta como se puede ver en la ecuación 1.4:

$$K_r = \frac{K_f}{K} \quad (1.4)$$

Donde,

K_r = permeabilidad relativa

K_f = permeabilidad efectiva (darcy)

K = permeabilidad absoluta (darcy)

1.6.1.3. Saturación

En un reservorio, siempre hay más de una fase de fluido ocupando el espacio poroso. En un reservorio de petróleo, tanto el agua como el petróleo estarán ocupando el espacio poroso; en cambio, en un reservorio de gas, el gas y el agua ocuparán el espacio poroso.

Después de cierto tiempo de producción, el petróleo, agua y gas podrían ocupar el espacio poroso. Es necesario mantener un seguimiento de la cantidad de fluido que está ocupando el espacio poroso.

La propiedad petrofísica que describe la cantidad de cada fluido en el espacio poroso es la saturación. Está definida como la fracción del espacio poroso ocupado por una fase de fluido. Así, en general la saturación de fluido se representa en la ecuación 1.5:

$$\text{Saturación de fluido} = \frac{\text{Volumen de fluido}}{\text{Volumen poroso}} \quad (1.5)$$

Si,

S_w = saturación de agua (Adimensional)

S_o = saturación de petróleo (Adimensional)

S_g = saturación de gas (Adimensional)

Entonces se puede expresar la saturación de agua, petróleo y gas con las ecuaciones 1.6, 1.7 y 1.8 respectivamente:

$$S_w = \frac{V_w}{V_p} \quad (1.6)$$

$$S_o = \frac{V_o}{V_p} \quad (1.7)$$

$$S_g = \frac{V_g}{V_p} \quad (1.8)$$

Donde,

V_w = volumen de agua (pie^3)

V_o = volumen de petróleo (pie^3)

V_g = volumen de gas (pie^3)

V_p = volumen poroso de la roca (pie^3)

Para un reservorio de petróleo sin saturación de gas, $S_o + S_w = 1$. Para un reservorio de gas sin saturación de petróleo, $S_g + S_w = 1$. Para un reservorio de petróleo con saturación de gas, $S_o + S_g + S_w = 1$. La saturación de fluido puede ser expresada en porcentaje (%).

La magnitud de las propiedades petrofísicas de la roca varía en función de la arena y del yacimiento, los valores promedios por arena en el Campo Sacha se presentan en la tabla 1.3 a continuación:

TABLA 1. 3 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LA ROCA EN EL CAMPO SACHA

CAMPO	ZONA		Ty (°F)	φ %	K (md)	Sw %
Sacha	Hollín	Inferior	225	15	500	20-40
		Superior	225	12	70	35
	Napo	Arena "T"	215	21	200	14.8
		Arena "U"	211	20	100	25
	Tena	Basal	181	18	300	31

FUENTE: Archivos Campo Sacha - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

1.6.2. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL FLUIDO

1.6.2.1. Gravedad API

Sus siglas en inglés significan American Petroleum Institute, y es una medida de densidad del petróleo la cual define qué tan pesado es en comparación al agua. Si el petróleo tiene una gravedad API superior a 10 este será más liviano que el agua y flotará en ella. Es una cantidad fácilmente medible con un hidrómetro. La gravedad API viene definida por la ecuación 1.9:

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141.5}{\text{SG}_{0@60^{\circ}\text{F}}} - 131.5 \quad (1.9)$$

Donde,

$^{\circ}\text{API}$ = gravedad API

SG_0 = gravedad específica de petróleo

Al petróleo se lo clasifica según su gravedad API de la siguiente forma:

- Crudo liviano o ligero mayor a 31.1 $^{\circ}\text{API}$

- Crudo medio o mediano entre 22.3 a 31.1°API
- Crudo pesado entre 10 a 22.3°API
- Crudo extra pesado menor a 10°API

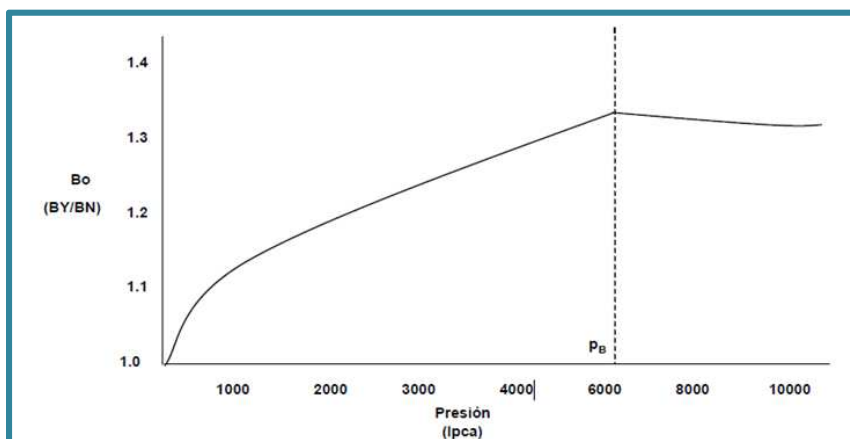
1.6.2.2. Factor Volumétrico Del Petróleo (Bo)

Es el volumen de la masa de petróleo a presión y temperatura de yacimiento dividido por el volumen de la misma masa a condiciones de superficie. El volumen de petróleo es menor en superficie comparado con el volumen en la formación. Se lo expresa en PC/PCS.

Uno de los factores que más influyen en el Bo es la cantidad de gas que viene en solución cuando la presión y temperatura caen de las condiciones del yacimiento a condiciones de superficie.

El factor volumétrico del petróleo aumenta a medida que la presión en el yacimiento aumenta hasta el punto de burbuja, posterior a este punto tiende a decrecer, como se puede ver en la figura 1.9.

FIGURA 1. 9 COMPORTAMIENTO DE BO VS. PRESIÓN DE YACIMIENTO



FUENTE: Manual de Yacimientos Halliburton

1.6.2.3. Gravedad Específica del petróleo (SGo)

Es la relación de la densidad de una sustancia con la densidad de otra que se toma como referencia. La gravedad específica es adimensional. Para los líquidos, la densidad de referencia habitual es la del agua a una presión de 1 atmósfera y a una temperatura de 4°C. En esas condiciones, la densidad del agua es de $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. La gravedad específica del petróleo se calcula con la ecuación 1.10:

$$\text{SGo} = \frac{141.5}{131.5 + \text{°API}} \quad (1.10)$$

Donde,

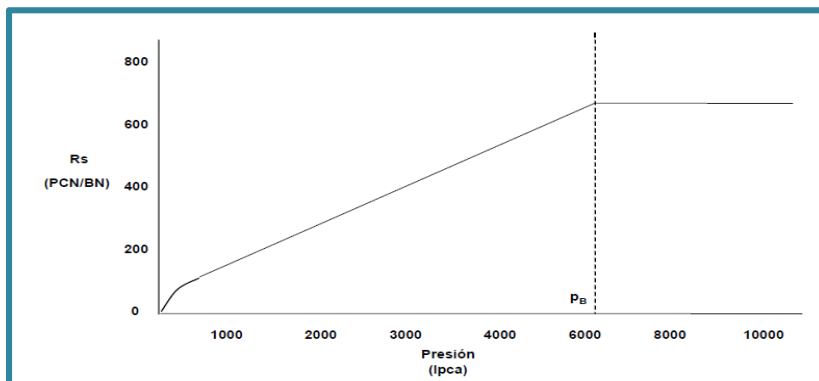
°API = gravedad API

SGo = gravedad específica

1.6.2.4. Relación Gas – Petróleo (Rs)

Se refiere a la cantidad de gas medida en pies cúbicos estándar (PCS), que se disuelve en un barril de petróleo medido a condiciones estándar (BF), cuando la mezcla se somete a las condiciones de presión y temperatura del yacimiento se expresa en (PCS/BF). Depende de la presión, temperatura, tipo de liberación, composición del gas y del petróleo.

La relación gas-petróleo aumenta linealmente hasta llegar a la presión en el punto de burbuja, posterior a este punto se mantiene constante como se puede observar en la figura 1.10.

FIGURA 1. 10 COMPORTAMIENTO DE RS VS. PRESIÓN DE YACIMIENTO

FUENTE: Manual de Yacimientos Halliburton

La siguiente tabla 1.4 presenta valores promedios de las propiedades de fluido utilizadas actualmente en el Campo Sacha para cada una de las arenas:

TABLA 1. 4 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL FLUIDO EN EL CAMPO SACHA

CAMPO	ZONA		°API	GOR PCS/BF	Bo PC/PCS	SGo
Sacha	Hollín	Inferior	27.1	24	1.163	1.577
		Superior	27.3	124	1.133	1.356
	Napo	Arena "T"	30.3	412	1.361	1.257
		Arena "U"	25.3	260	1.245	1.138
	Tena	Basal	24.1	150	1.117	1.099

FUENTE: Archivos Campo Sacha - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

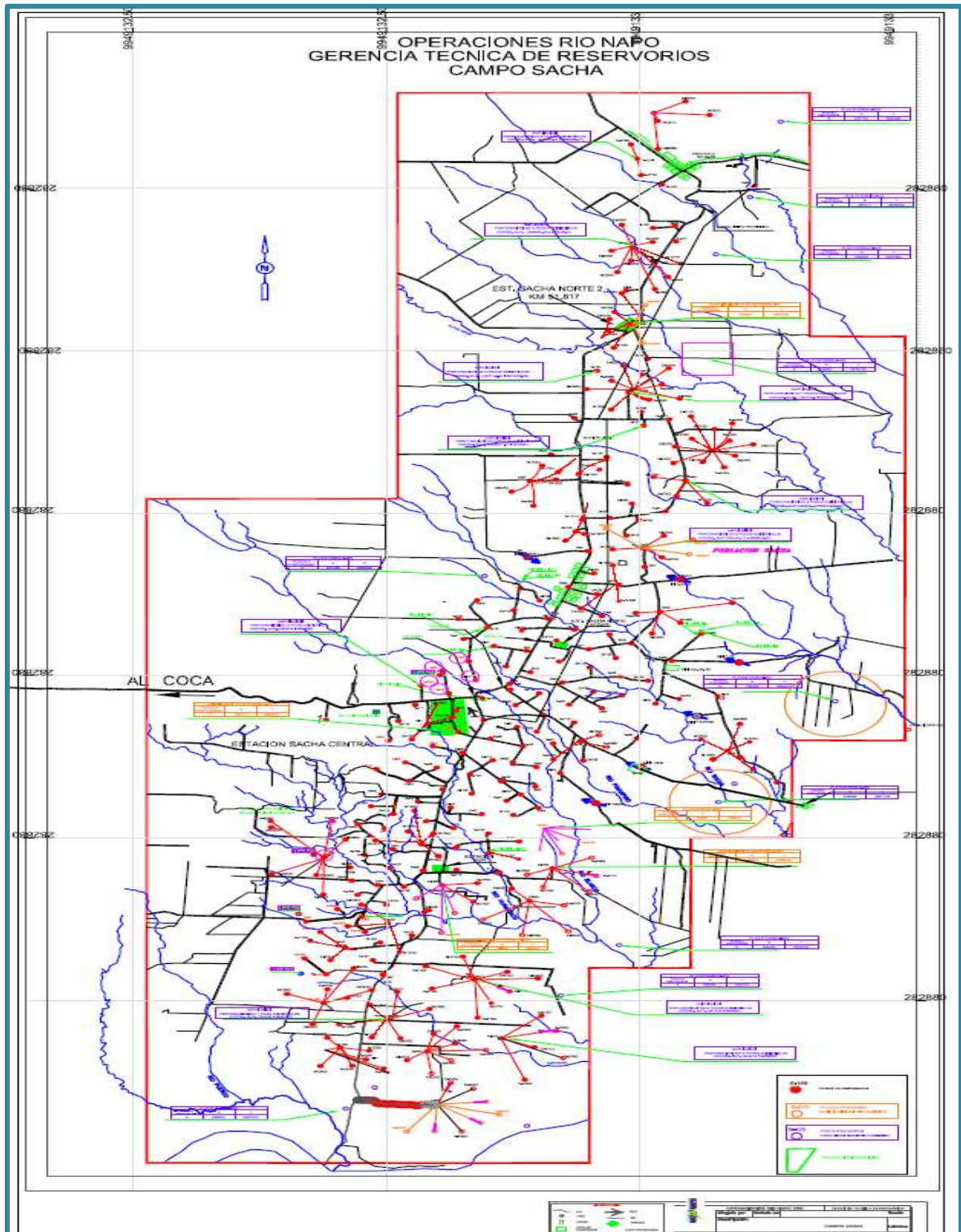
1.7. ESTADO DE PRODUCCIÓN ACTUAL DEL CAMPO SACHA

1.7.1. UBICACIÓN DE LOS POZOS

A continuación, en la figura 1.11 se presenta un gráfico detallado de la ubicación de los pozos en el campo Sacha, los cuales se encuentran distribuidos en sus

cuatro estaciones: Norte 1, Norte 2, Central, y Sur. De igual manera en la tabla 1.5 se puede ver el estado actual de los pozos del campo Sacha.

FIGURA 1. 11 UBICACIÓN DE LOS POZOS EN EL CAMPO SACHA



FUENTE: Archivo Campo Sacha - ORNCEM

TABLA 1. 5 ESTADO DE LOS POZOS DEL CAMPO SACHA

ESTADO	CANTIDAD
Pozos Cerrados	86
Pozos Abandonados	10
Pozos Inyectores	6
Pozos Produciendo	180
Pozos Perforando	5
TOTAL	287

FUENTE: Archivos Campo Sacha - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

En el ANEXO 1 se detalla el estado actual de cada uno de los pozos en el Campo Sacha.

1.7.2. PRODUCCIÓN DEL CAMPO SACHA

Al 18 de julio de 2012 se encuentran produciendo 180 pozos en el Campo Sacha, mediante diferentes tipos de levantamiento, como se puede ver en la tabla 1.6.

TABLA 1. 6 TIPO DE LEVANTAMIENTO EN LOS POZOS DEL CAMPO SACHA

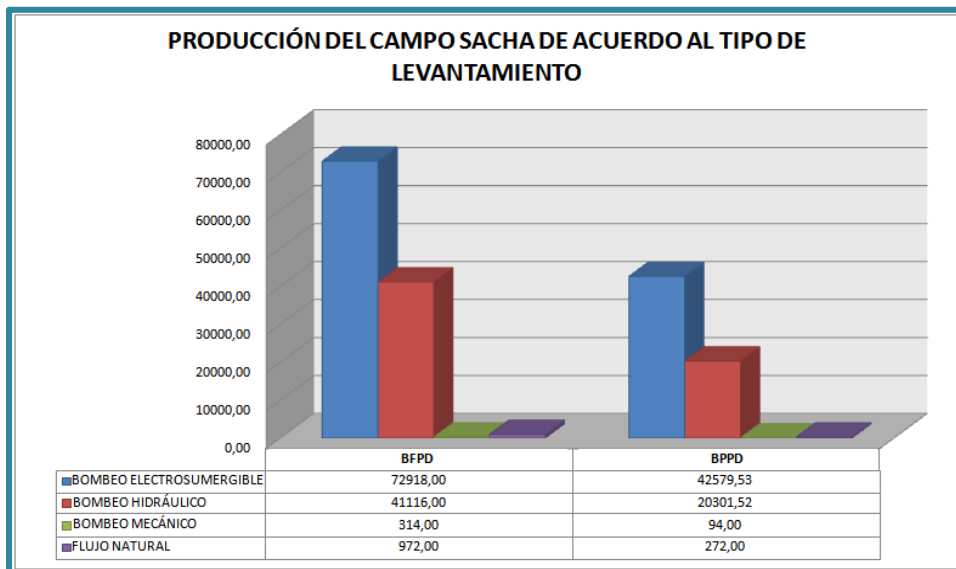
LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL	CANTIDAD
Bombeo Electrosumergible	108
Bombeo Hidráulico	70
Bombeo Mecánico	1
Flujo Natural	1
TOTAL	180

FUENTE: Archivos Campo Sacha - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

La producción de los pozos según el tipo de levantamiento artificial se detalla a continuación en la figura 1.12:

FIGURA 1. 12 PRODUCCIÓN DEL CAMPO SACHA SEGÚN EL TIPO DE LEVANTAMIENTO



ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN Y UTILIZACIÓN DE LA OPCIÓN ANÁLISIS DEL SOFTWARE LOWIS.

2.1. INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE LOWIS

El software LOWISTM cuyas siglas significan “Life of Well Information Software” fue desarrollado por la empresa Weatherford Internacional y permite el monitoreo, supervisión y análisis de los pozos en tiempo real, facilitando así una interacción eficiente y cooperativa entre el personal y las operaciones, además de permitir procesos de flujo de trabajo de producción más efectivos, que a su vez ayudan a proveer soluciones para aumentar la producción y reducir los costos de levantamiento artificial en campos jóvenes y maduros.

2.1.1. BENEFICIOS DE LOWIS

2.1.1.1. Reducir Costos de Levantamiento

LOWIS es una herramienta informática que permite el monitoreo a tiempo real de los pozos de una locación, facilitando que los operadores actúen de manera más rápida en la identificación, priorización, planificación y servicio en los pozos de bajo rendimiento, reduciendo así tiempos muertos y a su vez pérdidas en la producción.

2.1.1.2. Optimizar Flujos de Trabajo

Permite a los usuarios organizar y estandarizar sus flujos de trabajos, implementando mejores prácticas alrededor de la gestión de errores en los procesos, contando con un fácil acceso a historiales completos de cada pozo además de las ventajas de visualización en un punto único de la data proveniente de diferentes locaciones, optimizando el intercambio de información ahora almacenada y compartida en servidores centrales.

2.1.1.3. Minimizar Riesgos Financieros

LOWIS evita inversiones financieras innecesarias permitiendo a los usuarios priorizar la actividad de optimizar la producción de petróleo al poder simular previamente la tecnología a aplicarse en los pozos, logrando verificar su desempeño, reflejado en la producción.

2.1.2. TAREAS EJECUTADAS POR EL USUARIO A TRAVÉS DE LOWIS

El usuario está sujeto a realizar tareas directas sobre el sistema operativo de LOWIS, dentro de las cuales se tiene:

- Ingreso de datos provenientes de pruebas de producción.
- Análisis de pruebas de producción.
- Realización de reportes de producción.

Conjuntamente, LOWIS permite al usuario administrar y reproducir actividades simultáneas como:

- Optimizar la producción del pozo mediante un análisis del desempeño del equipo.
- Prevenir fallas sobre la operación de los equipos mediante el seguimiento de operación diaria.

- Reducir los tiempos muertos mediante una planificación de las intervenciones a realizarse en el pozo.
- Priorizar planificaciones de trabajo en los pozos que requieran intervenciones inmediatas.
- Capturar detalles de trabajos realizados en los pozos durante las intervenciones.
- Realizar un seguimiento histórico a los equipos.
- Reducir costos de servicios al priorizar y planificar las intervenciones
- Visualizar historiales y configuración de alarmas.
- Simular sobre la recuperación esperada vs. real.

2.2. FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE LOWIS

El funcionamiento de LOWIS está basado en una ramificación de entornos que permiten trabajar al usuario de acuerdo a sus necesidades. Esto puede ser observado en la figura 2.1.

FIGURA 2. 1 FLUJO DE TRABAJO DEL SOFTWARE LOWIS



FUENTE: Manual de entrenamiento – LOWIS

2.2.1. CONFIGURACIÓN

En esta etapa se puede ingresar, modificar y eliminar información de los pozos a través de menús flexibles y mediante el uso de catálogos pre-instalados, facilitando al personal la realización de cambios sobre el sistema.

2.2.2. SUPERVISIÓN

En esta ventana a través de gráficos y parámetros observados en tablas se puede visualizar y navegar a través de los pozos en el sistema fácil y dinámicamente, permitiendo tener una vista rápida de diferentes pozos.

Cualquier información detallada o general del estado del pozo está disponible y es configurable por el usuario. Además se puede observar reportes de estado como estados de alarma e historial de los pozos de una manera clara y concisa.

A través del sistema de supervisión, en caso de desarrollarse un problema sobre alguno de los pozos, el operador puede determinar que pozos necesitan ser configurados, si es necesario, se puede cambiar parámetros previamente configurados realizando una acción correctiva en los controladores y reiniciarlos en línea (online).

2.2.3. ANÁLISIS

A través de herramientas analíticas de LOWIS se puede diagnosticar problemas e interactuar con información respecto de las últimas condiciones de operación de cada pozo. El “Analytical Workbench” permite hacer diagnósticos específicos, tendencias, generar reportes de análisis para cada pozo, obtener información sobre pruebas de producción, eficiencia del levantamiento artificial, e historiales de Workover que pueden ser visualizados simultáneamente, presentando una imagen precisa de los factores que están afectando el buen desempeño del pozo.

2.2.4. PLAN DE TRABAJO

Dentro del proceso de planeamiento se puede priorizar las alternativas de intervención hacia un pozo basándose en indicadores económicos y potenciales incrementos de producción. En el plan de trabajo se encuentra la información

pertinente del pozo, a partir de la cual se tomarán decisiones a tomarse con el objetivo de controlar la producción futura del mismo.

2.2.5. SERVICIOS

Permite la revisión de intervenciones realizadas al pozo, costo de cada servicio, tiempo de ejecución, tipo de requerimientos en el pozo y demás trabajos a realizarse o realizados previamente en el pozo.

2.2.6. CARTA DE PUNTUACIÓN

Permite comparar los trabajos realizados y sus beneficios en el pozo, teniendo así una valoración del mejoramiento en el pozo, ya sea en ahorro energético u optimización en su producción.

2.3. INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO DEL SOFTWARE LOWIS

La versión de LOWIS que se utilizará para la ejecución del presente proyecto de titulación será la 5.1 como se puede ver en la figura 2.2. En el desarrollo de este capítulo se describirá el uso de los diferentes entornos de LOWIS, su navegación y uso de la herramienta.

FIGURA 2. 2 PRESENTACIÓN INICIAL LOWIS

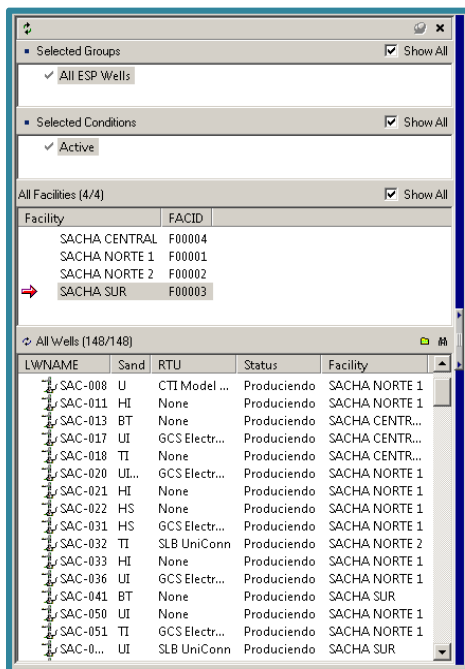


FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

2.3.1. NAVEGACIÓN INICIAL

Para iniciar la navegación en el software se debe realizar un filtro de los pozos que se desea visualizar y con los cuales se prevé trabajar en el análisis. Para este estudio se filtró los pozos que están produciendo con bombeo electrosumergible y de los cuales se encuentran activos, dentro de esta ventana se puede ver también de qué arena está produciendo y en qué estación se encuentra el pozo, como se puede apreciar en la figura 2.3.

FIGURA 2. 3 NAVEGACIÓN INICIAL LOWIS



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

2.3.2. CONFIGURACIÓN DE EQUIPO DE FONDO

Dentro de esta ventana se puede crear un pozo tomando en cuenta las propiedades de comunicación y configuración, como también un ingreso de toda la completación de fondo.

2.3.2.1. Catálogos

Una de las ventajas es tener previamente cargado en el sistema catálogos de las diferentes compañías y equipos que ofrecen; cabe recalcar que en el caso que no existiere un equipo se lo puede crear siempre y cuando se cuente con las especificaciones de los equipos proporcionados por el fabricante además de otra información necesaria; en la figura 2.4 se puede ver catálogos de bombas, motores y cables:

FIGURA 2. 4 CATÁLOGOS PRE-CARGADOS EN EL SOFTWARE LOWIS

The screenshot displays three windows from the LOWIS software, each showing a different catalog of equipment. The top-left window is the 'ESP Pump Catalog (934/1544) / SAC-002B', the top-right is the 'ESP Motor Catalog (7...)', and the bottom window is the 'ESP Cable Catalog (1/96)'. Each window contains a table with columns for manufacturer, description, series, date, and various technical specifications.

Manuf	Desc	Series	Curve Date	Min Csg Size	Shaft OD	Min BPD	Max BPD
REDA	AN1500		10/10/2005	4.5000	0.0000	1000.00	2000.00
REDA	AN1500	338	12/31/2005	5.5000	0.6875	1000.00	2000.00
REDA	AN1500		07/24/1989	4.5000	0.0000	1000.00	2025.00
REDA	AN1500		01/15/2001	4.5000	0.0000	1000.00	2000.00
REDA	AN550	338	12/31/2005	5.5000	0.6250	400.00	700.00
REDA	AN550		01/16/2001	4.5000	0.0000	400.00	700.00
REDA	AN550		01/05/1998	4.5000	0.0000	400.00	700.00
REDA	AN550		10/10/2005	4.5000	0.0000	400.00	700.00
REDA	AN550		07/24/1989	4.5000	0.0000	400.00	700.00
REDA	AN900		01/17/2001	4.5000	0.0000	700.00	1060.00

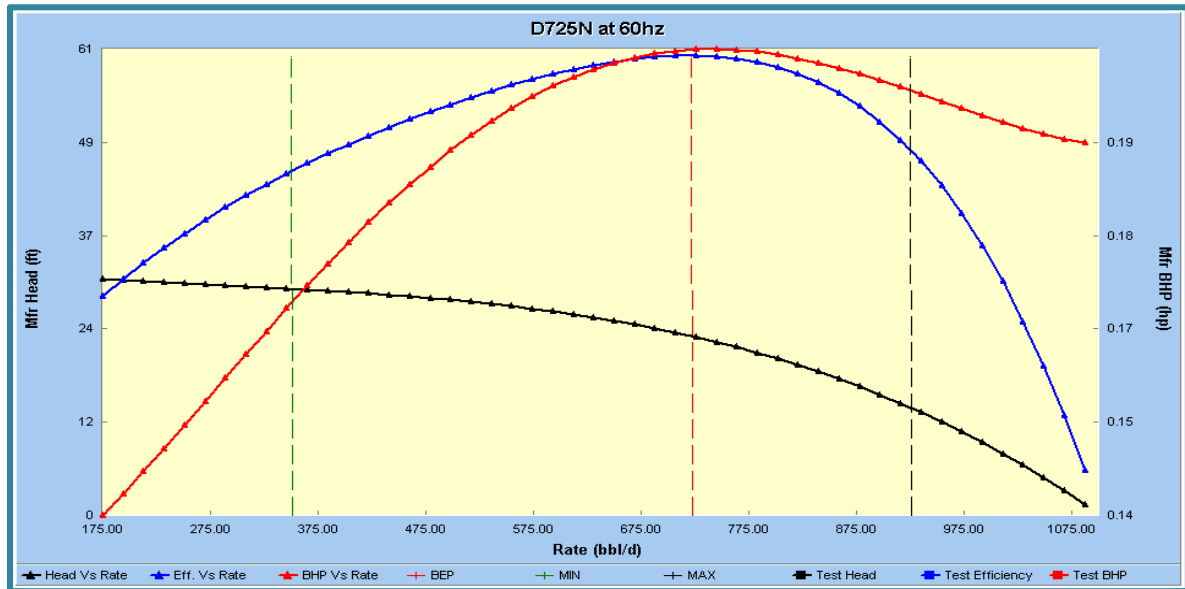
Obsolete ?	Manufacturer	Series	Type	Max Temp	Outside Diam	HP
-	ESP	TR3	STANDARD	250.00	3.75	15.00
-	ESP	TR3	STANDARD	250.00	3.75	15.00
-	ESP	TR3	STANDARD	250.00	3.75	19.50
-	ESP	TR3	STANDARD	250.00	3.75	19.50
-	ESP	TR3	STANDARD	250.00	3.75	22.50
-	ESP	TR3	STANDARD	250.00	3.75	22.50
-	ESP	TR3	STANDARD	250.00	3.75	25.00
-	ESP	TR3	STANDARD	250.00	3.75	25.00
-	ESP	TR3	STANDARD	250.00	3.75	25.00
-	ESP	TR4	STANDARD	250.00	4.56	120.00

Manuf	Config Code	Wire Size (AWG)	Type Code	Max Temp	Max Volts	Thickness	Max Max Temp	Ref Temp	Ohms / Length	Impedence	Ohms @ 68 F.	Obsole
CENTRILIFT		2	4	0	200.0000	3000	0.64	0.000	77.00	0.271	0.034	0.266
CENTRILIFT		2	2	0	200.0000	3000	0.73	0.000	77.00	0.175	0.032	0.172
CENTRILIFT		2	4	0	200.0000	5000	0.68	0.000	77.00	0.271	0.034	0.266
CENTRILIFT		2	2	0	200.0000	5000	0.76	0.000	77.00	0.175	0.032	0.172
CENTRILIFT		2	6	0	250.0000	4000	0.65	0.000	77.00	0.431	0.036	0.423
CENTRILIFT		2	4	0	250.0000	4000	0.69	0.000	77.00	0.271	0.034	0.266
CENTRILIFT		2	2	0	250.0000	4000	0.77	0.000	77.00	0.175	0.032	0.172
CENTRILIFT		2	4	0	350.0000	5000	0.69	0.000	77.00	0.271	0.034	0.266
CENTRILIFT		2	2	0	350.0000	5000	0.77	0.000	77.00	0.175	0.032	0.172

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Dentro del catálogo de bombas se puede visualizar las curvas de cada bomba cargada a una frecuencia de 60 Hz y 3500 RPM, un ejemplo es la bomba REDA D725N con un caudal máximo de 925 BPD y un mínimo de 350 BPD del rango de operación recomendada como se ve en la figura 2.5.

FIGURA 2. 5 CURVA DE LA BOMBA REDA – D725N



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Entre los catálogos pre cargados en LOWIS se tiene también:

- Las características de las tuberías de revestimiento
- Las características de las tuberías de producción
- Las características de las unidades de bombeo
- Las características de los ejes o varillas
- Los parámetros PVT de las arenas productoras del campo.
- Las características de los componentes del sistema de bombeo mecánico

2.3.2.2. Ingreso bomba y motor

Una vez conocidos las bombas y motor utilizados en la completación de cada pozo se procede al ingreso de la información, tomando en cuenta el tipo de bomba, el modelo, tipo de construcción y número de etapas como datos indispensables para el ingreso de la bomba; el número de parte y serial pueden ser omitidos pues son información complementaria que no afectarán el posterior análisis.

Para el caso de motores se debe encontrar el motor utilizado en el pozo verificando los parámetros de voltaje, amperaje y potencia. Adicionalmente se debe ingresar el amperaje de operación, pudiendo ser el número de parte y serial también omitidos. Un ejemplo del ingreso de esta información se puede visualizar en la figura 2.6.

FIGURA 2. 6 INGRESO DE INFORMACIÓN DE BOMBA Y MOTOR

The screenshot displays two data tables within the software interface. The top table is titled 'ESP Pump Configuration (1/2) / SAC-032' and the bottom table is 'ESP Motor Configuration (1/1) / SAC-032'. Both tables show configuration details for well SAC-032.

Pump Number	Pump Manuf.	Pump Desc	Part Number	Serial Number	Construction Type	Stage Count	Curve Date
1	REDA	D72SN	P32434T	2FN7G01866	COMPRESSION	134	
2	REDA	D72SN	P32435T	2FN7G01865	COMPRESSION	157	

Motor Number	Motor Manufacturer	Motor Series - Type	HP	Volts	Amps	Part number	Serial Number
0	REDA	REDA 562 STANDARD 150.0	2300	39	39.00	3008723	10B4F46754

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

2.3.2.3. Ingreso de parámetros

Se debe verificar que todos los parámetros a ingresarse sean correctos para poder proceder a un análisis del estado de los pozos y obtener resultados confiables.

2.3.2.3.1. Parámetros de línea base

Se refiere a las condiciones de producción actual del pozo trabajando con un equipo BES como los son:

- Presión de descarga de tubing (psig): correspondiente la presión de descarga en superficie a través del tubing.
- Presión de casing (psig): se refiere a la presión en el cabezal del pozo correspondiente al espacio anular.

- Temperatura de descarga de tubing (°F): corresponde a la temperatura del fluido en el cabezal del pozo.
- GOR de producción (PCS/BF): se refiere a la cantidad de gas producida en superficie dividida por la producción de petróleo.
- Producción de líquido total diaria (BPD): se refiere a la producción total diaria de crudo, agua y gas en superficie.
- Corte de agua (%): es la cantidad de agua en porcentaje producidos en un barril de petróleo.
- Agua inyectada para dilución (BPD): se refiere al agua inyectada en tanques de almacenamiento para disminuir la salinidad del agua.
- Producción de gas por casing (PCSPD): es la cantidad de gas producido a través del casing.

A continuación en la figura 2.7 se puede apreciar la ventana de ingreso de los parámetros de base línea:

FIGURA 2. 7 INGRESO DE PARÁMETROS DE LÍNEA BASE

Baseline Conditions

The "Copy Test" button copies the "selected" test from the list of tests on the Analysis Workbench grid. Baseline conditions are used to establish the base curve that first displays when the Analysis Workbench is opened.

Tubing Pressure *	25.00	PSIG
Casing Pressure *	0.00	PSIG
Tubing Discharge Temperature *	0.00	DegF
Producing GOR *	336.00	SCF/STB
Total Liquid Production *	840.00	STB/Day
Water Cut *	64.00	%
Injected Dilution water *	0.00	STB/Day
Casing Gas Flow Rate *	0.00	MSCF/DAY

Copy test Save Save All

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

2.3.2.3.2. *Parámetros de fluido*

La ventana de parámetros de fluido permite realizar el ingreso de la información del fluido que se está produciendo en el pozo a analizarse, como son:

- Gravedad API del crudo: se debe verificar con hidrómetros que la gravedad API corresponde al crudo que se está produciendo para el pozo en análisis.
- Gravedad específica del agua (adimensional): se refiere a la gravedad específica del agua que se está produciendo en el pozo.
- Gravedad específica del gas (adimensional): se debe ingresar la gravedad específica correspondiente al gas que se está produciendo.
- H₂S (%): se refiere al porcentaje de H₂S en el gas producido
- CO₂ (%): se refiere al porcentaje de CO₂ en el gas producido
- N₂ (%): se refiere al porcentaje de N₂ en el gas producido
- Punto de burbuja (psia): punto en el cual se crea la primera burbuja de gas que se desprende del líquido.
- Análisis PVT: previamente se debe ingresar en la base de datos un análisis de presión, volumen y temperatura que se pueda tener en diferentes campos o arenas; una vez creada esta información se la puede escoger de la lista que se desplegará en este punto.

- Eficiencia de Separación: este valor se lo debe ingresar como 100% cuando se ingresa la completación del equipo BES por primera vez, posteriormente éste valor se actualizará cuando se realice el ajuste de la curva de gradiente de presión y se puedan validar los valores a condiciones reales de operación.
- Temperatura de fondo del pozo (F): se refiere a la medida de temperatura que se tiene en el intervalo de producción.
- Gas libre a través de la bomba (%): es la cantidad de gas libre que entrará por la succión de la bomba.
- Líquido a través del casing (%): se refiere a la cantidad de líquido que sube a través del casing.
- Costo eléctrico (\$/KWh): en este punto se debe ingresar el costo por KWh.
- Gravedad específica del agua de dilución (adimensional): se refiere a la gravedad específica del agua que se inyecta para disminuir la salinidad.
- Método de flujo multifásico: se debe escoger el método o correlaciones que se desean utilizar para el análisis, el cual debe ser aplicable en el campo y pozo en cuestión.

A continuación en la figura 2.8 se puede ver la ventana de ingreso de parámetros de flujo:

FIGURA 2. 8 INGRESO DE PARÁMETROS DE FLUIDO

Fluid Parameters	
Fluid Description	
Oil Gravity *	26.80
Water Gravity *	1.00
Gas Gravity *	1.25
H ₂ S	0.00 %
CO ₂	0.00 %
N ₂	0.00 %
Bubble Point *	1293.00 psia
PVT Analysis	Correlations
Bottom Hole Temperature *	215.00 degF
Separation Efficiency	40.00 % <input type="checkbox"/> Calculate
Gas Separator	NONE
Gas Separator Efficiency	0.00 %
Liquid Through Casing	0.00 %
Electrical Cost	0.10 \$/KWH
Dilution Water Gravity	0.00
Multiphase Flow Method *	Hagedorn & Brown

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

2.3.2.3.3. *Parámetros de afluencia*

La ventana de parámetros de afluencia permitirá ingresar y modificar propiedades que permitirán graficar la curva IPR para el pozo en análisis, como lo son:

- **Método:** se refiere al método que se utilizará para generar la curva IPR.
- **Presión de prueba del pozo:** es la presión de fondo fluuyente durante la prueba de presión.
- **Caudal de prueba de pozo:** se refiere al caudal aportado por el pozo durante la prueba de presión.
- **Presión estática:** es la presión de reservorio estática.
- **Eficiencia de flujo:** se refiere a la relación entre el caudal de flujo real y el caudal de flujo máximo que tendría un pozo ideal con una misma caída de presión; este parámetro se calcula automáticamente con los parámetros ingresados previamente.

- Máximo caudal de flujo: es la máxima tasa de producción que puede aportar el pozo.

En la figura 2.9 se puede observar la ventana de ingreso de parámetros de afluencia:

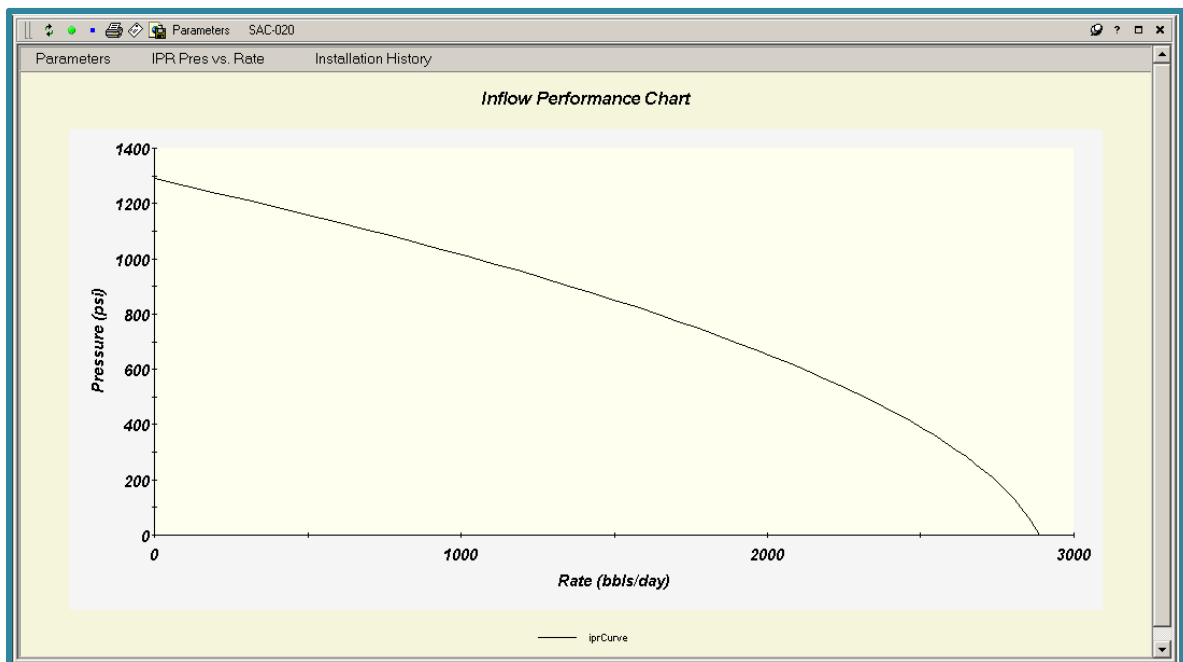
FIGURA 2. 9 INGRESO DE PARÁMETROS DE AFLUENCIA

Parameter	Value	Unit
Method	Vogel	
Well Test BHP	1063.00	PSIG
Well Test Rate	840.00	STB/Day
Static BHP	1289.00	PSIG
Flow Efficiency	1.00	
Max Inflow Rate	2886.58	STB/Day

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Una vez ingresada toda la información de afluencia se puede generar la curva IPR, y se la visualizará como se puede ver en la figura 2.10.

FIGURA 2. 10 CURVA IPR GENERADA POR LOWIS



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

2.3.2.3.4. *Parámetros de fondo de pozo*

En esta ventana se puede ingresar y modificar parámetros correspondientes al fondo del pozo, como lo son:

- Casing: diámetro externo y peso correspondiente al casing en el intervalo de producción.
- PT de Plug-Back (pies): se refiere a la profundidad total del pozo, donde no será posible ir más abajo sin una intervención de perforación. En el caso de existir producción de varias arenas se debe ingresar el valor de la profundidad a la cual exista el tapón que no permita la comunicación entre las arenas. Este valor debe ser en MD.
- Tubing: se debe ingresar el diámetro externo, grado, y peso por pie del tubing y el tipo de acople utilizado para la producción de crudo.
- Rugosidad: se refiere al valor de rugosidad del tubing el cual será utilizado para el cálculo de pérdida de presión por fricción con el cual se calculará posteriormente el Diferencial Dinámico Total.
- Longitud de Tubing (pies): es la medida desde superficie hasta la cabeza de la bomba, se lo utilizará para el cálculo de pérdidas de presión por fricción.
- Intervalo de producción: información sobre el intervalo del cual se producirá crudo.
 - Tope: es la profundidad vertical tope o superior del intervalo del cual se producirá crudo.

- Fondo: es la profundidad vertical de fondo o inferior del intervalo del cual se producirá crudo
- Ensamblaje de bomba: información sobre cable, y profundidades referentes a la bomba.
 - Cable: se debe ingresar información sobre el cable de potencia utilizado en el pozo, es decir su número, temperatura máxima de funcionamiento, voltaje de operación, configuración geométrica y compañía fabricante.
 - Longitud (pies): se refiere a la longitud del cable desde el empalme con el MLE hasta la cabeza del pozo.
 - MLE: se debe ingresar información sobre el MLE utilizado en el pozo, es decir su número, temperatura máxima de funcionamiento, voltaje de operación, configuración geométrica y compañía fabricante.
 - Longitud (pies): se refiere a la longitud medida desde el empalme con el cable de potencia hasta el pothead del motor.
 - Succión de bomba (pies): es la profundidad vertical a la cual se encuentra la succión de la bomba o intake.
 - Profundidad de inyección de agua fresca (pies): en el caso que exista una inyección de agua para la reducción de la salinidad u otro motivo se debe ingresar la profundidad a la cual se está inyectando el agua.
- Motor: información de operación del motor.

- Frecuencia variable: se debe marcar este recuadro en el caso que se desee poder visualizar la curva de sensibilidad de frecuencia.
- Frecuencia (Hz): se debe ingresar la frecuencia a la cual está operando el equipo.
- Degradación de la bomba: factores de degradación de cabeza y caudal, además del factor de corrección en potencia.
 - Factor de degradación en cabeza (adimensional): el valor debe ser ingresado como 1.00 cuando se ingresa la completación del equipo BES por primera vez en el sistema, pues se trata de un equipo nuevo y no ha sufrido ningún desgaste, posteriormente este valor será actualizado una vez realizado el ajuste de la curva de gradiente de presión. Se lo puede interpretar como una relación numérica del levantamiento de la columna de fluido de su diseño inicial y sus condiciones actuales de operación.
 - Factor de degradación en caudal (adimensional): el valor debe ser ingresado como 1.00 cuando se ingresa la completación del equipo BES por primera vez en el sistema, pues se trata de un equipo nuevo y no ha sufrido ningún desgaste, posteriormente este valor será actualizado una vez realizado el ajuste de la curva de gradiente de presión. Se lo puede interpretar como una relación numérica del caudal de producción de su diseño inicial y sus condiciones actuales de producción.
 - Factor de corrección en potencia (adimensional): el valor debe ser ingresado como 1.00 cuando se ingresa la

completación del equipo BES por primera vez en el sistema, posteriormente este valor se lo remplazará con el factor de corrección en potencia que permitirá corregir los valores del sistema en equilibrio (una vez ajustada la curva de gradiente de presión) del porcentaje de carga y eficiencia de la bomba y llevarlos a valores reales.

- Fecha de cambio: se debe ingresar la fecha exacta a la cual fue instalada la nueva bomba en el pozo.
- Fecha de último cambio: se visualizará la fecha en la que se realizó el último evento en el pozo.

En la figura 2.11 se puede observar la ventana de ingreso de parámetros de fondo de pozo:

FIGURA 2. 11 INGRESO DE PARÁMETROS DE FONDO DE POZO

The screenshot shows the 'Down Hole Parameters' window with the following fields and values:

- Casing:** 7.000 26.00 (dropdown), Plug Back TD: 9720.00 ft (MD)
- Tubing:** 3.500 N-80 9.30 Integral (dropdown), Relative Roughness: 0.0000500 inch, Tubing Length*: 9326.00 ft (MD)
- Producing Interval:** Top *: 9432.00 ft (TVD), Bottom *: 9690.00 ft (TVD)
- Pump Assembly:**
 - Cable: #4 400 5000 sol CENTRILIF F (dropdown), Length: 9331.00 ft(MD)
 - Motor Lead Extension: #2 400 5000 sol CENTRILIF F (dropdown), Length: 65.00 ft(MD)
 - Pump Intake Depth: 9363.70 ft(TVD)
 - Fresh Water Injection Depth: 0.00 ft
- Motor:** Variable Frequency, Frequency: 58.00 Hz
- Pump Degradation:** Head Deration Factor: 1.00, Rate Deration Factor: 1.00, Brake Horsepower Deration Factor: 1.00
- Installation History *:** 7/ 7/2012 (dropdown), Change Type: Other Changes (dropdown)
- Last Change Date:** Saturday, July 07, 2012
- Buttons:** Save, and a note: 'Current parameters are only applied to the well tests after this date.'

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

2.3.3. SUPERVISIÓN O MONITOREO

La interfaz de supervisión permitirá ver el estado actual de los pozos, parámetros de producción, reportes matutinos, alarmas sobre los cambios en los pozos en un período de 24 horas.

2.3.3.1. Reporte matutino BES

El reporte matutino es aquel que presenta la última fecha de escaneo y los valores obtenidos, debería ser el primer reporte que se analice al iniciar la jornada de trabajo pues mostrará las últimas alarmas generadas y de esa forma permitirá establecer un plan de trabajo. Entre los valores que se puede visualizar se tiene: nombre del pozo, fecha y hora de escaneo, mensaje de alarma, horas de funcionamiento, tipo de conexión, valor de producción de petróleo, agua y gas, corte de agua, presión de casing y tubing, eficiencia de separación de gas, presión, temperatura y profundidad de intake, temperatura de motor, presión de descarga, GOR, frecuencia de operación, amperaje, etc. La visualización de la ventana se la puede ver en la figura 2.12:

FIGURA 2. 12 REPORTE MATUTINO BES

Well Name	Scan Date	Scan Time	Last Good Scan Date	Last Good Scan	Alarm Message	HDA State	Well Status	Today Run Time (hrs)	Yesterday Run Time	Last Run Time	Num of Stats	Avg Amps	Average Volts	Operating Frequency	Well Comment	RTU Type	Out of Service Date	Out of Service Code	Last Good Test Oil	Last Good Test Water	Last Good Test Gas
SAC-002B	03/05/2013		12/31/1989		ComFail No Reply		????	0.00	24.00	0.00	0			0.00		GCS Electrospd VFD	12/31/1989	In Service	159.00	3.00	0.00
SAC-006	03/15/2013		12/31/1989		Comm Failure		????	0.00	24.00	0.00	0			0.00		SLB UniConn	12/31/1989	In Service	489.00	67.00	0.00
SAC-007	03/15/2013		12/31/1989		Comm Failure		????	0.00	24.00	0.00	0			0.00		SLB UniConn	10/08/2012	In Service	317.00	1061.00	0.00
SAC-008	03/15/2013	08:18	03/15/2013	08:18	Run Frequency HZ LoLo	Off	Run	4.41	24.00	818.80	0			11.70	Downtime @s added for 12/10/20	CTI Model 1800	12/31/1989	In Service	141.00	739.00	42.00
SAC-011	12/31/1989		12/31/1989					0.00	24.00	0.00	0			0.00		None	12/31/1989	In Service	191.00	1170.00	0.00
SAC-013	12/31/1989		12/31/1989					0.00	24.00	0.00	0			0.00		None	12/31/1989	In Service	461.00	9.00	0.00
SAC-017	01/03/2013		12/31/1989		ComFail No Reply		????	0.00	24.00	0.00	0			0.00		GCS Electrospd VFD	12/31/1989	In Service	779.00	16.00	0.00
SAC-018	12/31/1989		12/31/1989					0.00	24.00	0.00	0			0.00		None	12/31/1989	In Service	204.00	222.00	50.00
SAC-020	03/15/2013		12/31/1989		Comm Failure		????	0.00	24.00	0.00	0			0.00		GCS Electrospd VFD	12/31/1989	In Service	514.00	342.00	68.00
SAC-021	12/31/1989		12/31/1989					0.00	24.00	0.00	0			0.00		None	12/31/1989	In Service	149.00	1090.00	0.00
SAC-022	12/31/1989		12/31/1989					0.00	24.00	0.00	0			0.00		None	12/31/1989	In Service	171.00	114.00	0.00
SAC-031	03/15/2013		12/31/1989		Comm Failure		????	0.00	24.00	0.00	0			0.00		GCS Electrospd VFD	12/31/1989	In Service	285.00	33.00	0.00
SAC-032	03/15/2013	08:18	03/15/2013	08:18	Pump Intake Pressu PP LoL	Auto	Run	4.41	24.00	818.80	0			60.00	Downtime @s added for 10/05/20	SLB UniConn	12/31/1989	In Service	319.00	112.00	214.00
SAC-033	12/31/1989		12/31/1989					0.00	24.00	0.00	0			0.00		None	12/31/1989	In Service	360.00	540.00	0.00
SAC-036	03/15/2013		12/31/1989		Comm Failure		????	0.00	24.00	0.00	0			0.00		GCS Electrospd VFD	12/31/1989	In Service	94.00	848.00	0.00
SAC-041	12/31/1989		12/31/1989					0.00	24.00	0.00	0			0.00		None	12/31/1989	In Service	125.00	445.00	0.00
SAC-050	12/31/1989		12/31/1989					0.00	24.00	0.00	0			0.00		None	12/31/1989	In Service	397.00	1591.00	61.00
SAC-051	03/15/2013		11/29/2012	13:18	Comm Failure	A	????	0.00	24.00	93.18	163			58.90	Downtime e3 added for 05/23/20	GCS Electrospd VFD	12/31/1989	In Service	475.00	77.00	178.00

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

2.3.3.2. Estado de grupo de pozos BES

En esta ventana se puede apreciar el estado grupal de los pozos en resumen de un período de 24 horas previas del pozo. Sus opciones son:

- Se puede establecer un código de colores de acuerdo a las condiciones operativas del pozo.
- Para el período de 24 horas se puede reportar valores máximos, mínimos o promedios de los valores de parámetros clave, establecidos previamente como una data base detallada del pozo.
- Ajustar parámetros operativos del motor, ya sea para que funcione o pare en caso de no estar en rango operativo.
- Se puede recolectar información previa al paro del equipo que se requiera para determinar el diagnóstico del paro del equipo.
- Establecimiento de alarmas de tendencia y condiciones operativas anormales que podrían parar el equipo.
- Despliegue de avisos cuando la prueba de producción actual es significativamente diferente a la prueba de producción anterior.
- Definir términos de estabilidad del equipo BES, por ejemplo establecer un valor máximo de gas permitido antes de que el equipo BES de detenga por cavitación o baja carga.

En cuanto al código de colores en ORNCEM se utiliza:

- Verde: pozos con operación normal
- Celeste: pozos fuera del sistema
- Amarillo: pozos con alarma alta o baja
- Rojo: pozos con alarma alta – alta o baja – baja
- Naranja: pozos apagados
- Blanco: pozos sin comunicación

Una vista de la ventana de estado de grupo de pozos BES se la puede apreciar en la figura 2.13.

FIGURA 2. 13 ESTADO DE GRUPO DE POZOS BES

Well Name	Last Good Scan Date	Last Good Scan	Alarm Message	HQA State	Well Status	Today Run Time (hrs)	Yesterday Run Time (hrs)	Num of Starts	Avg Amps	Operating Frequency	Well Comment	RTU Type	Out of Service Date
SAC-206D	03/11/2013	09:08		A	Run	5.19	24.00	119	72	40.00	Downtime @t added for 04/24/2012 00:00:00 lasting 5.00 hours	GCS Electrospd VFD	12/31/1969
SAC-207D	12/31/1969					0.00	24.00	0	0	0.00		None	12/31/1969
SAC-208D	12/31/1969				????	0.00	24.00	0	0	0.00		None	12/31/1969
SAC-209D	12/31/1969					0.00	24.00	0	0	0.00		None	12/31/1969
SAC-210D	03/11/2013	09:08		Auto	Run	5.19	24.00	0	121	48.00	Downtime @i added for 05/30/2012 04:00:00 lasting 2.00 hours	SLB UniConn	12/31/1969
SAC-213D	03/11/2013	09:09	Pump Intake Pressu PIP Low	Hand	Run	5.19	24.00	0	244	57.00	Downtime @t added for 05/28/2012 00:00:00 lasting 3.00 hours	SLB UniConn	12/31/1969
SAC-214D	03/11/2013	09:09	Run Frequency HZ HHi	A	Run	5.19	24.00	33	73	44.00	Downtime @t added for 05/28/2012 00:00:00 lasting 3.00 hours	GCS Electrospd VFD	12/31/1969
SAC-214DU	03/11/2013	09:09	Pump Intake Pressu PIP Low	A	Run	5.19	24.00	314	88	46.20	Downtime @t added for 05/28/2012 00:00:00 lasting 3.00 hours	GCS Electrospd VFD	12/31/1969
SAC-226D	03/11/2013	09:03	Pump Intake Pressu PIP Low	Hand	Run	5.08	24.00	0	474	45.00	Downtime @t added for 05/28/2012 00:00:00 lasting 3.00 hours	SLB UniConn	12/31/1969
SAC-227D	03/11/2013	09:09	Pump Intake Pressu PIP HHi	A	Run	5.19	24.00	41	90	46.90	Downtime @t added for 05/28/2012 00:00:00 lasting 3.00 hours	GCS Electrospd VFD	12/31/1969
SAC-228D	03/11/2013	09:09	Run Frequency HZ HHi	A	Run	5.19	24.00	32	222	50.90	Downtime @m added for 02/22/2012 00:00:00 lasting 4.50 hours	GCS Electrospd VFD	06/22/2012
SAC-229D	02/07/2013	19:22	Comm Failure	A	????	0.00	24.00	24	173	61.90	Downtime @z added for 02/02/2012 04:00:00 lasting 12.00 hours	GCS Electrospd VFD	07/16/2011
SAC-230D	02/17/2013	04:33	Comm Failure	A	????	0.00	24.00	10	176	60.90		GCS Electrospd VFD	12/31/1969
SAC-233D	03/11/2013	09:09	Downhole Voltage VOLT Lolo	A	Run	5.19	24.00	185	142	39.90	Downtime @i added for 05/12/2012 00:00:00 lasting 2.00 hours	GCS Electrospd VFD	12/31/1969
SAC-238D	12/31/1969					0.00	24.00	0	0	0.00		None	12/31/1969
SAC-239D	12/31/1969					0.00	24.00	0	0	0.00		None	12/31/1969
SAC-240D	03/11/2013	09:09		Hand	Run	5.19	24.00	0	89	54.00	Downtime @t added for 05/28/2012 00:00:00 lasting 3.00 hours	SLB UniConn	07/20/2012
SAC-241D	12/31/1969			A	Run	0.00	24.00	43	70	50.00		None	12/31/1969
SAC-242D	03/11/2013	09:09	Pump Intake Pressu PIP Low	A	Run	5.19	24.00	14	135	51.90	Downtime @t added for 05/28/2012 00:00:00 lasting 3.00 hours	GCS Electrospd VFD	12/31/1969

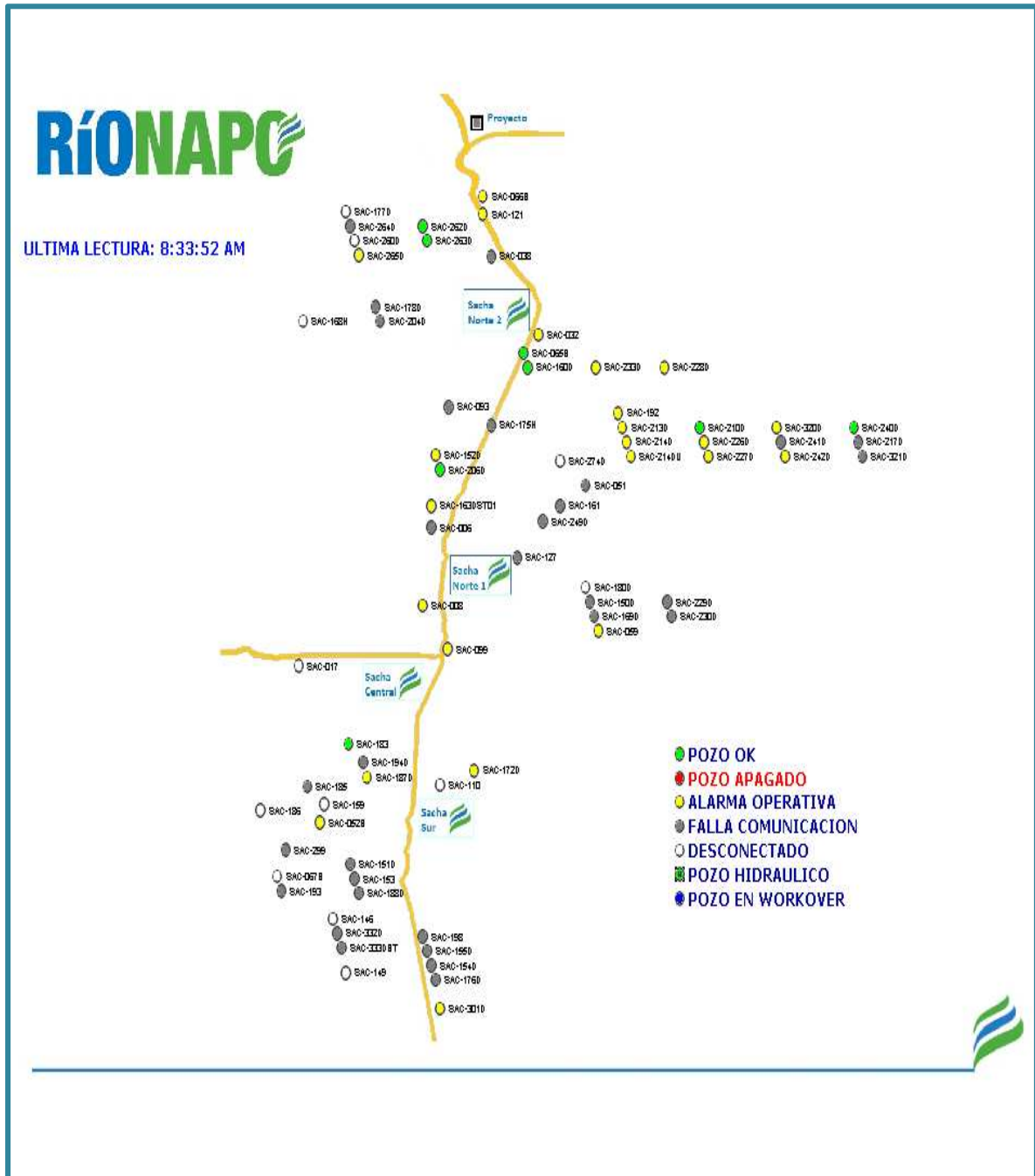
FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

2.3.3.3. Mapa de monitoreo

LOWIS ofrece también una vista de los pozos, ubicándolos a una distancia aproximada de la carretera principal como se puede apreciar en la figura 2.14. Donde se visualizan los pozos que se encuentran:

- Conectados sin problemas
- Apagados
- Con alarmas operativas
- Falla de comunicación
- Desconectado
- Con bombeo hidráulico
- Pozos en workover

FIGURA 2. 14 MAPA DE MONITOREO LOWIS

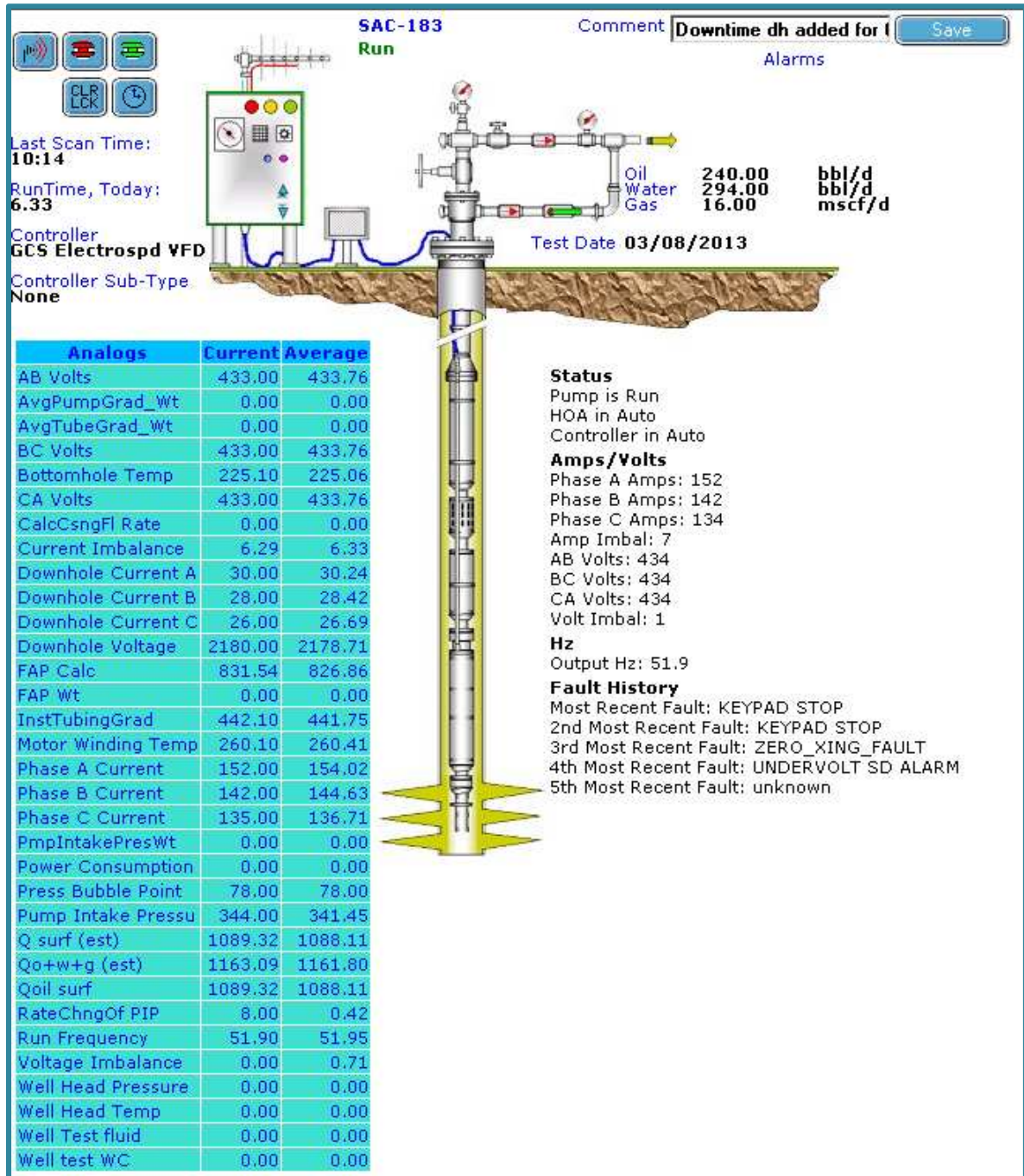


FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

2.3.3.4. Estado actual por pozo BES

En la ventana de estado actual del pozo se puede visualizar parámetros a tiempo real de producción, a su vez permite apagar o encender un pozo como se puede observar en la figura 2.15.

FIGURA 2. 15 ESTADO ACTUAL POR POZO BES



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

2.3.3.5. Reportes

Se pueden generar una variedad de reportes de los pozos, ya sea en grupo o individualmente, como por ejemplo:

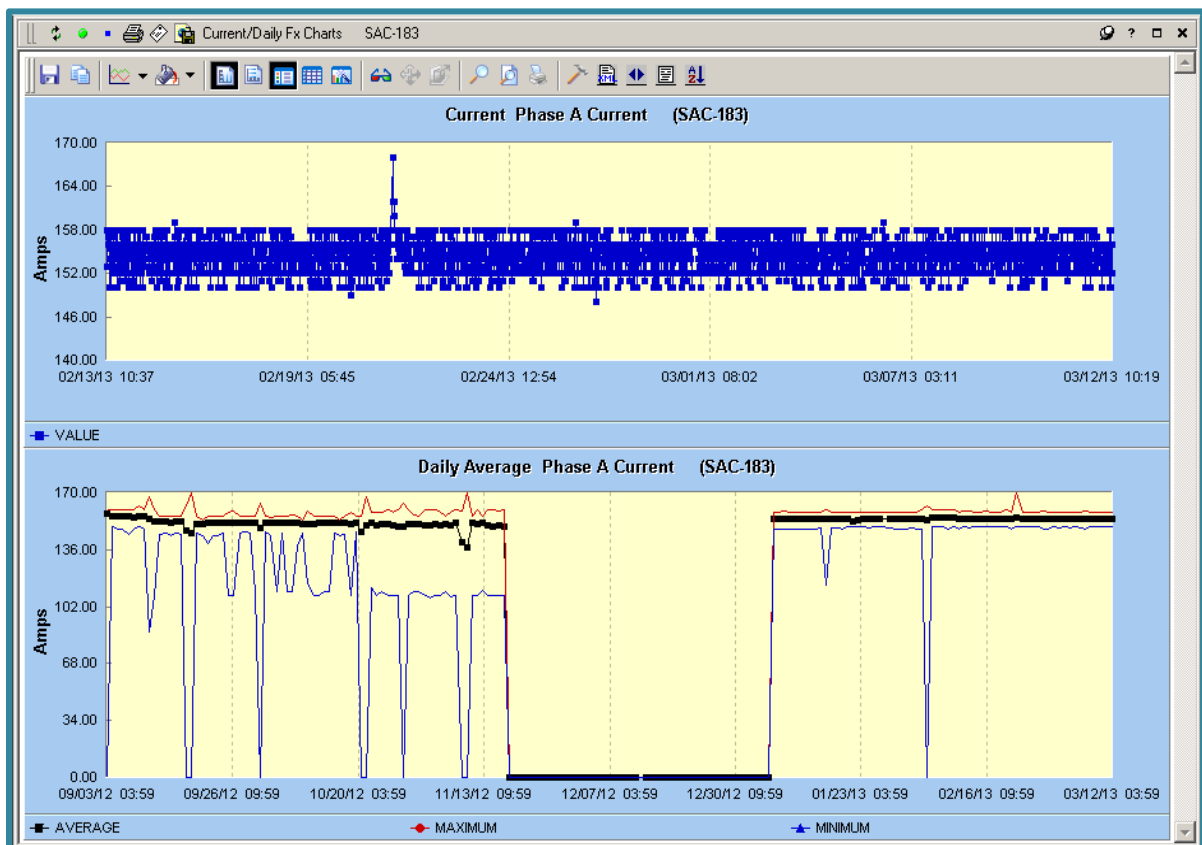
- Historial de alarmas
- Historial detallado del desempeño del equipo BES
- Resumen de historial del desempeño del equipo BES
- Historial de las pruebas de producción

En el ANEXO 2 se presenta un ejemplo de los reportes antes mencionados relacionados con el pozo SAC-183.

2.3.3.6. Curvas fx actual / diaria

Se puede visualizar por pozo las curvas de amperaje en un período de tiempo, la curva “actual” presenta todas las lecturas realizadas cada 6 minutos, en cambio la curva “diaria” presenta un promedio diario de las lecturas realizadas, en la figura 2.16 se presenta un ejemplo de las curvas antes mencionadas, siendo la curva en la parte superior la correspondiente a la curva “actual” y la curva en la parte inferior la correspondiente a la curva “diaria”:

FIGURA 2. 16 CURVAS FX ACTUAL / DIARIA

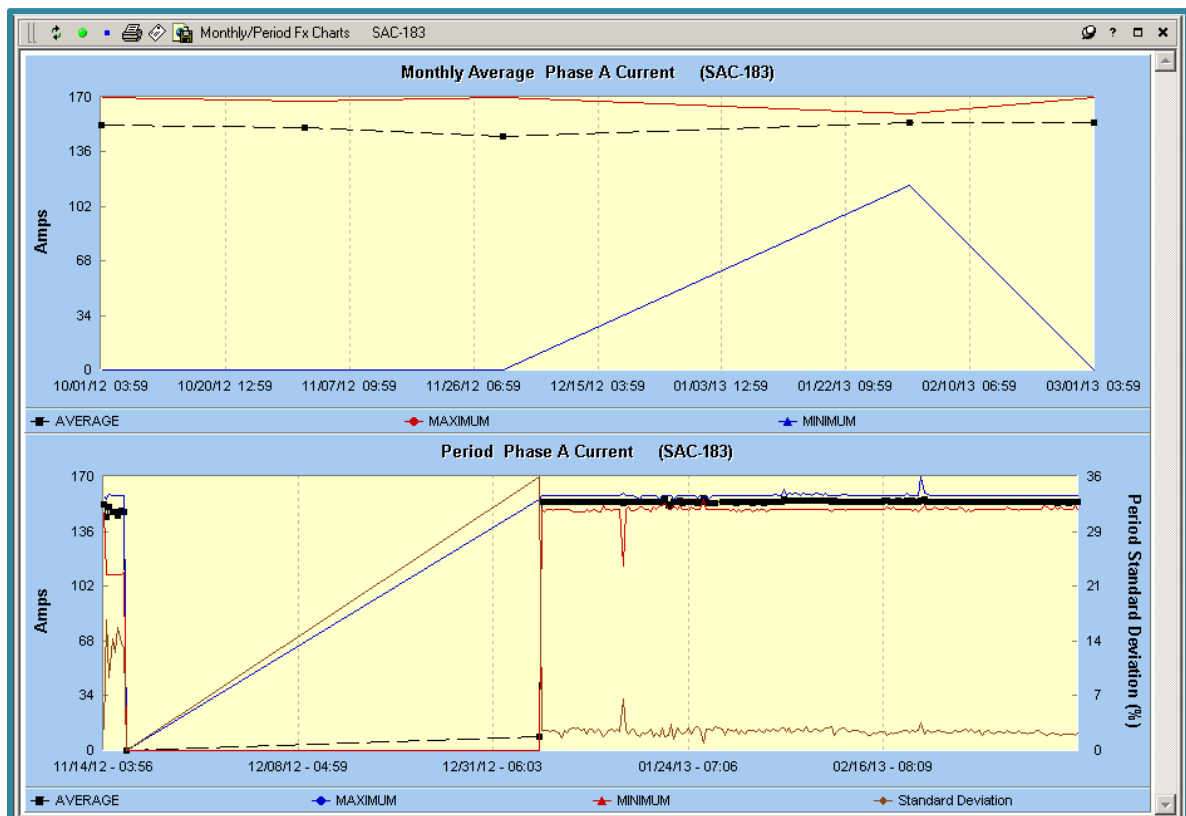


FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

2.3.3.7. Curva fx mensual / del período

También se tiene la posibilidad de generar curvas de amperaje versus período de tiempo de carácter “mensual” la cual presentará un valor promedio mensual del amperaje; también se puede apreciar curvas “del período” la cual presenta la desviación estándar. En la figura 2.17 se puede apreciar las curvas “mensual” en la parte superior y “del período” en la parte inferior:

FIGURA 2. 17 CURVA FX MENSUAL / DEL PERÍODO



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

2.3.4. ANÁLISIS WORKBENCH

2.3.4.1. Entorno de Análisis

El entorno de análisis tiene como objetivo realizar un estudio sobre el desempeño y sobre las condiciones de trabajo del equipo BES para poder así modificar parámetros que permitan optimizar las condiciones actuales, y por consecuencia mejorar la producción de petróleo, además de reducir los costos de levantamiento.

Es decir que mediante un diagnóstico sobre problemas de desempeño de cada uno de los pozos se puede lograr una disminución de riesgos financieros y mejoramiento de las operaciones de los equipos y gestión del reservorio, maximizando así la recuperación de petróleo del campo y la rentabilidad de los equipos.

Análisis Workbench es un entorno a partir del cual se puede modificar parámetros de fluido y condiciones de línea base con el objetivo de obtener gráficos de desempeño, dentro de los cuales se analizará lo siguiente:

- Tendencia histórica de producción
- Desempeño del equipo BES (Región de operación)
- Factores de degradación de cabeza y caudal
- Factor de corrección de potencia
- Carga y potencia del motor
- Porcentaje de gas a través de la bomba
- Eficiencia de la bomba, motor y separador de gas
- Cambios recientes de corriente y voltaje

Una vez que se han estudiado cada uno de los parámetros mencionados, se realizará un análisis de sensibilidades a través del cual se podrá concluir sobre:

- Cambios de la frecuencia recomendada de operación
- Rediseño del equipo BES

2.3.4.1.1. *Desempeño de análisis ESP**

Este tipo de tablas permite identificar las variaciones del desempeño de cada uno de los pozos respecto de las configuraciones iniciales de trabajo; permitiendo observar el rango de operación de las bombas.

Este entorno tiene como fin el indicar la eficiencia del sistema para cada uno de los pozos con equipo BES; se encuentra representado en la figura 2.18.

FIGURA 2. 18 TABLA DE DESEMPEÑO ESP

The screenshot displays the LOWIS software interface with two main data tables. The top table, 'ESP Downhole Performance (18/145)', shows performance metrics for individual wells. The bottom table, 'ESP System Performance (18/145) / SAC-051', shows system-level performance metrics.

Well Name	Test Date	Observed Rate	Water Cut	Percentage Oil	Percentage CO2	Ideal Rate	Rate % Difference	In-Situ Rate	Observed TDH	Theoretical TDH	TDH % Diff	Observed PIP	Theoretical PIP	PIP % Diff
SAC-020	03/10/13	856.00	39.95	60.05	0.00	974.64	-12.17	909.00	6863.77	8150.58	-15.79	812.30	317.53	155.82
SAC-021	03/12/13	891.00	87.98	12.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SAC-022	03/12/13	285.00	40.00	60.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SAC-021	03/08/13	328.00	18.06	89.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SAC-022	03/10/13	439.00	25.87	74.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SAC-033	03/10/13	952.00	59.98	40.02	0.00	1073.36	-11.31	995.00	2370.19	2764.62	-14.27	2262.30	2121.70	7.57
SAC-036	03/10/13	942.00	90.02	9.98	0.00	1111.06	-15.22	968.00	6533.66	7563.95	-13.62	1594.29	1166.37	36.89
SAC-041	03/08/13	551.00	78.04	21.96	0.00	857.70	-35.76	564.00	7268.71	9711.01	-25.15	650.30	-352.73	-264.36
SAC-050	03/05/13	2074.00	75.99	20.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SAC-051	03/10/13	417.00	13.91	86.09	0.00	466.74	-10.66	459.00	7244.41	8041.11	-9.91	632.30	280.75	89.60

Well Name	Test Date	Observed Rate	Daily Power / Volume of Fluid	Head Eff.	Rate Eff.	Lift Perf Indicator	Pump System Eff.	Lift Eff.	Lift Cost / Volume of Oil	Lift Cost / Volume of Fluid	Analysis Date	Analysis Time
SAC-020	03/10/13	856.00	0.78	103.15	87.83	90.60	100.00	4.55	0.13	0.08	03/12/2013	19:00:00
SAC-021	03/12/13	891.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
SAC-022	03/12/13	285.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
SAC-031	03/08/13	328.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
SAC-032	03/10/13	439.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
SAC-033	03/10/13	952.00	0.32	91.72	68.69	81.35	95.15	2.89	0.03	0.03	03/12/2013	19:00:00
SAC-036	03/10/13	942.00	0.60	92.97	84.78	78.31	100.00	19.21	0.60	0.06	03/12/2013	19:00:00
SAC-041	03/08/13	551.00	1.10	95.48	64.24	61.34	85.54	2.03	0.50	0.11	03/12/2013	19:00:00
SAC-050	03/05/13	2074.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
SAC-051	03/10/13	417.00	0.93	89.98	89.34	80.40	96.53	13.79	0.11	0.09	03/12/2013	19:00:00

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

2.3.4.1.2. *Historial de Análisis ESP*

Esta tabla, representada en la figura 2.19, permite observar los resultados de análisis, permitiendo realizar un diagnóstico tentativo para un sistema de bombeo óptimo.

*Nombre como aparece en el Software LOWIS

FIGURA 2. 19 HISTORIAL DE ANÁLISIS ESP

Well Test Date	SPT Code	Max Fluid Intake	Max Intake at BottomPerf	Gas Thru Pump	Gas thru Casing	Pump Discharge Pressure	Theoretical Pump Intake Pressure	Current Pump Intake Pressure	Theoretical Dynamic Head	Current Dynamic Head	Kw/Hours / Unit Volume	Lift Performance Indicator	Rate Efficiency
03/10/2013	0	536.68	853.19	51906.18	126093.01	3172.16	280.75	532.30	8041.11	7244.41	0.93	80.40	89.34
03/06/2013	0	731.41	853.19	64535.00	113464.99	3171.62	278.58	537.30	8019.25	7225.15	0.68	79.41	87.89
02/27/2013	0	736.11	853.19	66183.20	111818.80	3189.04	293.78	537.30	8020.50	7273.40	0.69	80.82	88.92
02/22/2013	0	707.58	853.19	63839.08	114160.15	3193.15	287.88	537.30	8049.93	7284.16	0.70	80.05	88.31
02/19/2013	0	733.90	853.19	66273.30	111726.70	3194.68	289.74	530.30	8046.17	7307.74	0.70	81.04	89.01
02/14/2013	0	796.42	853.19	70256.46	107733.54	3197.67	294.03	528.30	8035.88	7321.49	0.66	81.69	89.29
02/09/2013	0	724.73	853.19	65463.63	112536.37	3193.71	288.85	533.30	8047.68	7296.64	0.69	80.59	88.88
02/05/2013	0	731.46	853.19	65924.84	112075.16	3193.47	289.07	534.30	8046.97	7294.34	0.71	80.50	88.58
01/29/2013	0	785.50	853.19	70187.23	107812.77	3198.16	294.22	527.30	8036.03	7325.53	0.66	81.82	89.39
01/24/2013	0	776.38	853.19	70341.05	107658.95	3193.29	298.74	525.30	8010.27	7318.89	0.68	82.44	89.90
01/16/2013	0	732.83	853.19	70084.82	107915.18	3233.51	323.58	527.30	8047.19	7425.55	0.70	84.57	91.49
01/11/2013	0	787.46	853.19	69258.19	108741.81	3195.68	292.58	545.30	8039.11	7271.10	0.67	79.61	87.60
12/30/2012	0	774.55	853.19	69354.42	109645.98	3195.00	291.18	545.30	8041.98	7288.04	0.68	79.40	87.48
12/24/2012	0	763.32	853.19	67468.82	110531.18	3209.20	291.37	530.30	8044.37	7314.93	0.00	80.54	88.28
12/17/2012	0	865.24	853.19	74526.88	103473.13	3213.05	299.92	535.30	8019.77	7310.88	0.00	80.93	88.12
11/28/2012	0	937.79	853.19	80372.44	97627.98	3216.47	311.75	529.30	7985.25	7336.88	0.00	82.86	89.27
11/22/2012	0	887.32	853.19	71596.41	106403.89	3199.46	286.00	528.30	8019.67	7291.04	0.00	80.34	87.69
11/18/2012	0	850.10	853.19	70635.86	107384.14	3199.11	284.35	534.30	8024.80	7273.05	0.00	79.49	87.02
11/11/2012	0	789.57	853.19	68442.01	111557.99	3195.87	278.53	535.30	8040.57	7282.08	0.00	78.71	86.71
11/07/2012	0	809.51	853.19	67786.05	110213.95	3196.99	280.36	535.30	8035.80	7265.15	0.00	78.91	86.77
11/02/2012	0	740.34	853.19	70607.68	107392.32	3118.60	309.55	563.30	7777.31	6983.66	0.00	78.50	87.22
10/23/2012	0	875.58	853.19	80342.78	97657.21	3128.88	321.52	565.30	7749.99	7003.51	0.00	79.52	87.33
10/20/2012	0	748.63	853.19	63450.38	114549.63	3188.12	331.87	563.30	7775.10	7071.47	0.00	82.02	89.96
10/17/2012	0	723.76	853.19	64604.57	113395.43	3205.83	343.33	485.40	7769.01	7328.77	0.00	92.30	97.82
10/06/2012	0	808.46	853.19	73840.66	104359.34	3183.87	345.50	587.30	7736.23	7072.17	0.00	82.93	90.09

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

2.3.4.1.3. Pruebas de Pozo

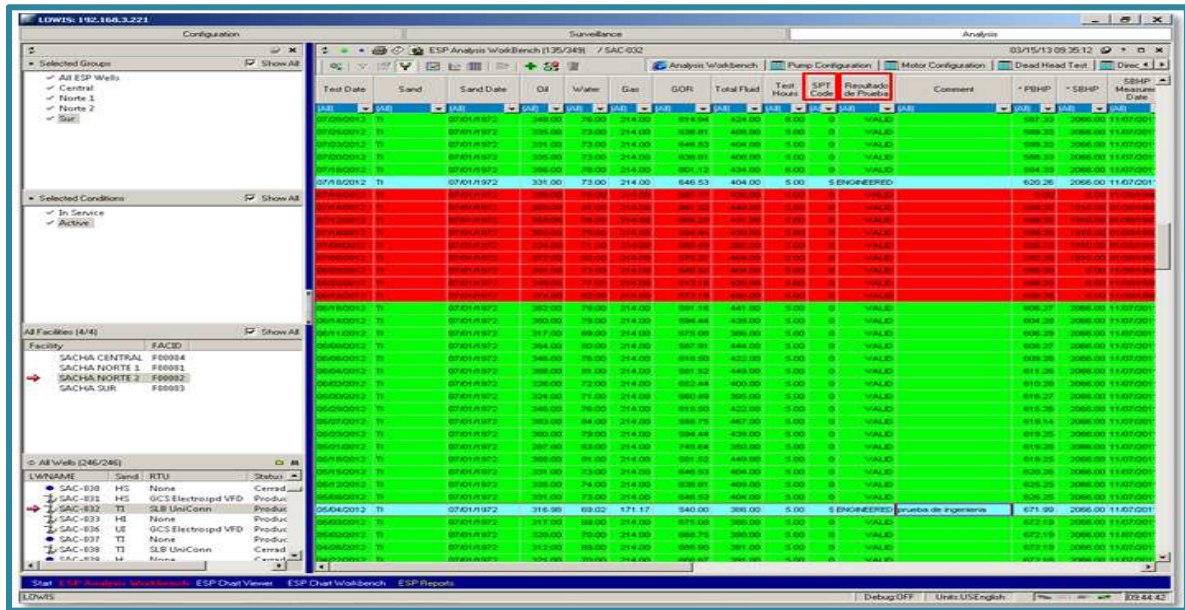
A través de LOWIS se puede ingresar, modificar y finalmente validar las diferentes pruebas de pozo. Para identificar el estado de las pruebas de pozo se cuenta con un conjunto de códigos que permiten la clasificación y especificación del tipo de pruebas útiles para el análisis.

Para poder especificar una prueba se puede hacer uso de:

- Códigos numéricos (SPT Code)
- Mensajes textuales (Resultado de Prueba)
- Identificación por color

En la figura 2.20 se puede observar los códigos utilizados para validar una prueba.




FIGURA 2. 20 SUPERVISIÓN DE LAS PRUEBAS DE POZO



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Los tipos de identificación y códigos existentes para poder especificar cada una de las pruebas de pozo se indica en la tabla 2.1.

TABLA 2. 1 CÓDIGOS Y TIPOS DE IDENTIFICACIÓN PARA PRUEBAS DE PRODUCCIÓN

TIPO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
SPT Code	-1	Prueba lista para Validación
	0	Prueba para Asignación
	1	Prueba de Potencial de Crudo
	2	Prueba no Asignable
	5	Prueba de Ingeniería
	9	Prueba Mala
Resultado de Prueba	VALID	Prueba para Validación
	ENGINEERED	Prueba de Ingeniería
Color	 Celeste	Prueba de Ingeniería Validada
	 Verde	Prueba lista para ser validada
	 Amarillo	Prueba de Potencial de Crudo
	 Rojo	Prueba Mala

FUENTE: Manual LOWIS - Weatherford

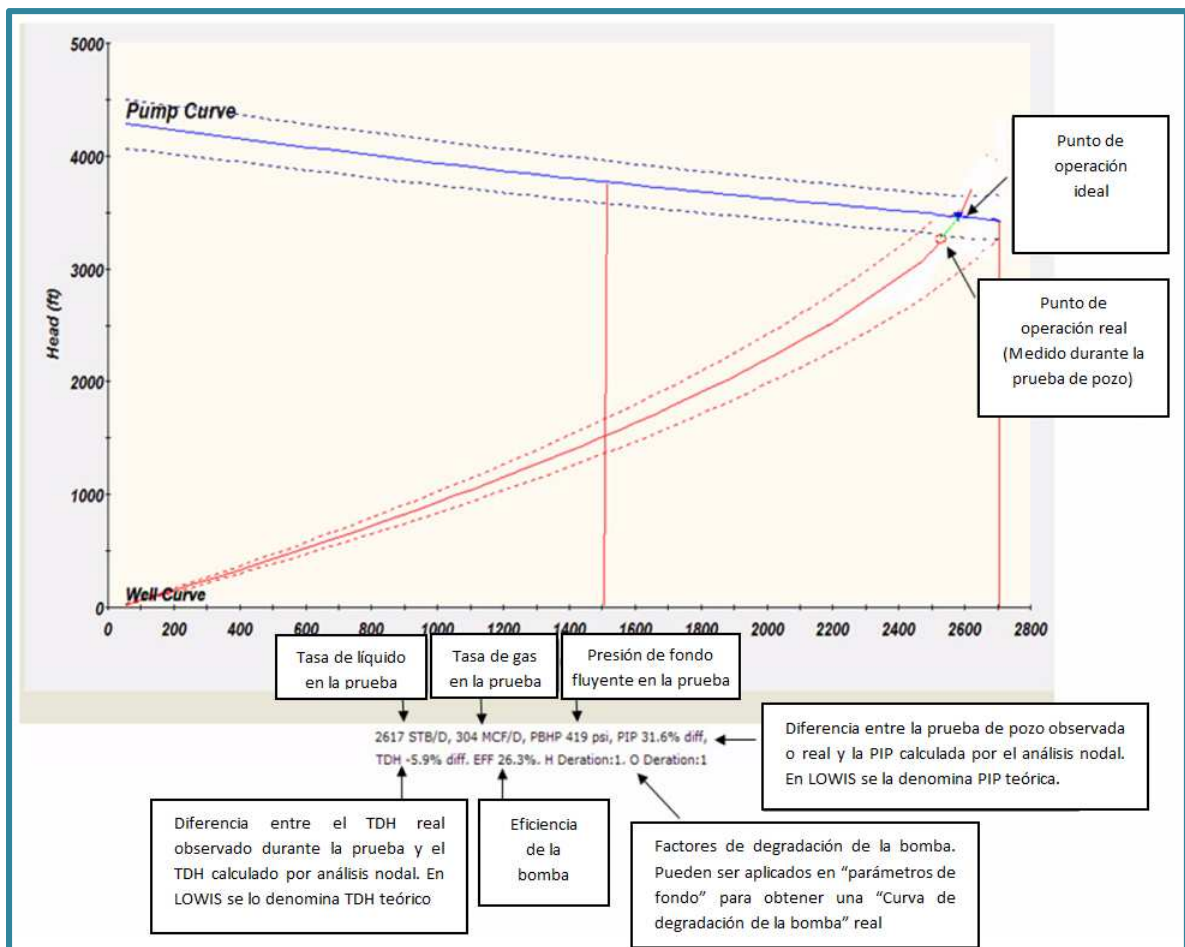
ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

2.3.4.1.4. Análisis del punto operativo

Es un entorno que a través de un seguimiento sobre la degradación del desempeño del equipo BES, tiene como objetivo el realizar un análisis sobre las condiciones operativas reales, permitiendo compararlas con las condiciones operativas ideales que se deberían tener en el sistema.

Este análisis se lo realiza a partir de la gráfica que contiene las curvas del pozo y de la bomba respectivamente; representada en la figura 2.21.

FIGURA 2. 21 CURVA DE POZO Y BOMBA PARA ANÁLISIS DEL PUNTO OPERATIVO

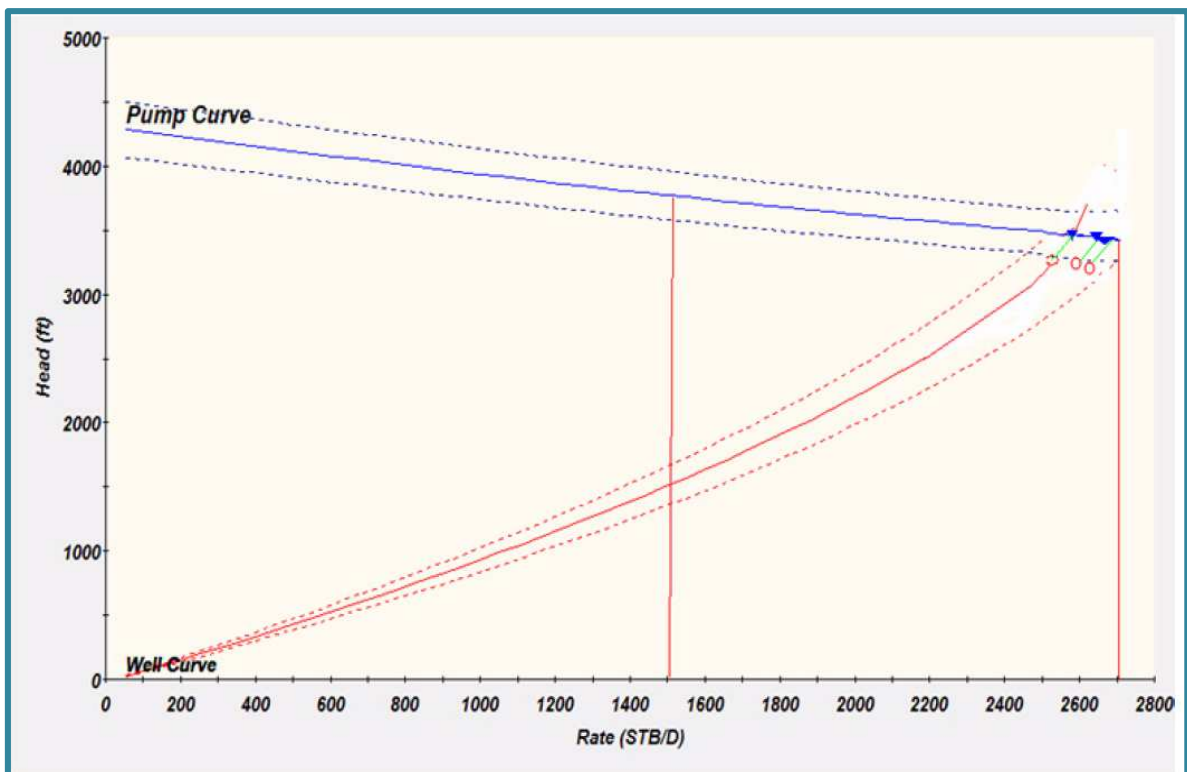


FUENTE: Manual LOWIS – Weatherford

Durante este análisis se pueden presentar diferentes casos como:

- Efectos de pozo: Este caso, representado en la figura 2.22, se presenta cuando los puntos de la prueba se alejan de la curva del pozo a lo largo de la curva de bombeo; lo cual puede darse por eventos como agotamiento, “skin”, aumento en el corte de agua o restricción en superficie.

FIGURA 2. 22 EFECTOS DE POZO

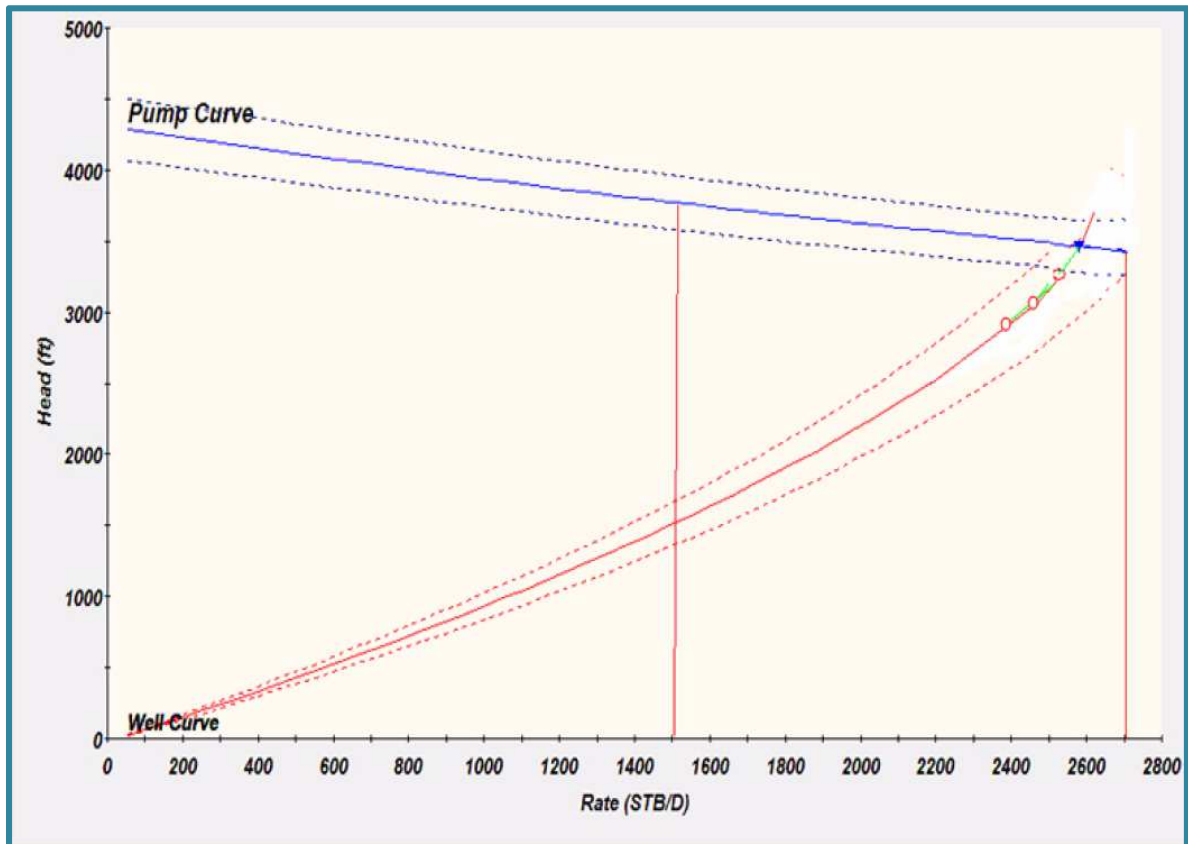


FUENTE: Manual LOWIS – Weatherford

- Degradación de la bomba: Este caso, representado en la figura 2.23, se presenta cuando los puntos de prueba se alejan de la curva de bombeo a lo largo de la curva del pozo; lo cual puede darse por condiciones cambiantes de la formación (declinación de presión o daño en la formación).

Sin embargo, en caso de que los puntos de prueba de pozo empiezan a desviarse de la curva de bombeo y ponerse en tendencia a lo largo de la curva del pozo, esto significaría un deterioro del desempeño de la bomba.

FIGURA 2. 23 DEGRADACIÓN DE BOMBA



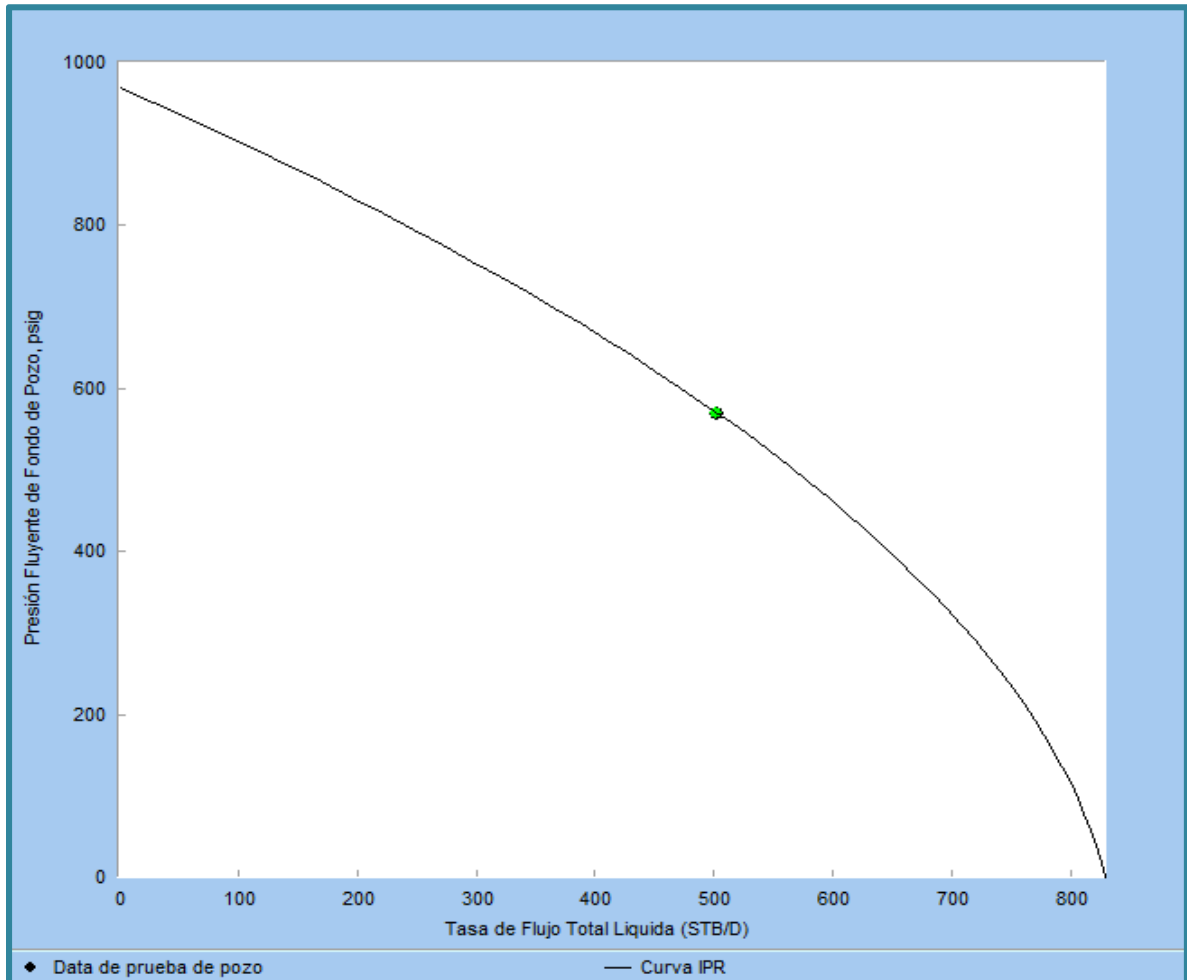
FUENTE: Manual LOWIS – Weatherford

2.3.4.1.5. Curva de Pozo

Es una curva construida a partir de las curvas de desempeño de afluencia y flujo de salida, donde a su vez se calcula el diferencial de presión a partir de diferentes caudales.

- Las curvas de comportamiento de afluencia: Se refiere a la afluencia de fluido hacia el pozo y el empuje provocado por la diferencia entre la presión de fondo fluyente y la presión promedio del reservorio, haciendo referencia a la capacidad del pozo para entregar fluido; esta curva puede ser observada en la figura 2.24.

FIGURA 2. 24 IPR (INFLOW PERFORMANCE RELATIONSHIP)

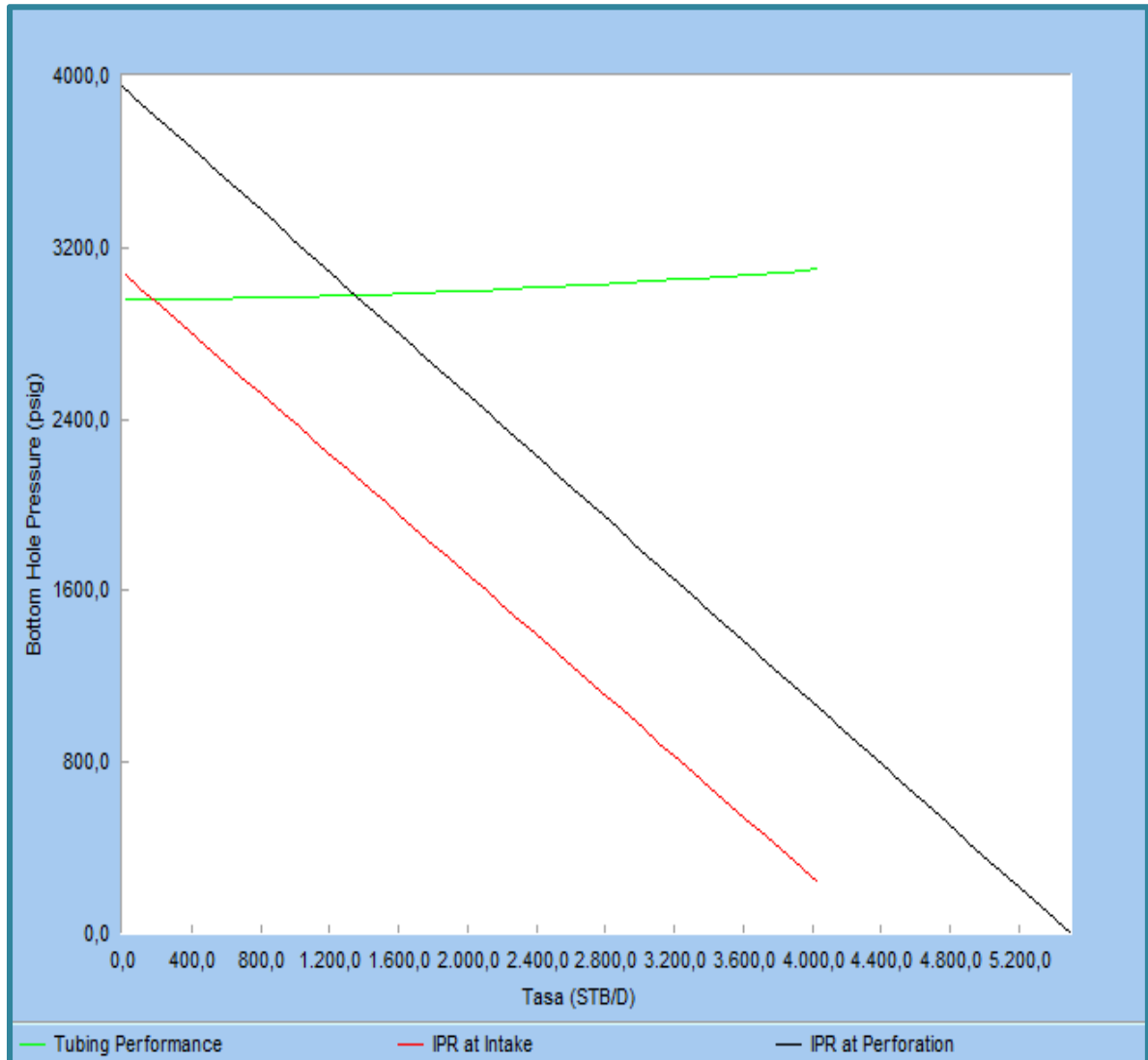


FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

- Las curvas de comportamiento de flujo de salida: Consideran las pérdidas de presión ocasionadas por los dispositivos de producción de fondo a superficie; estas pérdidas de presión se dan principalmente por:
 - Cambios en elevación
 - Resistencia y fricción dada por los componentes de flujo

Gráficamente, el potencial de producción real de un pozo estará localizado en la intersección de las curvas de comportamiento de afluencia y flujo de salida; en caso de no intersecarse, significaría que el pozo ha dejado de fluir naturalmente, lo cual puede ocurrir por depletación natural del reservorio; un ejemplo de esta curva puede ser apreciada en la figura 2.25.

FIGURA 2. 25 CURVA OUTFLOW



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

2.3.4.1.6. *Traversa de presión (Curva de gradiente de presión)*

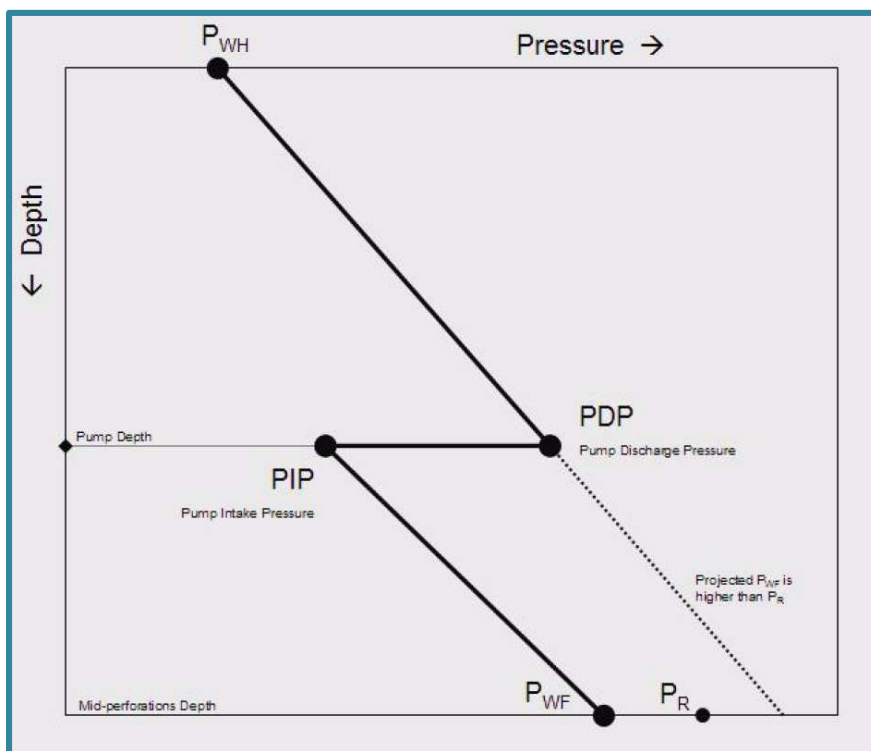
Es una herramienta a través de la cual se representan valores de presión en base a una ruta de flujo, convirtiéndose en la herramienta de mayor importancia para el análisis de optimización; ésta puede ser observada en la figura 2.26.

La curva de gradiente de presión representa la variación de presión con la profundidad, para lo cual la tubería de producción es dividida en segmentos

menores, que conjuntamente con las presiones de succión y descarga de la bomba puede ser utilizada para validar parámetros como:

- Tasa de flujo
- Parámetros PVT
- Corte de agua
- Comportamiento de la bomba
- Presión de fondo fluyente

FIGURA 2. 26 TRAVERSA DE PRESIÓN



FUENTE: Manual LOWIS – Weatherford

Para el análisis mediante la curva de gradiente de presión, la presión de descarga de la bomba estará dada por la ecuación 2.1.

$$PDP = P_{WH} + \Delta p_{\text{elev}} + \Delta p_{\text{fr}} \quad (2.1)$$

De igual manera la presión de succión de la bomba y la presión de fondo fluyente están dadas por las ecuaciones 2.2 y 2.3 respectivamente.

$$PIP = PDP - \Delta p_{\text{pump}} \quad (2.2)$$

$$P_{WF} = PIP + \Delta p_{\text{elev}} + \Delta p_{\text{fr}} \quad (2.3)$$

Donde,

PDP = Presión de descarga de la bomba (Pump Discharge Pressure) (psi)

PIP = Presión de succión de la bomba (Pump Intake Pressure) (psi)

P_{WH} = Presión de cabeza (psi)

P_{WF} = Presión de fondo fluyente (psi)

Δp_{elev} = Diferencial de presión por elevación (psi)

Δp_{fr} = Diferencial de presión por fricción (psi)

Δp_{pump} = Diferencial de presión de la bomba (psi)

2.3.4.2. Ajuste de la Curva Traversa de Presión (Curva Gradiente de Presión)

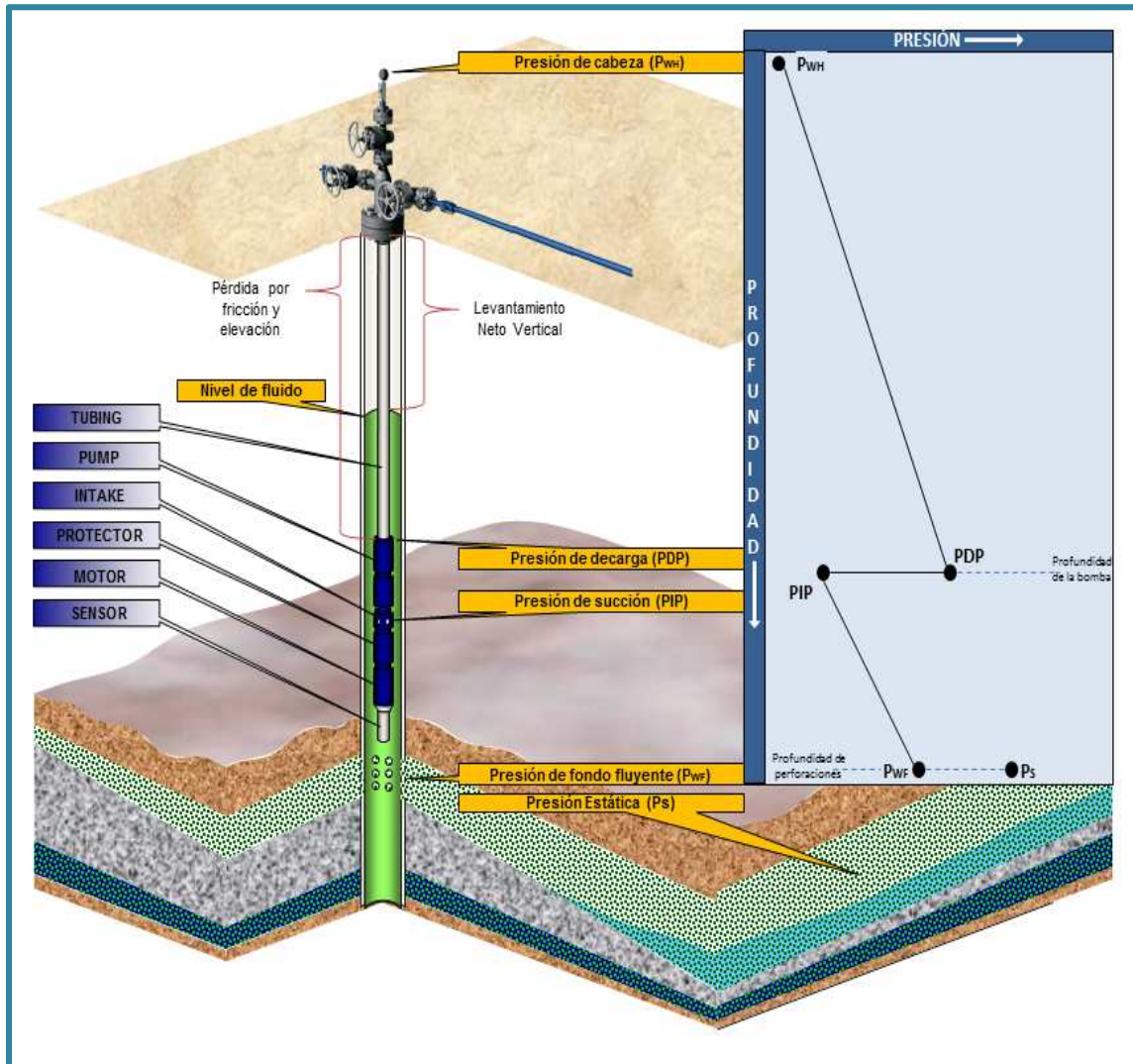
Como parte del análisis para la optimización para cada uno de los pozos, es necesaria la validación de las pruebas de producción mediante una comparación y verificación de los datos cargados en el sistema con los datos reportados en las pruebas de cada pozo; lo cual se lo puede lograr mediante el ajuste de la curva de gradiente de presión.

La curva de gradiente de presión es la herramienta de mayor importancia en el análisis, donde mediante un ajuste de los valores obtenidos en tiempo real, se lleva a cabo un estudio desde las secciones de cabeza hasta fondo conjuntamente con un análisis sobre el desempeño del equipo BES.

Es decir que, el ajuste de la curva de gradiente de presión implica un análisis que se lo realizará en base a variaciones de parámetros del fluido, permitiendo tener a todo el sistema en equilibrio. Entendiéndose como sistema en equilibrio el tener ajustado los puntos de presión y validadas las características del fluido.

Para el análisis, la curva de gradiente de presión es calculada partiendo del cabezal, pasando por la presión de descarga, presión de succión hasta llegar a la presión de fondo fluyente en el fondo del pozo. Las presiones involucradas en el análisis pueden ser observadas en la figura 2.27.

FIGURA 2. 27 ANÁLISIS NODAL



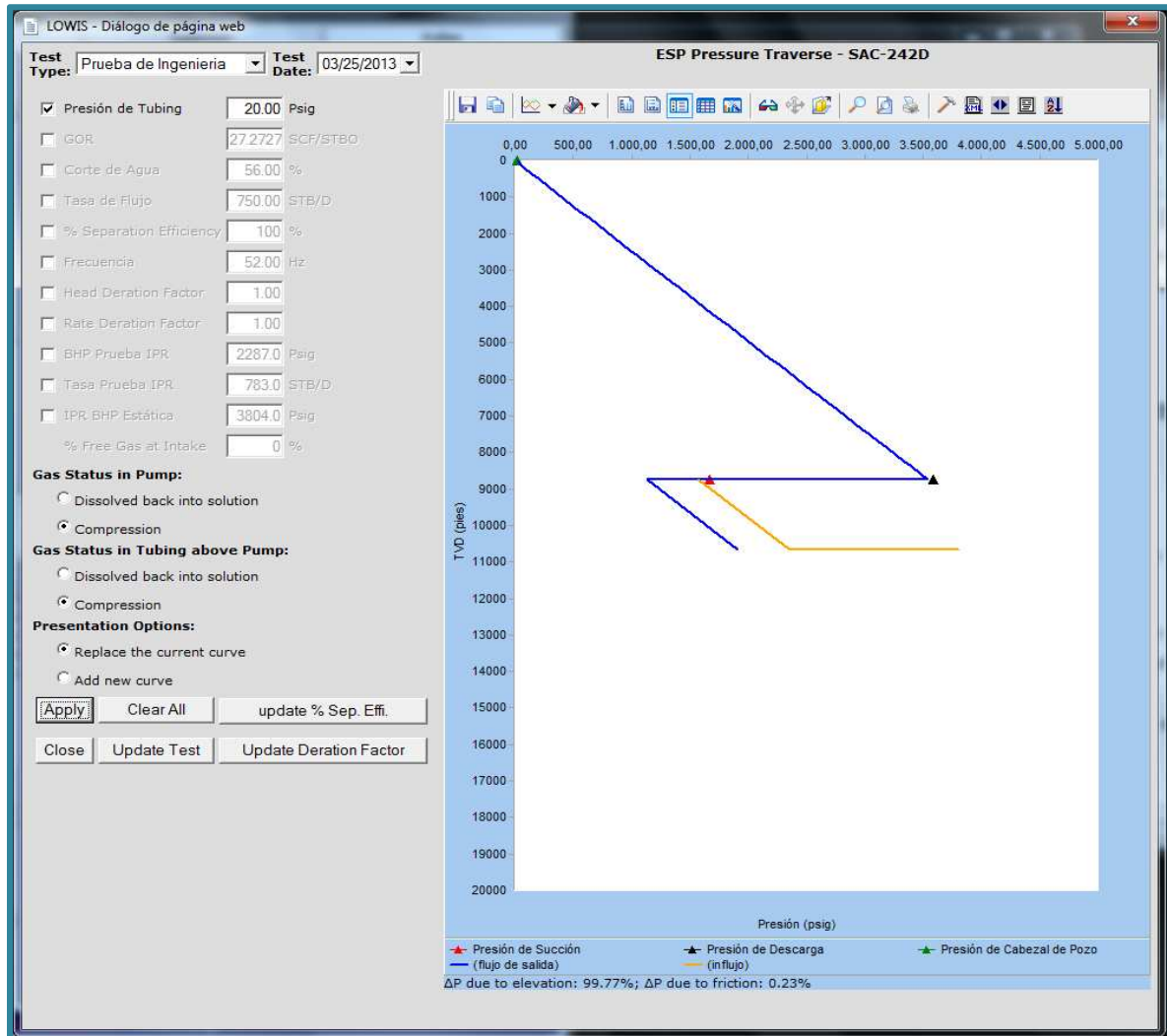
ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

2.3.4.2.1. Ajuste de la Presión de Cabeza

Generalmente, este parámetro no requiere ser ajustado en base a que es un dato que proviene directamente de un PI (Indicador de Presión), ubicado en el cabezal.

Sin embargo, éste parámetro puede llegar a modificarse en caso de presentarse errores durante el ajuste de la curva de gradiente de presión; motivo por el cual, es necesario el comprobar todos los dispositivos y parámetros involucrados en el análisis; el ajuste de este parámetro está representado en la figura 2.28.

FIGURA 2. 28 AJUSTE DE LA PRESIÓN DE CABEZA



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

2.3.4.2.2. Ajuste del Diferencial de Presión

Se presenta un diferencial de presión debido a las restricciones que posee el fluido para desplazarse desde el fondo hasta superficie; esto puede ser representado mediante la curva de outflow.

La ecuación 2.4 representa el diferencial de presión total a través de la tubería.

$$\left(\frac{dP}{dz}\right)_{\text{total}} = \left(\frac{g}{g_c} \rho_m \sin \theta\right)_{\text{gravidad}} + \left(f_m \frac{\rho_m v_m^2}{2g_c D}\right)_{\text{fricción}} + \left(\frac{\rho_m v_m dv_m}{g_c dz}\right)_{\text{aceleración}} \quad (2.4)$$

Donde,

$\frac{dP}{dz}$ =diferencial de presión a través de la tubería $\left(\frac{\text{psi}}{\text{pie}}\right)$

g =gravedad $\left(\frac{\text{pie}}{\text{seg}^2}\right)$

g_c =constante gravitacional $\left(32.174 \frac{\text{lbm pie}}{\text{seg}^2 \text{ lbf}}\right)$

ρ_m =densidad de fluido $\left(\frac{\text{lbs}}{\text{pie}^3}\right)$

θ =ángulo de inclinación (grados)

f_m =factor de fricción (adimensional)

v_m =velocidad de fluido $\left(\frac{\text{pie}}{\text{seg}}\right)$

D =diámetro interno (pies)

En vista de que la densidad del fluido es el parámetro que mayormente afecta al diferencial de presión, es importante el tomar en cuenta la modificación de parámetros como:

- Corte de agua
- GOR
- Porcentaje de separación de gas

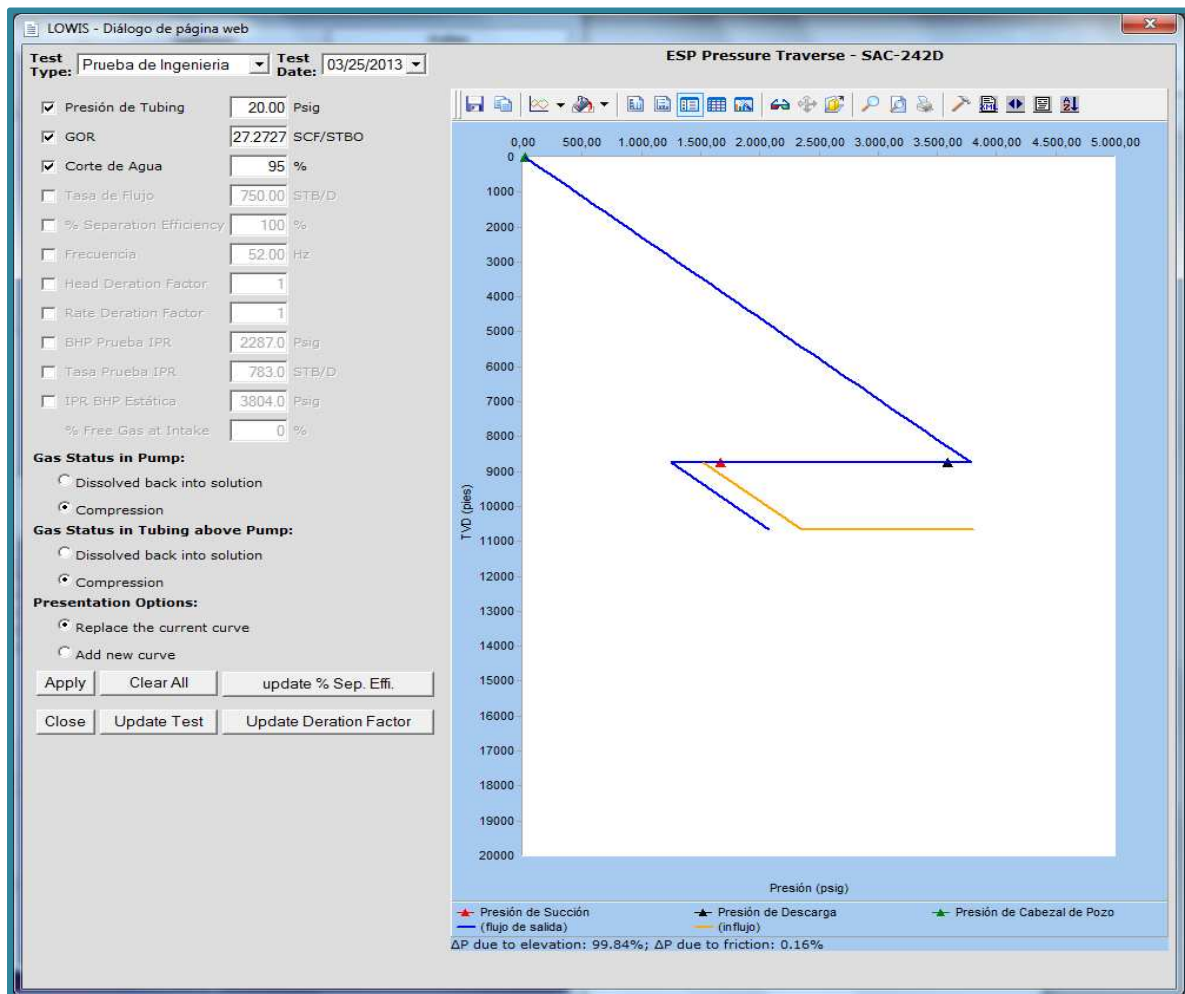
Estos valores, que ayudarán para el ajuste de la curva de outflow con la presión de descarga obtenida por el sensor, no deberán modificarse en más de un 15% de su valor actual. En caso de rebasar este valor significaría que la prueba escogida para el análisis no es válida, por lo cual se debe elegir una nueva prueba.

2.3.4.2.3. *Ajuste de la Presión de Descarga*

El análisis de la presión de descarga estará en función de la ubicación del valor de la presión de descarga respecto de la curva de outflow; por consiguiente se tendrá:

1. Si el valor medido de la presión de descarga se encuentra ubicado a la izquierda de la curva de outflow (figura 2.29), se deberá disminuir el peso de la columna, por consiguiente se procederá a:
 - Disminuir el corte de agua y/o el porcentaje de eficiencia de separación de gas.
 - Aumentar el GOR.

FIGURA 2. 29 AJUSTE DE LA PRESIÓN DE DESCARGA (CASO I)

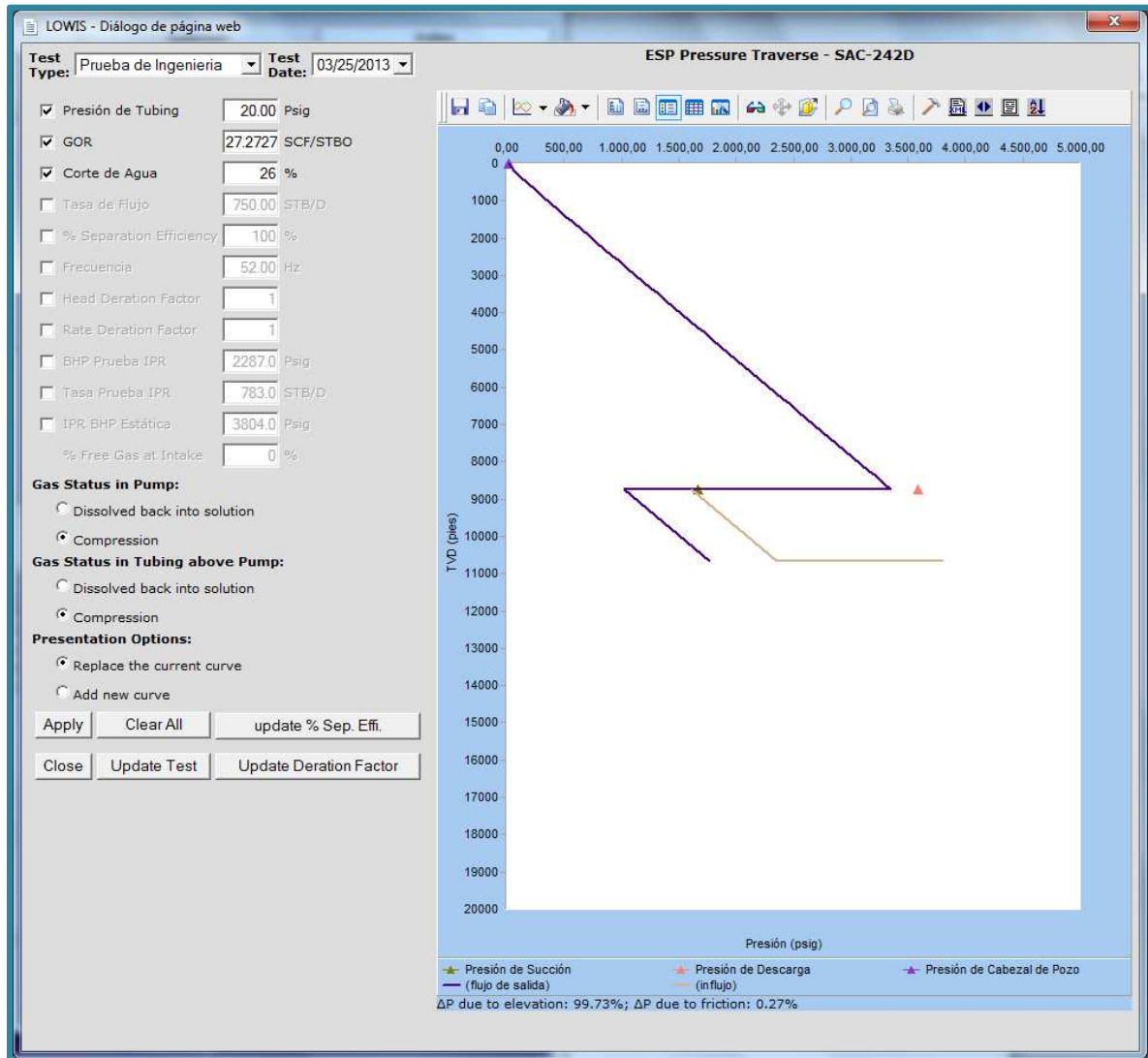


FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

2. Si el valor medido de la presión de descarga se encuentra ubicado a la derecha de la curva de outflow (figura 2.30), se deberá aumentar el peso de la columna, por consiguiente se tendrá que:

- Aumentar el corte de agua y/o el porcentaje de eficiencia de separación de gas.
- Disminuir el GOR.

FIGURA 2. 30 AJUSTE DE LA PRESIÓN DE DESCARGA (CASO II)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Una vez realizado el ajuste de la presión de descarga se tendrán validados los siguientes parámetros:

- Densidad del crudo
- Corte de agua
- Presión de cabeza y descarga
- Profundidad

2.3.4.2.4. *Ajuste de la Presión de Intake*

El ajuste de la presión de intake permitirá validar el desempeño y funcionamiento de la bomba del sistema BES; es decir que se determinará si la bomba está funcionando o no en base a su diseño inicial.

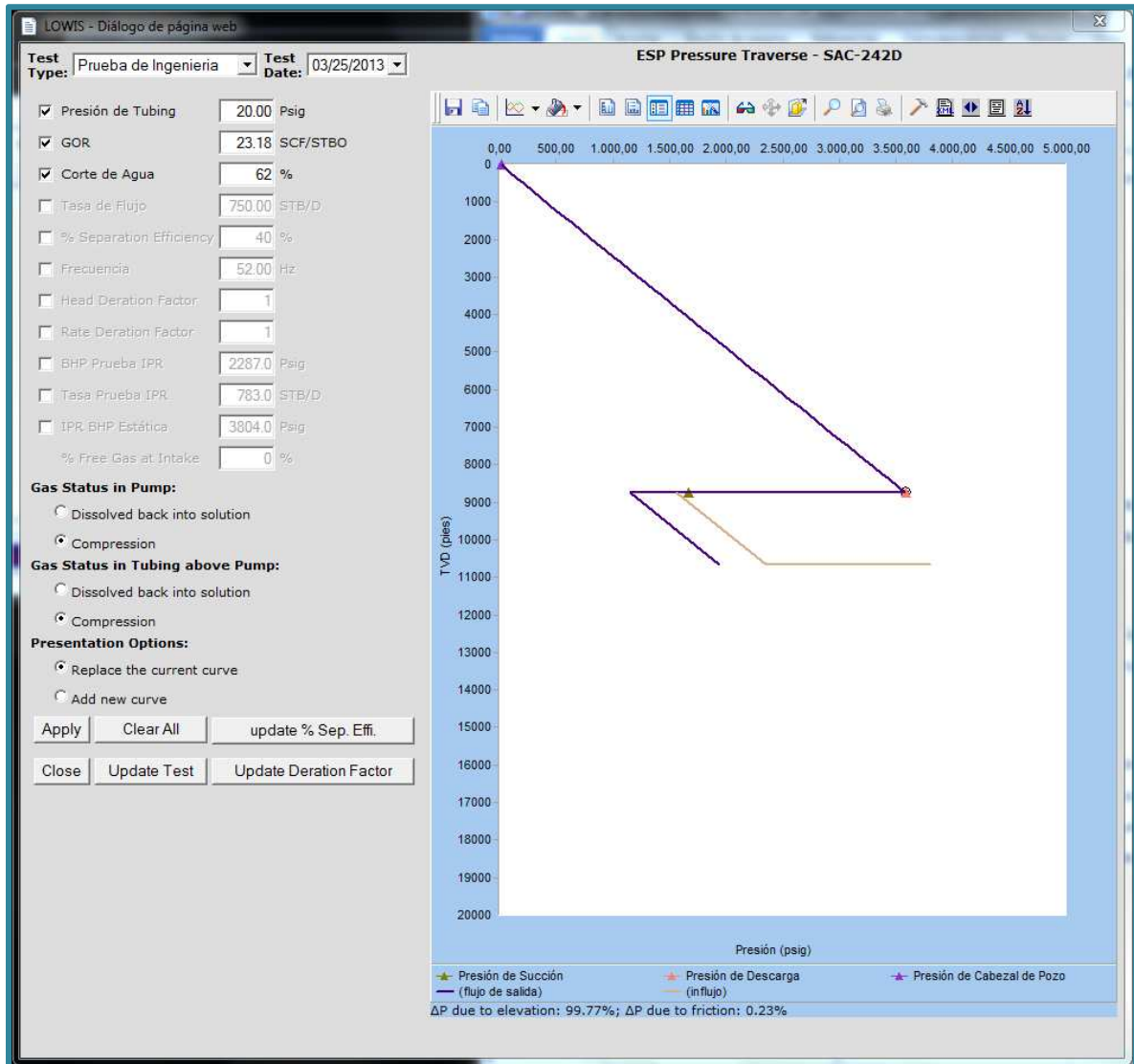
Durante el ajuste deberá considerarse la diferencia de magnitudes entre la presión del valor medido por el sensor con respecto al calculado por LOWIS. Por consiguiente se tendrá:

1. Si la presión del valor medido por el sensor es mayor que la presión calculada por LOWIS, significaría que la bomba tiene un menor levantamiento de fluido con respecto al valor teórico calculado, en vista que la bomba estaría generando un menor diferencial de presión entre descarga y succión. Este caso, representado en la figura 2.31, puede presentarse por eventos como:
 - Incremento en el GOR
 - Presencia de sólidos
 - Restricción en la succión de la bomba por incrustaciones
 - Desgaste de la bomba

Consecuentemente, para el ajuste se deberá tomar en cuenta la variación de parámetros como:

- Factor de degradación de cabeza
- Factor de degradación de caudal

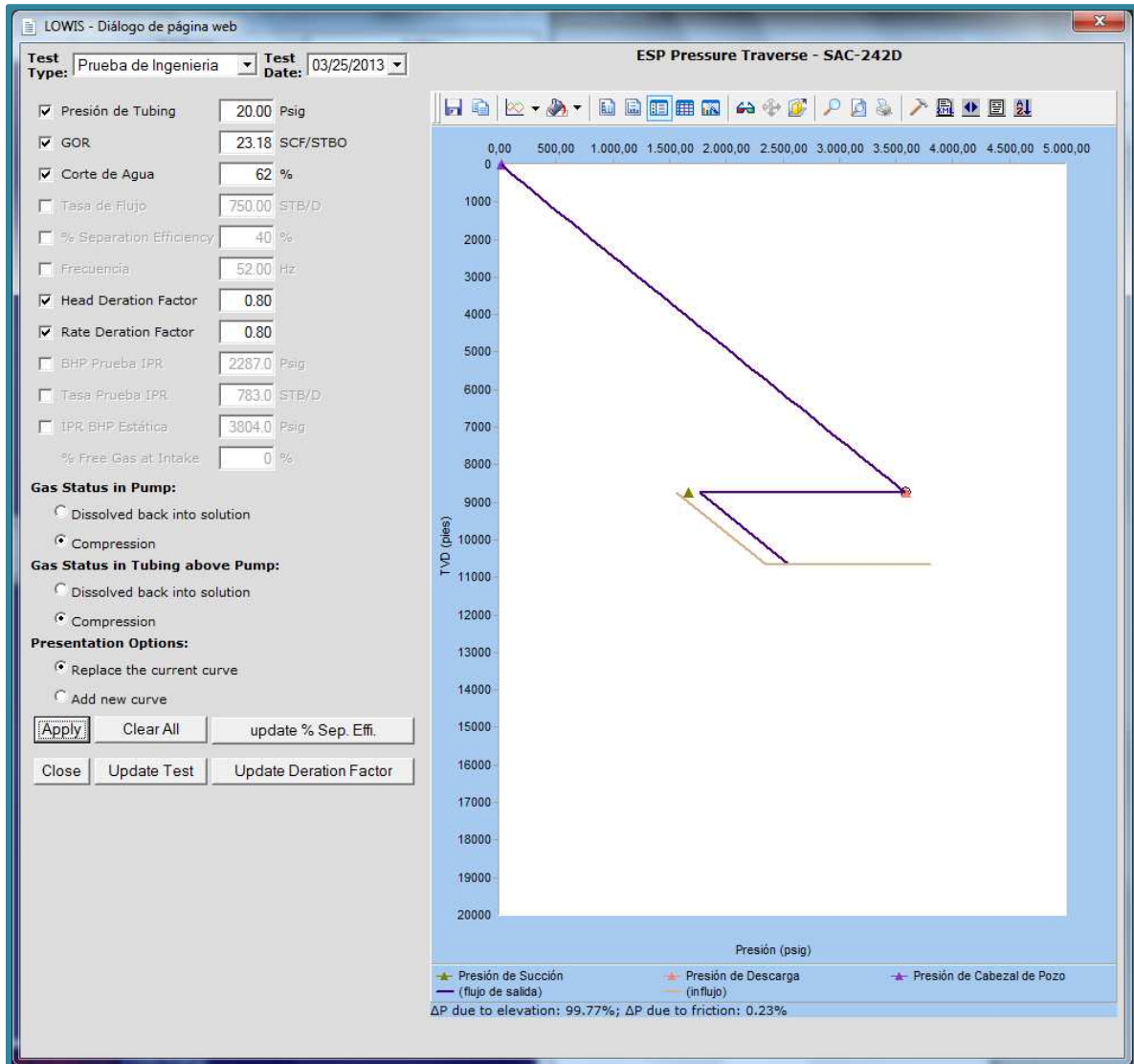
FIGURA 2. 31 AJUSTE DE LA PRESIÓN DE INTAKE (CASO I)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

- Si la presión del valor medido por el sensor es menor que la presión calculada por LOWIS, significaría que la bomba tiene un mayor levantamiento de fluido con respecto al valor teórico calculado en base de que la bomba estaría generando un mayor diferencial de presión entre la descarga y succión. Consecuentemente, el caudal será el parámetro a considerarse para el ajuste. Este caso está representado en la figura 2.32.

FIGURA 2. 32 AJUSTE DE LA PRESIÓN DE INTAKE (CASO II)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

El ajuste a través de la bomba validará parámetros como:

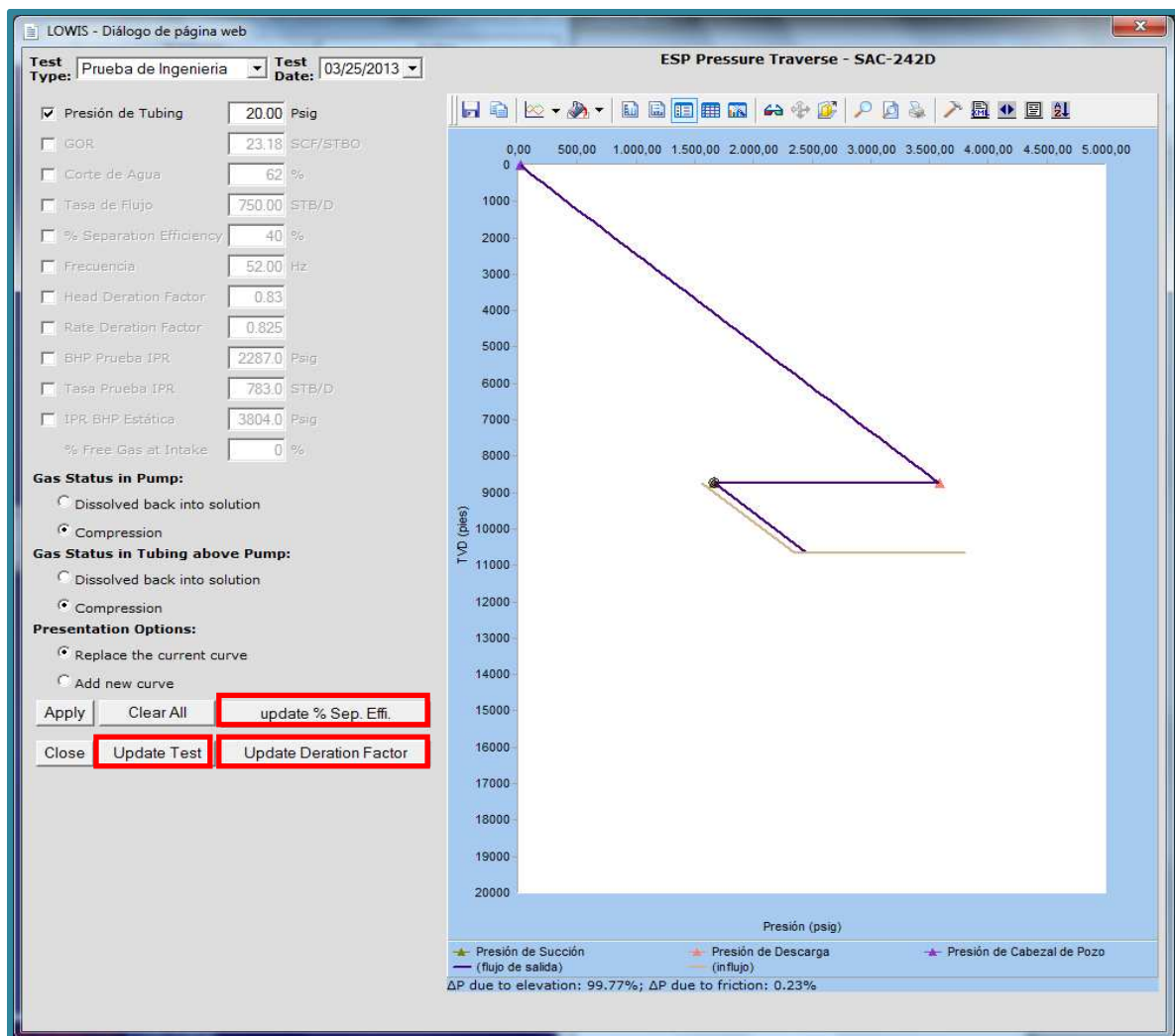
- Presión de succión
- Tasa de fluido
- Degradación de la bomba
- Gas (eficiencia de separación)

2.3.4.2.5. Ajuste de la Curva IPR (Inflow Performance Relationship)

Se deberá realizar un ajuste entre la curva IPR que representa el comportamiento del pozo con la presión de succión medida (obtenida por el sensor de fondo). El ajuste se lo realizará mediante una actualización y validación a través de comandos de LOWIS de manera directa.

La curva de gradiente de presión antes del ajuste de la curva IPR con la presión de succión medida puede ser observada en la figura 2.33; donde, para realizar el respectivo ajuste se debe actualizar parámetros como el porcentaje de eficiencia de separación, factores de degradación y prueba de análisis del pozo.

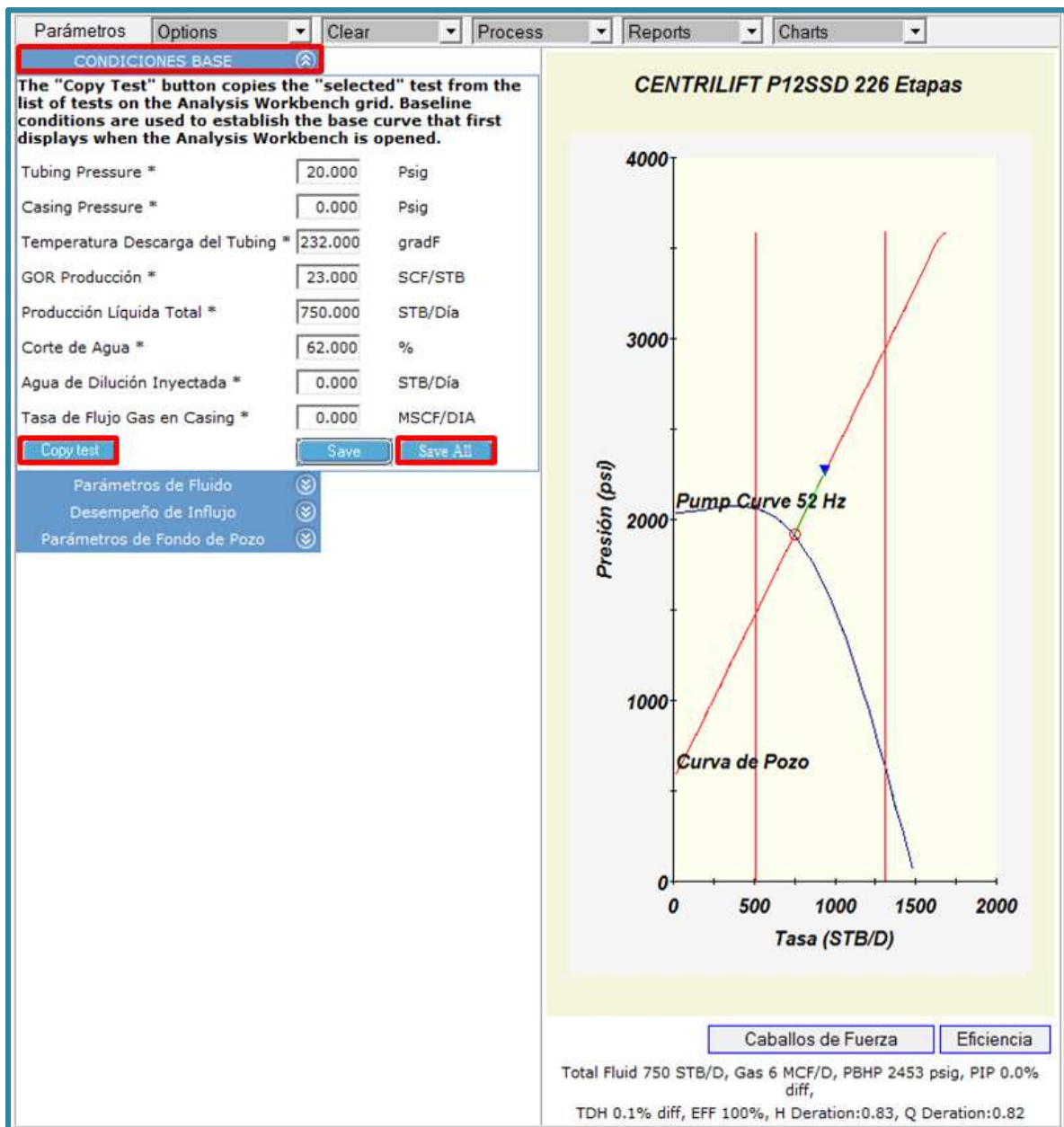
FIGURA 2. 33 TRAVERSA DE PRESIÓN (ANTES DEL AJUSTE DE LA CURVA IPR)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Posteriormente, para continuar con el ajuste de la curva IPR con la presión de succión medida se debe realizar un “Copy Test” dentro de “Condiciones base” y finalmente se debe guardar los cambios “Save All”; indicado en la figura 2.34.

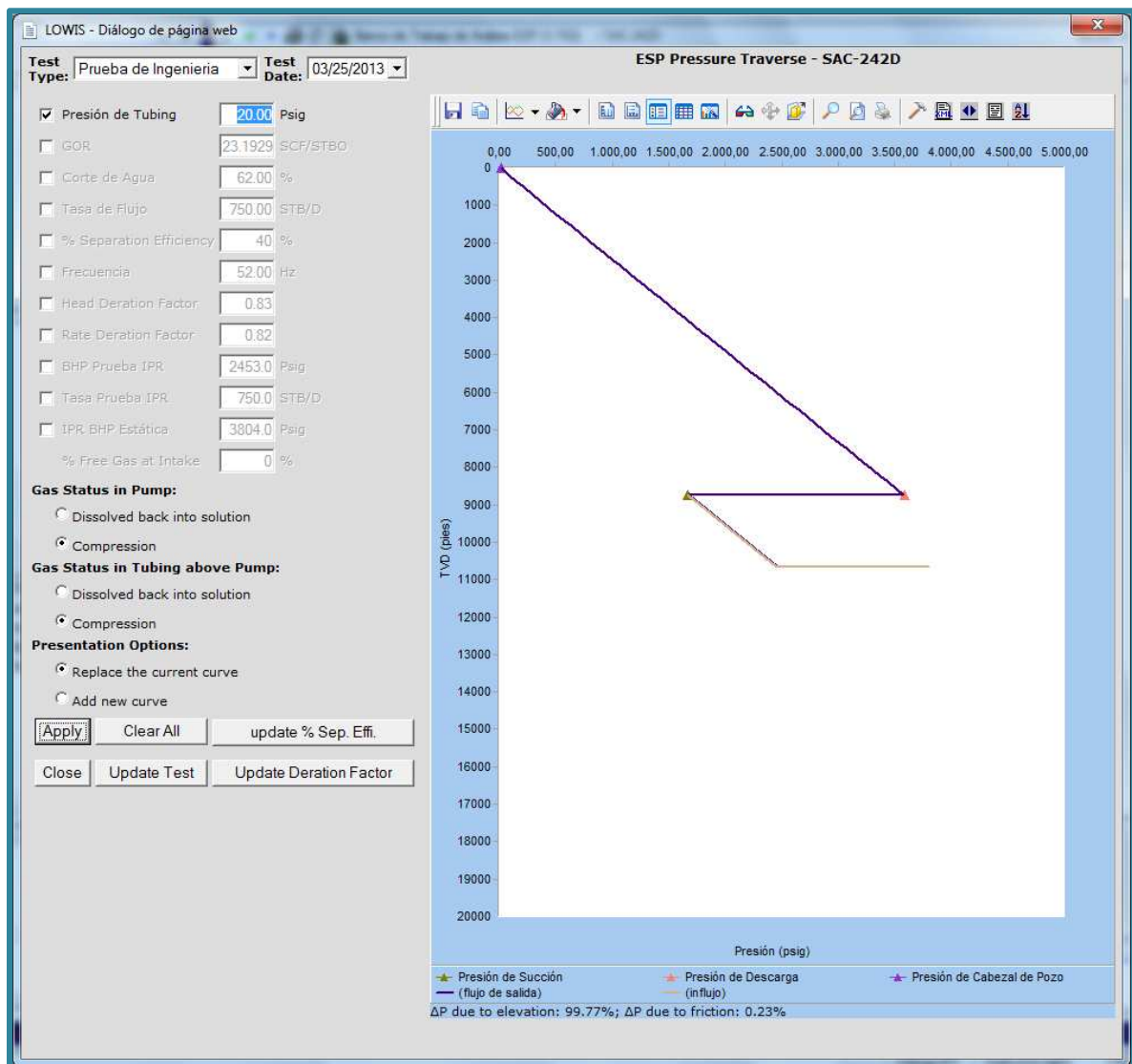
FIGURA 2. 34 VALIDACIÓN DEL AJUSTE DE LAS CONDICIONES BASE DE LA PRUEBA



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Luego de haber actualizado todos los parámetros y validado las condiciones base de la prueba se tendrá la curva ajustada de la curva de gradiente de presión, la cual puede ser observada en la figura 2.35.

FIGURA 2. 35 TRAVERSA DE PRESIÓN (ANTES DEL AJUSTE DE LA CURVA IPR)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Este ajuste de presiones permitirá validar los siguientes parámetros:

- IPR
- IP
- Presión de fondo fluyente

Una vez que se han realizado todos los ajustes anteriormente mencionados, se habrán validado completamente todos los parámetros de las pruebas de producción para cada uno de los pozos.

2.3.4.3. Análisis de presiones a través de la bomba BES

El análisis sobre los cambios considerables en magnitud de las presiones ($\pm 20\%$) puede ser utilizado como un parámetro auxiliar que permite predecir y actuar sobre las posibles causas y problemas presentados en el sistema de producción. Este análisis de presiones se lo detalla en la tabla 2.2.

TABLA 2. 2 CAUSAS Y EFECTOS DE LA VARIACIÓN DE PRESIÓN A TRAVÉS DE LA BOMBA BES

PRESIÓN		CAUSAS	EFECTO SOBRE EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN
SUCCIÓN	ALTA	<ul style="list-style-type: none"> - Restricción en la tubería (escala o parafina) - Crudo pesado 	<ul style="list-style-type: none"> - Equipo BES operando por debajo de lo diseñado (Baja eficiencia del BES) - Región de trabajo Downthrust - Desgaste de la bomba - Alta temperatura en el motor (refrigeración deficiente)
	BAJA	<ul style="list-style-type: none"> - Presión de yacimiento y productividad baja 	<ul style="list-style-type: none"> - Región de trabajo Upthrust (Para altos caudales) - Región de trabajo Downthrust (Para baja presión de yacimiento) - Mayor desgaste de bomba
DESCARGA	ALTA	<ul style="list-style-type: none"> - Crudo pesado - Restricción en la tubería 	<ul style="list-style-type: none"> - Región de trabajo Downthrust - Baja eficiencia del BES al operar fuera de rango - Alta temperatura del motor
	BAJA	<ul style="list-style-type: none"> - Tasa de producción baja - Restricciones en el Intake - Desgaste de bomba - Eje desalineado - Comunicación tubing-casing 	<ul style="list-style-type: none"> - Región de trabajo Upthrust - Desgaste de la bomba (Para fluido liviano y comunicación tubing-casing) - Refrigeración de motor deficiente

FUENTE: Manual de Diagnóstico-Schlumberger

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

2.3.4.4. Análisis de las tendencias de corrientes

El objetivo es indicar los diferentes cambios representativos de las condiciones de operación en función de la corriente de los equipos permitiendo realizar acciones correctivas sobre el mismo. Estas tendencias de corriente están detalladas en la tabla 2.3.

TABLA 2. 3 TENDENCIAS DE CORRIENTE

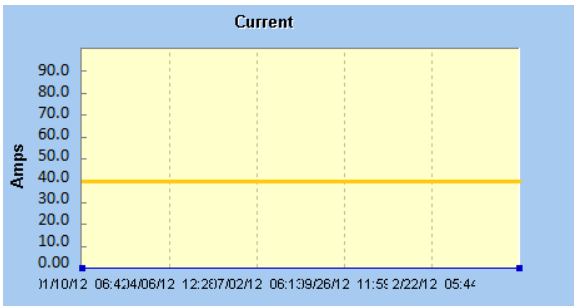
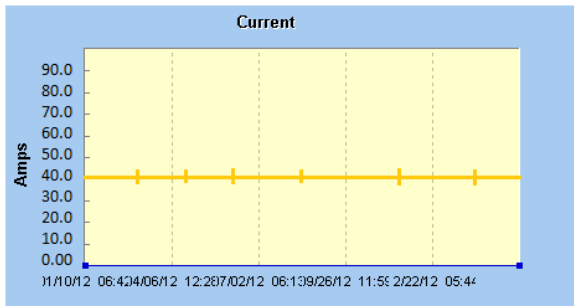
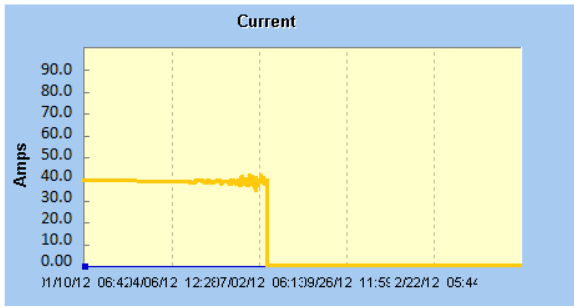
TENDENCIA	DESCRIPCIÓN GRÁFICA	CAUSAS
Operación Normal	 <p>Se presenta una línea continua</p>	El equipo se encuentra operando normalmente.
Fluctuaciones de Energía	 <p>Trayecto continuo con presencia de picos periódicos</p>	Fluctuaciones en la fuente primaria. Encendido de otros elementos conectados a la misma fuente.
Bloqueo por gas	 <p>Fluctuaciones continuas en el amperaje</p>	Presencia de gas en la bomba. Variación de la gravedad específica.

TABLA 2.3 CONTINUACIÓN

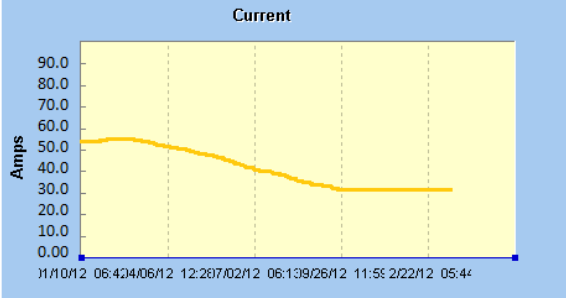
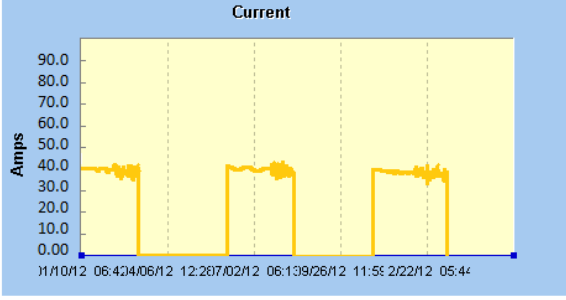
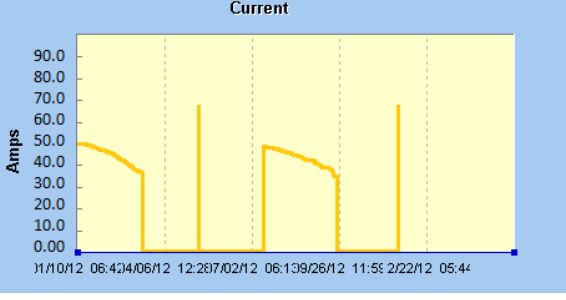
TENDENCIA	DESCRIPCIÓN GRÁFICA	CAUSAS
<p>Descarga de fluido de alta densidad</p>	 <p>Incremento de corriente a lo largo de su desplazamiento</p>	<p>Alta gravedad del fluido de control, provocando un incremento en la corriente.</p>
<p>Bajo nivel de fluido (Caso I)</p>	 <p>Fluctuaciones en el amperaje, disminución súbita de la corriente hasta apagar el equipo</p>	<p>Tasa de operación de la bomba mayor que la tasa de aportación del pozo. Reducción del nivel de fluido (el gas empieza a liberarse).</p>
<p>Bajo nivel de fluido (Caso II)</p>	 <p>Oscilaciones en el amperaje, disminución súbita de la corriente hasta apagar el equipo</p>	<p>El nivel de fluido se reduce (sin liberarse gas) presentándose un decremento en la corriente de operación. Arranques fallidos por nivel para cargar la bomba.</p>

TABLA 2.3 CONTINUACIÓN

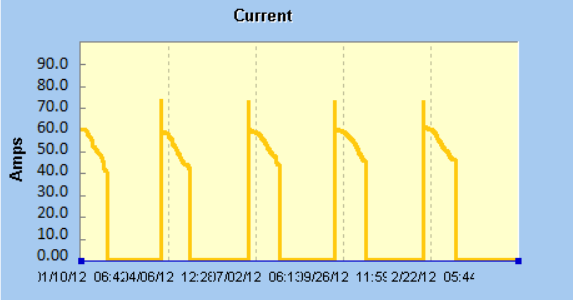
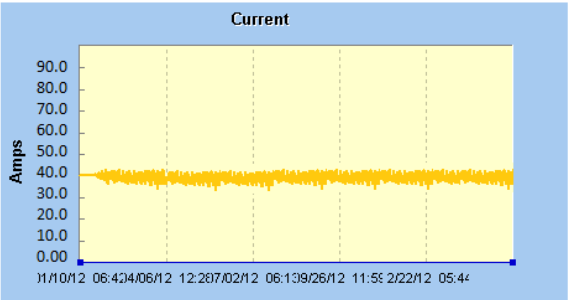
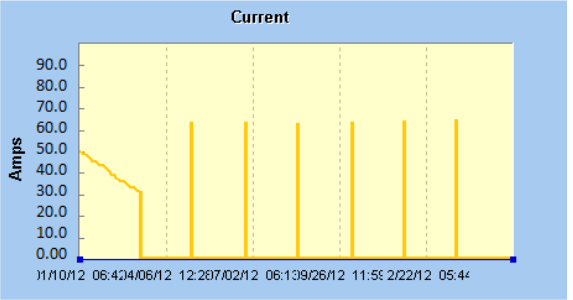
TENDENCIA	DESCRIPCIÓN GRÁFICA	CAUSAS
Exceso de ciclos de operación	 <p>Ciclos de operación de muy corta duración</p>	<p>Sobredimensionamiento del motor.</p> <p>Restricción en tubería.</p> <p>Comunicación TBG-CSG.</p>
Gas libre en la bomba	 <p>Varias y continuas fluctuaciones a lo largo de la corriente</p>	<p>El equipo se encuentra operando con alta presencia de gas.</p>
Apagado por baja carga	 <p>Ciclos de operaciones nulos</p>	<p>No se cuenta con suficiente densidad o volumen para cargar el motor.</p> <p>Rotura sobre el eje.</p>

TABLA 2.3 CONTINUACIÓN

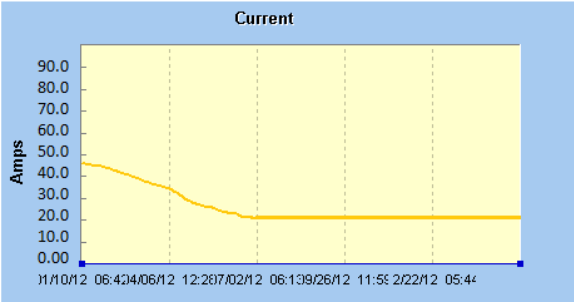
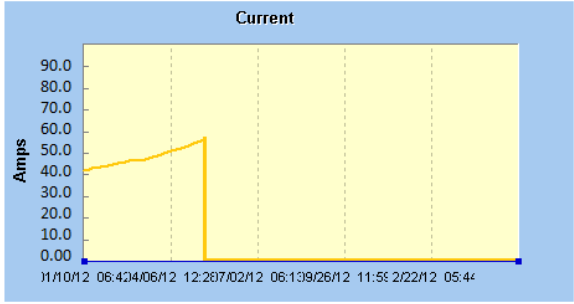
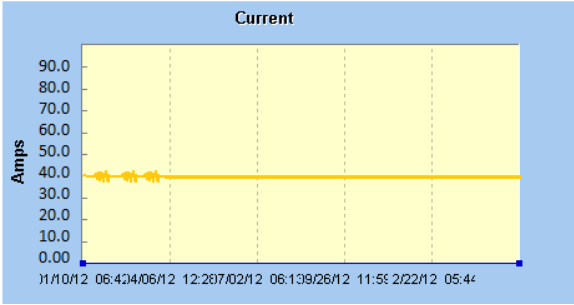
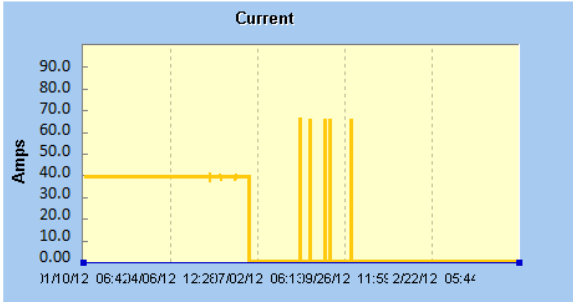
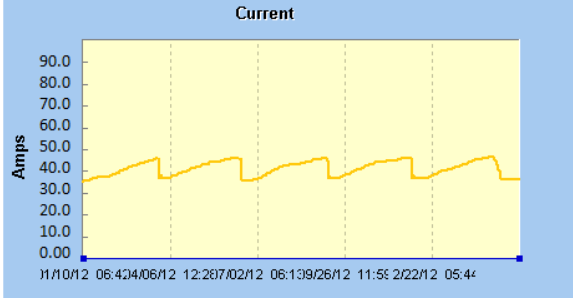
TENDENCIA	DESCRIPCIÓN GRÁFICA	CAUSAS
Falla en apagado por baja carga	 <p data-bbox="507 712 975 846">Disminución de la corriente hasta estabilizarse en un punto menor de funcionamiento recomendado</p>	Decremento del volumen de fluido ocasionando que el motor opere sin fluido hasta sobrecargar el motor.
Sobre carga	 <p data-bbox="451 1216 1027 1301">Incremento de la corriente en ciclos cortos hasta rebasar set point, apagando el equipo</p>	Incremento de la gravedad del fluido. Producción de arena.
Manejo de sólidos	 <p data-bbox="467 1671 1011 1704">Fluctuaciones continuas de período corto</p>	Presencia de sólidos en la bomba.

TABLA 2.3 CONTINUACIÓN

TENDENCIA	DESCRIPCIÓN GRÁFICA	CAUSAS
Excesivos intentos de arranque	 <p>Ciclos nulos de operación por arranque consecutivos</p>	Sobrecarga del equipo (No es recomendable re arrancar el equipo cuando se apagó por sobrecarga).
Emulsiones o cargas en superficie	 <p>Fluctuaciones por aumento y disminución de corriente cada cierto ciclo</p>	Formaciones de emulsiones dentro de la bomba. Disminución del voltaje en superficie.

FUENTE: Manual de Diagnóstico-Schlumberger

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

2.3.4.5. Análisis de las causas del deterioro del comportamiento del pozo

Para los pozos donde la presión y flujo en superficie son conocidos, es posible determinar el grado de degradación del desempeño de la bomba o del pozo; esto se lo puede lograr al comparar valores medidos de prueba con respecto a valores calculados por LOWIS. Las causas más comunes del deterioro del comportamiento del pozo están representadas en la tabla 2.4.

TABLA 2. 4 EVENTOS Y CAUSAS MÁS COMUNES DE DETERIORO DEL COMPORTAMIENTO DEL POZO

TIPO	EVENTOS	CAUSA	OBSERVACIÓN
Naturales	Declinación en presión del reservorio	Depletación o agotamiento del reservorio	No son fácilmente manejables
	Incremento en el corte de agua	Presencia de acuífero	
	Incremento en el GOR	Producción por debajo del punto de burbuja (decremento de la presión de fondo fluyente)	
	Aumento de la presión diferencial del tubing	Cambios en facilidades de superficie	
Mecánicos	Malas Pruebas de pozos	Falla en el equipo para la prueba de presión	Fácilmente manejables
	Restricción en el tubing	Presencia de incrustaciones en la tubería (escala o parafinas)	
		Comunicación tubing-casing	
		Tubería rota	
	Problemas mecánicos de equipo BES	Eje roto	
		Desgaste de bomba o motor	
		Motor con bajo aislamiento	
		Fase a tierra	
		Bomba atascada	
		Sentido incorrecto de rotación	
	Restricción en la bomba	Presencia de incrustaciones	
	Pump-off (Manual o automático)	Incremento en el corte de agua	
		Altos niveles en los tanques	
Especificaciones de trabajo del equipo BES fuera de rango			
Baja Producción			
Alto rango de diferencia entre producción esperada y producción real	Mal dimensionamiento de la bomba		
Interacción de pozo a pozo	Producción del mismo reservorio		

FUENTE: Manual LOWIS - Weatherford

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

2.3.4.6. Análisis de Puntos de Operación del Sistema BES

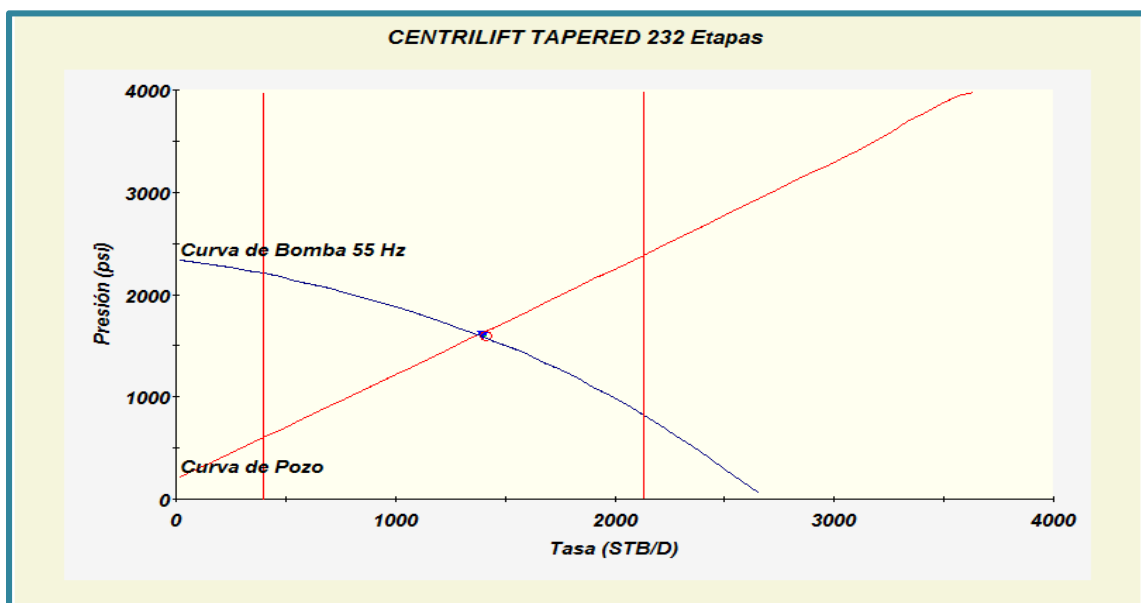
Como resultado de haber realizado el ajuste de la curva de gradiente y a su vez la validación de las pruebas de producción, se tendrá la curva del punto de operación que está constituida por la curva del pozo y la curva de la bomba. Durante la reproducción de las curvas de operación se pueden presentar diferentes casos tales como:

- Condición de Diseño y Operación Ideal
- Condición de Diseño y Operación No Ideal
- Nuevas Condiciones de Yacimiento
- Datos Incorrectos

2.3.4.6.1. Condición de Diseño y Operación Ideal

Se presenta una condición de diseño y operación ideal cuando la bomba se encuentra operando en base a su diseño inicial como se puede ver en la figura 2.36. Es decir que, el punto de operación ideal calculado es igual al punto de operación real, lo cual implica que no existe una degradación sobre la bomba, permitiendo saber a su vez el rango en que se encuentra trabajando la bomba.

FIGURA 2. 36 CONDICIÓN DE DISEÑO Y OPERACIÓN IDEAL

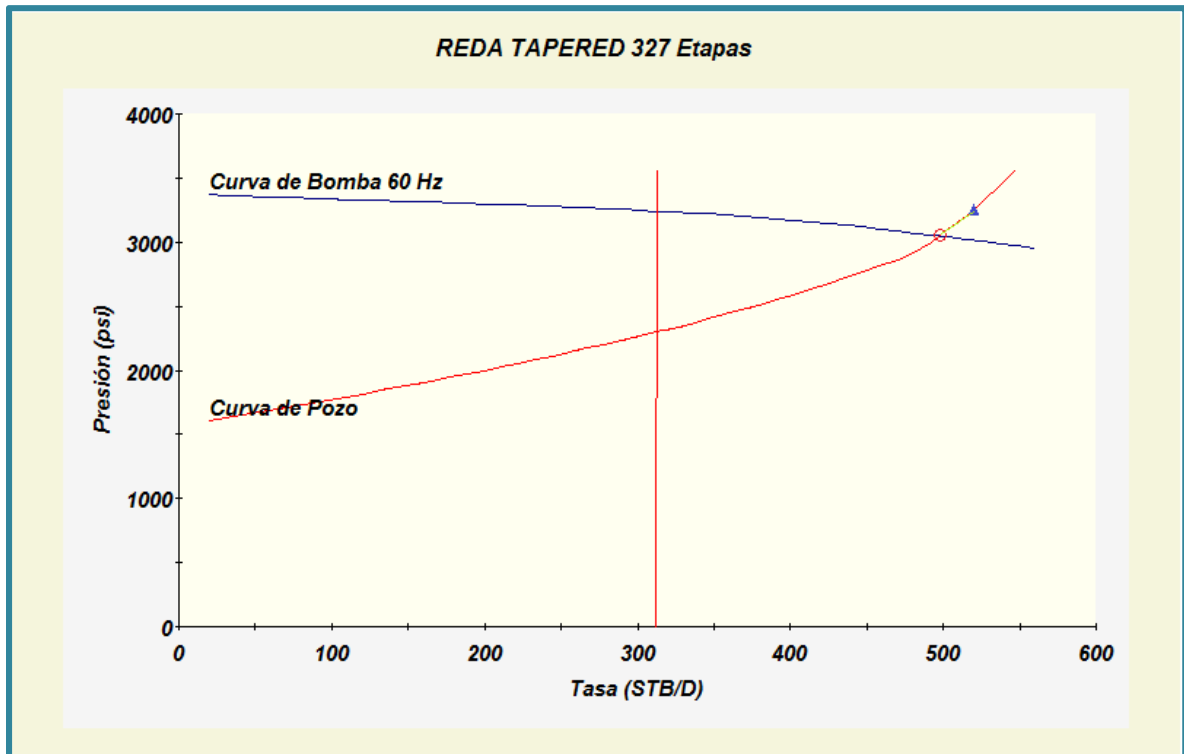


FUENTE: Software LOWIS – ORNCEM

2.3.4.6.2. *Condición de Diseño y Operación No Ideal*

Cuando el punto de operación ideal calculado no coincide con el punto de operación real, implica que existe una degradación de la bomba; lo cual implicaría condiciones de diseño y operación no ideales; como se presenta en la figura 2.37.

FIGURA 2. 37 CONDICIONES DE DISEÑO Y OPERACIÓN NO IDEAL

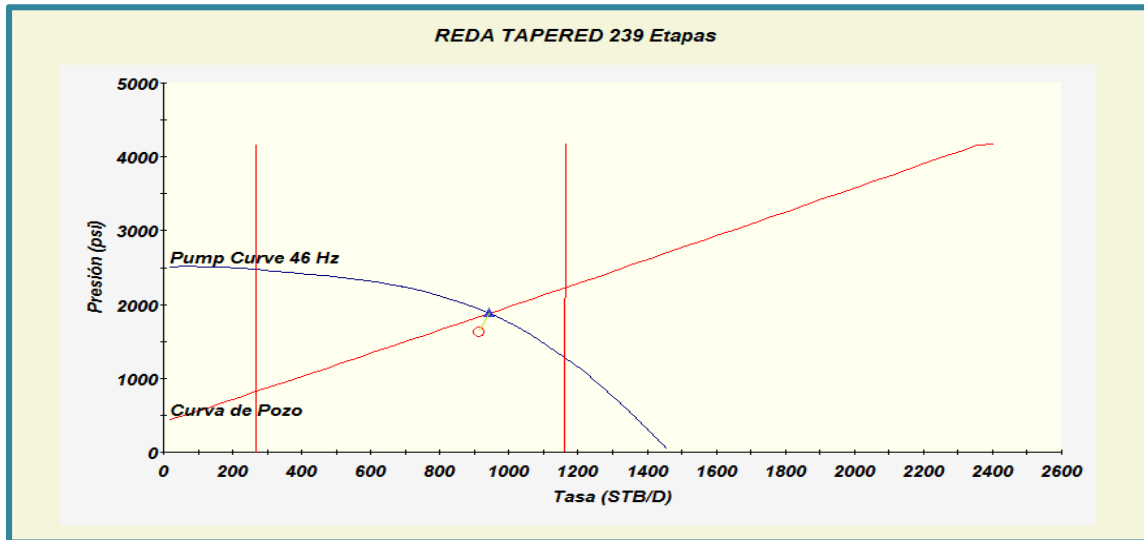


FUENTE: Software LOWIS – ORNCEM

2.3.4.6.3. *Nuevas Condiciones de Yacimiento*

Se presenta un cambio en las condiciones del yacimiento cuando el punto de operación ideal se encuentra en el cruce de las curvas de pozo y de la bomba mientras que el punto de operación real está ubicado fuera de la curva del pozo. Esto significa que se ha producido un cambio en las condiciones del yacimiento ya sea por cambios en la presión estática, incremento en el daño de formación o depletación del reservorio; como se presenta en la figura 2.38.

FIGURA 2. 38 NUEVAS CONDICIONES DE YACIMIENTO

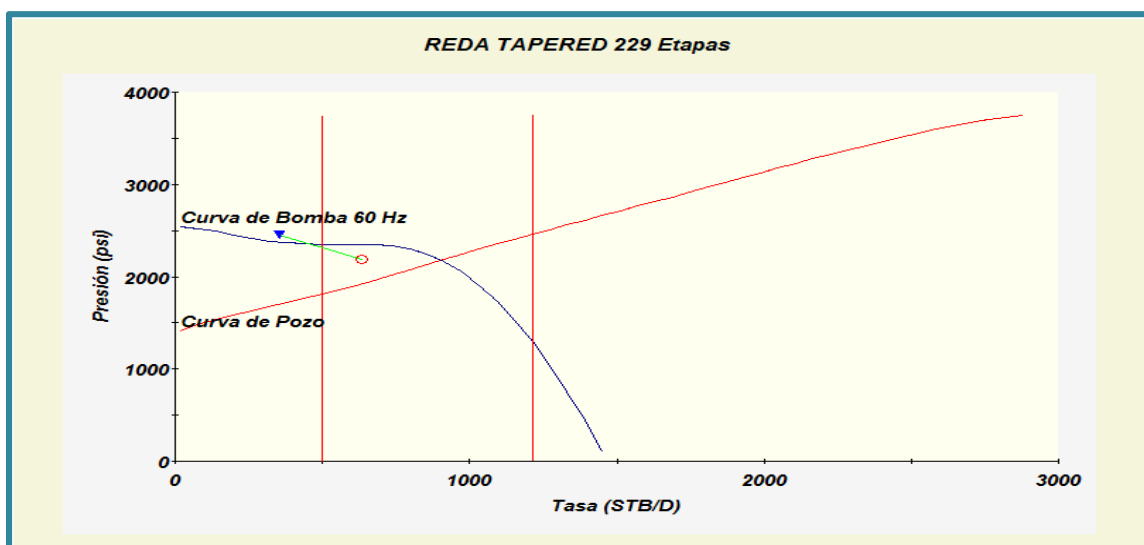


FUENTE: Software LOWIS – ORNCEM

2.3.4.6.4. *Datos Incorrectos*

Este caso llega a presentarse cuando el punto de operación real e ideal se encuentran fuera de las curvas del pozo y de la bomba. Esto implica que los datos de las pruebas de producción cargados inicialmente no fueron verificados o fueron validados de manera incorrecta, para lo cual es necesaria una revisión global de todos los parámetros correspondientes al análisis; como se presenta en la figura 2.39.

FIGURA 2. 39 DATOS INCORRECTOS



FUENTE: Software LOWIS – ORNCEM

2.3.4.7. Cálculo del Factor de Corrección en Potencia

Una vez que el sistema se encuentra en equilibrio se realiza un cálculo adicional sobre el sistema BES y desempeño del pozo. Esto implica calcular el porcentaje de carga (ecuación 2.5) con el objetivo de obtener el factor de corrección en potencia (ecuación 2.6).

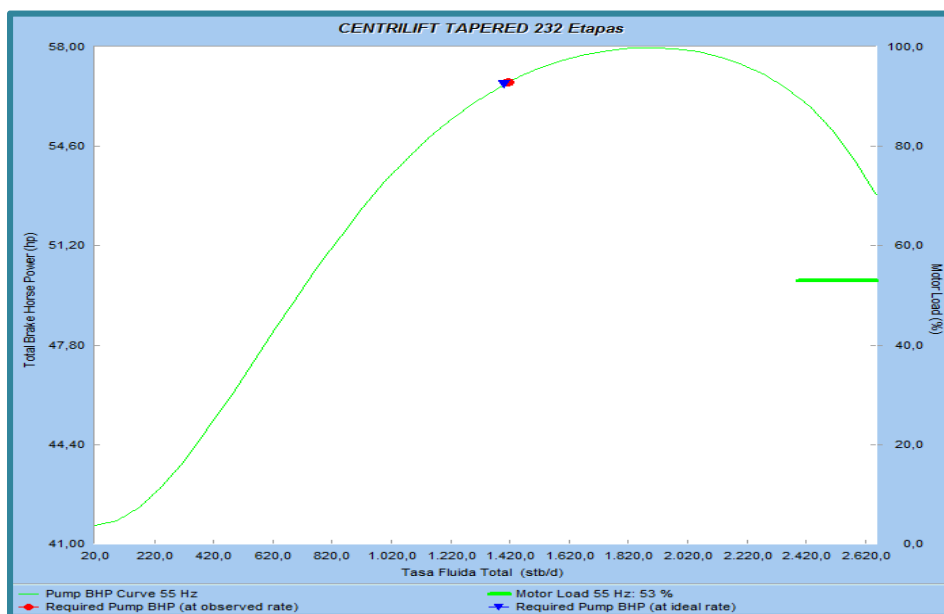
$$\% \text{carga} = \frac{\text{Amperaje actual}}{\text{Amperaje de placa}} \quad (2.5)$$

Donde, el amperaje actual es obtenido de las prueba de pozo y el amperaje de placa se lo obtiene de las especificaciones del fabricante.

$$\text{Factor de corrección en potencia} = \frac{\% \text{carga}}{\% \text{carga del sistema en equilibrio}} \quad (2.6)$$

Posteriormente, el porcentaje de carga del sistema en equilibrio es obtenido del punto de operación de curva "Horse Power" indicada en la figura 2.40 una vez realizado el ajuste de la curva de gradiente de presión.

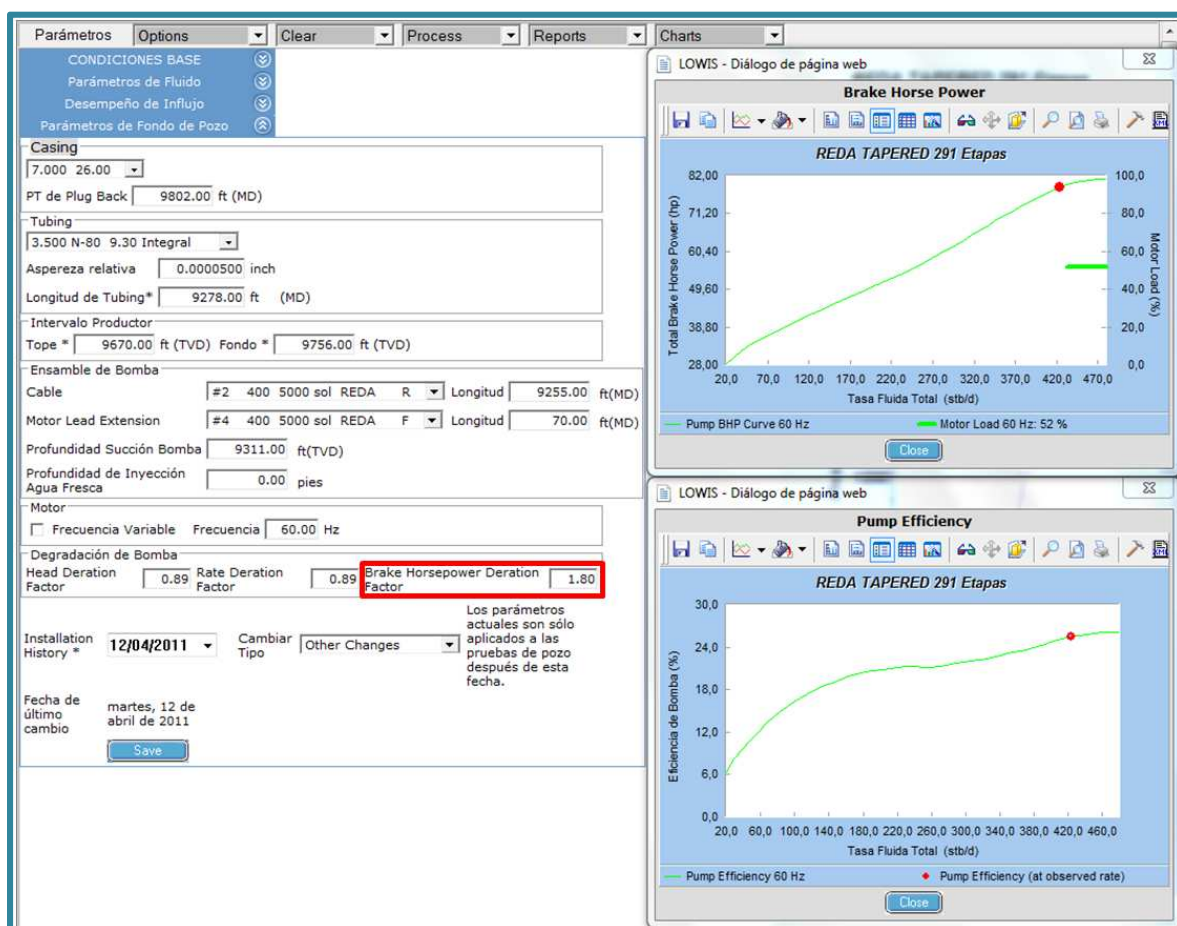
FIGURA 2. 40 PORCENTAJE DE CARGA DE MOTOR CON EL SISTEMA EN EQUILIBRIO



FUENTE: Software LOWIS – ORNCEM

Una vez obtenido el factor de corrección en potencia, éste deberá ser ingresado a través de comandos directamente en LOWIS con el objetivo de obtener el porcentaje de carga del motor y eficiencia real de la bomba. Esto puede ser observado en la figura 2.41.

FIGURA 2. 41 INGRESO DEL FACTOR DE CORRECCIÓN EN POTENCIA

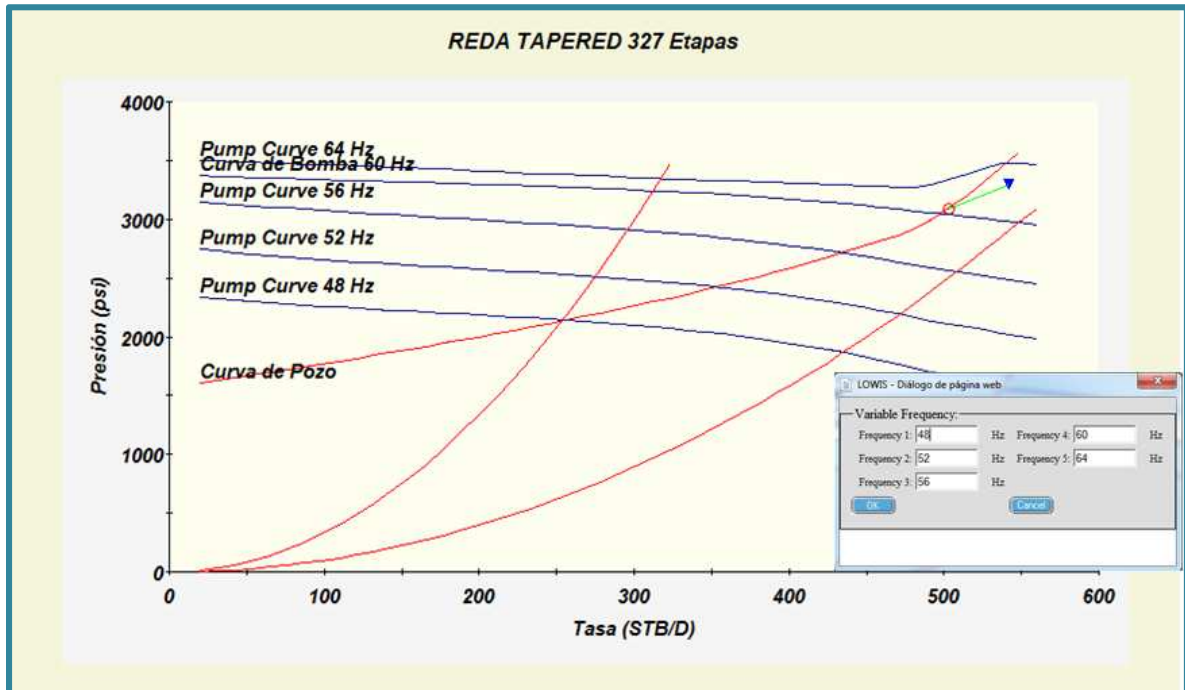


FUENTE: Software LOWIS – ORNCEM

2.3.4.8. Análisis de Sensibilidades

El análisis de sensibilidades es una simulación sobre las frecuencias de operación del equipo BES. Consecuentemente, una vez finalizado el ajuste de las condiciones actuales de operación, se debe realizar dicho análisis con el objetivo de determinar el valor de frecuencia a la cuál debe configurarse el equipo BES, con el fin de mejorar la producción y recobro de petróleo; representado en la figura 2.42.

FIGURA 2. 42 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES



FUENTE: Software LOWIS – ORNCEM

Adicionalmente, se debe analizar las limitaciones de la carga y potencia del motor garantizando así el funcionamiento del equipo a la frecuencia recomendada obtenida mediante el análisis de sensibilidades.

CAPÍTULO III

CONDICIONES ACTUALES DE LOS POZOS PRODUCTORES CON BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE EN EL CAMPO SACHA

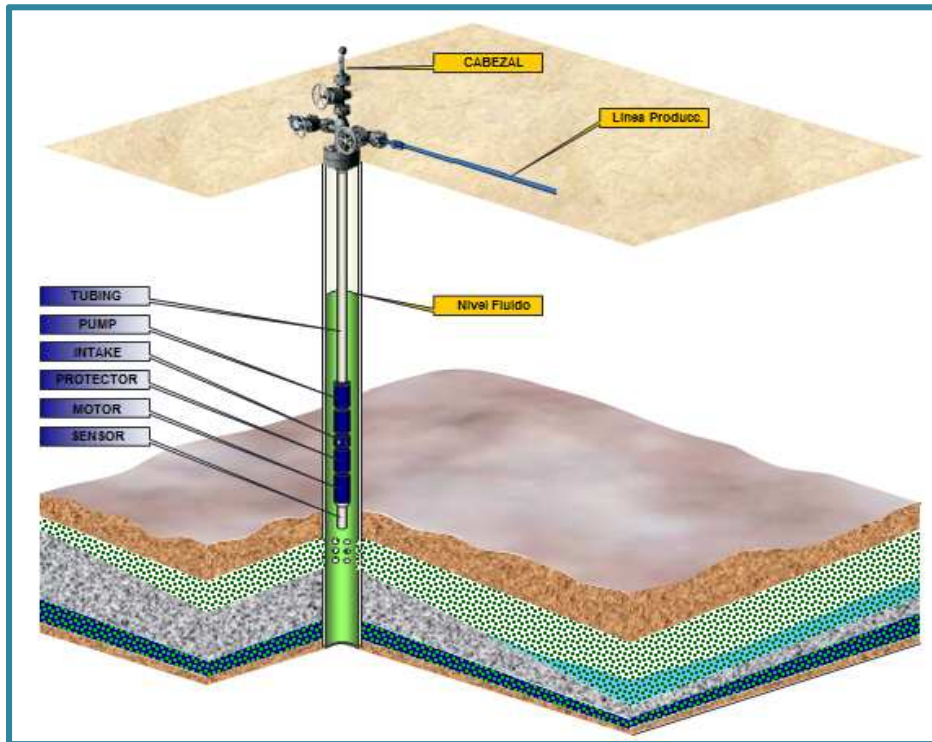
3.1. BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE

La producción de petróleo utilizando métodos artificiales como el bombeo electrosumergible ocurre cuando el yacimiento no puede producir a flujo natural, es decir no tiene la presión o energía necesaria para levantar la columna de fluido desde el yacimiento hasta superficie y posteriormente a las respectivas estaciones de producción; se lo utiliza también cuando el pozo ha dejado de producir a niveles económicos aceptables.

La bomba electrosumergible fue introducida al mercado como sistema de levantamiento artificial por REDA a finales del año 1920. Actualmente existe una variedad de tamaños, capacidades, potencias y rangos de voltaje disponibles, que se ajustan a las diversas condiciones de operación en los pozos productores de petróleo.

La figura 3.1 muestra una configuración típica de un equipo BES, la cual consiste de un sensor, motor, protector, intake, bomba y descarga en lo que corresponde al equipo de fondo; mientras en lo referente al equipo de superficie se cuenta con el cabezal, transformador, switchboard, variador de frecuencia y caja de venteo.

FIGURA 3. 1 CONFIGURACIÓN TÍPICA DE UN SISTEMA BES



FUENTE: Manual Schlumberger - REDA

3.1.1. VENTAJAS

Las ventajas del sistema electrosumergible incluyen:

- Instalación en revestimientos hasta de 4½”.
- Amplio rango de volúmenes (desde 200 BFPD hasta 95000 BFPD).
- Operación bajo condiciones extremas de temperatura (hasta 400°F), corrosión, abrasión, con la utilización de materiales y construcciones especiales.
- Levantamiento de hasta 17.000 pies TVD.
- Pozos verticales, desviados u horizontales, teniendo en cuenta los dog leg existentes (<3%100 pie).
- Manejo de grandes cantidades de gas para pozos con una producción de gas de hasta 45% mediante el uso de manejadores de gas.
- Altas irrupciones de agua.
- Amplia confiabilidad en aplicaciones costa afuera, desiertos o selvas, además de climas extremos.

- Alta capacidad para manejar crudos livianos (40°API) y pesados (9°API) con viscosidades de crudo hasta 5000 cp a condiciones de fondo.
- La utilización de variadores amplía el rango de aplicación de un mismo equipo.
- Requerimiento de poco espacio en superficie.

3.1.2. DESVENTAJAS

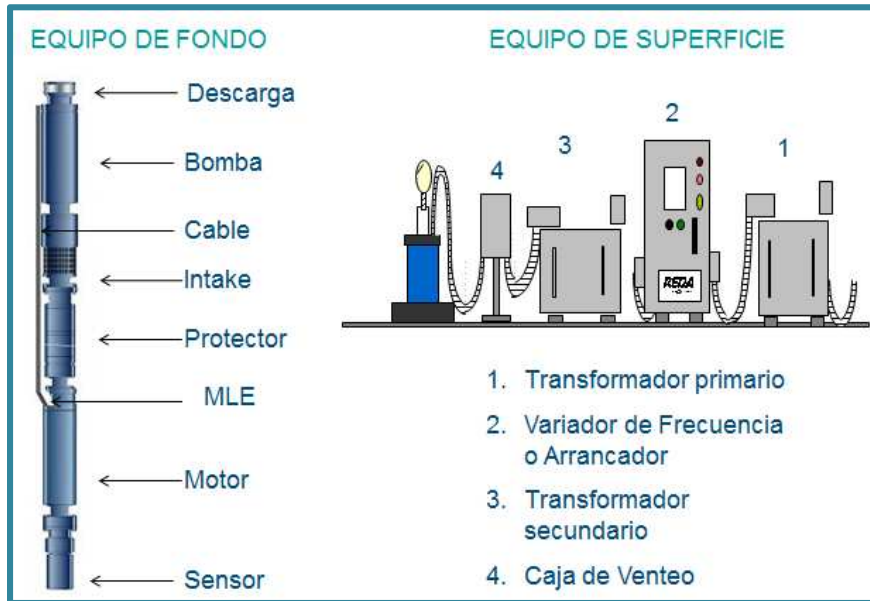
Como desventajas del sistema de bombeo electrosumergible se pueden mencionar:

- Los problemas con la temperatura, siendo los elementos mayormente afectados:
 - Cable de potencia
 - Elastómeros utilizados en el equipo
 - Motor
- Está limitado a áreas con disponibilidad de energía eléctrica.
- Alta presencia de gas libre a través de la bomba puede afectar el funcionamiento del equipo.
- Alto contenido de sólidos puede causar rápido desgaste y disminución en el run life.
- Altos dog leg alteran la instalación y operación.
- Elevados costos de inversión.
- Requerimiento de volumen mayor a 200 BFPD.

3.1.3. COMPONENTES DEL SISTEMA BES

Los componentes de un sistema de bombeo electrosumergible se dividen en dos grupos: equipo de fondo y equipo de superficie como se puede apreciar en la figura 3.2.

FIGURA 3. 2 COMPONENTES DEL SISTEMA BES



FUENTE: Catálogo Schlumberger - REDA

3.1.3.1. Equipo de fondo

El equipo de fondo se encuentra al final de la tubería de producción dentro del hoyo perforado y revestido, colgando de ella. La función del equipo de fondo es levantar la columna de fluido necesaria para hacer producir al pozo.

Está compuesto principalmente por el motor eléctrico de fondo, un sello, un separador de gas o intake y una bomba centrífuga. El cable de potencia es el encargado de transmitir la energía eléctrica desde superficie hasta el motor de fondo.

Un elemento opcional es el sensor de presión y temperatura, pero actualmente se ha convertido en parte fundamental del equipo de fondo, pues con el avance de la tecnología ahora se puede obtener una variedad de información.

3.1.3.1.1. Sensor de fondo

El sensor de fondo es un dispositivo electrónico que puede soportar altas presiones y temperaturas, el mismo que envía señales a superficie a través del cable eléctrico, dichas señales pueden llevar información sobre presiones de

succión y descarga, temperaturas del aceite dieléctrico del motor y de la succión (intake), corriente de fuga y flujo, vibración del equipo, etc.

Está conectado con el motor mediante un cable de potencia. La información obtenida permite analizar el funcionamiento del equipo y prevenir daños en él.

En la figura 3.3 se puede observar el sensor de fondo.

FIGURA 3. 3 SENSOR DE FONDO



FUENTE: Archivos Campo Sacha - ORNCEM

3.1.3.1.2. *Motor*

Se refiere a un motor eléctrico sumergible trifásico, el cual se encuentra lleno con aceite dieléctrico que ayuda a la refrigeración, lubricación y resistencia dieléctrica del mismo. En la figura 3.4 se puede observar la cabeza del motor y el aceite dieléctrico.

FIGURA 3. 4 MOTOR DE FONDO Y ACEITE DIELECTRICO



FUENTE: Archivos Campo Sacha - ORNCEM

Tiene la particularidad de soportar altos esfuerzos de torsión de arranque, impidiendo de esta forma que la línea eléctrica se sobrecargue, logrando una velocidad de operación en menos de 15 ciclos.

Los principales componentes del motor son:

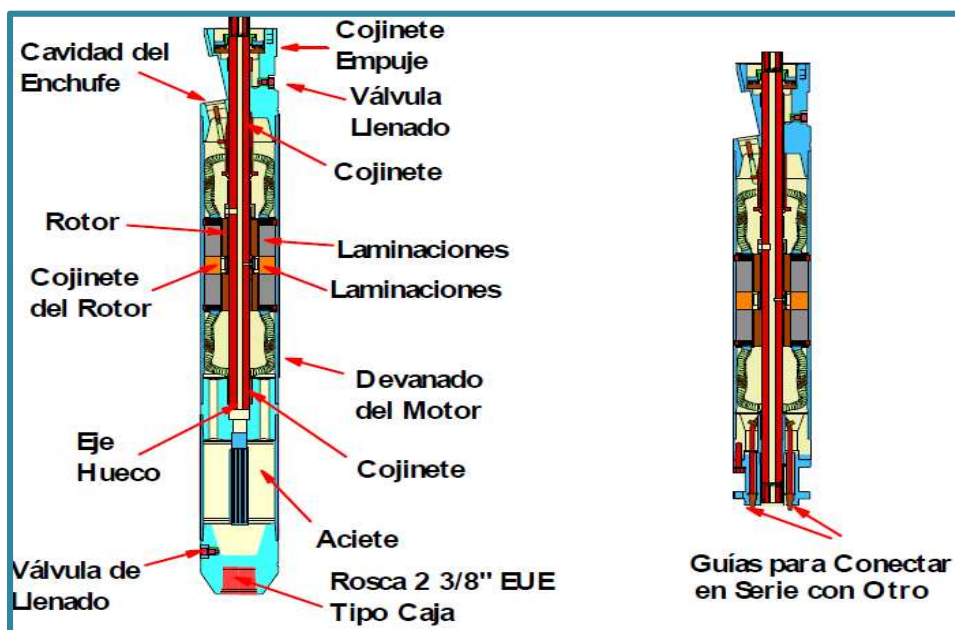
- Estator: es el bobinado del motor electrosumergible, está diseñado para trabajar a diferentes temperaturas y esta encapsulado.
- Rotor: es el elemento que crea un campo electromagnético mediante su rotación que a su vez permite generar los HP del motor.
- Cojinetes: son elementos estáticos que se encuentran entre rotor y rotor, su función principal es fijar y centralizar el conjunto de rotores.
- Eje: es el encargado de hacer girar al sistema; es hueco y por él circula el aceite dieléctrico a lo largo del motor para poder enfriar y lubricarlo. Actualmente se fabrican de varios materiales, incluso para condiciones que requieran altas resistencia.
- Zapata: es denominada también cojinete de empuje (thrust bearing), se encuentra instalado en la parte superior del motor, su función principal es

soportar toda la carga axial del conjunto de rotores y su configuración puede ser direccional o bidireccional.

- Bujes: generalmente son fabricados de bronce y se los encuentra ubicados entre el eje y el cojinete.
- Carcasa: es aquella que cubre a todos los elementos del motor, está fabricado de diferentes materiales y su elección debe hacerse de acuerdo a las condiciones actuales de producción del pozo.
- Aceite dieléctrico: es el encargado de suministrar lubricación y enfriamiento a los componentes internos del motor, es un aceite sintético, diseñado para trabajar bajo diferentes condiciones de temperatura.
- Bloque aislante: en este componente se encuentra instalado el pothead a donde se conecta el MLE, se encuentra ubicado en la parte superior del motor.

En la figura 3.5 se observa la configuración interna del motor:

FIGURA 3. 5 CONFIGURACIÓN DE UN MOTOR DE FONDO



FUENTE: Libro ESP OIL

3.1.3.1.3. *MLE*

Sus siglas significan “Motor Lead Extension” y se refiere a la extensión del cable de potencia que va conectado al pothead del motor mediante el cual fluiría la energía eléctrica que impulsará al motor, se lo puede observar en la figura 3.6.

El MLE posee una configuración geométrica plana y su espesor es mucho más pequeño que el del cable de potencia, puede ser #5 ó #4 debido a que se debe contar con un menor perfil de tal forma que se pueda correr a lo largo de la bomba y de las secciones de protección y succión. Además es muy resistente a la acción de ácidos y a la corrosión, pero debe tratárselo con mucho cuidado pues es muy débil para cualquier acción mecánica sobre él.

Su longitud puede variar de entre 50, 90 y 100 pies dependiendo de la longitud del equipo BES, se debe tener cuidado con el empalme pues no debe ser muy grueso para poder garantizar el libre paso del equipo en el pozo.

FIGURA 3. 6 MLE CONECTADO AL POTHEAD DEL MOTOR



FUENTE: Archivos Campo Sacha - ORNCEM

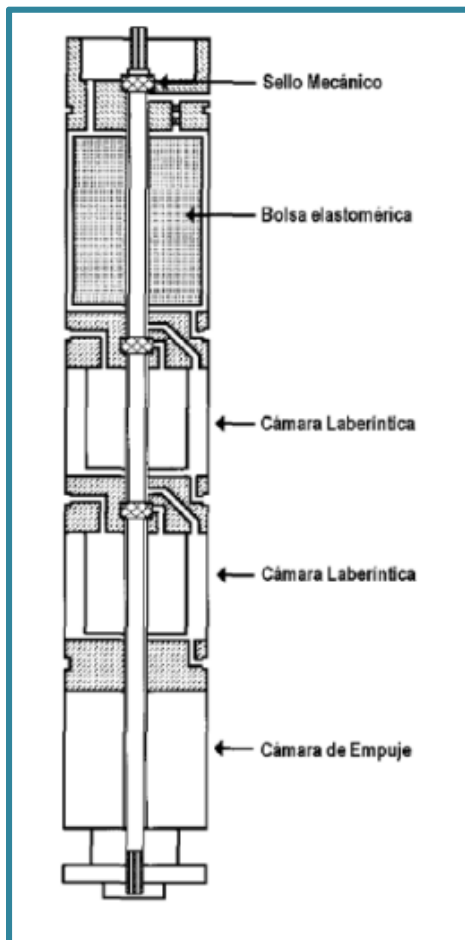
3.1.3.1.4. *Sello o protector*

Su función principal es evitar la migración de fluido del pozo hacia motor; se encuentra entre el motor y la bomba electrosumergible.

Adicional, cuenta con otras funciones como:

- Equilibrar la presión del anular de la tubería de revestimiento y la presión del aceite dieléctrico, evitando así la migración de fluidos al motor.
- Absorber el empuje axial del eje de la bomba mediante la utilización de un rodamiento de empuje acoplado al protector internamente.
- Absorber la expansión del aceite dieléctrico por el cambio de temperatura.

FIGURA 3. 7 SELLO O PROTECTOR



FUENTE: Manual básico Centrilift, Baker Hughes

Existen dos tipos de sellos: de bolsa y de laberinto; los sellos de bolsa crean una barrera mecánica contra el fluido del pozo, evitando que el fluido pase a través de ella, funcionan como un empacador cerrando el espacio anular interno del sello al expandirse el aceite dieléctrico; en cambio el sello de laberinto impide que cualquier fluido que haya pasado del sello tipo bolsa pase al motor, separando dicho fluido por diferencia de densidades.

Se encuentran fabricados de diferentes materiales capaces de resistir diferentes condiciones de producción del pozo, su configuración interna se puede apreciar en la figura 3.7.

3.1.3.1.5. *Intake*

Es el componente del sistema de bombeo electrosumergible mediante el cual ingresa el fluido del pozo para ser enviado hacia las bombas electrosumergibles que posteriormente enviarán el fluido a superficie, si el pozo presenta gran cantidad de gas libre el intake se conectará a un separador de gas. El intake puede ser observado en la figura 3.8.

FIGURA 3. 8 INTAKE



FUENTE: Archivos Campo Sacha - ORNCEM

3.1.3.1.6. *Separador de gas*

Es utilizado en pozos que presentan gran cantidad de gas libre, pues la capacidad de la bomba electrosumergible para el manejo de gas es limitada. Si a la entrada

de la bomba, el gas libre sobrepasa el 10% generará un bloqueo de la bomba por presencia de gas, lo cual se intenta evitar al usar un separador de gas.

FIGURA 3. 9 SEPARADOR DE GAS



FUENTE: Manual básico Centrilift, Baker Hughes

En la figura 3.9 se puede ver un separador de gas rotativo, su funcionamiento básicamente consiste en dejar ingresar al fluido a él, mientras que su cámara centrífuga gira a gran velocidad por la acción de un inductor, el fluido de mayor densidad es decir el petróleo, va hacia las paredes de él; mientras que el fluido de densidad menor va al centro del separador. El gas separado es llevado al final del separador por medio de un divisor para ser expulsado al espacio anular, mientras que el petróleo es enviado a la bomba electrosumergible para poder ser bombeado a la superficie.

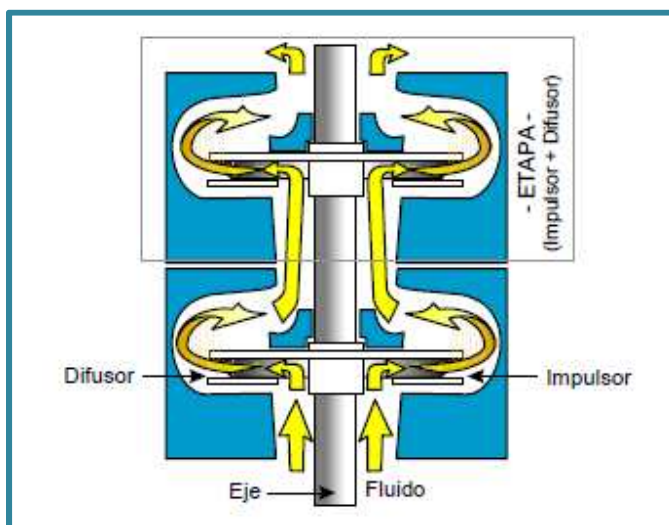
La eficiencia teórica de un separador de gas está entre 80-95%. En pozos con gran cantidad de gas se suelen instalar separadores en tándem para mejorar su aplicación.

3.1.3.1.7. Bomba electrosumergible

La bomba electrosumergible es una bomba centrífuga multietapas, donde cada etapa está constituida por un difusor estacionario y un impulsor rotatorio, como se puede apreciar en la figura 3.10. Se puede encontrar bombas de diferente diámetro que se ajustan al tamaño del pozo, también la longitud de la bomba dependerá del número de etapas que se decidan poner, las mismas que se diseñan de acuerdo a la altura de la columna de fluido que se desee obtener.

El funcionamiento de las etapas consiste en transferir energía al fluido por medio del impulsor, ésta energía se transferirá mientras el fluido rodea al impulsor que está girando constantemente, éste giro ocasiona dos tipos de movimiento: radial que va hacia afuera del centro del impulsor y tangencial al diámetro externo del impulsor; como resultado de estos dos movimientos se obtiene la dirección del flujo.

FIGURA 3. 10 IMPULSOR – DIFUSOR



FUENTE: Manual básico Centrilift, Baker Hughes

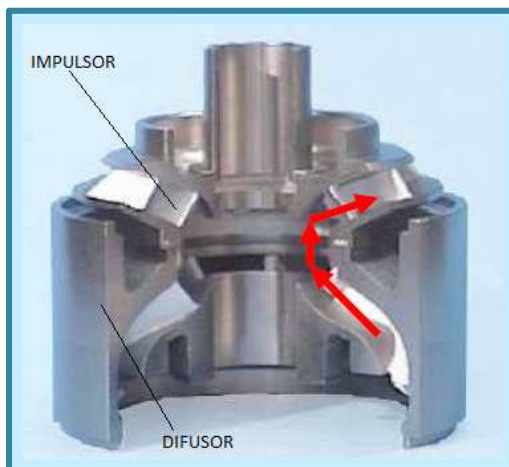
A las bombas electrosumergibles se las puede clasificar de acuerdo al diseño de los impulsores, de esta forma se tiene bombas de flujo radial y bombas de flujo mixto.

La configuración de las bombas de flujo radial puede ser vista en la figura 3.11, su funcionamiento consiste en que el impulsor descarga la mayor parte del fluido en dirección radial, son bombas que manejan bajos caudales de hasta 1900 BFPD.

FIGURA 3. 11 BOMBA DE FLUJO RADIAL

FUENTE: Manual básico Centrilift, Baker Hughes

Las bombas de flujo mixto pueden manejar caudales más altos que las de flujo radial, su configuración se puede ver en la figura 3.12, su funcionamiento consiste en impartir al flujo una dirección con una componente axial considerable, a la vez que mantiene una dirección radial.

FIGURA 3. 12 BOMBA DE FLUJO MIXTO

FUENTE: Manual básico Centrilift, Baker Hughes

A las bombas también se las clasifica en bombas flotantes y bombas de compresión; las primeras están diseñadas para que el impulsor se desplace axialmente a lo largo del eje, la ventaja es que la cámara de empuje solo soporta la carga del eje y se pueden ensamblar muchas etapas sin necesidad de alinear los impulsores milimétricamente; en cambio las bombas de compresión tiene sus impulsores montados de forma tal que no puedan moverse ni deslizarse, en este tipo de bombas el empuje del impulsor es soportado por el cojinete de empuje mas no por el difusor.

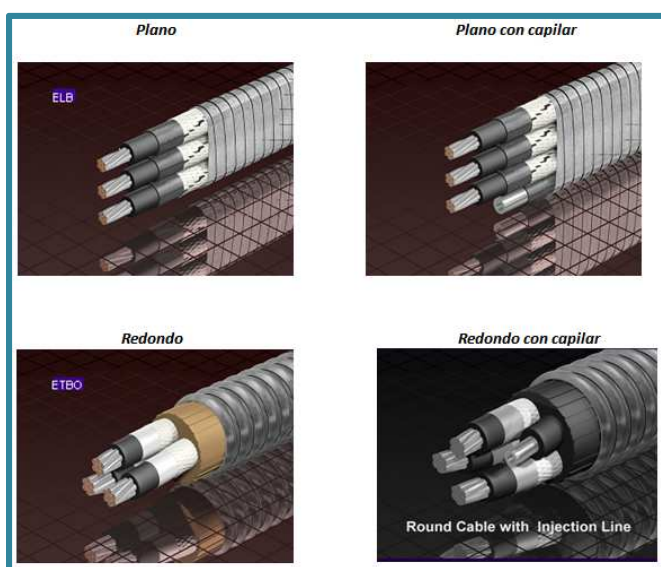
3.1.3.1.8. *Cable de potencia*

El cable de potencia es usado para transmitir al motor la energía eléctrica desde la superficie, el cual consiste de tres conductores de cobre que se extienden desde el tope del motor hasta el cabezal del pozo.

La selección del cable depende de varios factores, los principales son: la temperatura que tendrán que soportar y la composición del fluido que se producirá, conociendo estos factores se podrá escoger un adecuado cable que posea un conductor, aislante, barrera, envoltura y armadura resistentes a las condiciones de producción.

Existen dos clases de cable eléctrico para bombas electrosumergible: plano y redondo, cuya elección de la configuración física del cable dependerá del espacio anular que se disponga en el pozo; cada uno puede tener la opción de poseer un capilar como se puede observar en la figura 3.13, con el objetivo de inyectar cualquier tipo de estimulante en el pozo.

FIGURA 3. 13 CABLE DE POTENCIA



FUENTE: Catálogo Schlumberger - REDA

3.1.3.2. **Equipo de superficie**

Son aquellos equipos que se pueden ver y manipular para cambiar algunas de las condiciones de funcionamiento de sistema de bombeo electrosumergible.

3.1.3.2.1. *Cabezal*

Es un equipo instalado en superficie que funciona como un medio de adaptación al equipo de fondo y cable de potencia del equipo BES con el objetivo de mantener un control sobre el pozo. Este equipo se lo puede observar en la figura 3.14.

FIGURA 3. 14 CABEZAL DE PRODUCCIÓN PARA BES



FUENTE: Compañía Betta Services Products

3.1.3.2.2. *Caja de venteo*

Es un dispositivo que cumple con la función principal de ventear los gases provenientes del pozo que hayan migrado a través del cable de potencia.

Adicionalmente, es un medio de conexión entre el cable de superficie desde el tablero de control (Switchboard o VSD) y el cable de potencia proveniente del pozo, convirtiéndose así en un medio de fácil acceso para puntos de medición y chequeo de parámetros eléctricos del equipo de fondo. Este equipo puede ser observado en la figura 3.15.

FIGURA 3. 15 CAJA DE VENDEO

FUENTE: Manual Centrilift, Baker Hughes

3.1.3.2.3. *Transformador*

Es el componente que, dentro de un sistema de distribución, permite controlar la magnitud de los voltajes de entrada y de salida a los requeridos por los equipos complementarios de superficie; puede ser observado en la figura 3.16.

FIGURA 3. 16 TRANSFORMADOR

FUENTE: ESP Oil Consultants Engineering

Los transformadores pueden ser elevadores o reductores. Los transformadores elevadores incrementan el voltaje de salida respecto del voltaje de entrada, mientras que los transformadores reductores disminuyen el voltaje de salida con respecto al voltaje de entrada; lo cual se lo puede lograr mediante las diferentes disposiciones internas de bobinado primario y secundario para cada uno de los transformadores.

3.1.3.2.4. *Switchboard*

El Switchboard o tablero de control, representado en la figura 3.17, es un dispositivo de operación del motor a una frecuencia fija.

Existen dos tipos de tablero: electromecánicos y sólidos; los tableros electromecánicos cuentan con una protección de alta y baja corriente, mientras que los tableros de estado sólido cuentan con un controlador de motor más robusto permitiendo así una mayor protección del sistema BES.

FIGURA 3. 17 TABLERO DE CONTROL (SWITCHBOARD)



FUENTE: Manual LOWIS - Wheaterford

3.1.3.2.5. *Variador de frecuencia*

El variador de frecuencia VSD (Variable Speed Drive) es el equipo encargado de controlar un amplio rango de frecuencias o velocidades con las cuales debe

trabajar el motor de fondo controlando así el flujo del pozo; éste equipo puede ser observado en la figura 3.18.

FIGURA 3. 18 VARIADOR DE FRECUENCIA



FUENTE: Manual Centrilift, Baker Hughes

La velocidad de rotación del motor está controlado por la frecuencia definida en el variador, por lo cual, al incrementar la frecuencia se incrementará la velocidad del motor y a su vez su capacidad de potencia.

El incremento de velocidad puede generar un mayor caudal, sin embargo esto puede cambiar en función del potencial del pozo. Para lograr una relación directamente proporcional entre la frecuencia y el caudal de producción se debe lograr un balance entre el desempeño de flujo y el desempeño de la bomba

En el variador, el cambio de frecuencia se lo puede hacer manual o automáticamente con el fin de mantener el potencial de flujo, la presión, la corriente, etc.

Los variadores de frecuencia están provistos de un arrancador suave (Soft-Start) con el objetivo de proteger al motor por alta y baja carga. Este tipo de arrancadores protegen al equipo al disminuir la tensión sobre el eje que va desde el motor hasta la bomba electrosumergible.

Los variadores están compuestos de dos partes principalmente: la parte lógica y la parte de potencia. La parte lógica incluye el conjunto de dispositivos utilizados para la configuración operacional del variador, mientras que la parte de potencia incluye elementos que actúan directamente sobre los diferentes tipos de cargas eléctricas con las cuales trabaja el variador de frecuencia.

3.2. POZOS BES MONITOREADOS CON LOWIS

De los 108 pozos que disponen de un equipo con bombeo electrosumergible, 51 de ellos están monitoreados por LOWIS; éstos se presentan a continuación en la tabla 3.1.

TABLA 3. 1 POZOS BES MONITOREADOS CON LOWIS, AL 18 DE JULIO DE 2012

ESTACIÓN	POZO	ARENA PRODUCTORA	BFPD	BPPD	BSW %
NORTE 1	SAC-008	U	960.00	153.60	84.00
	SAC-051	Ti	583.00	501.38	14.00
	SAC-059	Ui	583.00	559.68	4.00
	SAC-127	Hs	1135.00	363.20	68.00
	SAC-150D	UI	968.00	580.80	40.00
	SAC-152D	U	343.00	308.70	10.00
	SAC-161	Hs+Hi	427.00	170.80	60.00
	SAC-163D	T	636.00	159.00	75.00
	SAC-169D	Ui	1380.00	828.00	40.00
	SAC-180D	Ti	161.00	157.78	2.00
	SAC-206D	Hi	1704.00	238.56	86.00
	SAC-229D	Ui	940.00	808.40	14.00
	SAC-230D	Hs+i	130.00	128.70	1.00
NORTE 2	SAC-032	T	436.00	357.52	18.00
	SAC-038	T	304.00	282.72	7.00
	SAC-065B	Hi	996.00	991.02	0.50
	SAC-066B	BT+Ui	234.00	230.49	1.50
	SAC-121	U	1086.00	1081.66	0.40

TABLA 3.1 CONTINUACIÓN

ESTACIÓN	POZO	ARENA PRODUCTORA	BFPD	BPPD	BSW %
NORTE 2	SAC-160D	Hs+i	420.00	134.40	68.00
	SAC-175H	Hs	4.00	1.76	56.00
	SAC-177D	Ts	216.00	214.92	0.50
	SAC-178D	Hs	328.00	131.20	60.00
	SAC-192	Hi	1728.00	311.04	82.00
	SAC-204D	Hi	1021.00	245.04	76.00
	SAC-210D	Hi	891.00	196.02	78.00
	SAC-213D	Hi	576.00	230.40	60.00
	SAC-214D-HI	Hi	1314.00	328.50	75.00
	SAC-214D-UI	Ui	464.00	459.36	1.00
	SAC-226D	Hs	1192.00	1180.08	1.00
	SAC-227D	Hi	370.00	368.15	0.50
	SAC-233D	Hi	1594.00	318.80	80.00
	SAC-240	T	115.00	46.00	60.00
	SAC-241D	Hi	1256.00	314.00	75.00
	SAC-242D	Hs	504.00	241.92	52.00
	SAC-260D	Ui	93.00	83.70	10.00
	SAC-263DHI	Hi	459.00	192.78	58.00
CENTRAL	SAC-099	Ti	731.00	720.77	1.40
SUR	SAC-052B	Ui	381.00	259.08	32.00
	SAC-151D	Hi	312.00	262.08	16.00
	SAC-153	U	467.00	443.65	5.00
	SAC-155D	Ui	408.00	395.76	3.00
	SAC-172D	Ui	574.00	401.80	30.00
	SAC-181D	Hs	378.00	211.68	44.00
	SAC-185	Ui	446.00	435.30	2.40
	SAC-187D	Ui	269.00	107.60	60.00
	SAC-193	Hs	520.00	497.12	4.40
	SAC-194D	HS	399.00	159.60	60.00
	SAC-198	Hs	445.00	400.50	10.00

TABLA 3.1 CONTINUACIÓN

ESTACIÓN	POZO	ARENA PRODUCTORA	BFPD	BPPD	BSW %
SUR	SAC-332D	Hs	248.00	243.04	2.00
	SAC-333D	BT	1140.00	1133.16	0.60
	SAC-333DU	Ui	232.00	227.36	2.00

FUENTE: Archivos Campo Sacha - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

3.2.1. PRODUCCIÓN DE LOS POZOS BES MONITOREADOS

La producción monitoreada de cada estación que dispone de pozos con bombeo electrosumergible puede ser observada en la tabla 3.2 y representada en la figura 3.19.

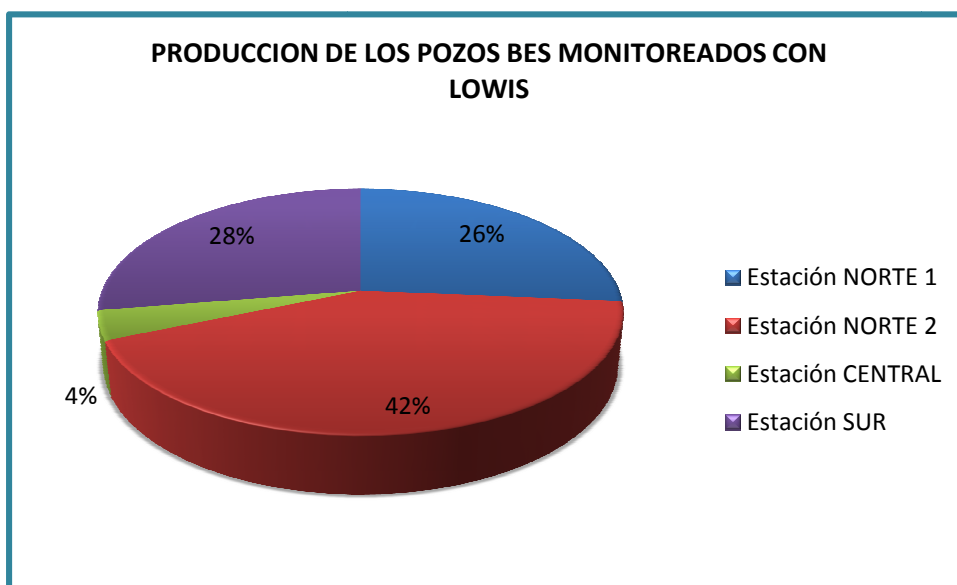
TABLA 3. 2 PRODUCCIÓN MONITOREADA POR ESTACIONES DE LOS POZOS BES

ESTACIÓN	PRODUCCIÓN (BPPD)
NORTE 1	4958.60
NORTE 2	7941.48
CENTRAL	720.77
SUR	5177.73
TOTAL	18798.58

FUENTE: Archivos Campo Sacha - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

FIGURA 3. 19 PRODUCCIÓN DE LOS POZOS BES MONITOREADOS POR LOWIS



ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

3.2.2. ESTADO ACTUAL DE LOS POZOS BES MONITOREADOS CON LOWIS PARA EL ANÁLISIS WORKBENCH

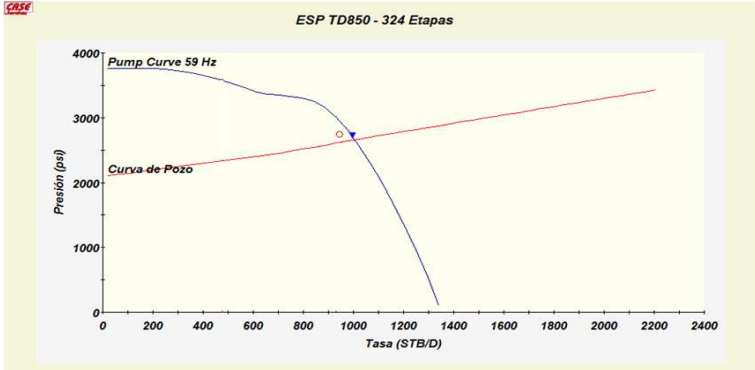
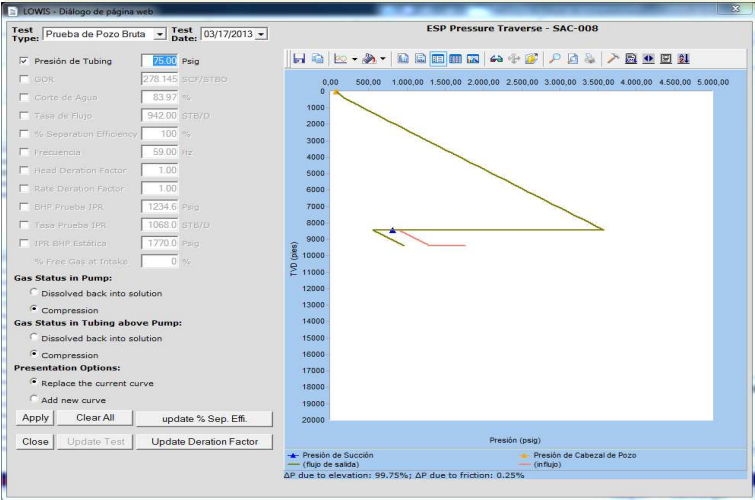
Para poder realizar un análisis de optimización se debe contar con pozos cuyos parámetros hayan sido revisados, aprobados y validados por el Departamento de Ingeniería de Producción. En el presente proyecto se realizará el análisis de 10 pozos solicitados por ORNCEM, los cuales son de interés investigativo para la empresa.

El estado actual de estos pozos se presenta en las tablas 3.3 a la 3.12, considerando que las condiciones de producción de cada uno de los pozos ha variado a la fecha de la prueba y análisis de los mismos; las curvas de las bombas instaladas en los pozos sujetos a análisis se las puede observar en el ANEXO 3, también se puede apreciar las completaciones de los mismos en el ANEXO 4. Se cuenta a su vez con los historiales de Workover en el ANEXO 5, los cuales permitirán verificar los problemas presentados en los pozos, los cambios y trabajos realizados.

3.2.2.1. POZO SAC – 008

TABLA 3. 3 ESTADO ACTUAL POZO SAC-008 AL 17 DE MARZO DE 2013

POZO	ESTADO	PRODUCTOR		
	ARENA	U		
	ESTACION	NORTE 1		
	°API	24.00		
	BFPD (bl)	942		
	BPPD (bl)	151.00		
	BSW (%)	83.97		
	GOR (PCS/BF)	278.15		
EQUIPO BES	MARCA	ESP		
	BOMBA	TD850		
	# BOMBAS	2		
	TIPO	FLOTANTE		
	ETAPAS	162		
		162		
	Rango operativo	Q_{mín} (BPD)	551	
		Q_{máx} (BPD)	1021	
		Q_{op} (BPD)	839	
	Operando	RANGO DE PERACIÓN RECOMENDADO		
	FRECUENCIA (Hz)	59		
HP	104.11			

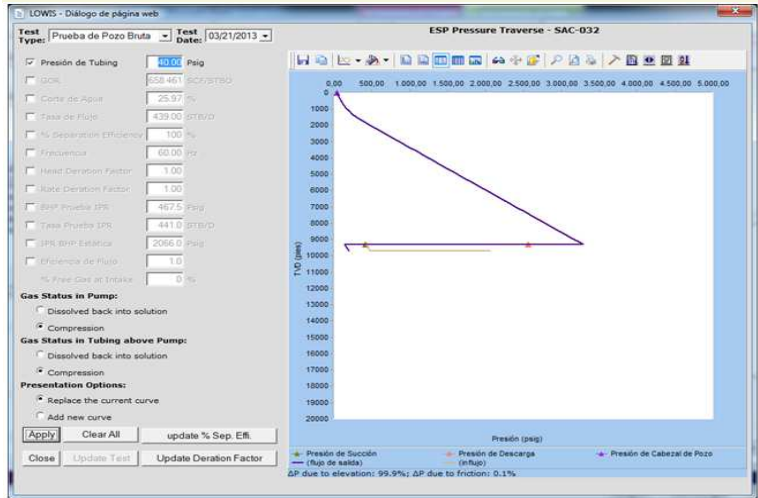
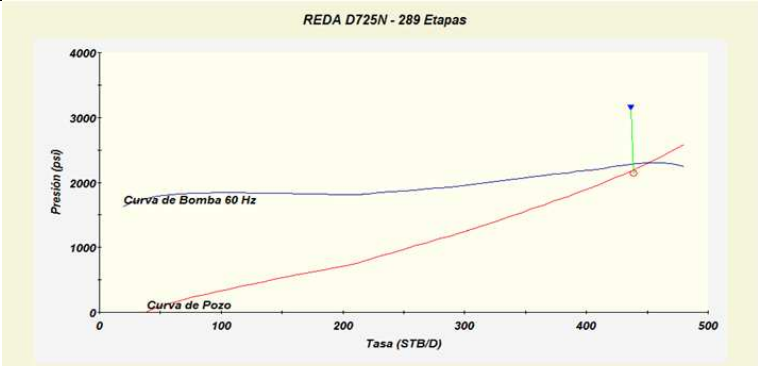
FUENTE: Archivos campo Sacha / Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

3.2.2.2. POZO SAC – 032

TABLA 3. 4 ESTADO ACTUAL POZO SAC-032 AL 21 DE MARZO DE 2013

POZO	ESTADO		PRODUCTOR
	ARENA		T
	ESTACIÓN		NORTE 2
	°API		26.20
	BFPD (bl)		439
	BPPD (bl)		324.99
	BSW (%)		25.97
	GOR (PCS/BF)		658.46
EQUIPO BES	MARCA		REDA
	BOMBA		D725N
	# BOMBAS		2
	TIPO		COMPRESORA
	ETAPAS		134
			155
	Rango operativo	Qmín (BPD)	350
		Qmáx (BPD)	925
		Qop (BPD)	718
	Operando		RANGO DE OPERACIÓN RECOMENDADO
	FRECUENCIA (Hz)		60
HP		81.91	



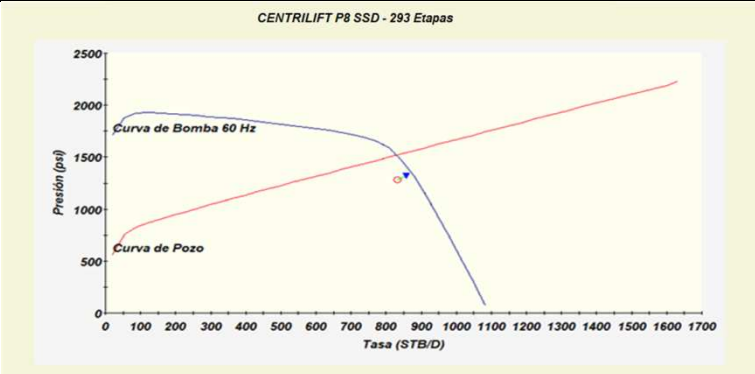
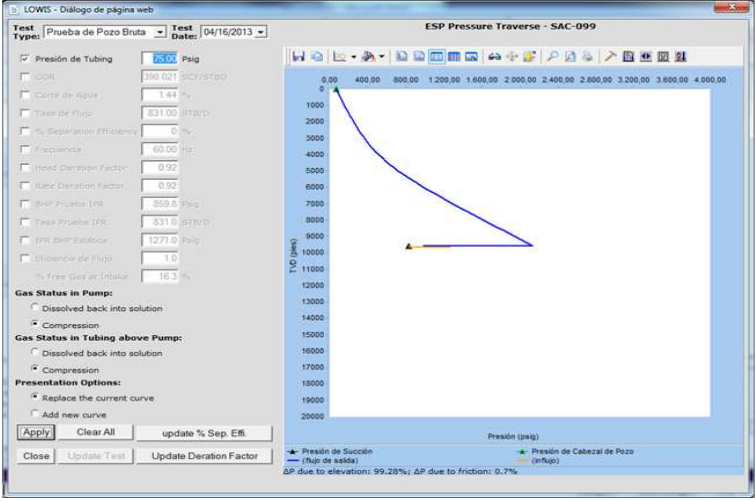
FUENTE: Archivos campo Sacha / Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

3.2.2.3. POZO SAC – 099

TABLA 3. 5 ESTADO ACTUAL POZO SAC-099 AL 16 DE ABRIL DE 2013

POZO	ESTADO		PRODUCTOR
	ARENA		Ti
	ESTACION		CENTRAL
	°API		28.00
	BFPD (bl)		831
	BPPD (bl)		819.03
	BSW (%)		1.44
	GOR (PCS/BF)		398.02
EQUIPO BES	MARCA		CENTRILIFT
	BOMBA		P8 SSD
	# BOMBAS		2
	TIPO		COMPRESORA
	ETAPAS		113
			180
	Rango operativo	Qmín (BPD)	389
		Qmáx (BPD)	1167
		Qop (BPD)	778
	Operando		RANGO DE PERACIÓN RECOMENDADO
	FRECUENCIA (Hz)		60
HP		118.67	

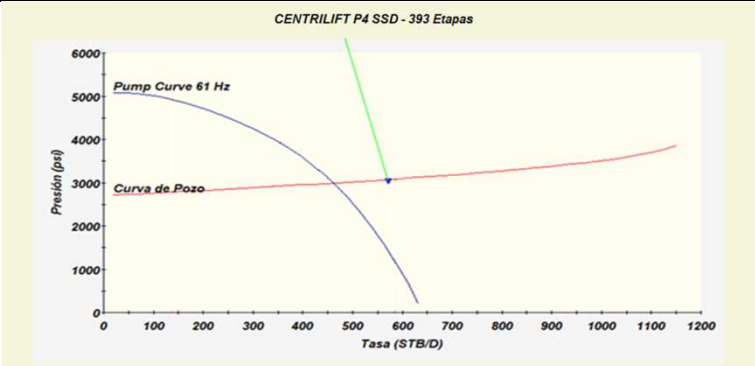
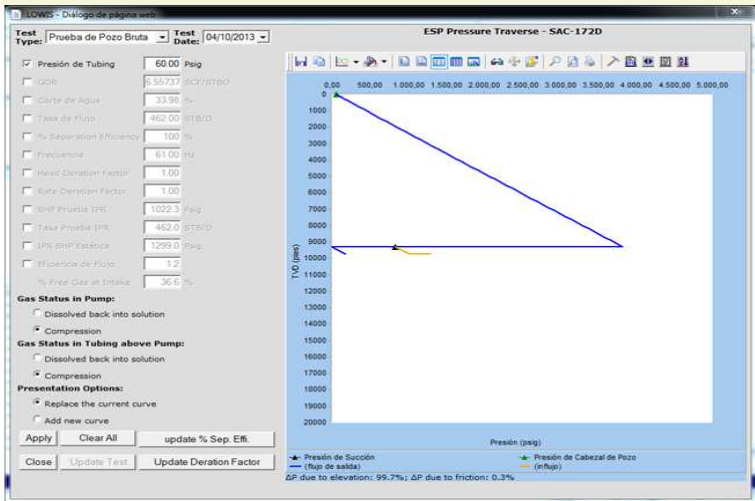
FUENTE: Archivos campo Sacha / Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

3.2.2.4. POZO SAC – 172D

TABLA 3. 6 ESTADO ACTUAL POZO SAC-172D AL 10 DE ABRIL DE 2013

POZO	ESTADO		PRODUCTOR
	ARENA		Ui
	ESTACION		SUR
	°API		19.00
	BFPD (bl)		462
	BPPD (bl)		305.01
	BSW (%)		33.98
	GOR (PCS/BF)		6.56
EQUIPO BES	MARCA		CENTRILIFT
	BOMBA		P4SSD
	# BOMBAS		2
	TIPO		COMPRESORA
	ETAPAS		124
			269
	Rango operativo	Qmín (BPD)	146
		Qmáx (BPD)	584
		Qop (BPD)	438
	Operando		RANGO DE PERACIÓN RECOMENDADO
FRECUENCIA (Hz)		61	
HP		120.24	

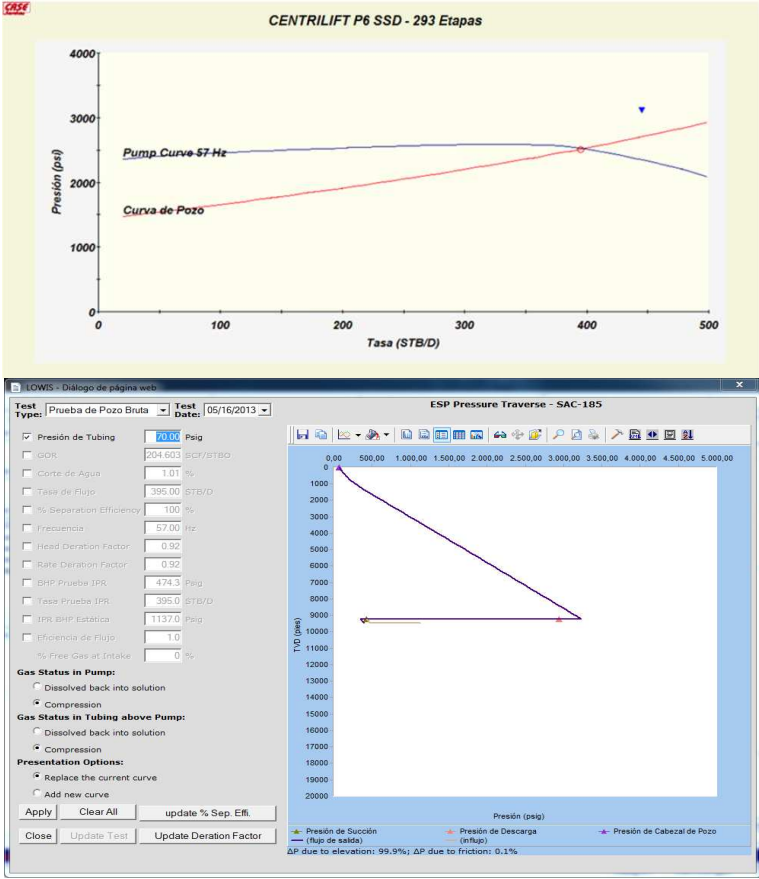



FUENTE: Archivos campo Sacha / Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

3.2.2.5. POZO SAC – 185D

TABLA 3. 7 ESTADO ACTUAL POZO SAC-228D AL 16 DE MAYO DE 2013

POZO	ESTADO	PRODUCTOR	
	ARENA	Ui	
	ESTACION	SUR	
	°API	27.30	
	BFPD (bl)	395	
	BPPD (bl)	391.01	
	BSW (%)	1.01	
	GOR (PCS/BF)	204.60	
EQUIPO BES	MARCA	CENTRILIFT	
	BOMBA	P6SSD	
	# BOMBAS	2	
	TIPO	COMPRESORA	
	ETAPAS	180	
		113	
	Rango operativo	Q_{mín} (BPD)	244
		Q_{máx} (BPD)	876
		Q_{op} (BPD)	584
	Operando	RANGO DE PERACIÓN RECOMENDADO	
FRECUENCIA (Hz)	57		
HP	54.95		

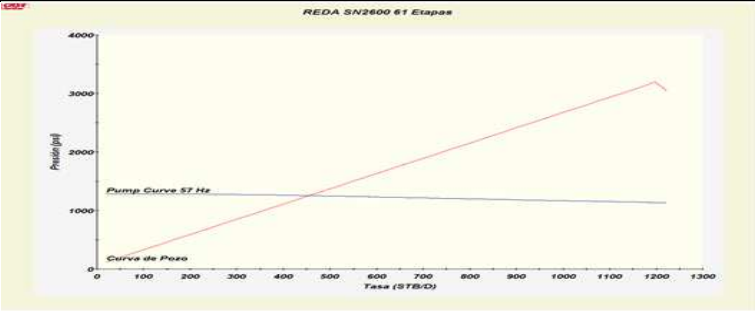
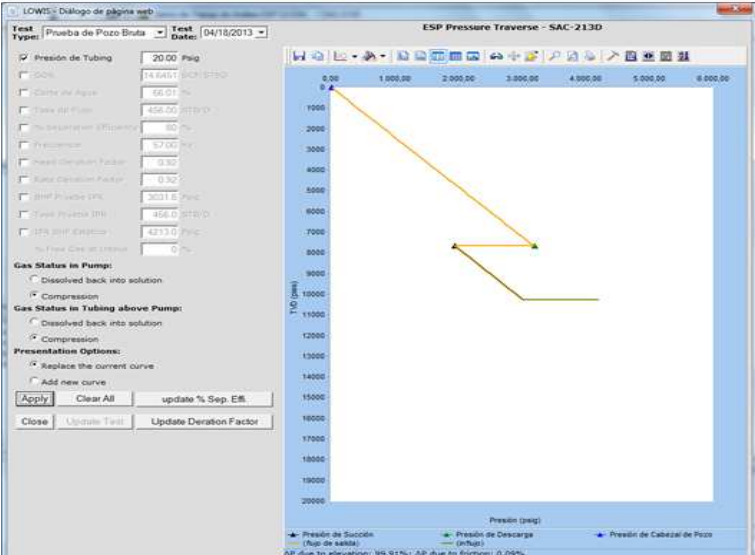
FUENTE: Archivos campo Sacha / Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

3.2.2.6. POZO SAC – 213D

TABLA 3. 8 ESTADO ACTUAL POZO SAC-213D AL 19 DE MARZO DE 2013

POZO	ESTADO		PRODUCTOR
	ARENA		Hi
	ESTACION		NORTE 2
	°API		25.50
	BFPD (bl)		456
	BPPD (bl)		154.99
	BSW (%)		66.01
	GOR (PCS/BF)		14.65
EQUIPO BES	MARCA		REDA
	BOMBA		SN2600
	# BOMBAS		1
	TIPO		COMPRESORA
	ETAPAS		61
	Rango operativo	Q_{mín} (BPD)	1600
		Q_{máx} (BPD)	3200
		Q_{op} (BPD)	2580
	Operando		DOWNTHRUST
	FRECUENCIA (Hz)		57
	HP		59.00

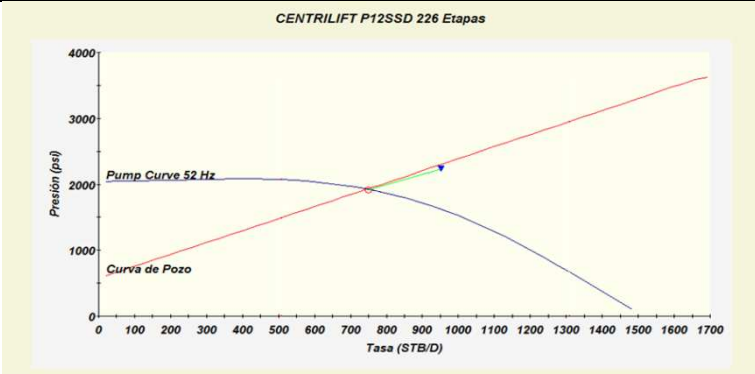
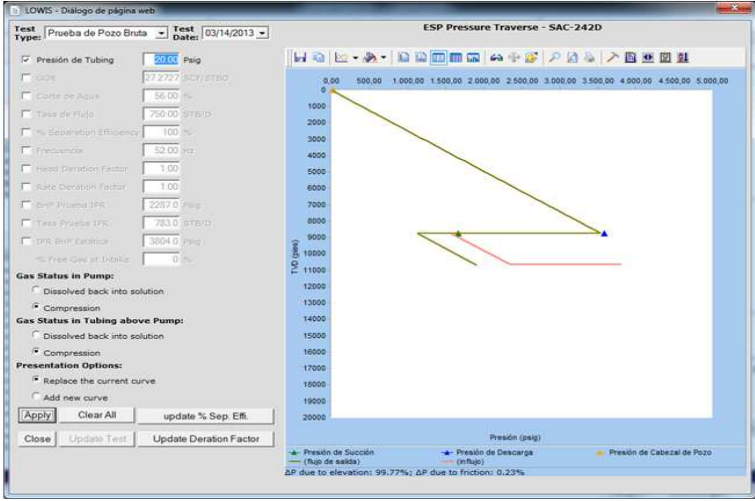
FUENTE: Archivos campo Sacha / Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

3.2.2.7. POZO SAC – 242D

TABLA 3. 9 ESTADO ACTUAL POZO SAC-242D AL 14 DE MARZO DE 2013

POZO	ESTADO		PRODUCTOR
	ARENA		Hs
	ESTACION		NORTE 2
	°API		26.00
	BFPD (bl)		750
	BPPD (bl)		330
	BSW (%)		56.00
	GOR (PCS/BF)		27.27
EQUIPO BES	MARCA		CENTRILIFT
	BOMBA		P12SSD
	# BOMBAS		1
	TIPO		FLOTANTE
	ETAPAS		226
	Rango operativo	Q_{mín} (BPD)	700
		Q_{máx} (BPD)	1600
		Q_{op} (BPD)	1200
	Operando		RANGO DE OPERACIÓN RECOMENDADO
	FRECUENCIA (Hz)		52
HP		89.24	

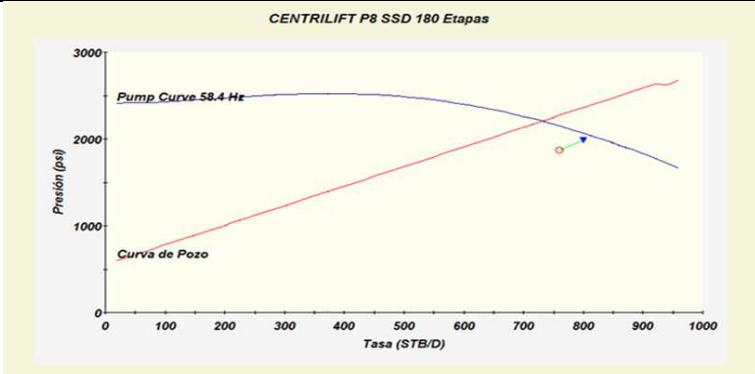
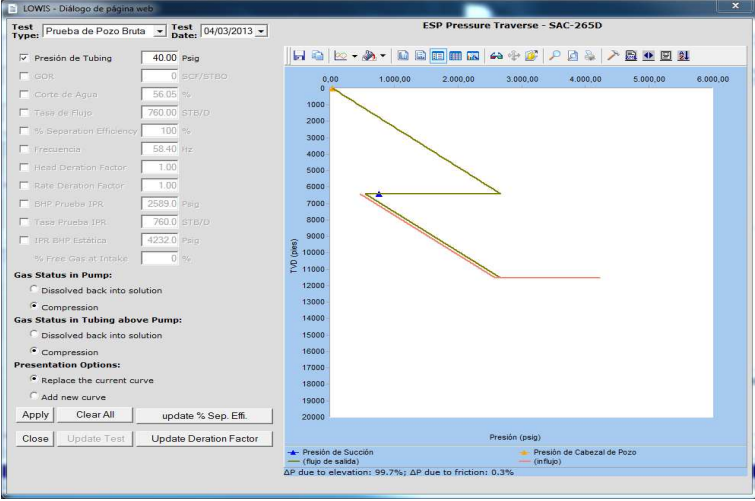
FUENTE: Archivos campo Sacha / Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

3.2.2.8. POZO SAC – 265D

TABLA 3. 10 ESTADO ACTUAL POZO SAC-265D AL 03 DE ABRIL DE 2013

POZO	ESTADO		PRODUCTOR
	ARENA		Hi
	ESTACION		NORTE 2
	°API		24.10
	BFPD (bl)		760
	BPPD (bl)		334.02
	BSW (%)		56.05
	GOR (PCS/BF)		0
EQUIPO BES	MARCA		CENTRILIFT
	BOMBA		P8 SSD
	# BOMBAS		1
	TIPO		COMPRESORA
	ETAPAS		180
	Rango operativo	Qmín (BPD)	389
		Qmáx (BPD)	1167
		Qop (BPD)	778
	Operando		RANGO DE OPERACIÓN RECOMENDADO
	FRECUENCIA (Hz)		58.4
	HP		83.80

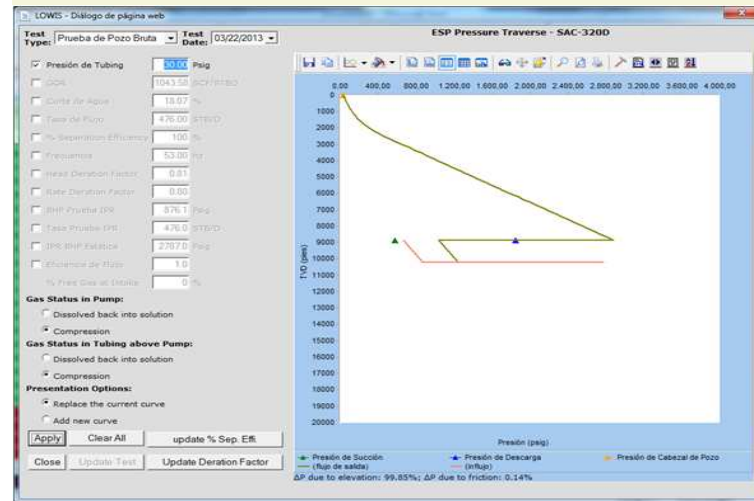
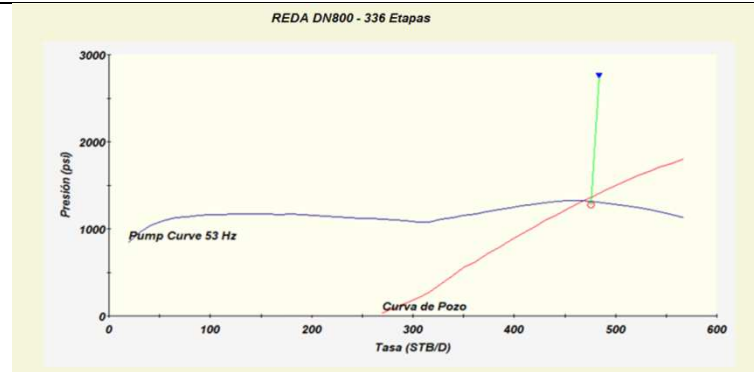
FUENTE: Archivos campo Sacha / Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

3.2.2.9. POZO SAC – 320D

TABLA 3. 11 ESTADO ACTUAL POZO SAC-320D AL 22 DE MARZO DE 2013

POZO	ESTADO		PRODUCTOR
	ARENA		Ti
	ESTACION		NORTE 2
	°API		24.80
	BFPD (bl)		476
	BPPD (bl)		389.99
	BSW (%)		18.07
	GOR (PCS/BF)		1043.58
EQUIPO BES	MARCA		REDA
	BOMBA		DN800
	# BOMBAS		2
	TIPO		COMPRESORA
	ETAPAS		168
			168
	Rango operativo	Qmín (BPD)	400
		Qmáx (BPD)	950
		Qop (BPD)	712
	Operando		RANGO DE OPERACIÓN RECOMENDADO
	FRECUENCIA (Hz)		53
HP		66.16	



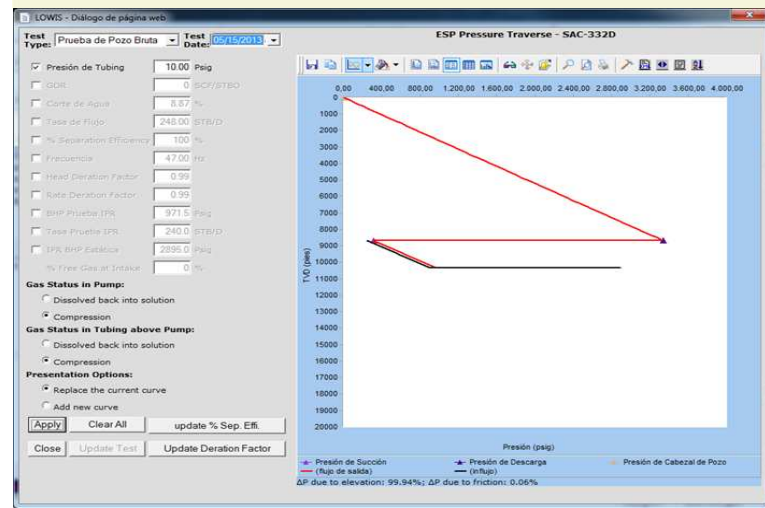
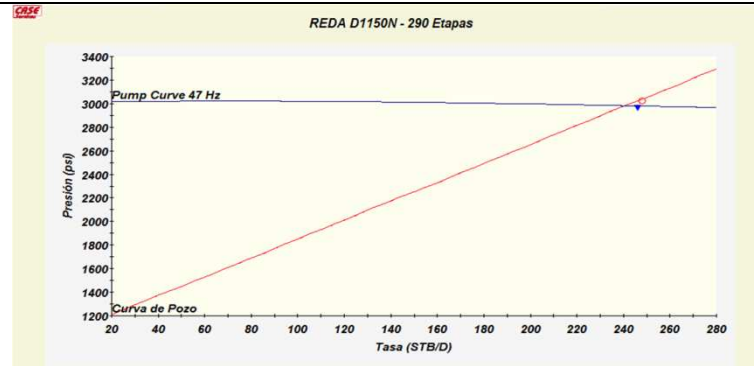
FUENTE: Archivos campo Sacha / Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

3.2.2.10. POZO SAC – 332D

TABLA 3. 12 ESTADO ACTUAL POZO SAC-59 AL 15 DE MAYO DE 2013

POZO	ESTADO		PRODUCTOR
	ARENA		Hs
	ESTACIÓN		SUR
	°API		30.60
	BFPD (bl)		240
	BPPD (bl)		217.99
	BSW (%)		9.17
	GOR (PCS/BF)		0.00
EQUIPO BES	MARCA		REDA
	BOMBA		D1150N
	# BOMBAS		2
	TIPO		COMPRESORA
	ETAPAS		130
			160
	Rango operativo	Q_{mín} (BPD)	401
		Q_{máx} (BPD)	1651
		Q_{op} (BPD)	1103
	Operando		DOWNTHRUST
	FRECUENCIA (Hz)		47
HP		143.40	



FUENTE: Archivos campo Sacha / Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

En la tabla 3.13 se detalla las especificaciones y características de los motores instalados en los pozos sujetos a análisis.

TABLA 3. 13 ESPECIFICACIONES DE MOTORES DE LOS POZOS SUJETOS A ANÁLISIS

POZO	MOTOR				
	MARCA	SERIE	Potencia placa	VOLTAJE	AMPERAJE
			(HP)	(V)	(Amps)
SAC-008	ESP	TR5	160,00	1115	88,5
SAC - 32	REDA	562	150	2300	39
SAC - 99	CENTRILIFT	562	152	2325	40
SAC - 172D	CENTRILIFT	562	110	2152	31
SAC-185D	CENTRILIFT	450	102	1293	54
SAC - 213D	REDA	562	150	1600	56
SAC - 242D	CENTRILIFT	562	152	2325	40
SAC - 265D	CENTRILIFT	562	114	2330	30
SAC - 320D	REDA	562	150	2393	38.4
SAC-332D	REDA	562	338	1644	124

FUENTE: Archivos campo Sacha / Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA A TRAVÉS DEL SOFTWARE LOWIS

El presente capítulo describe el análisis realizado a los pozos mediante el empate de la curva de gradiente de presión, análisis de presiones a través de la bomba BES, tendencias de corrientes, puntos de operación del sistema BES, factor de corrección en potencia y análisis de sensibilidades.

El objetivo de realizar un estudio sobre las condiciones actuales de trabajo del sistema BES es optimizar la producción de los pozos y/o reducir costos de levantamiento mediante la modificación de parámetros del funcionamiento de los equipos; también se podrá realizar acciones preventivas sobre posibles problemas en el sistema BES y predecir cambios en las condiciones del yacimiento.

Con el objetivo de mantener valores que representen el comportamiento real del pozo, la variación de los parámetros para el ajuste de la curva de gradiente de presión de cada uno de los pozos fue en base a:

- Historial de Producción (LOWIS)
- Historial de Workover (OPENWELLS)
- Forecast
- Pruebas de pozo (B'UPs)

El ajuste se lo realizará variando los parámetros del estado actual de los pozos, entendiendo como estado actual las condiciones de producción del pozo al momento de la prueba de producción y con los valores de factores de degradación y eficiencia de separación ingresados el momento de introducir la información del equipo BES por primera vez al sistema.

En el porcentaje de la eficiencia de separación se utilizará valores teóricos referenciales del 80% para pozos en los cuales se cuenta con separadores de gas y del 40% para aquellos en los cuales no se cuenta con dichos equipos.

En el análisis de sensibilidades, para la selección de una nueva frecuencia de operación en caso de requerirlo, se considerará un factor de seguridad del 85% en la carga y potencia nominal del motor, con el objetivo de garantizar el funcionamiento de los equipos una vez que se varíe la frecuencia.

4.1. POZO SAC-008

4.1.1. Ajuste de la travesa de presión

Para realizar el ajuste de la curva de gradiente de presión se debieron considerar cambios en ciertos parámetros, los cuales pueden ser vistos en la tabla 4.1.

TABLA 4. 1 PARÁMETROS MODIFICADOS EN EL POZO SAC – 008 PARA EL AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN

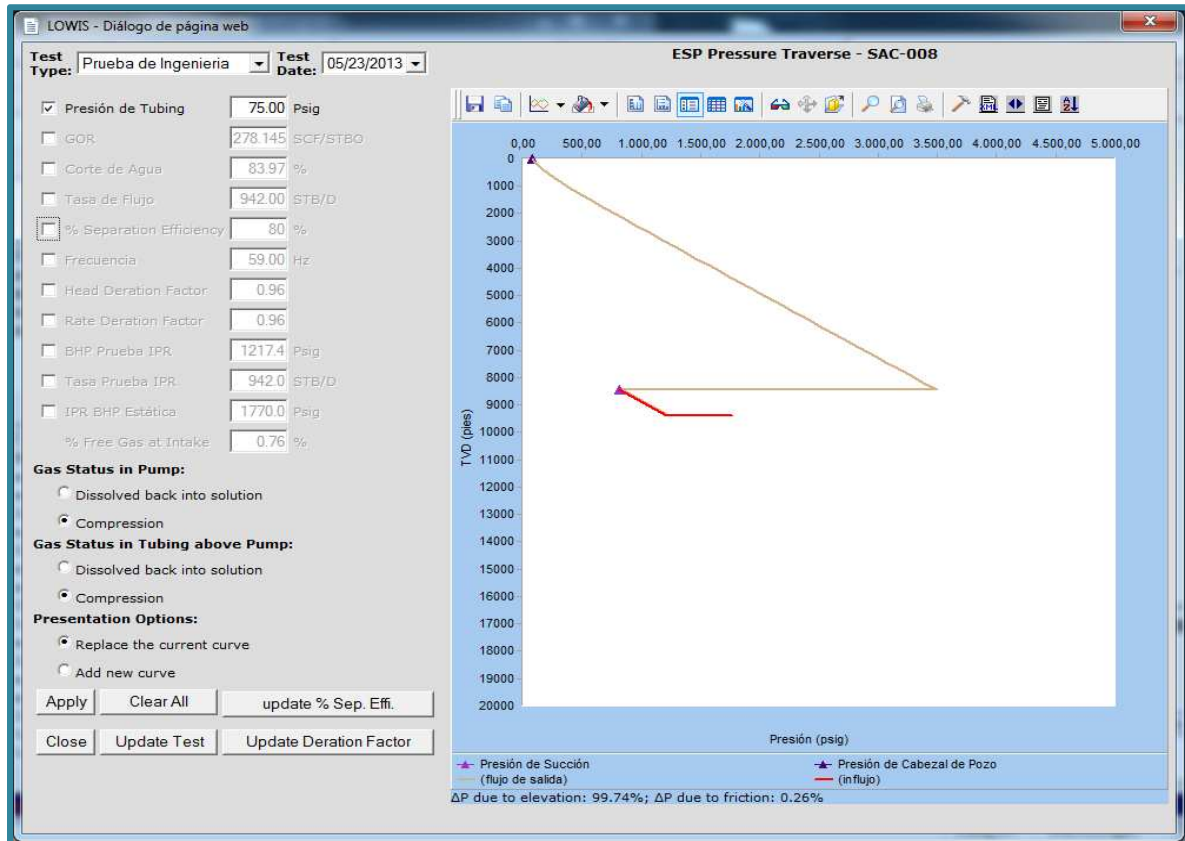
SAC-008	GOR (PCS/BF)	BSW (%)	Caudal (BFPD)	Eff. Separación (%)	Factor de Degradación	
					Cabeza	Caudal
ESTADO ACTUAL	278.15	83.97	942	100.00	1.00	1.00
AJUSTE	278.15	83.97	942	80.00	0.96	0.96
VARIACIÓN (%)	0.00	0.00	0.00	20.00	4.00	4.00

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

El ajuste de la curva de gradiente de presión posterior a la modificación de los parámetros antes mencionados se puede ver en la figura 4.1.

FIGURA 4. 1 AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN DEL POZO SAC – 008



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Este pozo no dispone de un sensor que registre la presión de descarga; consecuentemente, el ajuste de la curva de gradiente de presión fue ajustada a la presión de succión. Esto implica un análisis enfocado en determinar si la bomba se encuentra o no operando con desgaste; sin embargo, no es posible validar datos como GOR, eficiencia de separación de gas y BSW.

4.1.2. Análisis del punto de operación del sistema BES

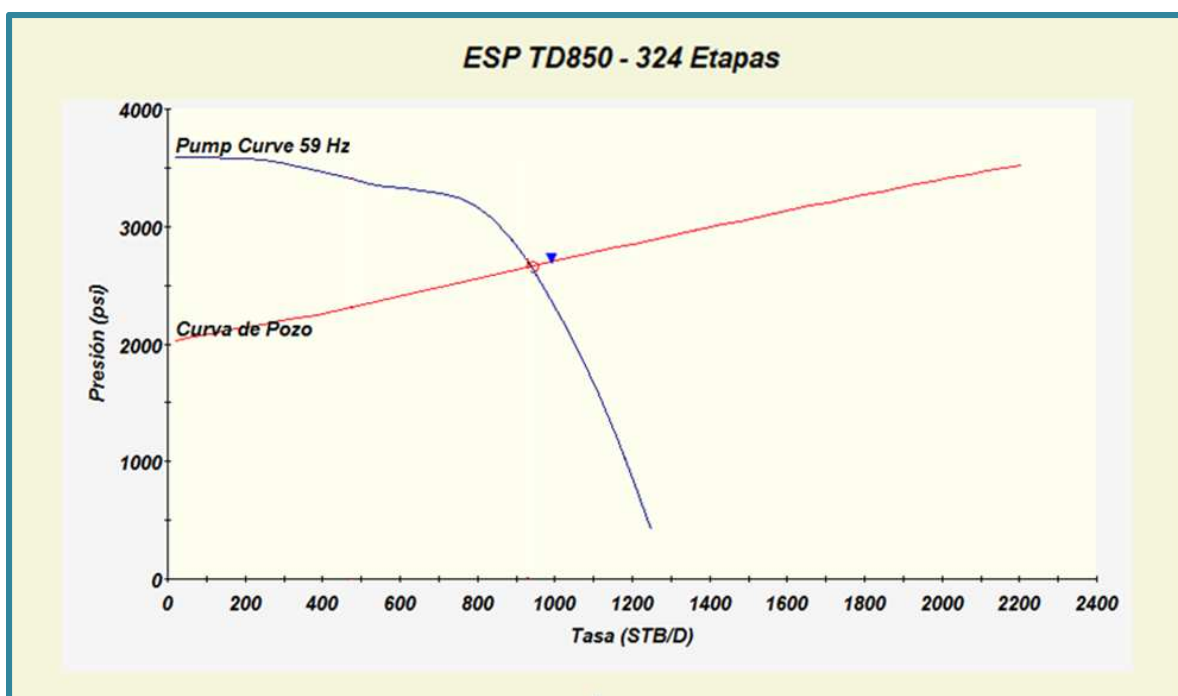
El pozo está produciendo 942 BFPD (151 BPPD) con una presión de descarga de 3498 psi, lo que ubicó a la bomba ESP TD850 en el RANGO DE OPERACIÓN RECOMENDADO. El pozo presentó un PIP de 834 psi y una presión de burbuja de 1175 psi. El porcentaje de gas a través de la bomba fue de 0.76%; de igual manera se cuenta con un GOR de 278.15 PCS/BF.

La bomba fue instalada el 27/12/2009, presentando un tiempo de operación de 4 años 4 meses aproximadamente, con un porcentaje de degradación del 4% a la fecha de la prueba de producción.

En la figura 4.2 se puede observar que el punto de operación recomendado se encuentra alejado del punto de operación real constatando así una degradación sobre la bomba e indicando de igual manera condiciones de diseño y operación no ideales.

Al revisar las pruebas de producción anteriores se observa una tendencia de los puntos de operación a lo largo de la curva del pozo alejándose de la curva de bomba, lo que corrobora una degradación de la bomba.

FIGURA 4. 2 PUNTO OPERATIVO DEL POZO SAC – 008

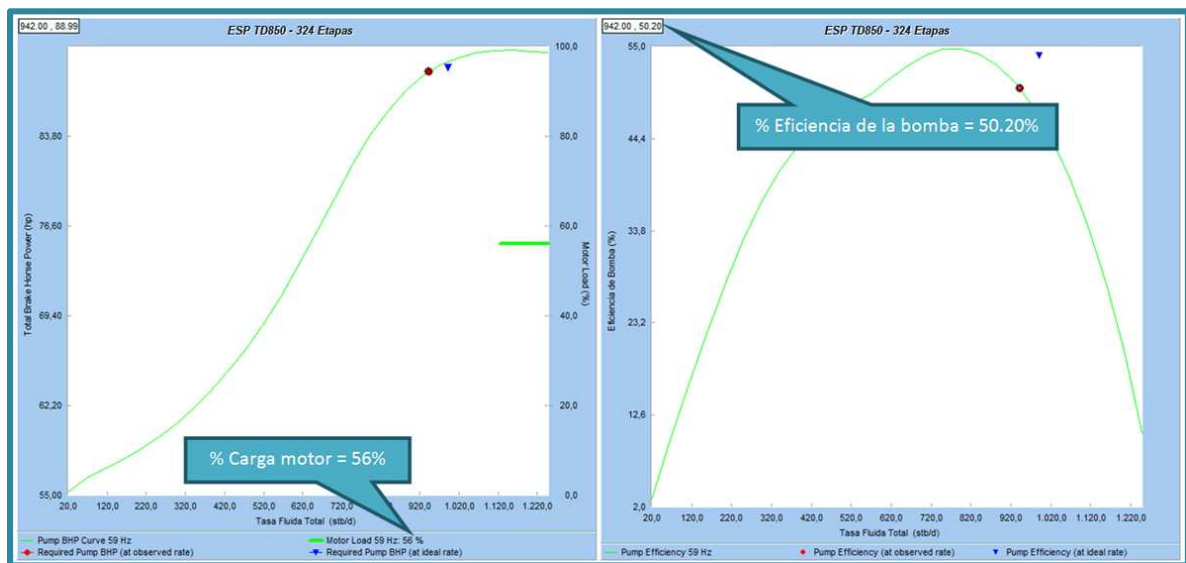


FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.1.3. Cálculo del factor de corrección en potencia

Con el sistema en equilibrio, se obtuvo 56% de carga del motor (ESP SERIE TR5, 160 HP, 1115 V, 88.5 Amps) y un 50.20% de eficiencia de la bomba, valores que se pueden observar en la figura 4.3.

FIGURA 4. 3 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC – 008 (SIN CORRECCIÓN)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Para realizar la corrección del porcentaje de carga y eficiencia de la bomba se debe hacer el cálculo del porcentaje teórico de carga (ecuación 4.1) y del factor de corrección en potencia (ecuación 4.2), factor que será ingresado en LOWIS para realizar la corrección.

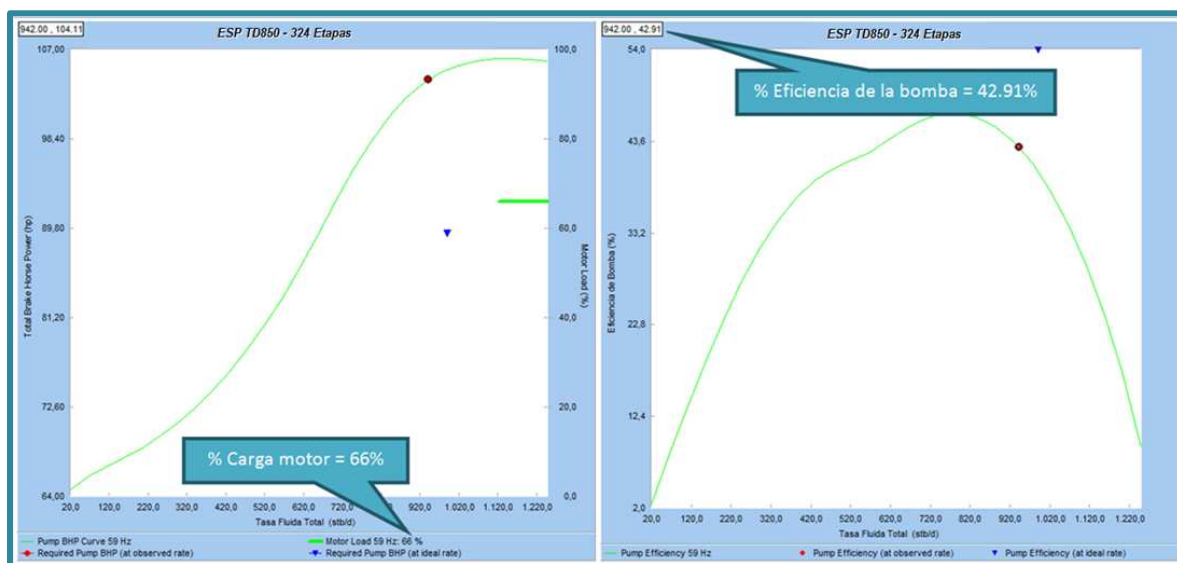
- Amperaje usado = 58 Amps
- Amperaje de placa = 88.5 Amps
- % Carga del sistema en equilibrio = 56%

$$\% \text{carga} = \frac{\text{Amperaje usado}}{\text{Amperaje de placa}} = \frac{58 \text{ Amps}}{88.5 \text{ Amps}} = 0.6554 \approx 65.54\% \quad (4.1)$$

$$\text{Factor de corrección en potencia} = \frac{\% \text{carga}}{\% \text{carga del sistema en equilibrio}} = \frac{65.54\%}{56\%} = 1.17 \quad (4.2)$$

Una vez realizada la corrección se obtuvo un porcentaje de carga del 66% y una eficiencia de la bomba 42.91%, valores que pueden ser vistos en la figura 4.4.

FIGURA 4. 4 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC – 008 (CORREGIDO)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.1.4. Análisis de Sensibilidades

En la figura 4.5 y en la tabla 4.2 se puede observar los valores obtenidos de la simulación de variación de frecuencia.

TABLA 4. 2 SIMULACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA (SAC – 008)

POZO	Frecuencia (Hz)	Qt (BFPD)	Qo (BPPD)	BSW (%)	TDP (PSI)	Eficiencia (%)	Potencia (HP)	Carga (%)
SAC-008	63	1050	168.32	83.97	2746	40.53	126.64	75.25
	62	1023	163.99	83.97	2725	41.20	120.71	72.88
	61	996	159.66	83.97	2785	41.79	114.96	70.55
	60	967	155.01	83.97	2685	42.47	109.40	68.26
	59	942	151.00	83.97	2664	42.91	104.02	66.00

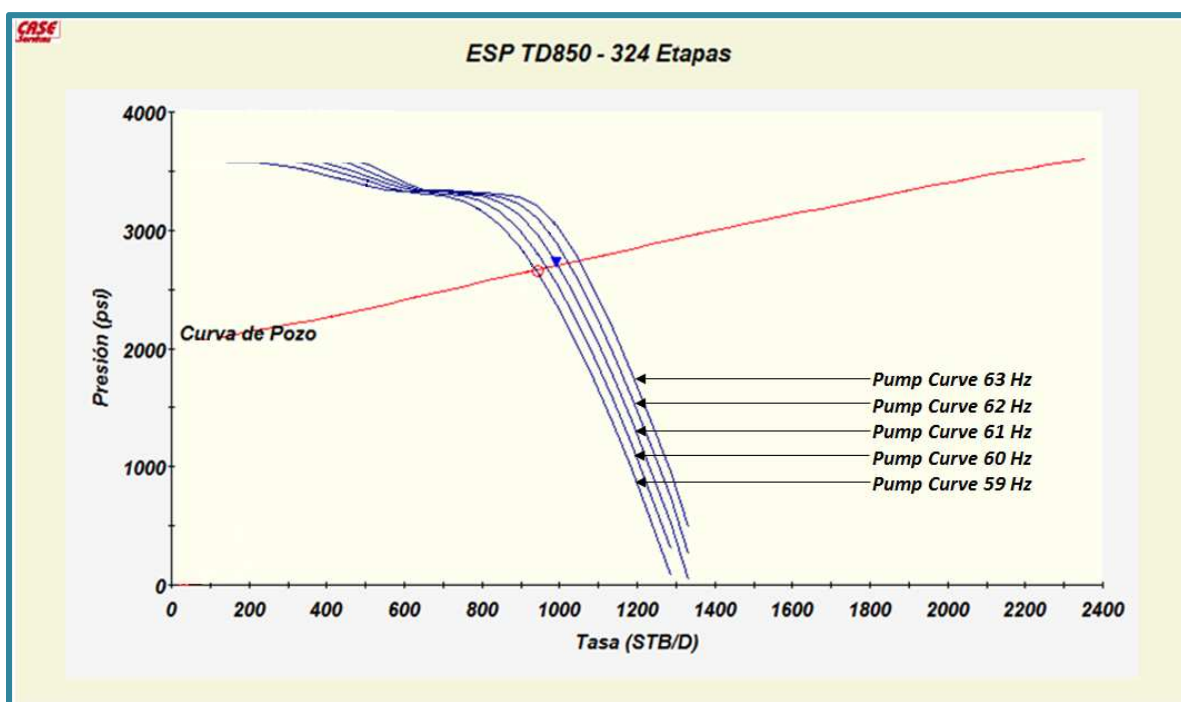
FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

Actualmente, el equipo se encuentra operando a 59 Hz, y de acuerdo a la ubicación del punto de operación real y el punto de operación recomendado en el

análisis de sensibilidades, se podría incrementar la frecuencia de operación a 61 Hz, éste incremento en la frecuencia llevaría a un aumento de producción desde 942 BFPD (151 BPPD) hasta 996 BFPD (159.66 BPPD), obteniendo una ganancia de 8.66 BPPD aproximadamente, requiriendo que el motor trabaje con una carga del 70.55% y una potencia de 114.96 HP. Esto puede ser observado en la figura 4.5.

FIGURA 4. 5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES DEL POZO SAC – 008



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.1.5. Tendencia de corriente

El pozo no dispone con datos registrados en estado análogo de LOWIS a la fecha del análisis motivo por el cual no se pudo obtener las gráficas de las tendencias de corriente, frecuencia, presión de succión y descarga; consecuentemente, no se efectuó el análisis de tendencia de corriente.

4.2. POZO SAC-032

4.2.1. Ajuste de la travesa de presión

El ajuste de la curva de gradiente de presión, representada en la figura 4.6, implica una variación de parámetros, los cuales pueden ser observados en la tabla 4.3.

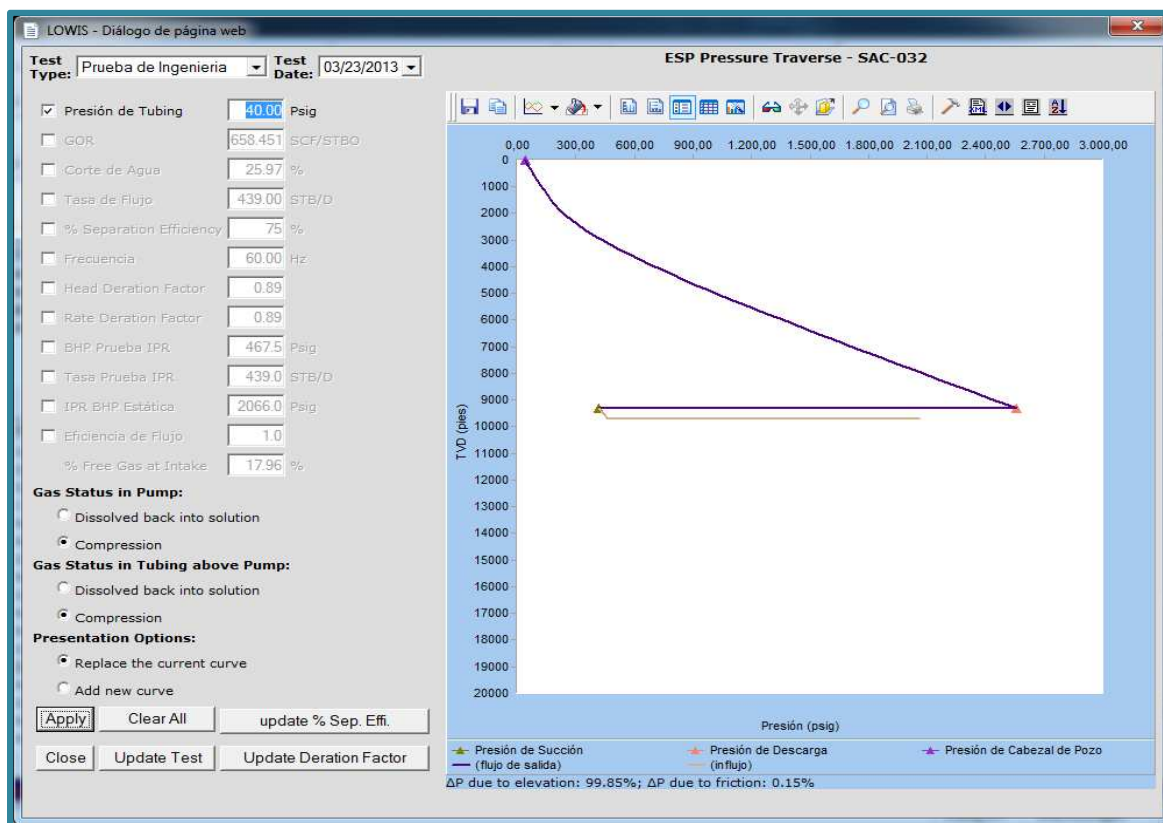
TABLA 4. 3 PARÁMETROS MODIFICADOS EN EL POZO SAC – 032 PARA EL AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN

SAC-32	GOR (PCS/BF)	BSW (%)	Eff. Separación (%)	Caudal BFPD	Factor de Degradación	
					Cabeza	Caudal
ESTADO ACTUAL	658.46	25.97	100	439	1.00	1.00
AJUSTE	658.45	25.97	75	439	0.89	0.89
VARIACIÓN (%)	0.00	0.00	25	0.00	11.00	11.00

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

FIGURA 4. 6 AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN DEL POZO SAC - 032



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

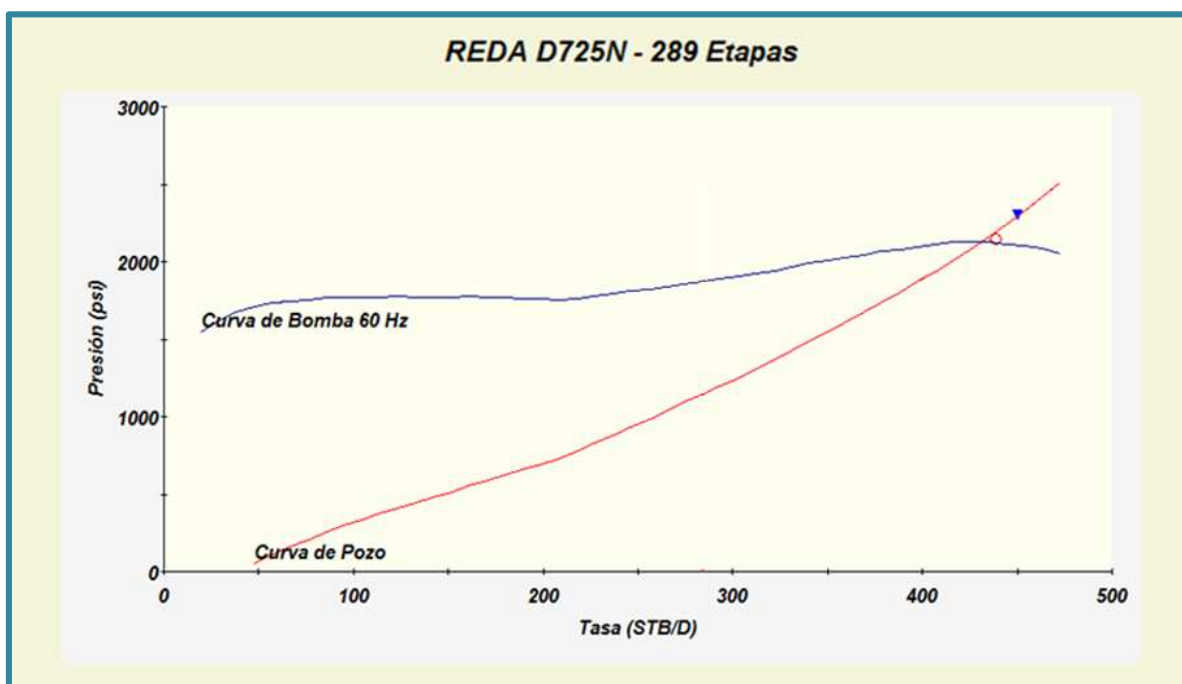
4.2.2. Análisis del punto de operación del sistema BES

En la figura 4.7 se puede observar una diferencia existente entre el punto de operación recomendado y el punto de operación real, lo cual indica una degradación de la bomba. Sin embargo, comparándola con pruebas de producción anteriores se puede concluir que también se presentan efectos de pozo, lo cual puede darse por causas como agotamiento del reservorio, skin y/o aumento en el corte de agua. Este efecto en el pozo puede evidenciarse a través del incremento en el corte de agua de 17.88% en enero de 2013 a un 26% en marzo de 2013.

La bomba REDA D725N está trabajando dentro de un RANGO DE OPERACIÓN RECOMENDADO con un caudal de 439 BFPD (324.99 BPPD) con una presión de descarga de 2574 psi, su PIP es de 431 psi y la presión de burbuja de 1293 psi; sin embargo, existe una degradación de la bomba del 11% en un tiempo de operación de 2 años desde el 12/04/2011 (fecha de bajada del equipo).

La eficiencia de separación de gas es del 75%, con un porcentaje de gas libre del 17.96% a través de la bomba.

FIGURA 4. 7 PUNTO OPERATIVO DEL POZO SAC - 032



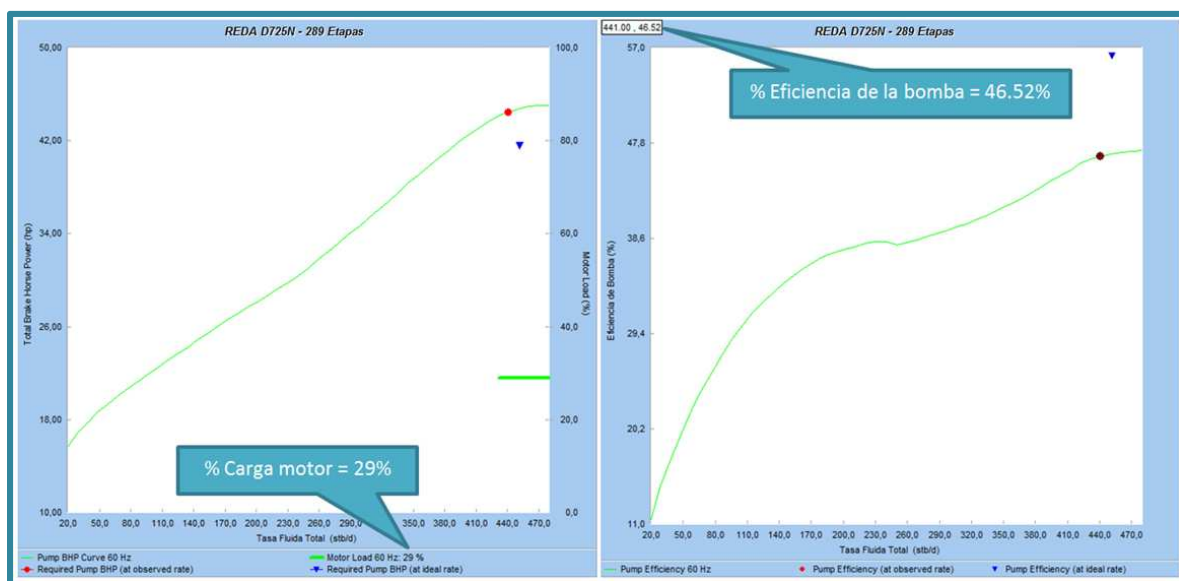
FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

A pesar de haberse validado los datos reales que representan el comportamiento actual del pozo y a pesar del ajuste obtenido en la curva de gradiente de presión, el punto de operación real se encuentra ligeramente desviado de la intersección de la curvas de la bomba y del pozo debido a que a pesar de empatar la curva con valores referenciales de forecast estos no se ajustan completamente al comportamiento real del pozo.

4.2.3. Cálculo del factor de corrección en potencia

La carga del motor (REDA SERIE 562, 150 HP, 2300 V, 39 Amps) con el sistema en equilibrio, una vez realizado el ajuste de la curva de gradiente de presión, es de 29% con una eficiencia del 46.52%; cuyos valores pueden ser observados en la figura 4.8 y serán corregidos a continuación.

FIGURA 4. 8 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC - 032 (SIN CORRECCIÓN)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Los valores de carga y de eficiencia deben ser corregidos mediante el porcentaje teórico de carga del motor para obtener el factor de corrección en potencia, calculados en las ecuaciones 4.3 y 4.4 respectivamente.

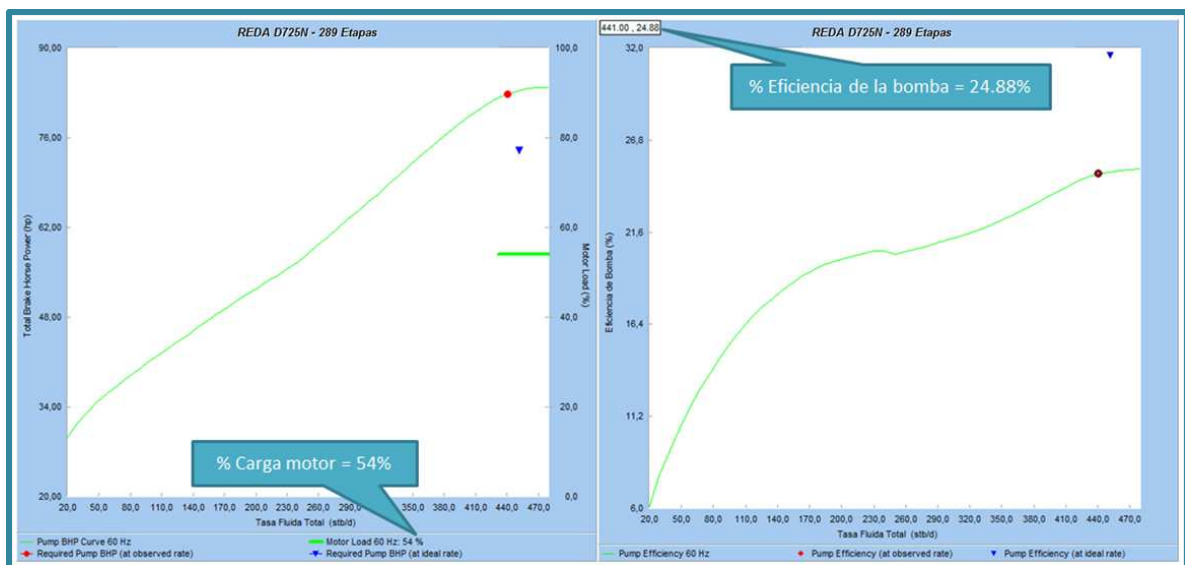
- Amperaje usado = 21 Amps
- Amperaje de placa = 39 Amps
- % Carga del sistema en equilibrio = 29%

$$\% \text{carga} = \frac{\text{Amperaje usado}}{\text{Amperaje de placa}} = \frac{21 \text{ Amps}}{39 \text{ Amps}} = 0.5385 \approx 53.85\% \quad (4.3)$$

$$\text{Factor de corrección en potencia} = \frac{\% \text{carga}}{\% \text{carga del sistema en equilibrio}} = \frac{53.85\%}{29\%} = 1.86 \quad (4.2)$$

El factor de corrección en potencia obtenido es de 1.86, a través del cual se obtiene un porcentaje de carga real del motor del 54% con una eficiencia del 24.88%. Estos valores pueden ser observados en la figura 4.9.

FIGURA 4. 9 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC - 032 (CORREGIDO)

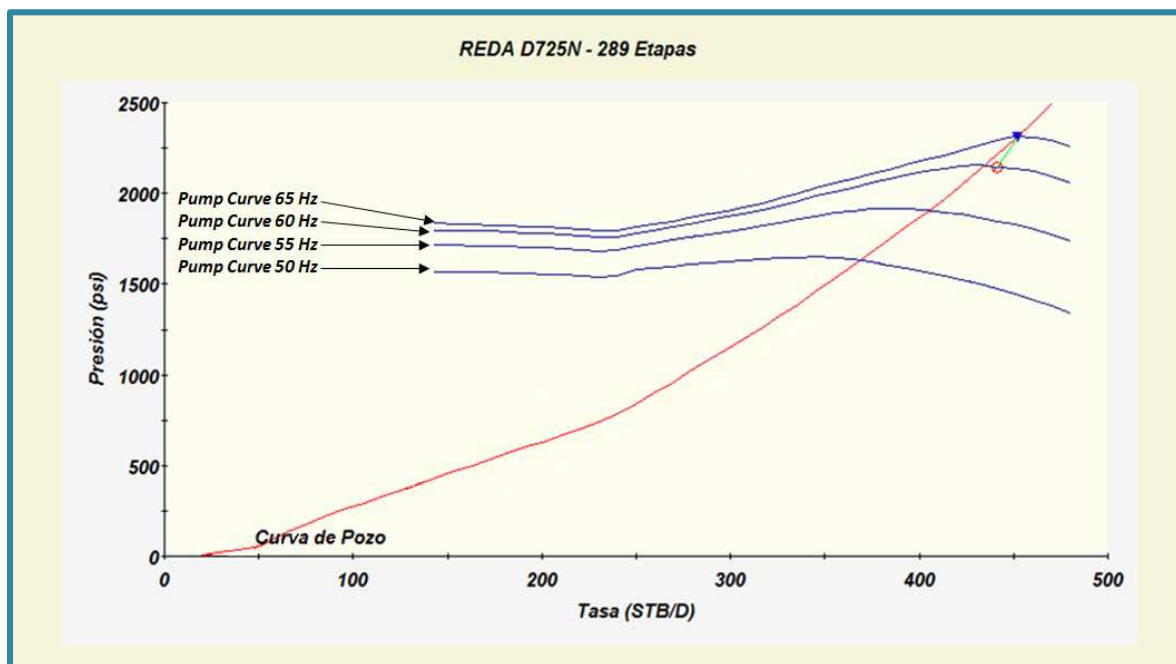


FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.2.4. Análisis de sensibilidades

En la figura 4.10 y en la tabla 4.4 se puede observar los valores obtenidos de la simulación de la variación de frecuencia.

FIGURA 4. 10 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES DEL POZO SAC-032



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

TABLA 4. 4 SIMULACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA (SAC – 032)

POZO	Frecuencia (Hz)	Qt (BFPD)	Qo (BPPD)	BSW (%)	TDP (PSI)	Eficiencia (%)	Potencia (HP)	Carga (%)
SAC-32	65	452	334.62	25.97	2307	23.79	104.14	63.38
	60	439	324.99	25.97	2143	24.88	81.91	54.00
	55	401	296.86	25.97	1899	24.90	63.09	45.38
	50	361	267.25	25.97	1627	24.75	47.40	37.50

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

La frecuencia de operación actual es de 60 Hz, pero de acuerdo al análisis de sensibilidades, se puede concluir que la frecuencia de operación recomendada sería 65 Hz, lo cual implicaría incrementar la tasa de producción de 439 BFPD (324.99 BPPD) a 452 BFPD (334.62 BPPD); el incremento de ésta frecuencia implicaría un requerimiento de potencia del motor de 104.14 HP, con un porcentaje de carga de 63.38%.

Sin embargo, es importante el tomar en cuenta la alta presencia de gas proveniente del pozo ya que se cuenta con un GOR de 658.45 PCS/BF. Al analizar la eficiencia de la bomba se observa que decrecería a un 23.79%, lo que indica que la bomba se degradaría y que la eficiencia de separación de gas no será eficiente.

Finalmente, se recomienda mantener la frecuencia de operación actual para evitar gastos de operación y mantenimiento al presentarse una degradación del equipo BES por presencia de gas libre a través de la bomba sabiendo que este valor es alto (17.96%) a pesar de contar con un separador y una manejadora de gas en el equipo.

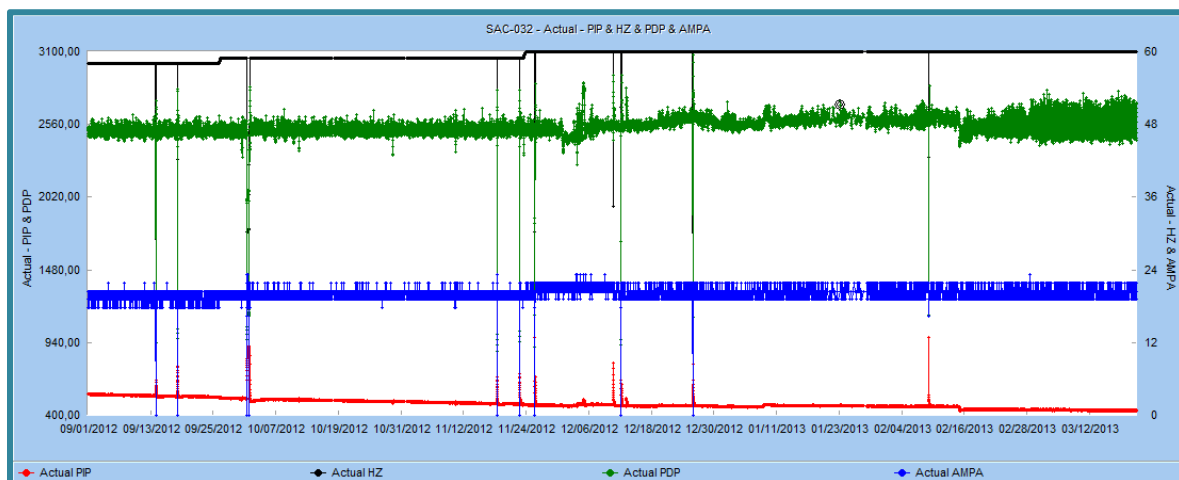
4.2.5. Tendencia de corriente

Mediante la figura 4.11 se puede observar varias y continuas fluctuaciones a lo largo de la corriente, indicando la presencia de gas libre en la bomba, la cual es de 17.96%, además de tener un GOR de 658.45 PCS/BF.

La presencia de gas implica irregulares consumos de corriente. En la figura 4.11 se puede observar que la corriente, cuyo valor promedio mensual es de 20.15 Amps, oscila entre 19.10 Amps y 21.80 Amps.

Durante sus 2 años de operación se ha incrementado la frecuencia desde 58 Hz (09/25/2012) a 59 Hz (11/22/2012) y finalmente a 60 Hz (11/23/2012). Este incremento de frecuencia está reflejado también en un incremento de la corriente de 19.10 Amps a 21.80 Amps.

La presión de intake ha ido disminuyendo desde 551.9 psi (09/06/2012) a 429.10 psi (04/04/2013) lo cual se da por un decremento en la presión de yacimiento y una baja productividad, provocando así un mayor desgaste sobre la bomba.

FIGURA 4. 11 TENDENCIA DE CORRIENTE DEL POZO SAC-032

FUENTE: Software LOWIS – ORNCEM

4.3. POZO SAC-099

4.3.1. Ajuste de la travesa de presión

Para realizar el ajuste de la curva de gradiente de presión se debieron considerar cambios en ciertos parámetros, los cuales pueden ser vistos en la tabla 4.5.

TABLA 4. 5 PARÁMETROS MODIFICADOS EN EL POZO SAC – 099 PARA EL AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN

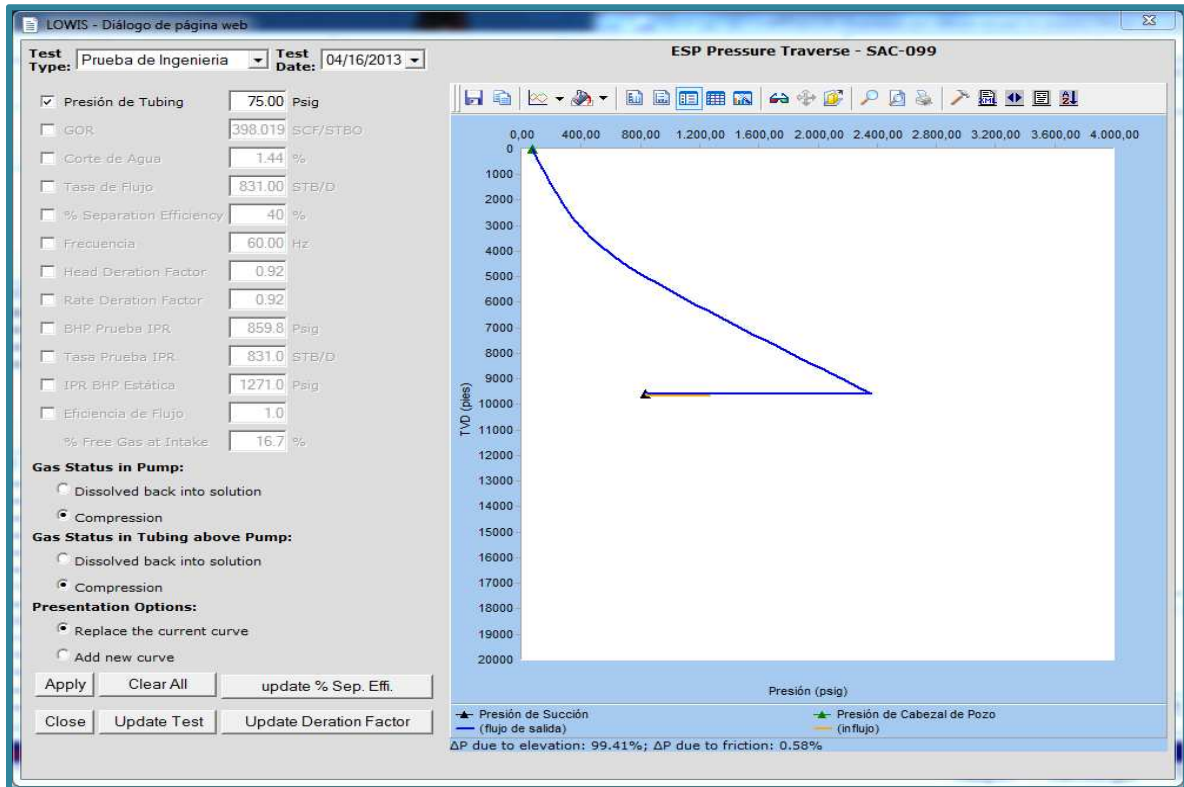
SAC-99	GOR (PCS/BF)	BSW (%)	Caudal BFPD	Eff. Separación (%)	Factor de Degradación	
					Cabeza	Caudal
ESTADO ACTUAL	398.02	1.44	831	100.00	1.00	1.00
AJUSTE	398.02	1.44	831	40.00	0.92	0.92
VARIACIÓN (%)	0.00	0.00	0.00	60.00	8.00	8.00

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

El ajuste de la curva de gradiente de presión posterior a la modificación de los parámetros antes mencionados se puede ver en la figura 4.12.

FIGURA 4. 12 AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN DEL POZO SAC - 099



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Este pozo no dispone de un sensor que registre la presión de descarga, motivo por el cual el ajuste de la curva de gradiente de presión fue ajustada a la presión de succión. Esto implica un análisis enfocado en determinar si la bomba se encuentra o no operando con desgaste; sin embargo, no es posible validar datos como GOR, eficiencia de separación de gas y BSW.

4.3.2. Análisis del punto de operación del sistema BES

El pozo actualmente se encuentra produciendo 831 BFPD (819.03 BPPD) con una presión de descarga de 2371 psi , lo que permite tener a la bomba CENTRILIFT P8 SSD dentro del RANGO DE OPERACIÓN RECOMENDADO como se puede ver en la figura 4.13. El pozo tiene un PIP de 851 psi y una presión de burbuja de 1293 psi.

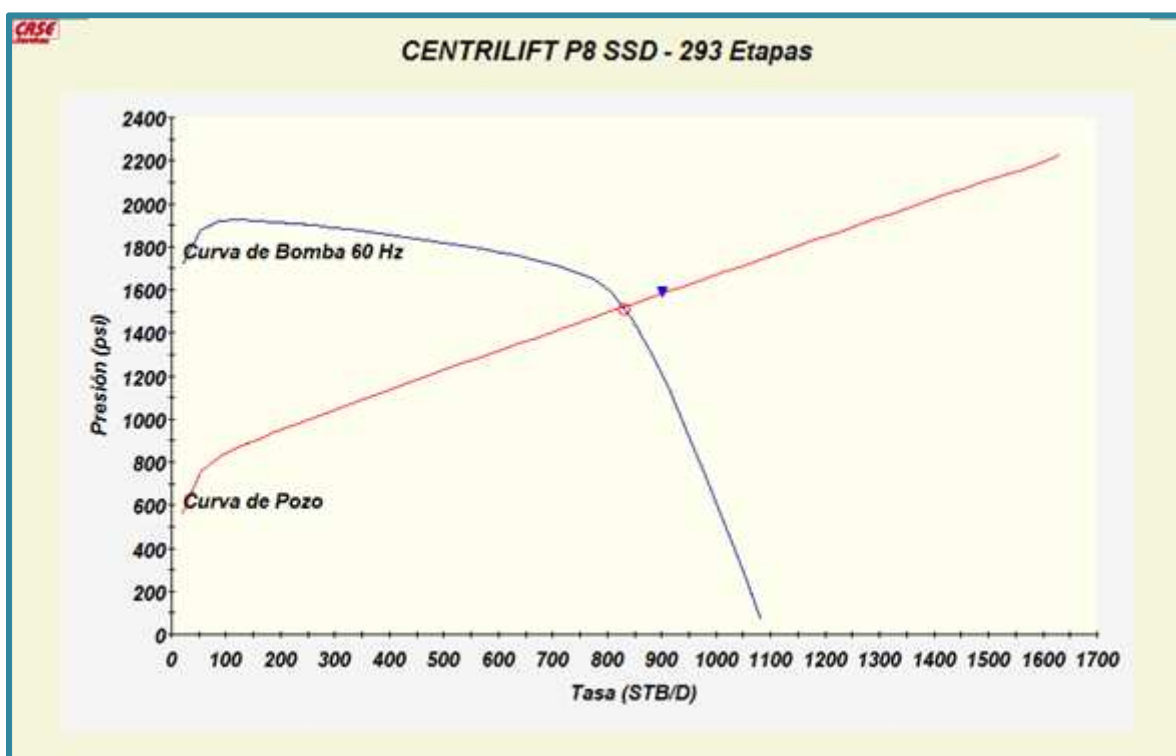
Tanto el punto de operación real como el punto de operación recomendado se encuentran separados; esto indica una degradación de la bomba, la cual fue

instalada el 16/03/2010, presentando un tiempo de operación de 3 años, tiempo en el cual se ha degradado un 8%.

El porcentaje de gas libre a través de la bomba es de 16.7%, motivo por el cual es recomendable la instalación de un separador de gas ya que se tiene un porcentaje de gas libre a través de la bomba mayor al 10%, cuyo valor es el máximo permisible para que la bomba opere sin cavitación.

Adicional se puede evidenciar un decaimiento de la presión de fondo fluyente de 908.46 psi el 13/12/2011 a una presión de 859.79 psi el 16/04/2013.

FIGURA 4. 13 PUNTO OPERATIVO DEL POZO SAC - 099

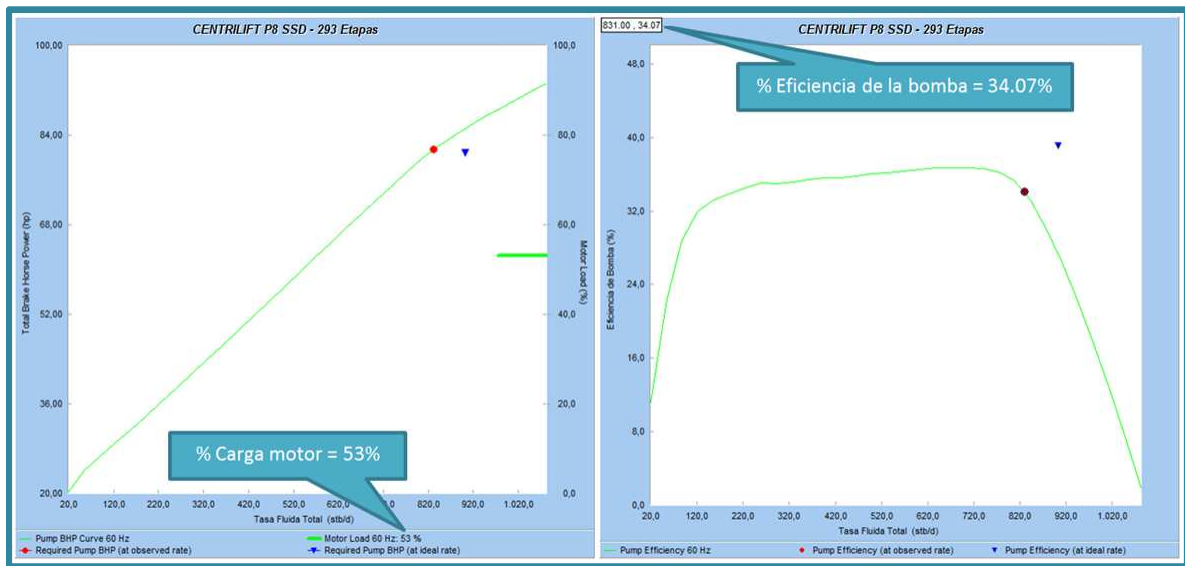


FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.3.3. Cálculo del factor de corrección en potencia

Una vez que se logró tener el sistema en equilibrio, se obtuvo 53% de carga del motor (CENTRILIFT SERIE 562, 152 HP, 2325 V, 40 Amps) y un 34.07% de eficiencia de la bomba, cuyos valores pueden observarse en la figura 4.14 y serán corregidos a continuación.

FIGURA 4. 14 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC - 099 (SIN CORRECCIÓN)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Para realizar la corrección del porcentaje de carga y eficiencia de la bomba se debe hacer el cálculo del porcentaje teórico de carga (ecuación 4.5) y del factor de corrección en potencia (ecuación 4.6), factor que será ingresado en LOWIS para realizar la corrección con el objetivo de obtener el porcentaje real de carga y eficiencia de la bomba.

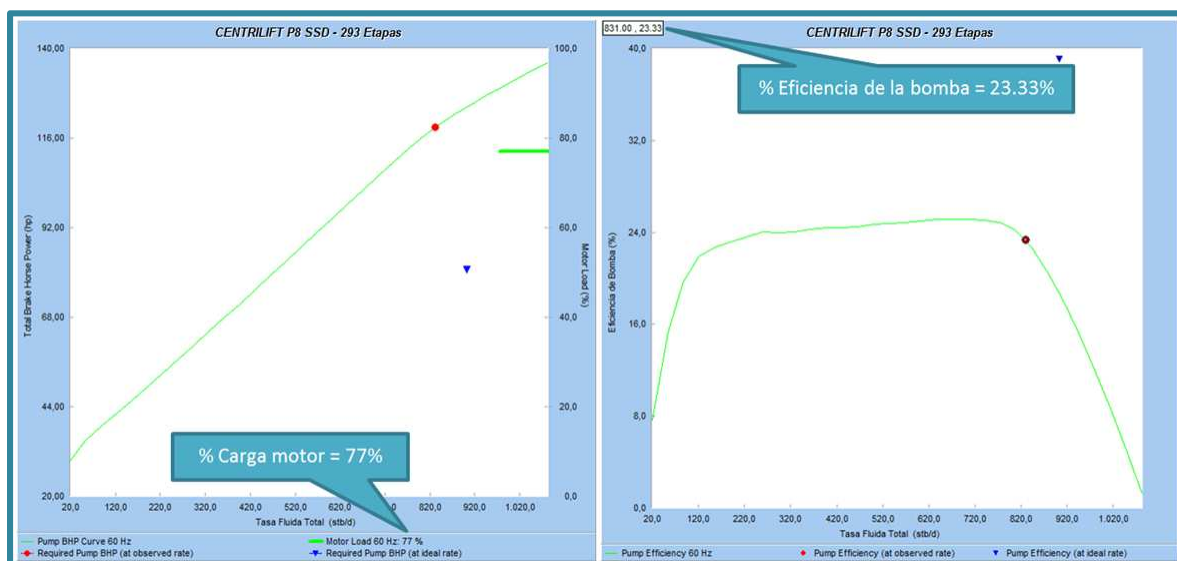
- Amperaje usado = 31 Amps
- Amperaje de placa = 40 Amps
- % Carga del sistema en equilibrio = 53%

$$\% \text{carga} = \frac{\text{Amperaje usado}}{\text{Amperaje de placa}} = \frac{31 \text{ Amps}}{40 \text{ Amps}} = 0.775 \approx 77.50\% \quad (4.5)$$

$$\text{Factor de corrección en potencia} = \frac{\% \text{carga}}{\% \text{carga del sistema en equilibrio}} = \frac{77.50\%}{53\%} = 1.46 \quad (4.6)$$

El factor de potencia obtenido es de 1.46; el cual permitió obtener valores corregidos del 77% para el porcentaje de carga del motor y 23.33% para la eficiencia de la bomba, valores que pueden ser vistos en la figura 4.15.

FIGURA 4. 15 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC - 099 (CORREGIDO)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.3.4. Análisis de Sensibilidades

En la figura 4.16 y en la tabla 4.6 se puede observar los valores obtenidos de la simulación de variación de frecuencia.

TABLA 4. 6 SIMULACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA (SAC – 099)

POZO	Frecuencia (Hz)	Qt (BFPD)	Qo (BPPD)	BSW (%)	TDP (PSI)	Eficiencia (%)	Potencia (HP)	Carga (%)
SAC-99	65	913	899.85	1.44	1593	21.36	150.88	90.37
	64	896	883.10	1.44	1578	21.80	144.02	87.61
	63	881	868.31	1.44	1564	22.14	137.38	84.89
	62	863	850.57	1.44	1549	22.61	130.94	82.22
	60	831	819.03	1.44	1520	23.33	118.67	77

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

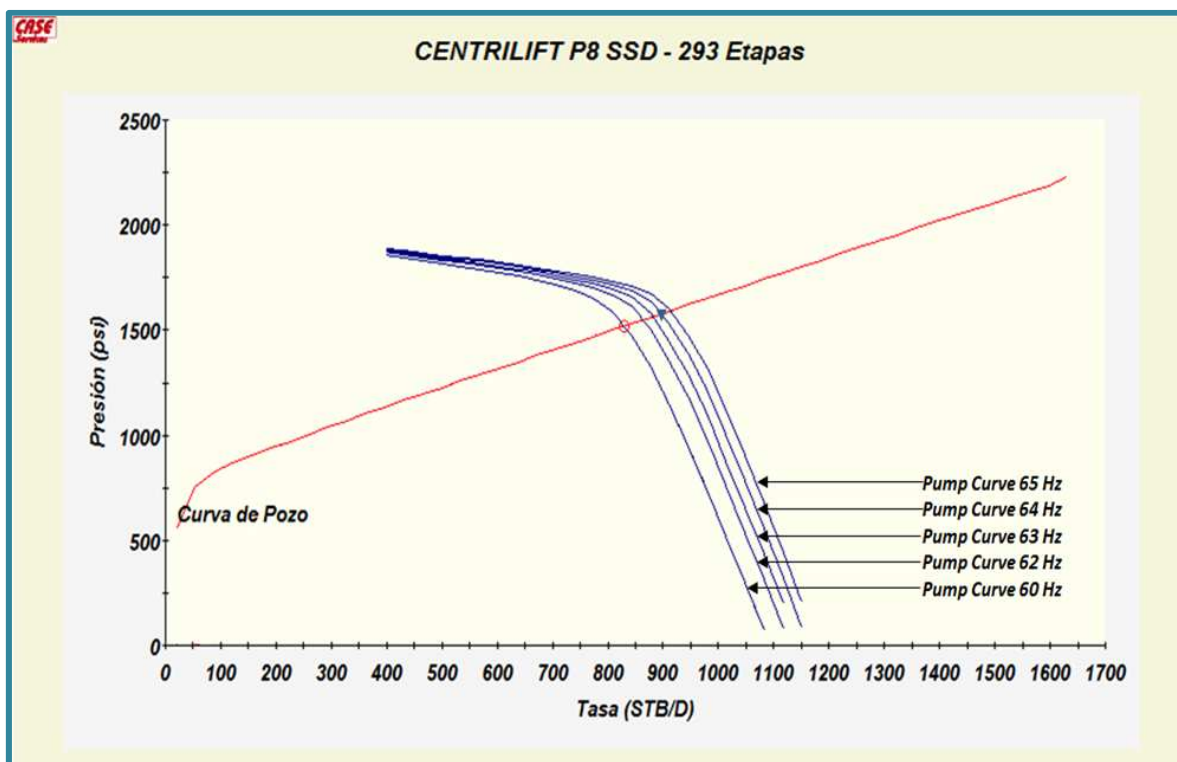
ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

La frecuencia de operación actual es de 60 Hz, pero de acuerdo al análisis de sensibilidades, observado en la figura 4.16, el equipo podría estar operando a 64 Hz, logrando así una tasa de 896 BFPD (883.10 BPPD) respecto de su tasa inicial de producción de 831 BFPD (819.03 BPPD); es decir, 64.07 BPPD adicionales.

Sin embargo, el incremento de frecuencia llevaría al motor a trabajar con una carga de 87.61% y una potencia de 144.02 HP, lo cual excedería el factor de seguridad del 85% y llevaría al motor a una posible sobrecarga; también es importante el tomar en cuenta la alta presencia de gas proveniente del pozo ya que se cuenta con un GOR de 398.02 PCS/BF y el equipo no cuenta con una manejadora de gas, lo cual afectaría el desempeño de la bomba.

Se podría elevar la frecuencia operativa a 62 Hz, obteniendo un incremento en la producción de 863 BFPD (850.57 BPPD) con una carga de 82.22%, generando un incremento de 31.54 BPPD respecto a su producción actual.

FIGURA 4. 16 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES DEL POZO SAC – 099



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.3.5. Tendencia de corriente

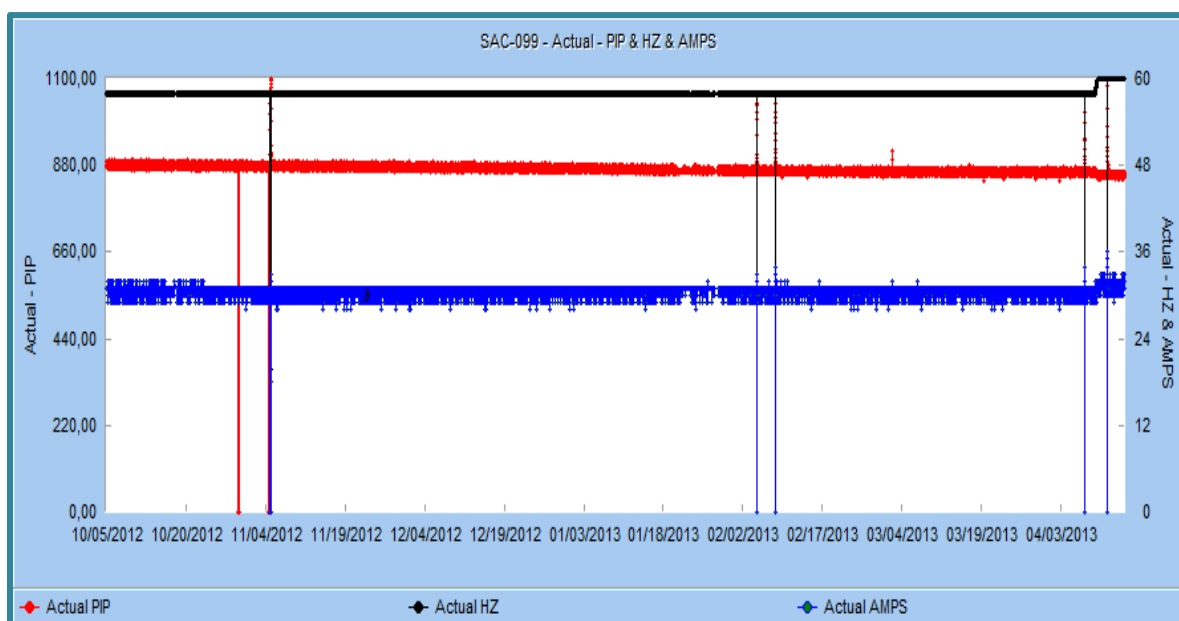
En la figura 4.17 se puede observar varias y continuas fluctuaciones a lo largo de la línea de corriente, indicando la presencia de gas libre en la bomba, es decir que

el equipo se encuentra operando con presencia de gas, además de tener un GOR de 398.02 PCS/BF.

La presencia de gas implica irregulares consumos de corriente. En la figura 4.17 se puede observar que la corriente, cuyo valor promedio mensual de corriente es de 30 Amps, el cual oscila entre valores mínimos y máximos registrados de 28.4 Amps y 32.1 Amps, respectivamente.

Durante su tiempo de operación de 3 años, el equipo se encontraba operando a una frecuencia de 58 Hz hasta el 09/04/2013, fecha en la cual se incrementó la frecuencia a 60 Hz.

FIGURA 4. 17 TENDENCIA DE CORRIENTE DEL POZO SAC - 099



FUENTE: Software LOWIS – ORNCEM

4.4. POZO SAC-172D

4.4.1. Ajuste de la travesa de presión

Para realizar el ajuste de la curva de gradiente de presión se debieron considerar cambios en ciertos parámetros, los cuales pueden ser vistos en la tabla 4.7.

TABLA 4. 7 PARÁMETROS MODIFICADOS EN EL POZO SAC – 172D PARA EL AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN

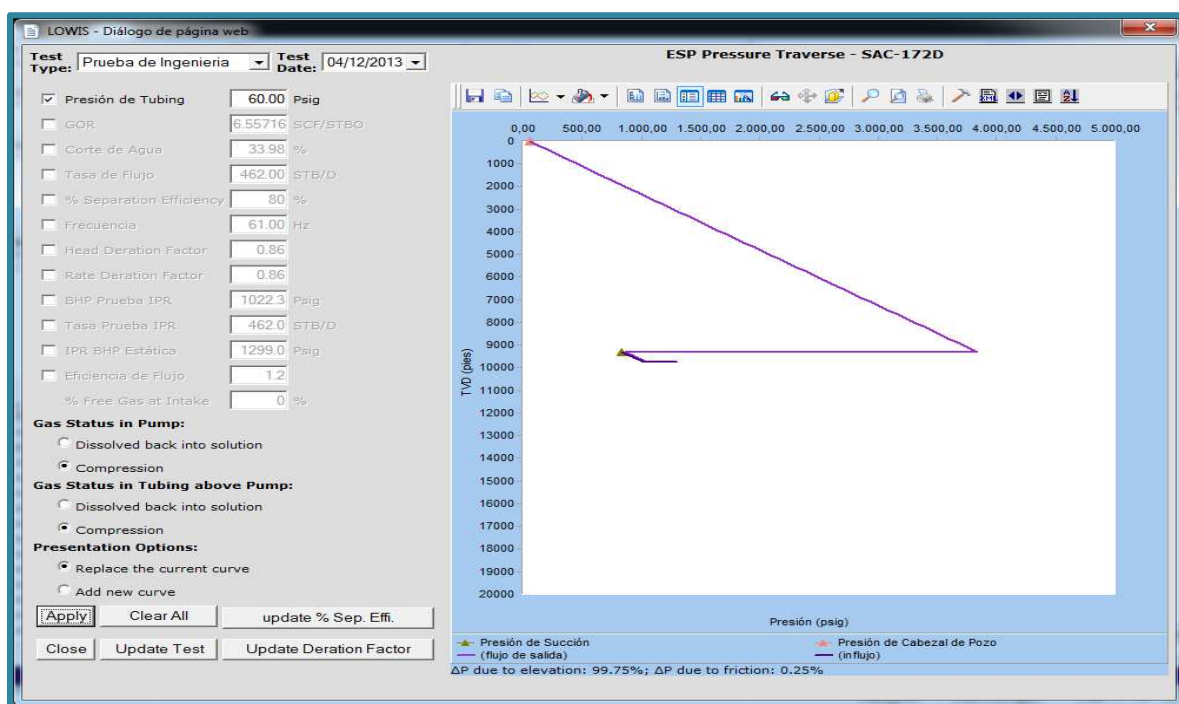
SAC-172D	GOR (PCS/BF)	BSW (%)	Caudal BFPD	Eff. Separación (%)	Factor de Degradación	
					Cabeza	Caudal
ESTADO ACTUAL	6.56	33.98	462	100.00	1.00	1.00
AJUSTE	6.56	33.98	462	80.00	0.86	0.86
VARIACIÓN (%)	0.00	0.00	0.00	20.00	14.00	14.00

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

El ajuste de la curva de gradiente de se puede ver en la figura 4.18.

FIGURA 4. 18 AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN DEL POZO SAC – 172D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

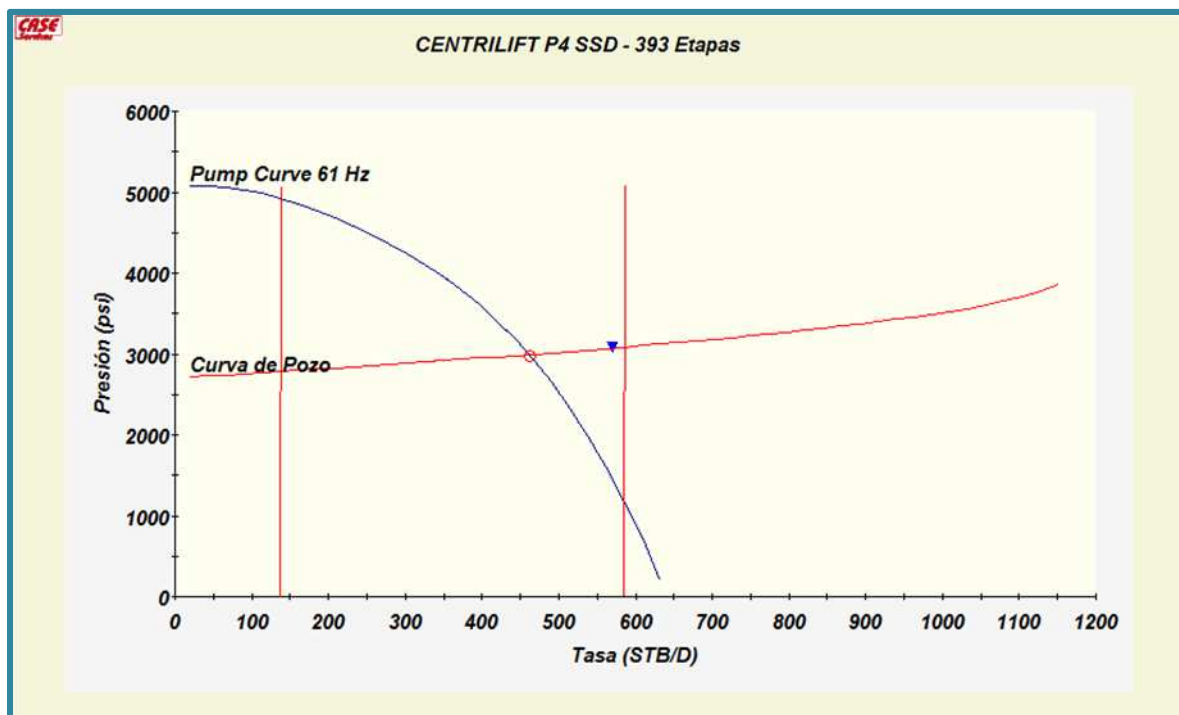
Este pozo no dispone de un sensor que registre la presión de descarga, motivo por el cual el ajuste de la curva de gradiente de presión fue ajustada a la presión de succión. Esto implica un análisis enfocado en determinar si la bomba se encuentra o no operando con desgaste; sin embargo, no es posible validar datos como GOR, eficiencia de separación de gas y BSW.

4.4.2. Análisis del punto de operación del sistema BES

El pozo actualmente se encuentra produciendo 462 BFPD (305.01 BPPD) con una presión de descarga de 3847 psi, lo que permite tener a la bomba CENTRILIFT P4 SSD dentro del RANGO DE OPERACIÓN RECOMENDADO como se puede ver en la figura 4.19. El pozo tiene un PIP de 854 psi y una presión de burbuja de 1175 psi.

En base a la figura 4.19, se puede observar que el punto de operación real se encuentra separado del punto de operación recomendado; indicando así una degradación de la bomba.

FIGURA 4. 19 PUNTO OPERATIVO DEL POZO SAC – 172D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

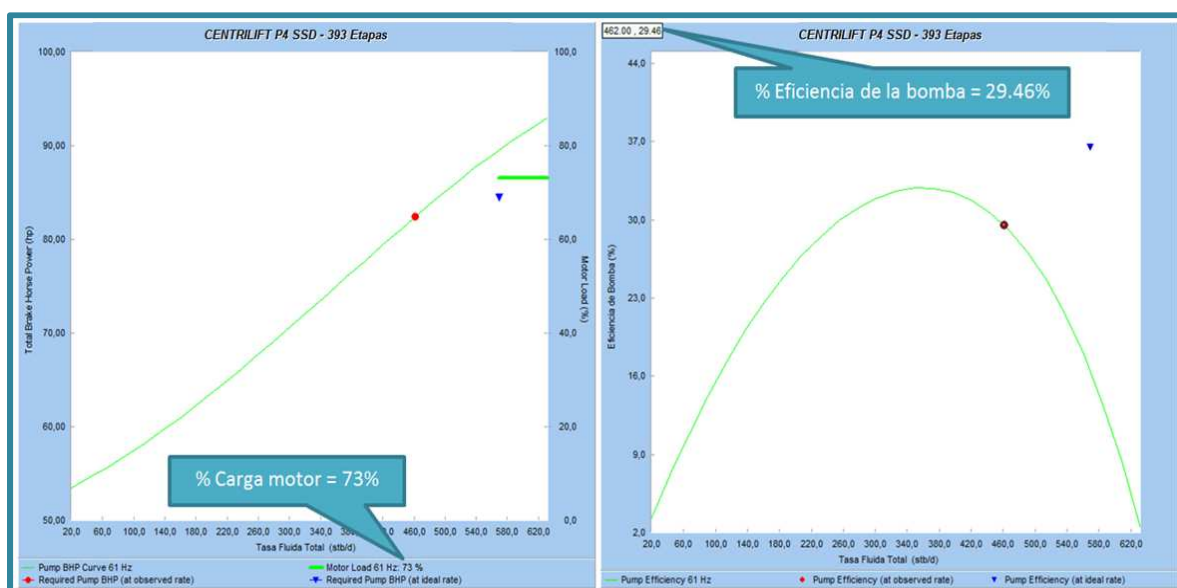
El equipo fue bajado el 23/08/2009, obteniendo un tiempo de operación de 3 años 7 meses, tiempo en el cual se ha degradado un 14%.

Observando los puntos de operación presentados en pruebas de producción anteriores, se puede ver que éstos se alejan de la curva de la bomba a lo largo de la curva del pozo, lo que corrobora que existe una degradación sobre la bomba.

4.4.3. Cálculo del factor de corrección en potencia

Una vez que se logró tener el sistema en equilibrio se obtuvo un 73% de carga del motor (CENTRILIFT SERIE 562, 110 HP, 2152 V, 31 Amps) y un 29.46% de eficiencia de la bomba, cuyos valores pueden observarse en la figura 4.20 y serán corregidos a continuación.

FIGURA 4. 20 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC – 172D (SIN CORRECCIÓN)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Para realizar la corrección del porcentaje de carga y eficiencia de la bomba se debe hacer el cálculo del porcentaje teórico de carga (ecuación 4.7) y del factor de corrección en potencia (ecuación 4.8), con el objetivo de obtener el porcentaje real de carga y eficiencia de la bomba.

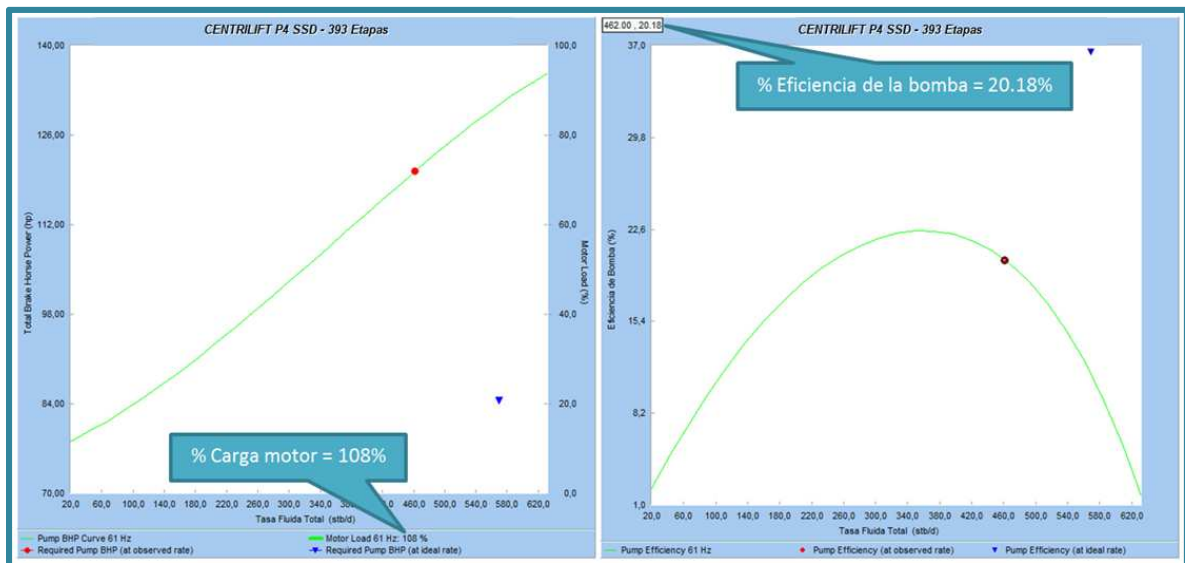
- Amperaje usado = 33 Amps
- Amperaje de placa = 31 Amps
- % Carga del sistema en equilibrio = 73%

$$\% \text{carga} = \frac{\text{Amperaje usado}}{\text{Amperaje de placa}} = \frac{33 \text{ Amps}}{31 \text{ Amps}} = 1.0645 \approx 106.45\% \quad (4.7)$$

$$\text{Factor de corrección en potencia} = \frac{\% \text{carga}}{\% \text{carga del sistema en equilibrio}} = \frac{106.45\%}{73\%} = 1.46 \quad (4.8)$$

El factor de potencia obtenido es de 1.46; el cual permitió obtener valores corregidos del porcentaje de carga de 108% y una eficiencia de la bomba de 20.18%, valores que pueden ser vistos en la figura 4.21.

FIGURA 4. 21 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC – 172D (CORREGIDO)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.4.4. Análisis de Sensibilidades

En la figura 4.22 y en la tabla 4.8 se puede observar los valores obtenidos de la simulación de variación de frecuencia.

TABLA 4. 8 SIMULACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA (SAC – 172D)

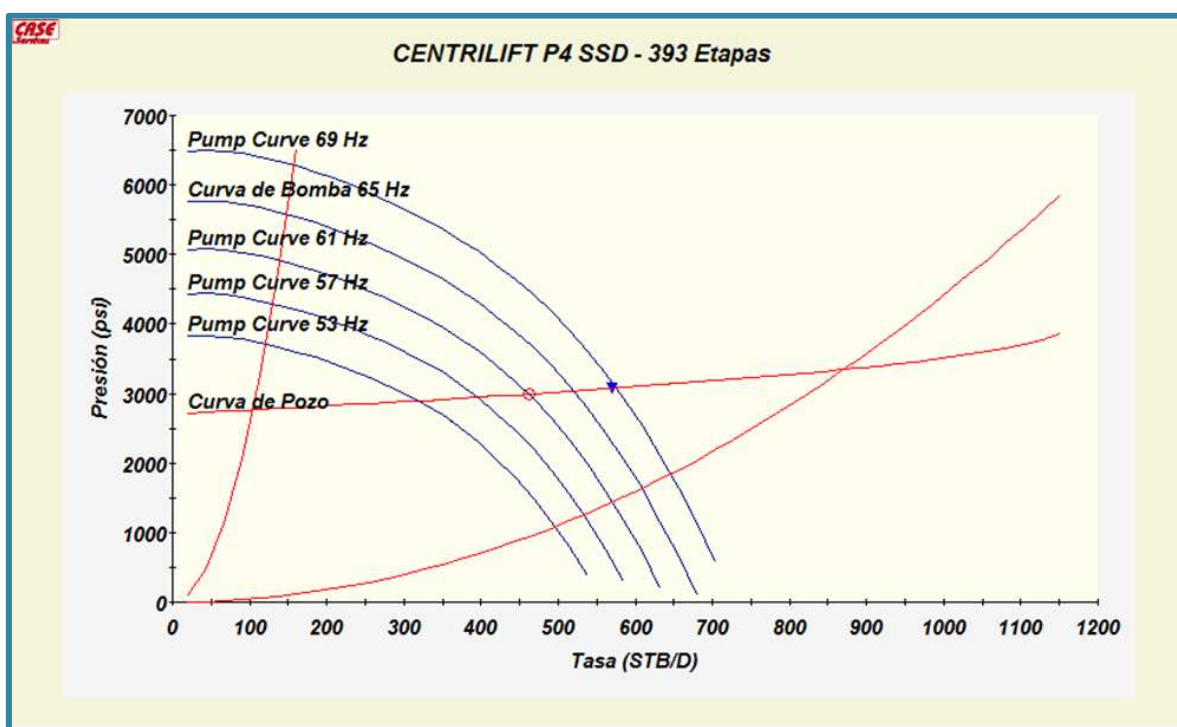
POZO	Frecuencia (Hz)	Qt (BFPD)	Qo (BPPD)	BSW (%)	TDP (PSI)	Eficiencia (%)	Potencia (HP)	Carga (%)
SAC-172D	69	576	380.28	33.98	3078	17.28	174.02	138.19
	65	521	343.96	33.98	3035	18.72	145.48	122.63
	61	462	305.01	33.98	2993	20.18	120.24	108.00
	57	396	261.44	33.98	2948	21.65	98.10	94.30
	53	318	209.94	33.98	2896	22.50	78.87	81.53

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

La frecuencia de operación actual es de 61 Hz, pero de acuerdo al análisis de sensibilidades, observado en la figura 4.22, el equipo podría estar operando a 69 Hz, logrando así una tasa de 576 BFPD (380.28 BPPD) respecto de su tasa inicial de producción de 462 BFPD (305.01 BPPD); es decir que se obtendría 75.27 BPPD adicionales.

FIGURA 4. 22 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES DEL POZO SAC – 172D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Sin embargo, es importante el tomar en cuenta la alta degradación presentada en la bomba actualmente. Una intensificación en la velocidad de operación de la bomba provocaría un mayor desgaste del equipo, lo que a futuro implicaría un rediseño de la completación de fondo del equipo. Adicional, se puede observar que el motor está sobrecargado (108%) y un incremento a la frecuencia recomendada requeriría una carga de 138.19%, lo cual quemaría el motor, por lo tanto se recomienda bajar la frecuencia para no sobre exigir al motor o mantener las condiciones actuales de operación para no disminuir la producción.

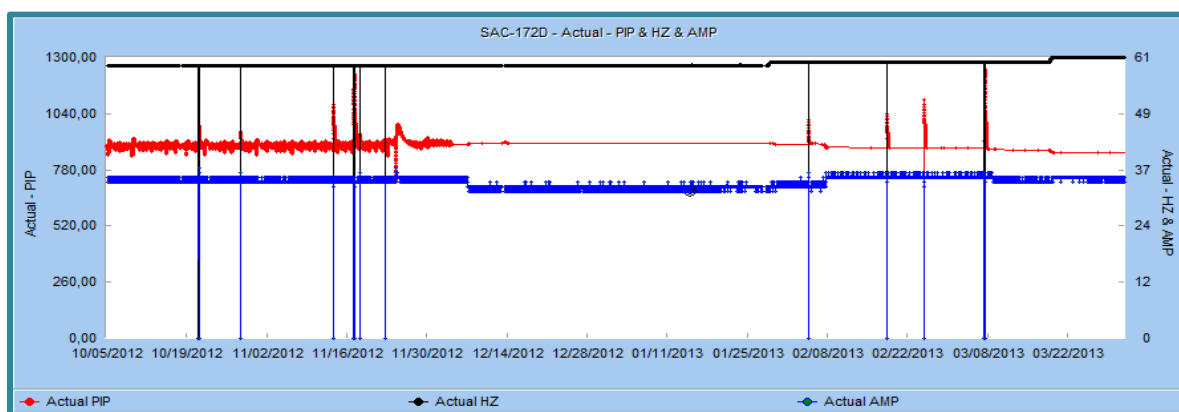
4.4.5. Tendencia de corriente

De acuerdo a la figura 4.23, se puede observar un trayecto continuo con presencia de picos periódicos conjuntamente con pequeñas fluctuaciones de energía; esto pudo haber sido ocasionado por fluctuaciones en la fuente primaria y/o encendido de otros equipos conectados a la misma fuente. Los valores máximo y mínimo de corriente registrados son 37 Amps (24/11/2012) y 32 Amps (06/02/2013).

La presión de succión máxima observada es de 1244.6 psi, la cual fue registrada el 07/03/2013, presentada por una restricción en la tubería.

Desde la bajada del equipo, éste operó bajo una frecuencia de 59.2 Hz hasta el (28/11/2013), en cuya fecha se incrementó la frecuencia a 60 Hz hasta el (18/03/2013), fecha en la cual se incrementó nuevamente la frecuencia a 61 Hz.

FIGURA 4. 23 TENDENCIA DE CORRIENTE DEL POZO SAC – 172D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.5. POZO SAC-185D

4.5.1. Ajuste de la travesa de presión

Para el ajuste de la curva de gradiente de presión se realizó las modificaciones observadas en la tabla 4.9.

TABLA 4. 9 PARÁMETROS MODIFICADOS EN EL POZO SAC – 185D PARA EL AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN

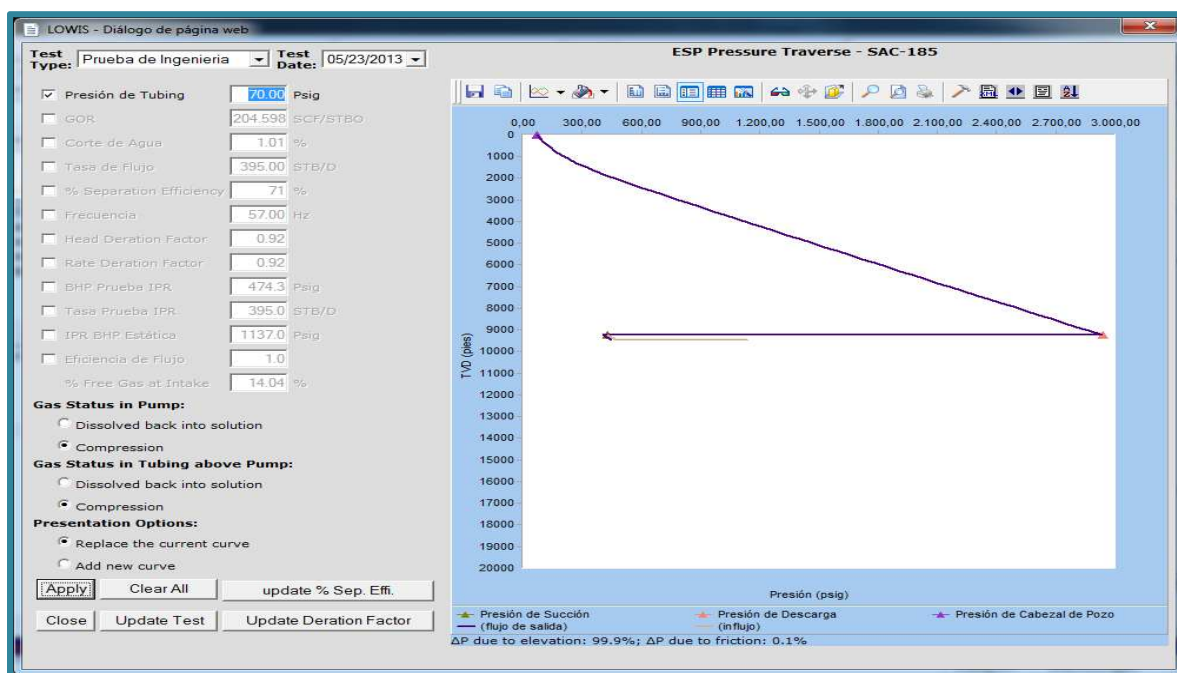
SAC-185D	GOR (PCS/BF)	BSW (%)	Caudal BFPD	Eff. Separación (%)	Factor de Degradación	
					Cabeza	Caudal
ESTADO ACTUAL	204.60	1.01	395.00	100	1.00	1.00
AJUSTE	204.60	1.01	395.00	71	0.92	0.92
VARIACIÓN (%)	0.00	0.00	0.00	29	8.00	11.00

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

En la figura 4.24 se puede observar el ajuste de la curva de gradiente de presión.

FIGURA 4. 24 AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN DEL POZO SAC - 185D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

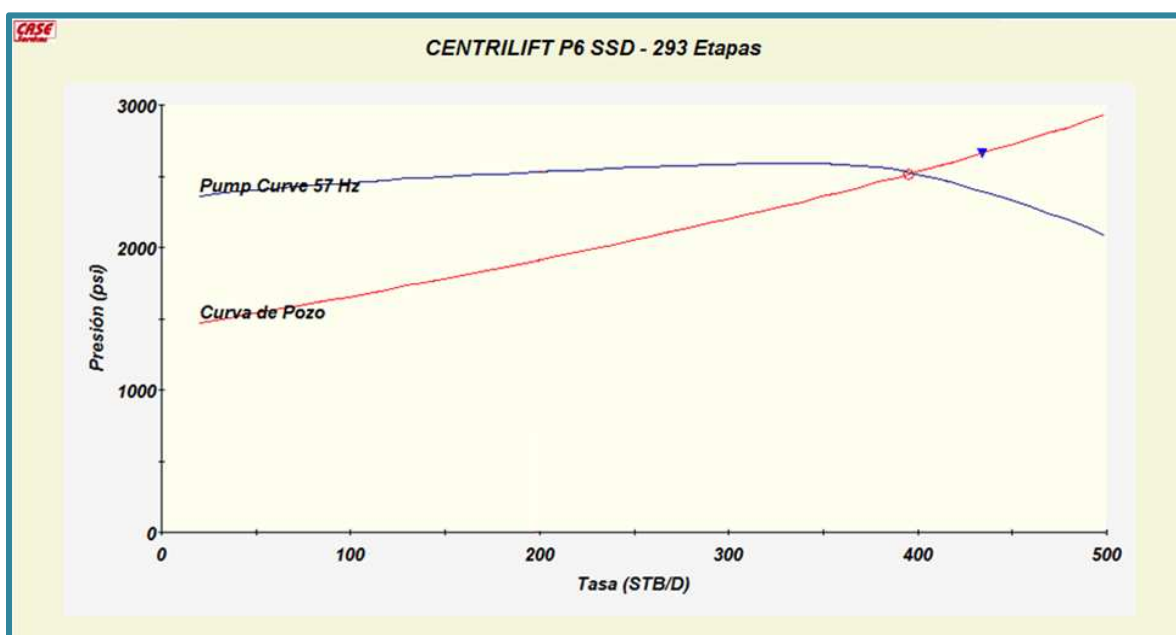
4.5.2. Análisis del punto de operación del sistema BES

Actualmente el pozo está produciendo a una tasa de 395 BFPD (391.01 BPPD) con una presión de descarga de 2966 psi, lo cual ubica a la bomba CENTRILIFT P6 SSD en la REGIÓN DE OPERACIÓN RECOMENDADO (Figura 4.25). El pozo tiene un PIP de 445 psi y una presión de burbuja de 1175 psi.

De acuerdo a la figura 4.25 se puede observar que el punto de operación recomendado está alejado del punto de operación real; esto implica una degradación de la bomba, consecuentemente, se tiene condiciones de diseño y operación no ideales. La bomba, instalada el 04/09/2012, ha operado durante aproximadamente 7 meses, presentando un porcentaje de degradación del 8%. También se observa que existe un 14.04% de gas libre a través de la bomba.

Adicionalmente, revisando las pruebas de producción anteriores se observa que existe una tendencia de los puntos de operación, los cuales se sitúan a lo largo de la curva del pozo alejándose de la curva de la bomba, lo que indica una degradación de la bomba; degradación que se evidencia en el análisis realizado.

FIGURA 4. 25 PUNTO OPERATIVO DEL POZO SAC - 185D

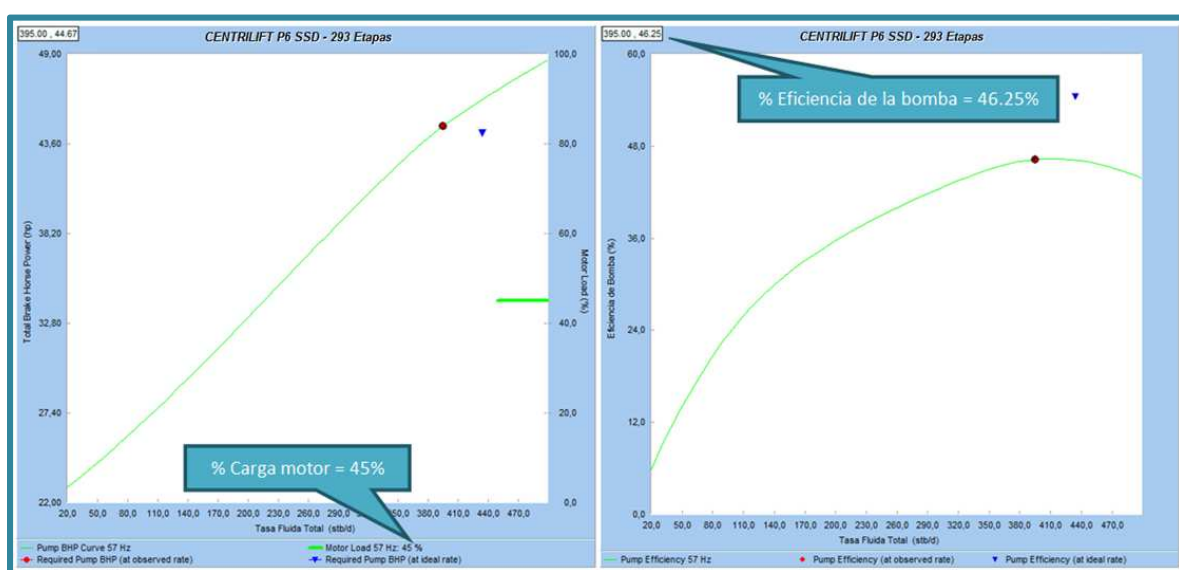


FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.5.3. Cálculo del factor de corrección en potencia

Una vez que se tiene al sistema en equilibrio se obtuvo 45% de carga de motor (CENTRILIFT SERIE 450, 102 HP, 1293 V, 54 Amps) y 46.25% de eficiencia de la bomba, valores que se pueden observar en la figura 4.26 y los cuales serán corregidos a continuación.

FIGURA 4. 26 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC - 185D (SIN CORRECCIÓN)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

En primer lugar se debe obtener el porcentaje teórico de carga (ecuación 4.9) y posteriormente el factor de corrección en potencia (ecuación 4.10), valor que permitirá corregir el porcentaje de carga del motor y eficiencia de la bomba.

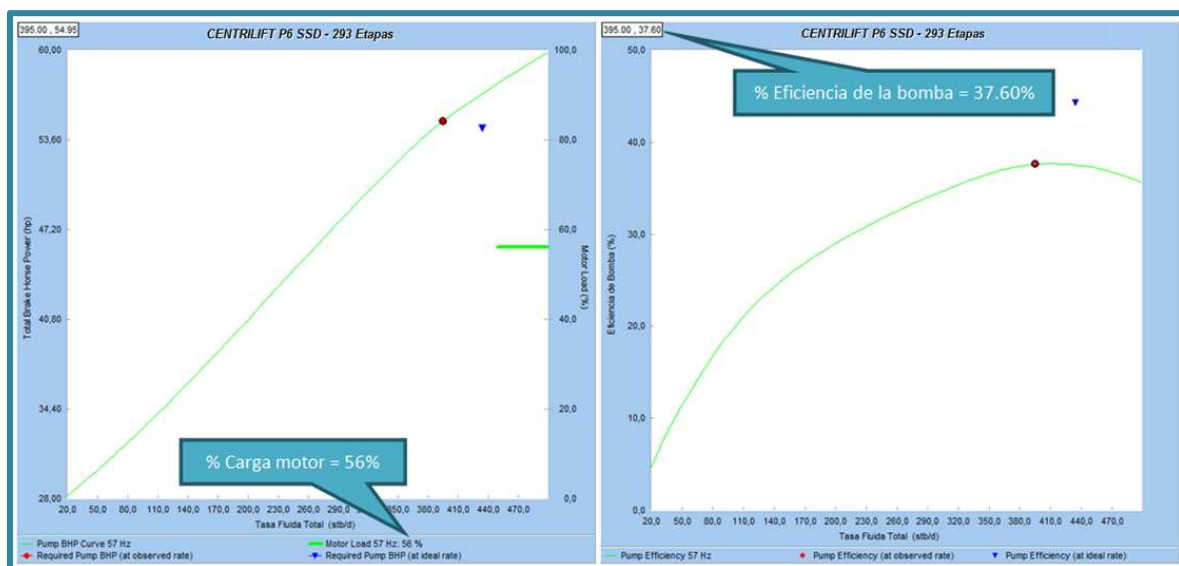
- Amperaje usado = 30 Amps
- Amperaje de placa = 54 Amps
- % Carga del sistema en equilibrio = 45%

$$\% \text{carga} = \frac{\text{Amperaje usado}}{\text{Amperaje de placa}} = \frac{30 \text{ Amps}}{54 \text{ Amps}} = 0.5556 \approx 55.56\% \quad (4.9)$$

$$\text{Factor de corrección en potencia} = \frac{\% \text{carga}}{\% \text{carga del sistema en equilibrio}} = \frac{55.56\%}{45\%} = 1.23 \quad (4.10)$$

El factor de corrección en potencia obtenido fue de 1.23. Los valores corregidos son 56% y 37.60% para el porcentaje de carga y eficiencia de la bomba respectivamente, valores que se pueden observar en la figura 4.27.

FIGURA 4. 27 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC - 185D (CORREGIDO)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.5.4. Análisis de Sensibilidades

En la figura 4.28 y en la tabla 4.10 se puede observar los valores obtenidos de la simulación de variación de frecuencia.

TABLA 4. 10 SIMULACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA (SAC – 185D)

POZO	Frecuencia (Hz)	Qt (BFPD)	Qo (BPPD)	BSW (%)	TDP (PSI)	Eficiencia (%)	Potencia (HP)	Carga (%)
SAC-185D	61	442	437.54	1.01	2693	37.28	67.47	64.14
	60	432	427.64	1.01	2653	37.44	64.21	62.05
	59	421	416.75	1.01	2610	37.55	61.05	60.00
	58	410	405.86	1.01	2568	37.61	58.00	57.98
	57	395	391.01	1.01	2521	37.60	55.05	56.00

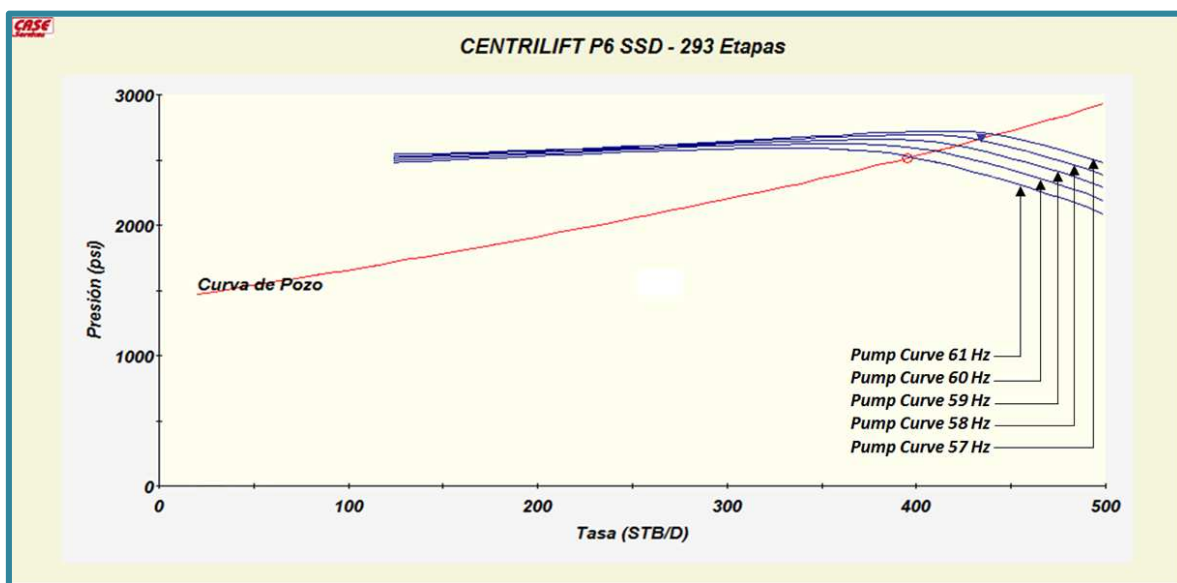
FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

En la simulación con diferentes frecuencias operativas (figura 4.28) se puede observar que el equipo podría estar operando a 60 Hz de acuerdo al punto de operación recomendado y no a 57 Hz como lo hace actualmente, lo que representa un incremento en la producción de 395 BFPD (391.01 BPPD) a 432 BFPD (427.64 BPPD) incrementando así 36.63 BPPD.

El incremento de frecuencia requeriría que el equipo trabaje a 64.21 HP con una carga de 62.05%, garantizando el funcionamiento del motor.

FIGURA 4. 28 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES DEL POZO SAC - 185D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.5.5. Tendencia de corriente

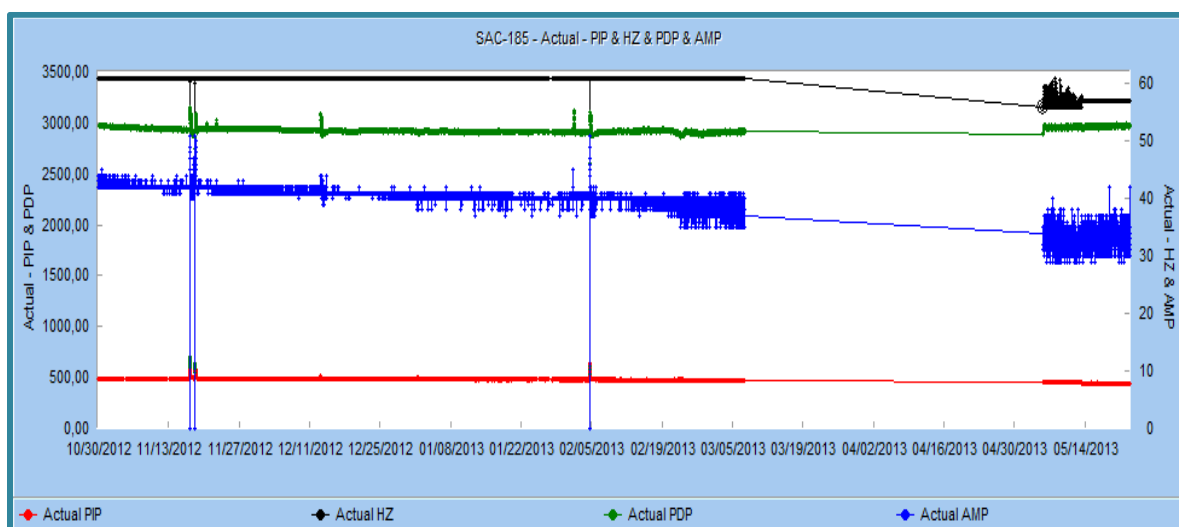
El pozo fue configurado inicialmente con una frecuencia de 61 Hz, sin embargo, dicha frecuencia fue disminuida paulatinamente a 55.90 Hz desde el 07/03/2013 hasta el 05/05/2013. Luego de presentar una variación máxima y mínima de 55.90 Hz a 60.90 Hz a partir del 05/05/2013, la frecuencia se estabilizó en 56.90 Hz como se puede observar en la figura 4.29.

Durante su producción, se presentó 1 apagón registrado el 17/11/2012 con un intento de arranque en el 18/11/2012. Adicional se tuvo un apagón el 04/02/2013.

De igual manera la intensidad de corriente ha disminuido desde valores promedios registrados de 44 Amps (28/10/2012) hasta 32 Amps (23/05/2013), presentando al mismo tiempo fluctuaciones en la línea de corriente, evidenciando así la presencia de gas a través de la bomba, cuyo porcentaje es del 14.04%.

La presión de intake ha ido disminuyendo de 482 psi (29/10/2012) hasta 439 psi (23/05/2013).

FIGURA 4. 29 TENDENCIA DE CORRIENTE DEL POZO SAC - 185D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.6. POZO SAC-213D

4.6.1. Ajuste de la travesa de presión

Para realizar el ajuste de la curva de gradiente de presión se debieron considerar cambios en ciertos parámetros, los cuales pueden ser vistos en la tabla 4.11.

TABLA 4. 11 PARÁMETROS MODIFICADOS EN EL POZO SAC – 213D PARA EL AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN

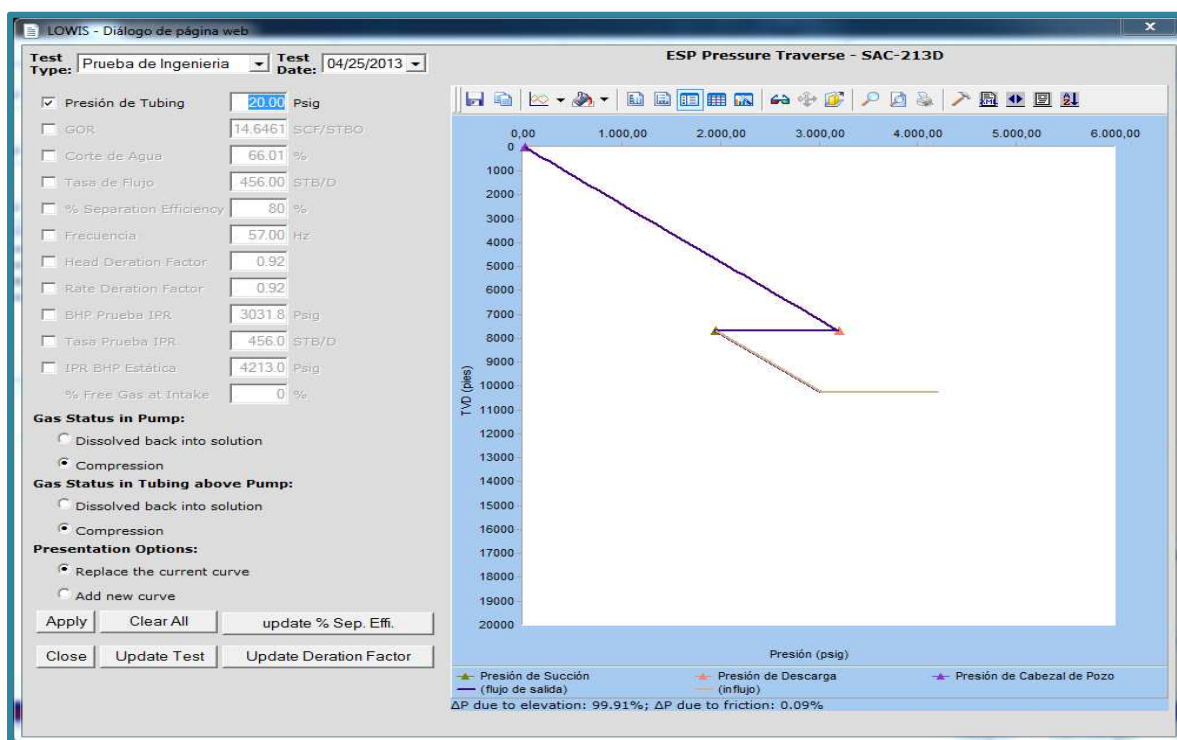
SAC-213D	GOR (PCS/BF)	BSW (%)	Caudal BFPD	Eff. Separación (%)	Factor de Degradación	
					Cabeza	Caudal
ESTADO ACTUAL	14.65	66.01	456	100.00	1.00	1.00
AJUSTE	14.65	66.01	456	80.00	0.92	0.92
VARIACIÓN (%)	0.00	0.00	0.00	20.00	8.00	8.00

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

El ajuste de la curva de gradiente de presión se puede ver en la figura 4.30.

FIGURA 4. 30 AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN DEL POZO SAC – 213D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

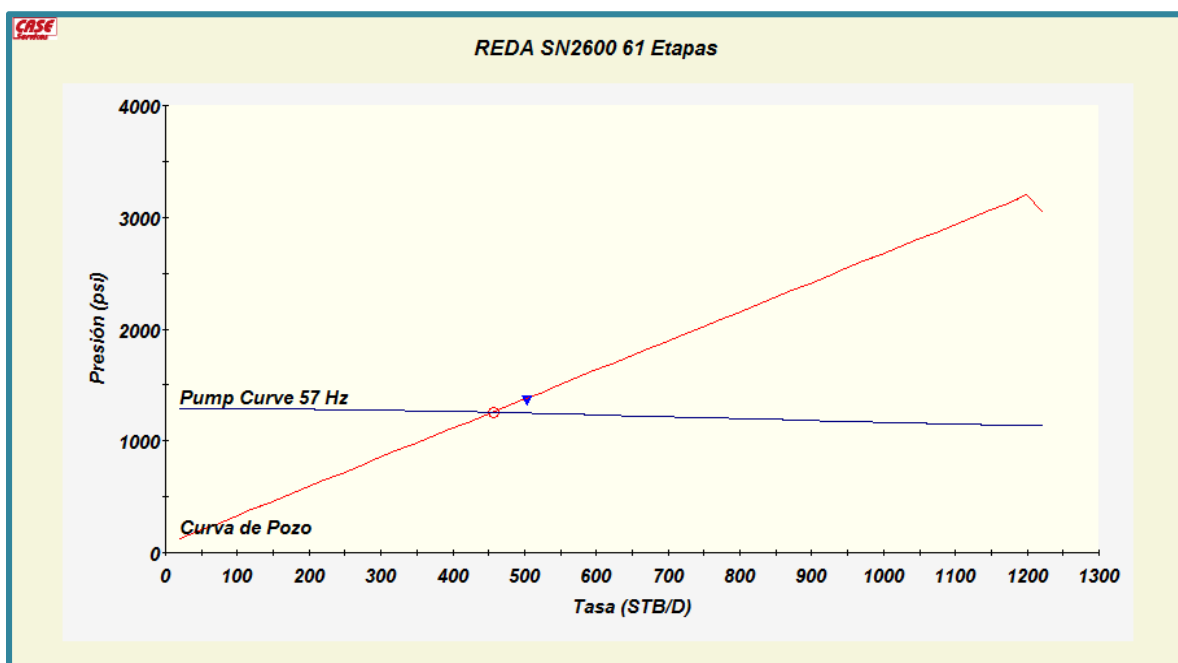
4.6.2. Análisis del punto de operación del sistema BES

El pozo actualmente se encuentra produciendo 456 BFPD (154.99 BPPD) con una presión de descarga de 3229 psi, lo que permite tener a la bomba REDA SN2600 dentro de la región de trabajo de DOWNTHRUST como se puede ver en la figura 4.31. El pozo tiene un PIP de 1974 psi y una presión de burbuja de 78 psi.

El punto de operación real se encuentra separado del punto de operación recomendado; indicando así una degradación de la bomba; esto puede ser observado en la figura 4.31. El equipo fue bajado el 10/12/2009, obteniendo un tiempo de operación de 3 años 4 meses, tiempo en el cual se ha degradado un 8%.

Observando los puntos de operación presentados en pruebas de producción anteriores se puede ver que estos se alejan de la curva del pozo a lo largo de la curva de la bomba, lo que indica que existen efectos sobre el pozo, lo cual puede darse por condiciones cambiantes de la formación como el incremento del corte de agua; se puede apreciar que el corte de agua el 02/01/2012 fue de 41.99% y ha incrementado a un 65.92% al 30/03/2013.

FIGURA 4. 31 PUNTO OPERATIVO DEL POZO SAC – 213D

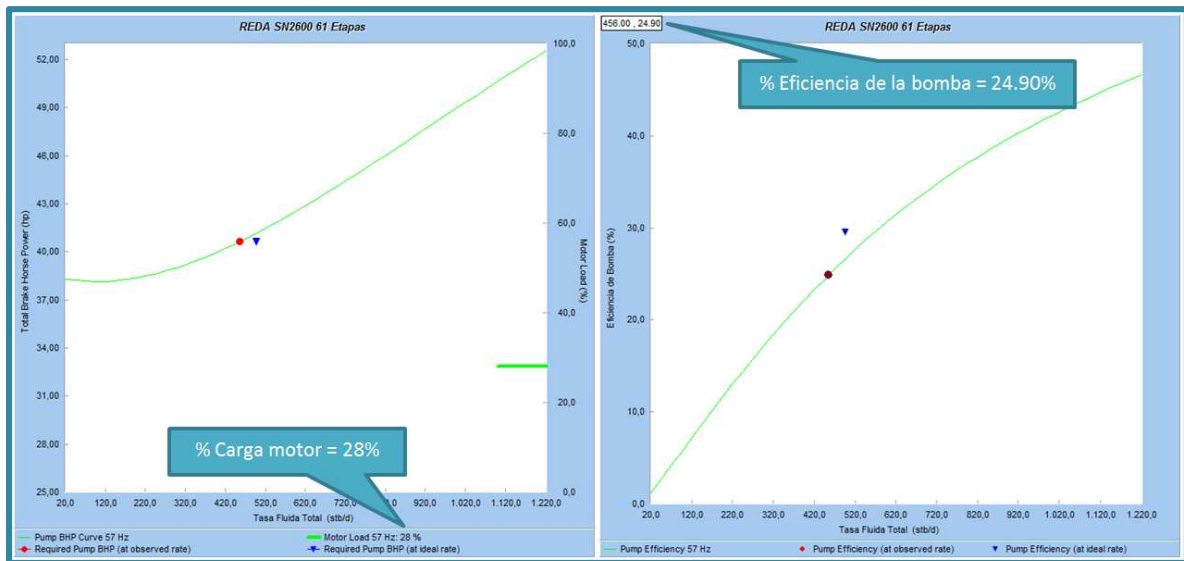


FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.6.3. Cálculo del factor de corrección en potencia

Una vez que se logró tener el sistema en equilibrio, se obtuvo 28% de carga del motor (REDA SERIE 562, 150 HP, 1600 V, 56 Amps) y un 24.90% de eficiencia de la bomba, cuyos valores pueden observarse en la figura 4.32, valores que serán corregidos a continuación.

FIGURA 4. 32 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC – 213D (SIN CORRECCIÓN)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Para realizar la corrección del porcentaje de carga y eficiencia de la bomba se debe hacer el cálculo del porcentaje teórico de carga (ecuación 4.11) y del factor de corrección en potencia (ecuación 4.12), factor que será ingresado en LOWIS para realizar la corrección con el objetivo de obtener el porcentaje real de carga y eficiencia de la bomba.

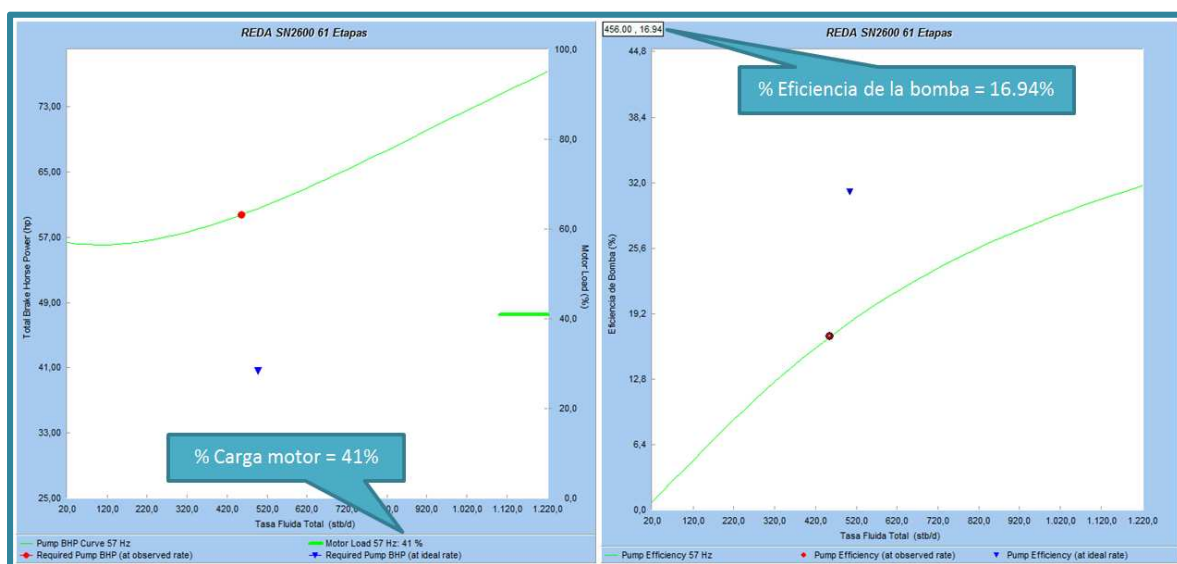
- Amperaje usado = 23 Amps
- Amperaje de placa = 56 Amps
- % Carga del sistema en equilibrio = 28%

$$\% \text{carga} = \frac{\text{Amperaje usado}}{\text{Amperaje de placa}} = \frac{23 \text{ Amps}}{56 \text{ Amps}} = 0.4107 \approx 41.07\% \quad (4.11)$$

$$\text{Factor de corrección en potencia} = \frac{\% \text{carga}}{\% \text{carga del sistema en equilibrio}} = \frac{41.07\%}{28\%} = 1.47 \quad (4.12)$$

El factor de potencia obtenido es de 1.47, el cual permitió obtener valores corregidos de porcentaje de carga del 41% y una eficiencia de la bomba del 16.94%, valores que pueden ser vistos en la figura 4.33.

FIGURA 4. 33 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC – 213D (CORREGIDO)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.6.4. Análisis de Sensibilidades

En la figura 4.34 y en la tabla 4.12 se puede observar los valores obtenidos de la simulación de variación de frecuencia.

TABLA 4. 12 SIMULACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA (SAC – 213D)

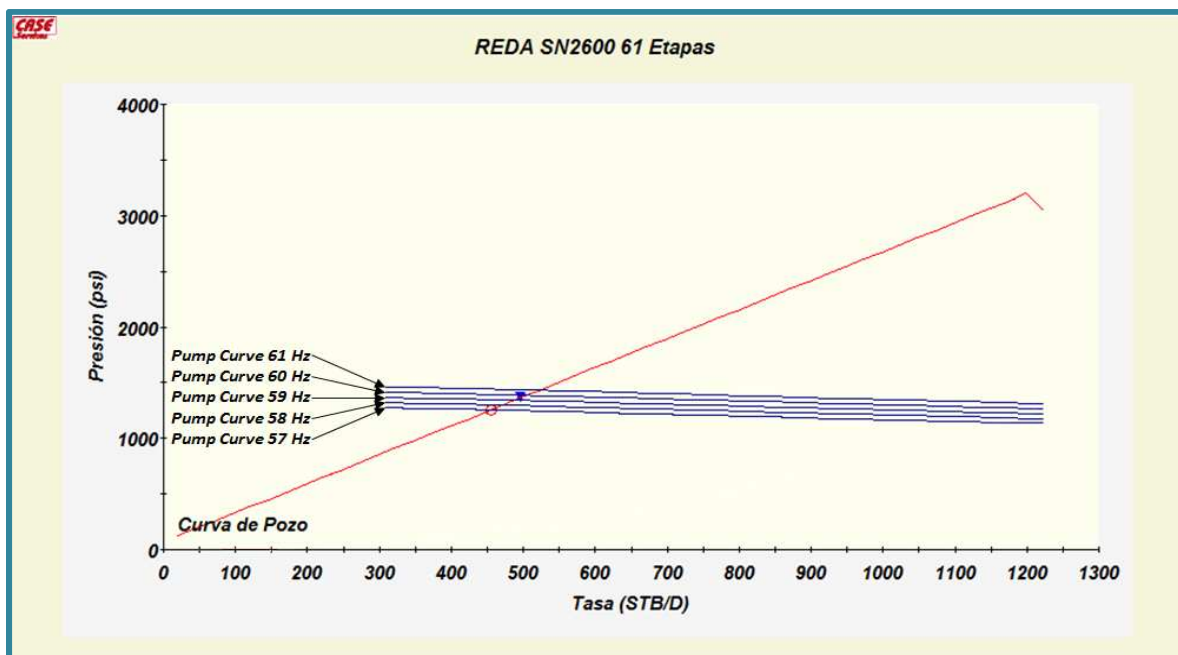
POZO	Frecuencia (Hz)	Qt (BFPD)	Qo (BPPD)	BSW (%)	TDP (PSI)	Eficiencia (%)	Potencia (HP)	Carga (%)
SAC-213D	61	522	177.43	66.01	1431	17.88	73.23	46.96
	60	505	171.65	66.01	1387	17.64	69.69	45.43
	59	488	165.87	66.01	1341	17.39	66.26	43.93
	58	471	160.09	66.01	1298	17.14	62.95	42.45
	57	456	154.99	66.01	1255	16.94	59.75	41.00

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

La frecuencia de operación actual es de 57 Hz, pero de acuerdo al análisis de sensibilidades, observado en la figura 4.34, el equipo podría estar operando a 60 Hz, con cuya frecuencia se lograría una tasa de 505 BFPD (171.65 BPPD) respecto de su tasa inicial de producción de 456 BFPD (154.99 BPPD); es decir que se obtendría 49 BFPD (16.66 BPPD) adicionales.

FIGURA 4. 34 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES DEL POZO SAC – 213D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Sin embargo, este incremento en la frecuencia de operación no permite al equipo entrar en el rango de operación recomendado de la bomba REDA SN2600 el cual es de 1601 – 3201 BFPD, además el motor estaría trabajando con una carga de 45.43%, lo que indica un sobredimensionamiento del motor, por lo tanto se podría pensar también en un rediseño del equipo BES que permita manejar tasas de hasta 500 BFPD.

4.6.5. Tendencia de corriente

De acuerdo a la figura 4.35, el equipo se encuentra operando con alta presencia de gas ya que se presentan varias y continuas fluctuaciones a lo largo de la corriente cuyos valores promedios máximos y mínimos son de 29 Amps y 23.2 Amps, respectivamente.

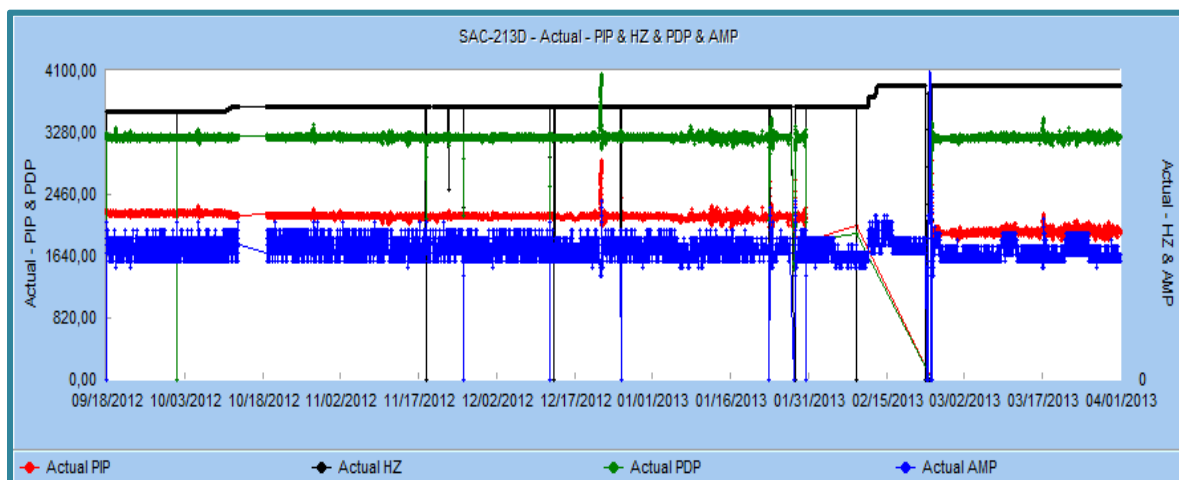
Adicional, se registró un valor máximo de corriente de 34.80 Amps el 22/12/2012, en cuya fecha también se registró una presión de succión máxima de 2906.70 psi, indicando así una presencia de sólidos en la bomba; esto se da al presentarse fluctuaciones continuas de período corto. De igual manera, se presenta una presión de descarga máxima registrada de 4050.20 psi el 22/12/2012.

Es decir que la presión de succión se incrementó en un 57.99% respecto de su valor promedio de 1839.82 psi y la presión de descarga se incrementó en un 84.73% respecto de su valor promedio de 2192.5 psi. Estos incrementos considerables de magnitud de las presiones presentes a través de la bomba indican que el equipo BES se encuentra operando por debajo de lo diseñado, en una región de trabajo de DOWNTHRUST, presentando así una baja eficiencia de operación.

El equipo se encontraba trabajando bajo una frecuencia de 52 Hz hasta el 10/10/2012, en cuya fecha la frecuencia fue incrementada a 53 Hz; dicha frecuencia fue mantenida hasta el 11/02/2013, fecha en la cual se aumentó progresivamente la frecuencia a 55 Hz; finalmente, el 12/02/2013 se incrementó la frecuencia de operación a 57 Hz (frecuencia actual de operación).

Durante el tiempo de operación registrado del equipo, se produjo 9 apagones por alarmas de alta y baja en la presión de succión y en presión descarga.

FIGURA 4. 35 TENDENCIA DE CORRIENTE DEL POZO SAC – 213D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.7. POZO SAC-242D

4.7.1. Ajuste de la travesa de presión

Los parámetros modificados para el ajuste de la curva de gradiente de presión se los puede visualizar en la tabla 4.13.

TABLA 4. 13 PARÁMETROS MODIFICADOS EN EL POZO SAC – 242D PARA EL AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN

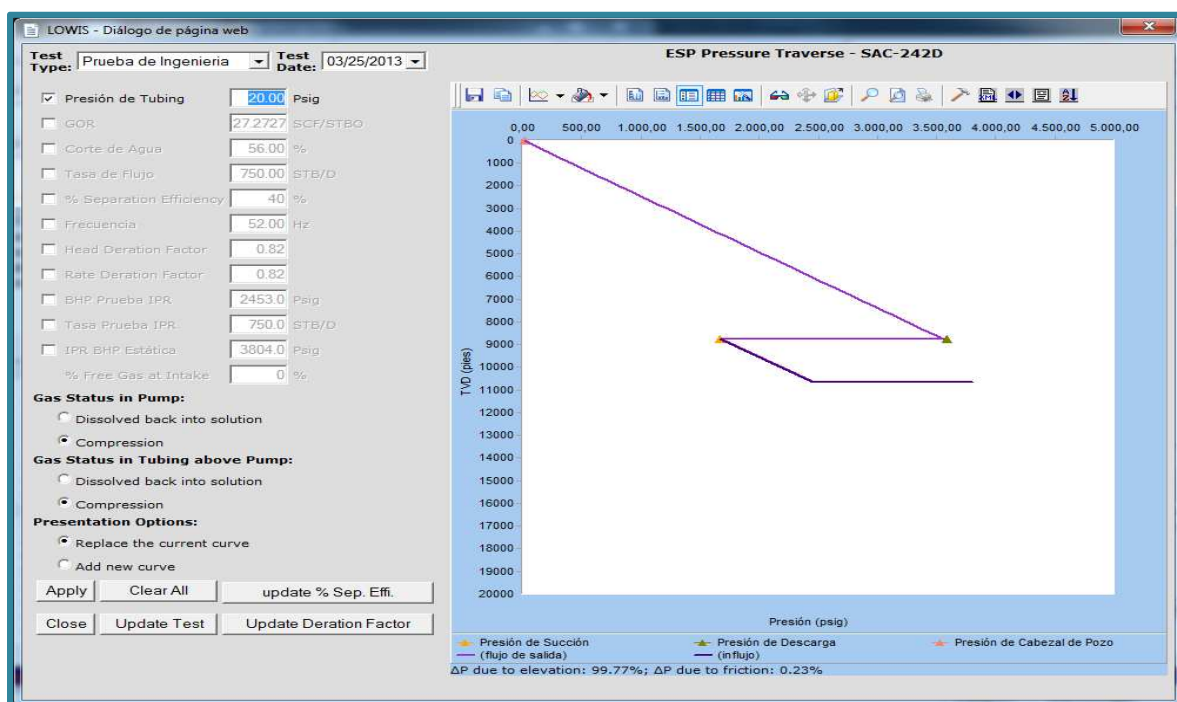
SAC-242D	GOR (PCS/BF)	BSW (%)	Caudal BFPD	Eff. Separación (%)	Factor de Degradación	
					Cabeza	Caudal
ESTADO ACTUAL	27.27	56.00	750.00	100	1.00	1.00
AJUSTE	27.27	56.00	750.00	40	0.82	0.82
VARIACIÓN (%)	0.00	0.00	0.00	60	18.00	18.00

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

El ajuste de la curva de gradiente de presión se puede observar en la figura 4.36.

FIGURA 4. 36 AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN DEL POZO SAC - 242D



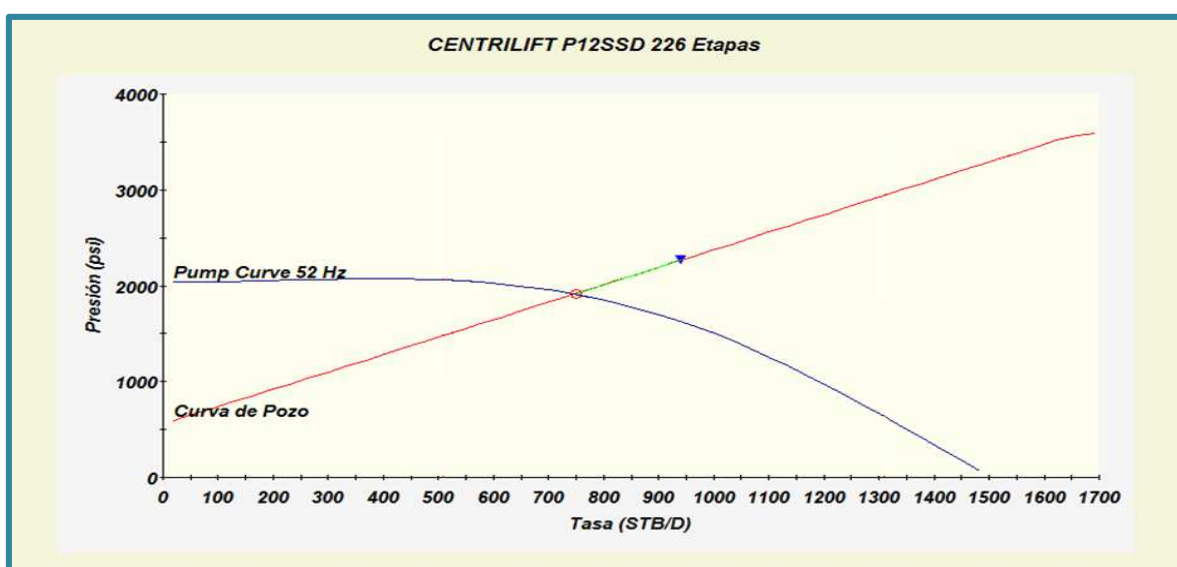
FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.7.2. Análisis del punto de operación del sistema BES

El punto de operación de la bomba se puede observar en la figura 4.37. El pozo actualmente está produciendo 750 BFPD (330 BPPD) con una presión de descarga de 3560 psi, manteniéndose dentro del RANGO RECOMENDADO DE OPERACIÓN con la bomba CENTRILIFT P12 SSD. El pozo tiene un PIP de 1687 psi y una presión de burbuja de 550 psi. Adicionalmente, al realizar un análisis de las tendencias de los puntos de operación de las pruebas de producción anterior se concluye que existe una degradación en la bomba pues los puntos se alejan de la curva de la bomba a lo largo de la curva del pozo.

En la figura 4.37, se puede apreciar que el punto de operación real se encuentra alejado del punto de operación recomendado, indicando así una degradación de la bomba del 18% durante los 7 meses de funcionamiento del equipo, el cual fue instalado el 14/08/2012; el porcentaje de gas libre a través de la bomba es de 0%, lo que indica que a pesar de que este equipo no cuenta con un separador de gas, el gas que está produciendo el pozo está en solución y su cantidad es mínima (GOR=27.27 PCS/BF) respecto al caudal de producción total (750 BFPD) por lo cual el equipo no es afectado por presencia de gas.

FIGURA 4. 37 PUNTO OPERATIVO DEL POZO SAC - 242D

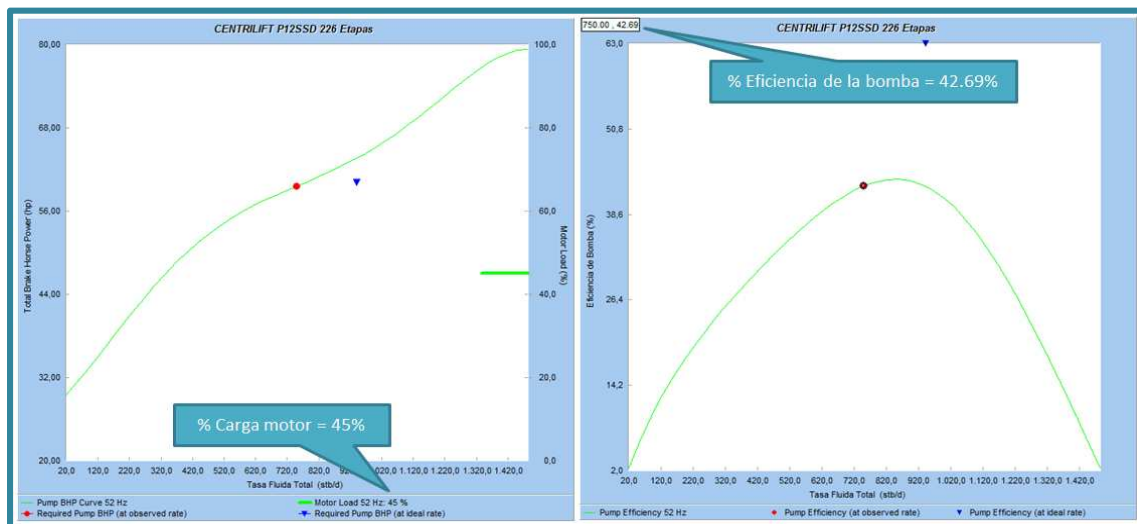


FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.7.3. Cálculo del factor de corrección en potencia

Después de realizado el ajuste, es decir teniendo a todo el sistema en equilibrio se pueden obtener los valores de carga del motor (CENTRILIFT SERIE 562, 152 HP, 2325 V, 40 Amps) de 45% y la eficiencia de la bomba de 42.69%, como se observa en la figura 4.38 cabe recalcar que estos valores deben ser corregidos al ingresar el valor de corrección en potencia en LOWIS.

FIGURA 4. 38 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC - 242D (SIN CORRECCIÓN)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Para la corrección del porcentaje de carga del motor y eficiencia de la bomba se debe realizar el cálculo de factor de corrección en potencia, para lo cual en primer lugar se debe calcular el porcentaje teórico de carga (ecuación 4.13), posteriormente se obtiene el factor de corrección en potencia (ecuación 4.14).

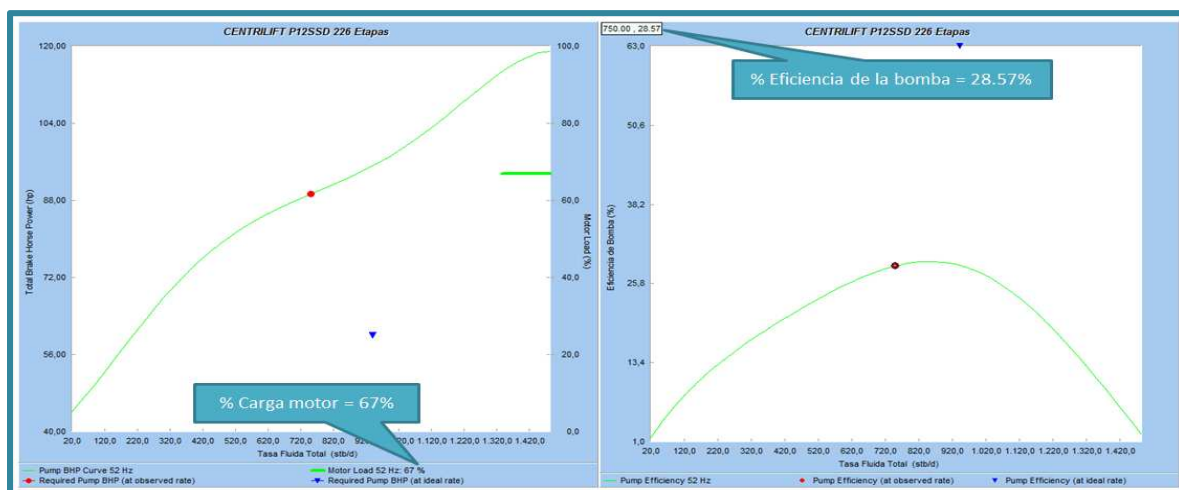
- Amperaje usado = 27 Amps
- Amperaje de placa = 40 Amps
- % Carga del sistema en equilibrio = 45%

$$\% \text{carga} = \frac{\text{Amperaje usado}}{\text{Amperaje de placa}} = \frac{27 \text{ Amps}}{40 \text{ Amps}} = 0.675 \approx 67.5\% \quad (4.13)$$

$$\text{Factor de corrección en potencia} = \frac{\% \text{carga}}{\% \text{carga del sistema en equilibrio}} = \frac{67.5\%}{45\%} = 1.50 \quad (4.14)$$

El factor de corrección en potencia es de 1.50, teniendo como resultado 67% y 28.57% respectivamente; las nuevas graficas pueden ser observadas en la figura 4.39.

FIGURA 4. 39 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC - 242D (CORREGIDO)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.7.4. Análisis de sensibilidades

En la figura 4.40 y en la tabla 4.14 se puede observar los valores obtenidos de la simulación de variación de frecuencia.

TABLA 4. 14 SIMULACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA (SAC – 242D)

POZO	Frecuencia (Hz)	Qt (BFPD)	Qo (BPPD)	BSW (%)	TDP (PSI)	Eficiencia (%)	Potencia (HP)	Carga (%)
SAC-242D	59	954	419.76	56.00	2252	28.58	129.71	86.25
	58	924	406.56	56.00	2199	28.57	123.22	83.35
	57	895	393.80	56.00	2145	28.54	116.96	80.50
	56	865	380.60	56.00	2091	28.48	110.91	77.70
	52	750	330.00	56.00	1873	28.57	88.80	67.00

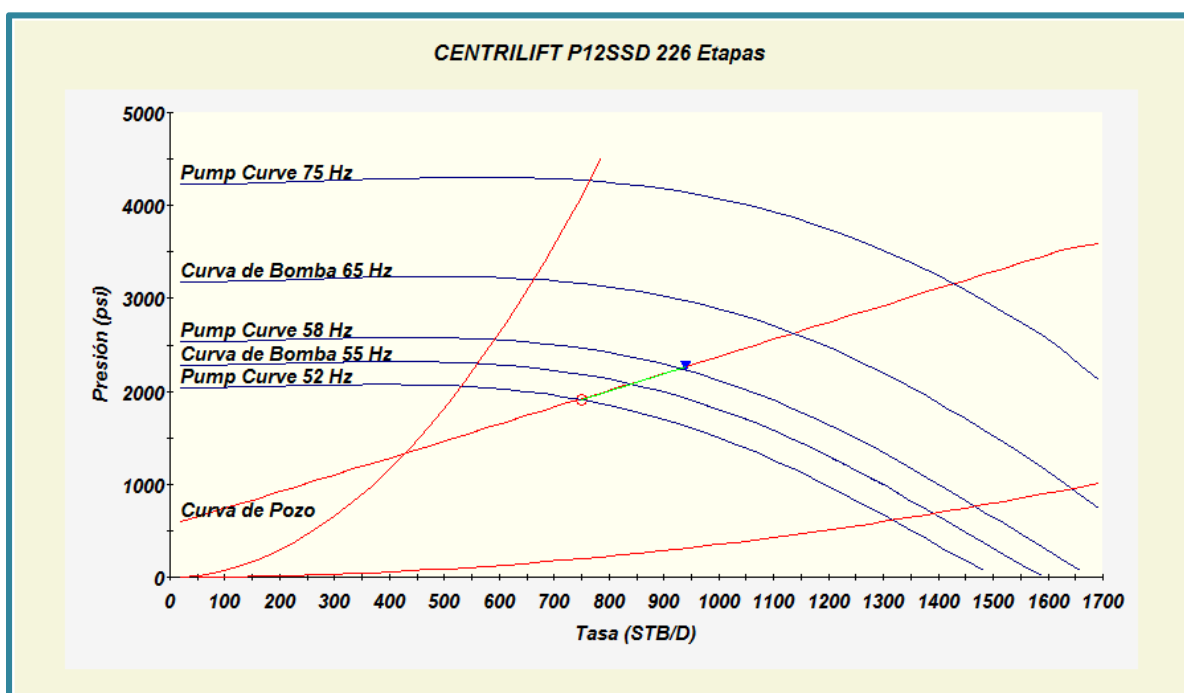
FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

Para el análisis de sensibilidades se realizó una simulación con diferentes frecuencias operativas como se puede ver en la figura 4.40, el equipo está operando en el rango recomendado pero el punto de operación recomendado demuestra que podría estar operando a 58 Hz y no a 52 Hz como lo hace actualmente, el incremento de esta frecuencia llevaría al aumento de producción desde 750 BFPD (330 BPPD) hasta 924 BFPD (406.56 BPPD), obteniendo una ganancia de 76.56 BPPD, requiriendo que el motor trabaje con una carga del 83.35% y una potencia de 123.22 HP, lo cual mantendría al equipo BES funcionando dentro del factor de seguridad.

Se puede realizar un incremento de frecuencia paulatina de 1 Hz estabilizando el pozo en cada incremento hasta llegar a los 58 Hz y haciendo un seguimiento del comportamiento del pozo. Se debe verificar el incremento de BWS y la producción de petróleo final, para poder asegurar que el incremento de frecuencia siga siendo rentable en términos de producción de petróleo.

FIGURA 4. 40 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES DEL POZO SAC - 242D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

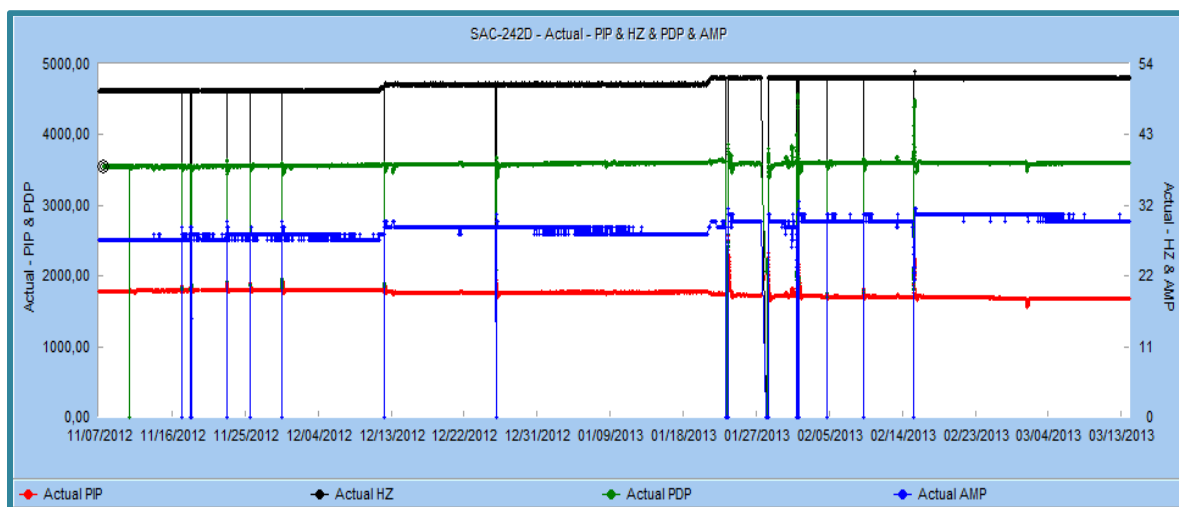
4.7.5. Tendencia de corriente

En la figura 4.41, se puede observar la tendencia de corriente, en la cual se puede observar fluctuaciones continuas de período corto indicando presencia de sólidos a lo largo de la producción del pozo.

Se llega a esta conclusión pues se observa picos donde se incrementa la presión de intake con un valor máximo registrado de 2582.7 psi (23/01/2013) ocasionando que la bomba se apague; este incremento corresponde a la presencia de una obstrucción al ingreso de la bomba produciendo un desgaste mayor de la misma. Conjuntamente, se registra decrementos de corto período de la presión de descarga, dados por restricciones en el intake y desgaste de la bomba.

También se puede observar que se ha incrementado la frecuencia operativa del equipo en dos ocasiones durante los 7 meses de funcionamiento del equipo BES, desde 49.9 Hz (14/08/2012) a 51 Hz (12/12/2012) y finalmente a 52 Hz (21/01/2013); estos incrementos de frecuencia ocasionan un incremento en el requerimiento de corriente del equipo, lo cual puede ser verificado con el incremento del amperaje desde 27 Amps a 29 Amps y finalmente a 31 Amps respectivamente.

FIGURA 4. 41 TENDENCIA DE CORRIENTE DEL POZO SAC - 242D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.8. POZO SAC-265D

4.8.1. Ajuste de la travesa de presión

Para realizar el ajuste de la curva de gradiente de presión se debieron considerar cambios en ciertos parámetros, los cuales pueden ser vistos en la tabla 4.15.

TABLA 4. 15 PARÁMETROS MODIFICADOS EN EL POZO SAC – 265D PARA EL AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN

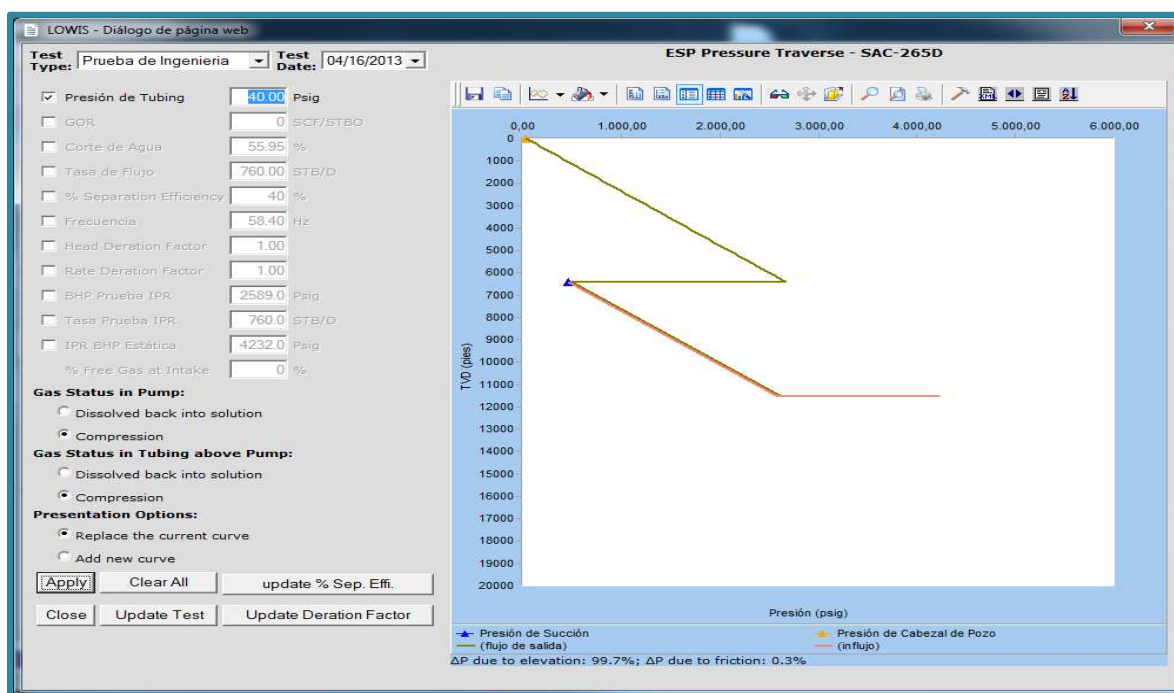
SAC-265D	GOR (PCS/BF)	BSW (%)	Caudal BFPD	Eff. Separación (%)	Factor de Degradación	
					Cabeza	Caudal
ESTADO ACTUAL	0.00	56.05	760	100.00	1.00	1.00
AJUSTE	0.00	55.95	760	40.00	1.00	1.00
VARIACIÓN (%)	0.00	0.18	0.00	60.00	0.00	0.00

FUENTE: Software LOWIS - ORNCM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

El ajuste de la curva de gradiente de presión se puede ver en la figura 4.42.

FIGURA 4. 42 AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN DEL POZO SAC – 265D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCM

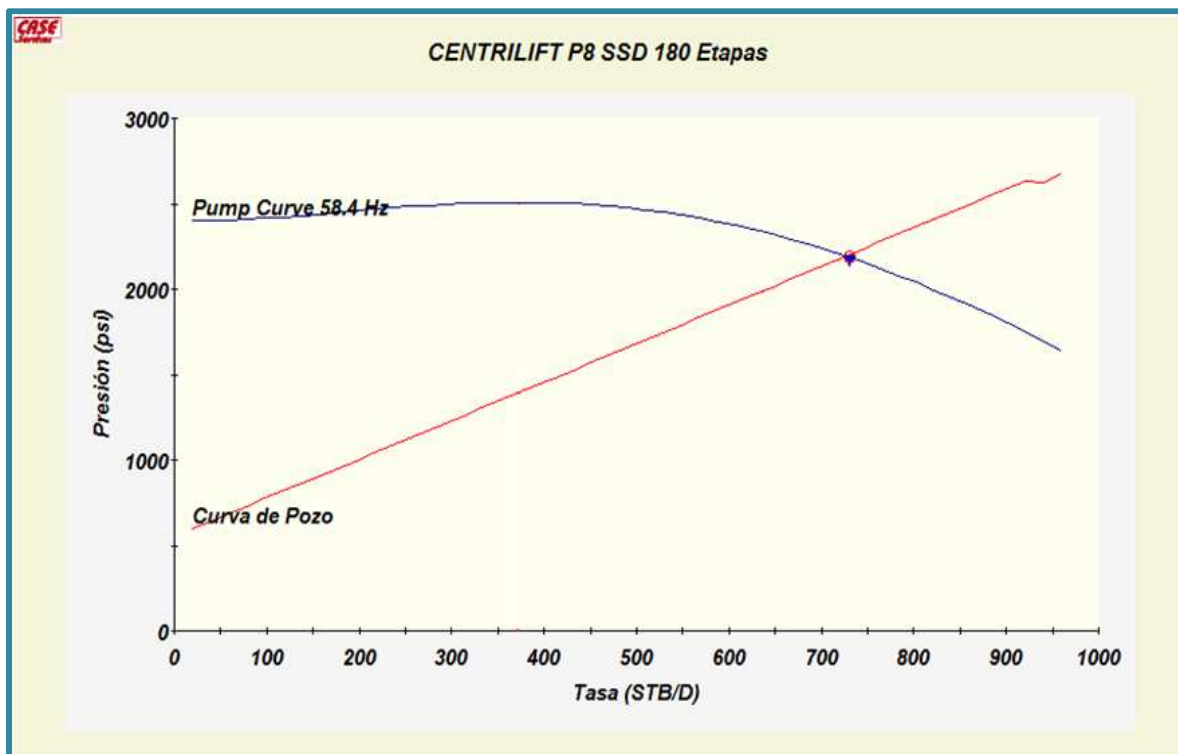
Este pozo no dispone de un sensor que registre la presión de descarga; consecuentemente, el ajuste de la curva de gradiente de presión fue ajustada a la presión de succión. Esto implica un análisis enfocado en determinar si la bomba se encuentra o no operando con desgaste; sin embargo, no es posible validar datos como GOR, eficiencia de separación de gas y BSW.

4.8.2. Análisis del punto de operación del sistema BES

El pozo actualmente se encuentra produciendo 760 BFPD (334.78 BPPD) con una presión de descarga de 2660 psi, lo que ubica a la bomba CENTRILIFT P8 SSD en el RANGO DE OPERACIÓN RECOMENDADO. El pozo tiene un PIP de 477 psi y una presión de burbuja de 78 psi.

De acuerdo a la figura 4.43, se puede observar que el punto de operación recomendado calculado es igual al punto de operación real, lo cual implica que no existe una degradación sobre la bomba. La bomba fue instalada el 18/03/2012, presentando un tiempo de operación de 1 año.

FIGURA 4. 43 PUNTO OPERATIVO DEL POZO SAC – 265D



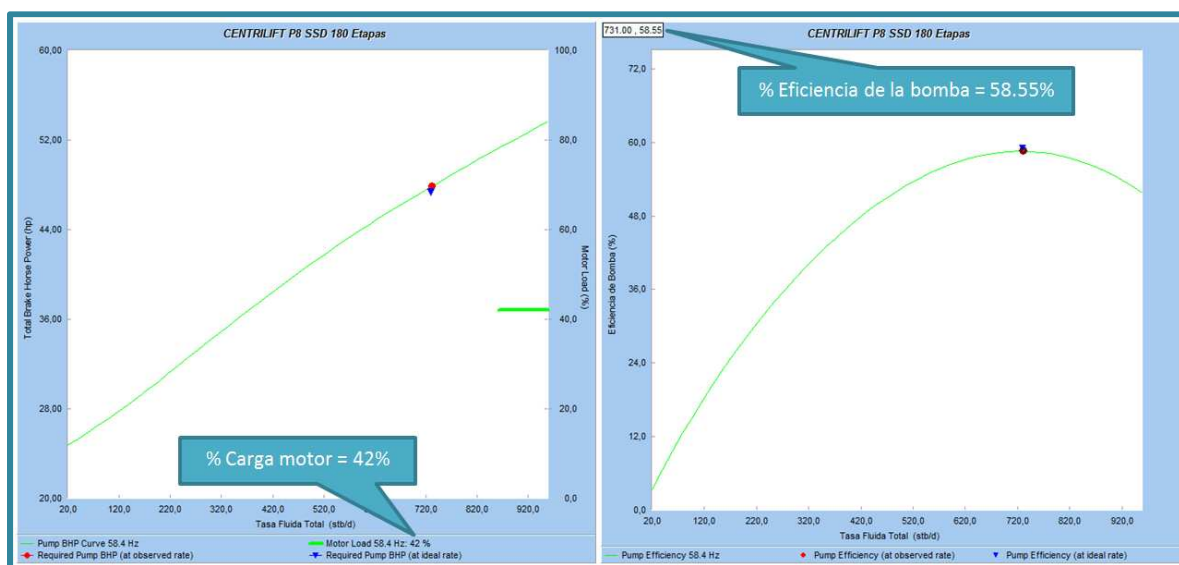
FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Al revisar los puntos de operación de las pruebas de producción anteriores se observa que estos se alejan de la curva del pozo a lo largo de la curva de la bomba, lo cual indica que existe efectos sobre el pozo, cuyas causas pueden ser agotamiento o aumento en el corte de agua; uno de los cambios que se han presentado es la variación del BWS, cuyo valor inicial fue de 28.06% (27/03/2012) hasta alcanzar el 55.95% (16/04/2013).

4.8.3. Cálculo del factor de corrección en potencia

Una vez que se logró tener el sistema en equilibrio se obtuvo 42% de carga del motor (CENTRILIFT SERIE 562, 114 HP, 2330 V, 30 Amps) y un 58.55% de eficiencia de la bomba, valores que se pueden observar en la figura 4.44.

FIGURA 4. 44 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC – 265D (SIN CORRECCIÓN)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Para realizar la corrección del porcentaje de carga y eficiencia de la bomba se debe hacer el cálculo del porcentaje teórico de carga (ecuación 4.15) y del factor de corrección en potencia (ecuación 4.16), factor que será ingresado en LOWIS para realizar la corrección.

- Amperaje usado = 22 Amps
- Amperaje de placa = 30 Amps

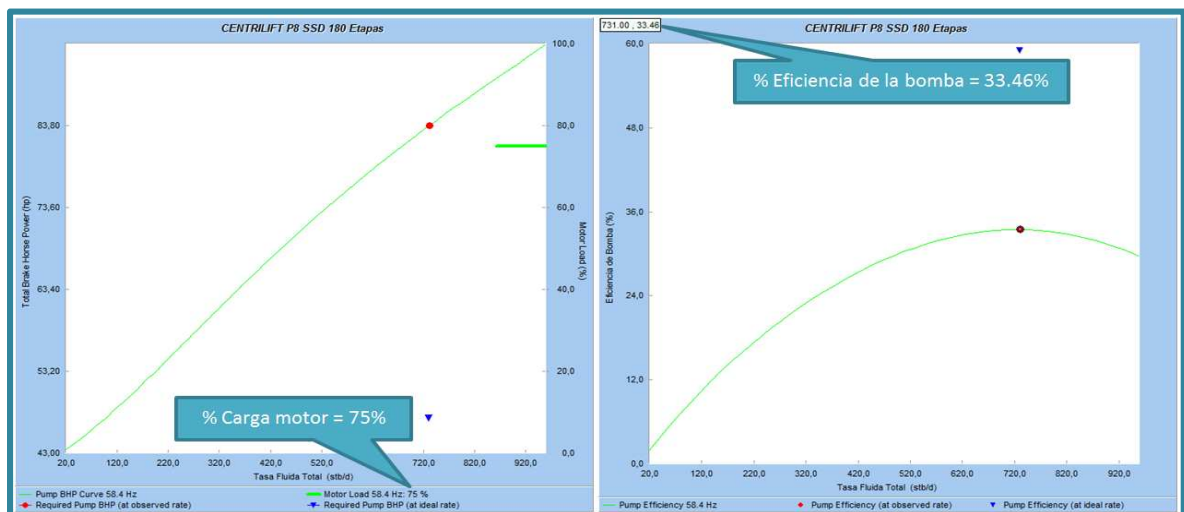
- % Carga del sistema en equilibrio = 42%

$$\% \text{carga} = \frac{\text{Amperaje usado}}{\text{Amperaje de placa}} = \frac{22 \text{ Amps}}{30 \text{ Amps}} = 0.7333 \approx 73.33\% \quad (4.15)$$

$$\text{Factor de corrección en potencia} = \frac{\% \text{carga}}{\% \text{carga del sistema en equilibrio}} = \frac{73.33\%}{42\%} = 1.75 \quad (4.16)$$

Una vez realizada la corrección se obtuvo un porcentaje de carga del 75% y una eficiencia de la bomba del 33.46%, valores que pueden ser vistos en la figura 4.45.

FIGURA 4. 45 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC – 265D (CORREGIDO)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.8.4. Análisis de Sensibilidades

En la figura 4.46 y en la tabla 4.16 se puede observar los valores obtenidos de la simulación de variación de frecuencia.

TABLA 4. 16 SIMULACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA (SAC – 265D)

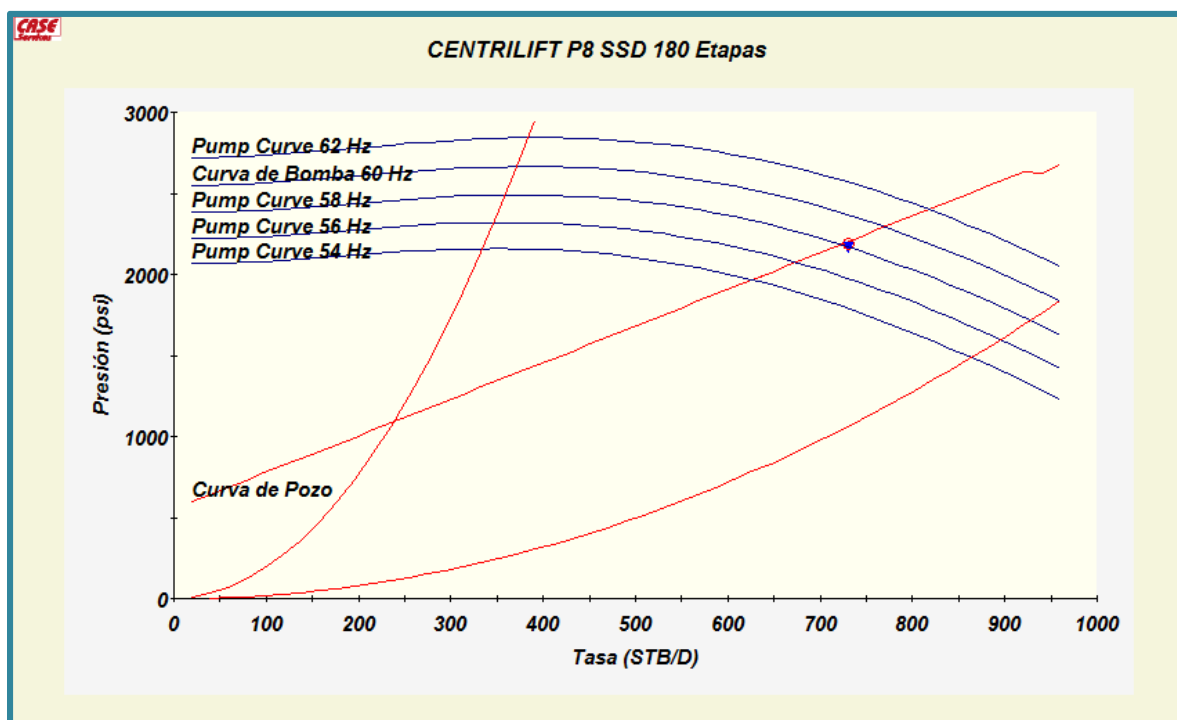
POZO	Frecuencia (Hz)	Qt (BFPD)	Qo (BPPD)	BSW (%)	TDP (PSI)	Eficiencia (%)	Potencia (HP)	Carga (%)
SAC-265D	62	817	359.89	55.95	2400	33.32	98.00	84.53
	60	770	339.19	55.95	2292	33.42	88.82	79.17
	58.4	760	334.78	55.95	2183	33.46	81.90	75.00
	56	674	296.90	55.95	2074	33.42	72.21	68.96
	54	625	275.31	55.95	1966	33.29	64.75	64.12

FUENTE: Software LOWIS-Weatherford

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

Actualmente, el equipo se encuentra operando a 58.4 Hz, y de acuerdo a la ubicación del punto de operación real y el punto de operación recomendado en el análisis de sensibilidades, se podría mantener las condiciones a las cuales está trabajando el equipo; esto puede ser observado en la figura 4.46. Un cambio en las condiciones de operación pueden llevar a una degradación prematura de los equipos.

FIGURA 4. 46 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES DEL POZO SAC – 265D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.8.5. Tendencia de corriente

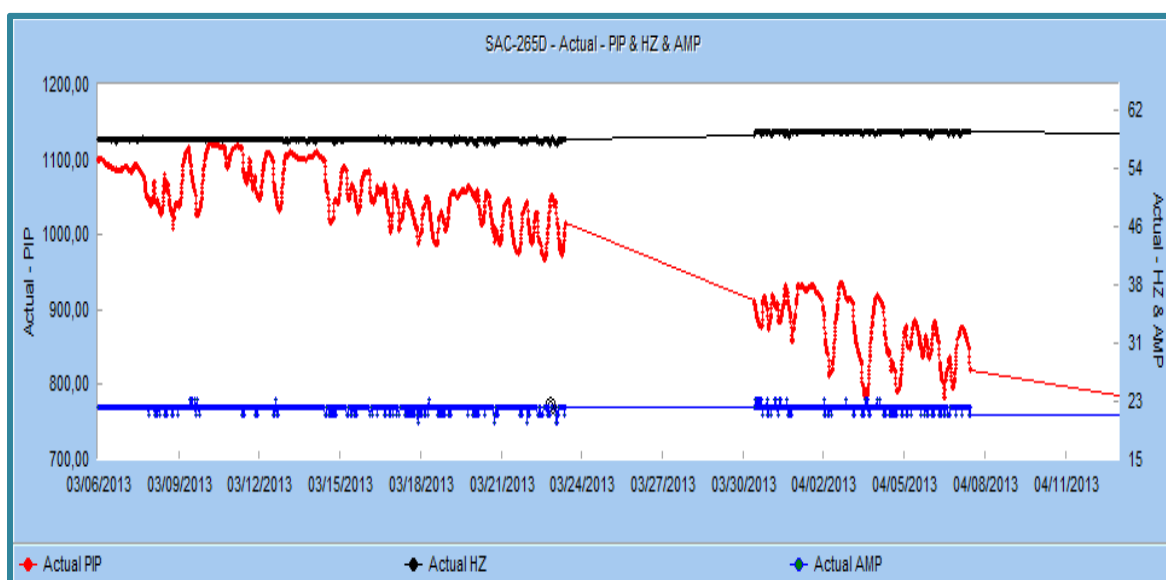
De acuerdo a la figura 4.47, se puede observar que la línea de corriente presenta varias fluctuaciones alcanzando valores máximos y mínimos de 23 Amps y 20 Amps respectivamente.

Los valores máximos y mínimos de frecuencia registrados son de 58.7 Hz y 56.9 Hz respectivamente, estos cambios se deben a que el variador de frecuencia varía este parámetro para mantener la corriente lo más estable posible.

Debido a que no se posee un sensor que mida la presión de descarga no se puede realizar un análisis que permita validar el valor de GOR en el pozo.

La presión de intake presenta pronunciadas fluctuaciones dadas por una producción intermitente del pozo, la cual puede darse por presencia de gas y bajo aporte de la formación; se puede observar que la presión de intake ha decrecido en el transcurso del tiempo, esto también indica una depletación natural del pozo. Las fluctuaciones en la corriente indican una posible presencia de gas.

FIGURA 4. 47 TENDENCIA DE CORRIENTE DEL POZO SAC – 265D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.9. POZO SAC-320D

4.9.1. Ajuste de la travesa de presión

Los parámetros modificados para el ajuste de la curva de gradiente de presión se presentan a continuación en la tabla 4.17.

TABLA 4. 17 PARÁMETROS MODIFICADOS EN EL POZO SAC – 320D PARA EL AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN

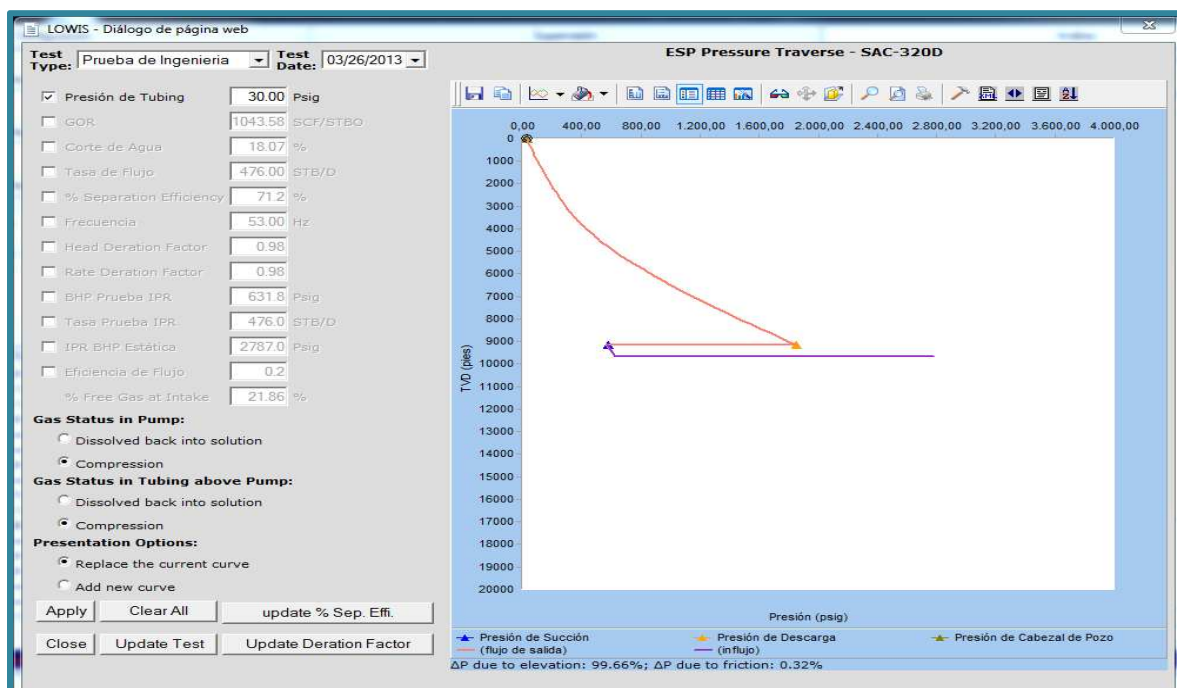
SAC-320D	GOR (PCS/BF)	BSW (%)	Caudal BFPD	Eff. Separación (%)	Factor de Degradación	
					Cabeza	Caudal
ESTADO ACTUAL	1043.58	18.07	476	100.00	1.00	1.00
AJUSTE	1043.58	18.07	476	71.20	0.98	0.98
VARIACIÓN (%)	0.00	0.00	0	28.80	2.00	2.00

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

El ajuste de la curva de gradiente de presión se presenta en la figura 4.48.

FIGURA 4. 48 AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN DEL POZO SAC - 320D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.9.2. Análisis del punto de operación del sistema BES

El pozo actualmente está produciendo 476 BFPD (389.99 BPPD) a una presión de descarga de 1913 psi, lo que lo ubica a la bomba reda DN800 en un RANGO DE OPERACIÓN RECOMENDADO. El pozo tiene un PIP de 592 psi y una presión de burbuja de 1293.

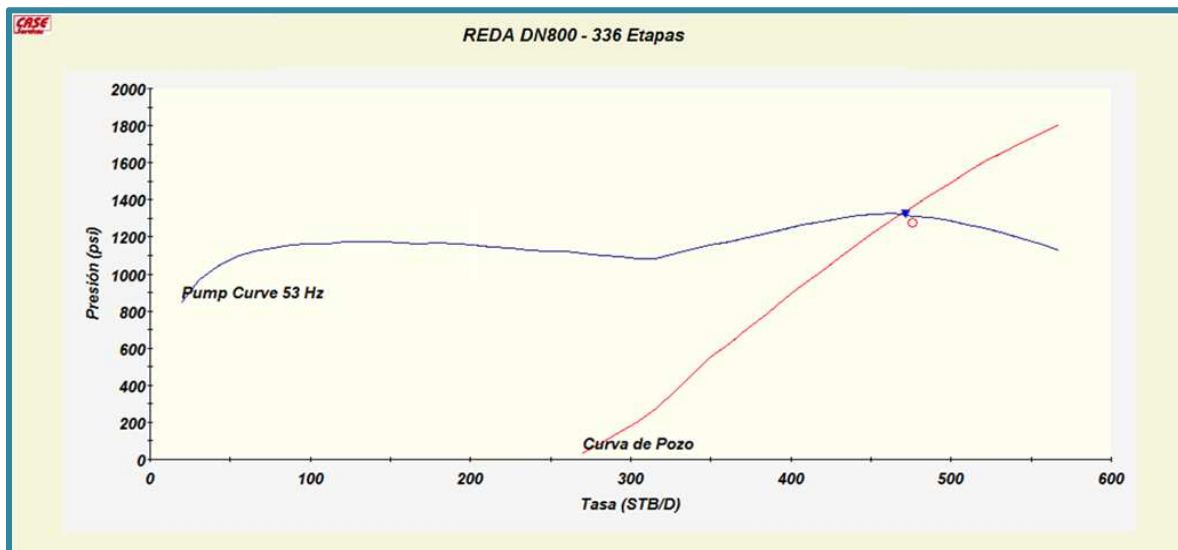
En la figura 4.49, debido a que el punto de operación recomendado se encuentra en el cruce de las curvas de la bomba y del pozo mientras que el punto de operación real se ubica alejado de esta intersección se puede decir que ha ocurrido un cambio en las condiciones del yacimiento debido a la estabilización de las presiones estática y de fondo fluyente, al poner en funcionamiento el nuevo equipo BES en el pozo.

Adicionalmente, se analizó las pruebas de producción anteriores donde se observa que los puntos de operación se alejan de la curva del pozo a lo largo de la curva de la bomba, lo que indica también cambio en las condiciones del yacimiento como pueden ser agotamiento, o aumento en el corte de agua.

El pozo ha disminuido su presión de fondo fluyente de 808.77 psi (10/10/2012) a una presión de 637.40 psi (22/03/2013), observándose un incremento del BWS de 1.03% a un 18.07%, a su vez se observa una disminución del caudal de producción de 581 BFPD a una tasa actual de producción de 476 BFPD (389.99 BPPD).

La bomba, instalada el 03/02/2013, presenta una degradación del 2% después de mes y medio de estar operando en el pozo. La eficiencia de separación del equipo es de 71.2% con un valor de 21.86% de gas libre a través de la bomba.

FIGURA 4. 49 PUNTO OPERATIVO DEL POZO SAC - 320D

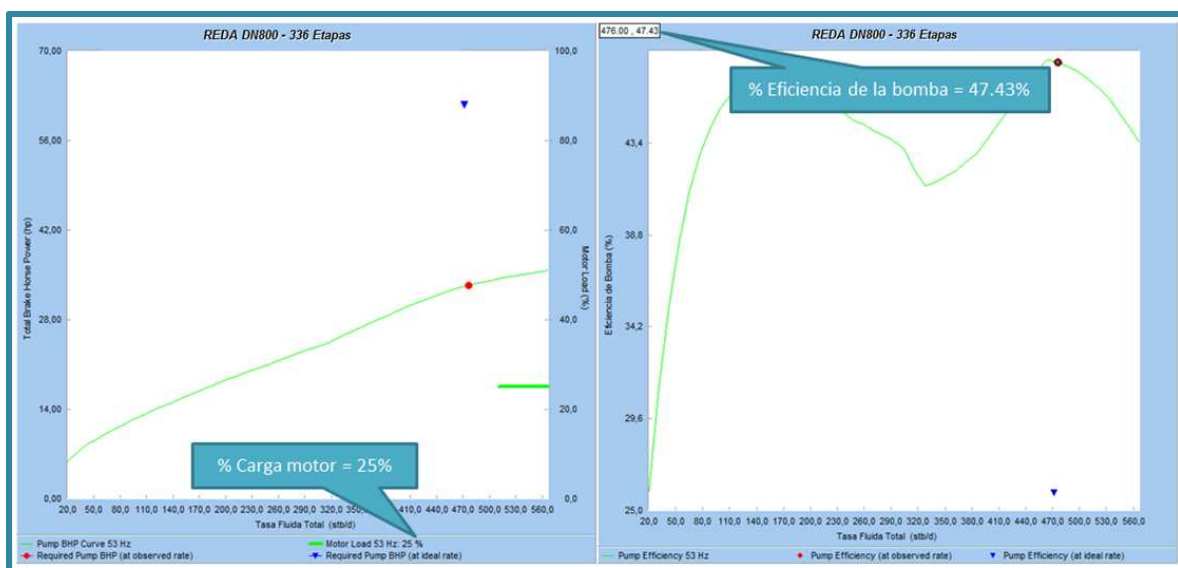


FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.9.3. Cálculo del factor de corrección en potencia

Con el sistema en equilibrio, se obtuvo un valor de 25% para la carga de motor (REDA SERIE 562, 150 HP, 2393V, 38.4 Amps) y 47.43% para la eficiencia de la bomba, valores que posteriormente serán corregidos y pueden ser visualizados en la figura 4.50.

FIGURA 4. 50 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC - 320D (SIN CORRECCIÓN)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Para obtener el factor de corrección en potencia (ecuación 4.18), primero se debe calcular el porcentaje de carga del motor (ecuación 4.17), éste factor permitirá la corrección del porcentaje de carga y eficiencia de la bomba en el software LOWIS.

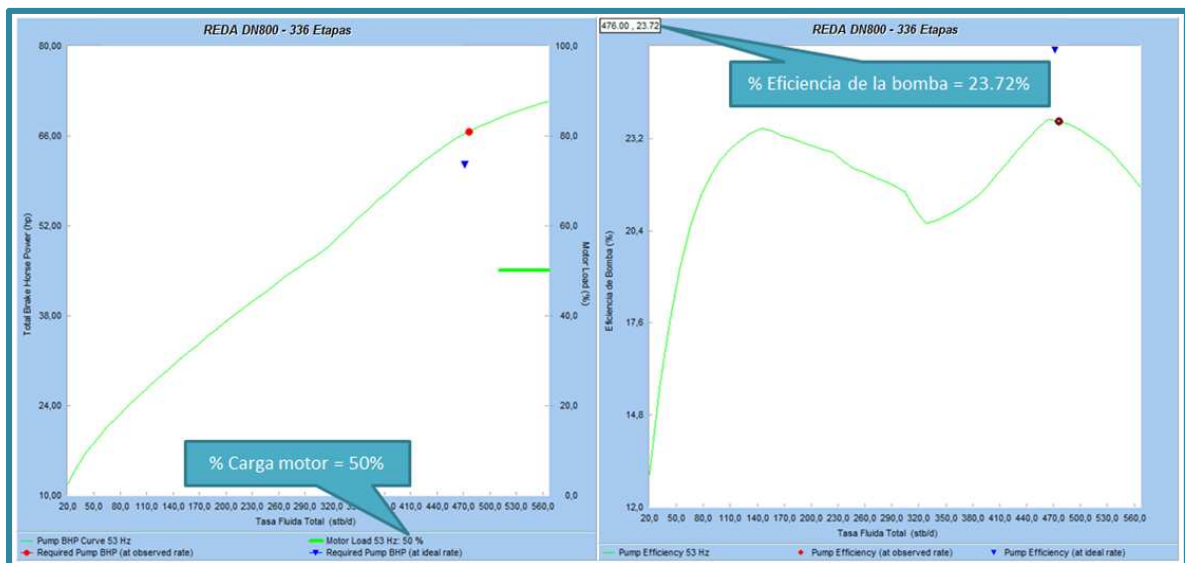
- Amperaje usado = 19 Amps
- Amperaje de placa = 38 Amps
- % Carga del sistema en equilibrio = 25%

$$\% \text{carga} = \frac{\text{Amperaje usado}}{\text{Amperaje de placa}} = \frac{19 \text{ Amps}}{38 \text{ Amps}} = 0.5 \approx 50.00\% \quad (4.17)$$

$$\text{Factor de corrección en potencia} = \frac{\% \text{carga}}{\% \text{carga del sistema en equilibrio}} = \frac{50\%}{25\%} = 2.00 \quad (4.18)$$

Una vez ingresado el factor de corrección en potencia de 2.00 en el software LOWIS, se obtuvo un 50% de carga del motor y un 23.72% de eficiencia de la bomba, valores que se pueden visualizar en la figura 4.51.

FIGURA 4. 51 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC - 320D (CORREGIDO)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.9.4. Análisis de Sensibilidades

En la figura 4.52 y en la tabla 4.18 se puede observar los valores obtenidos de la simulación de variación de frecuencia.

TABLA 4. 18 SIMULACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA (SAC – 320D)

POZO	Frecuencia (Hz)	Qt (BFPD)	Qo (BPPD)	BSW (%)	TDP (PSI)	Eficiencia (%)	Potencia (HP)	Carga (%)
SAC-320D	71	511	418.66	18.07	1555	15.41	159.05	89.73
	65	502	411.29	18.07	1508	18.07	122.04	75.20
	59	489	400.64	18.07	1438	21.11	91.27	61.96
	53	476	389.99	18.07	1321	23.72	66.16	50.00
	47	438	358.85	18.07	1140	25.49	46.14	39.32

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

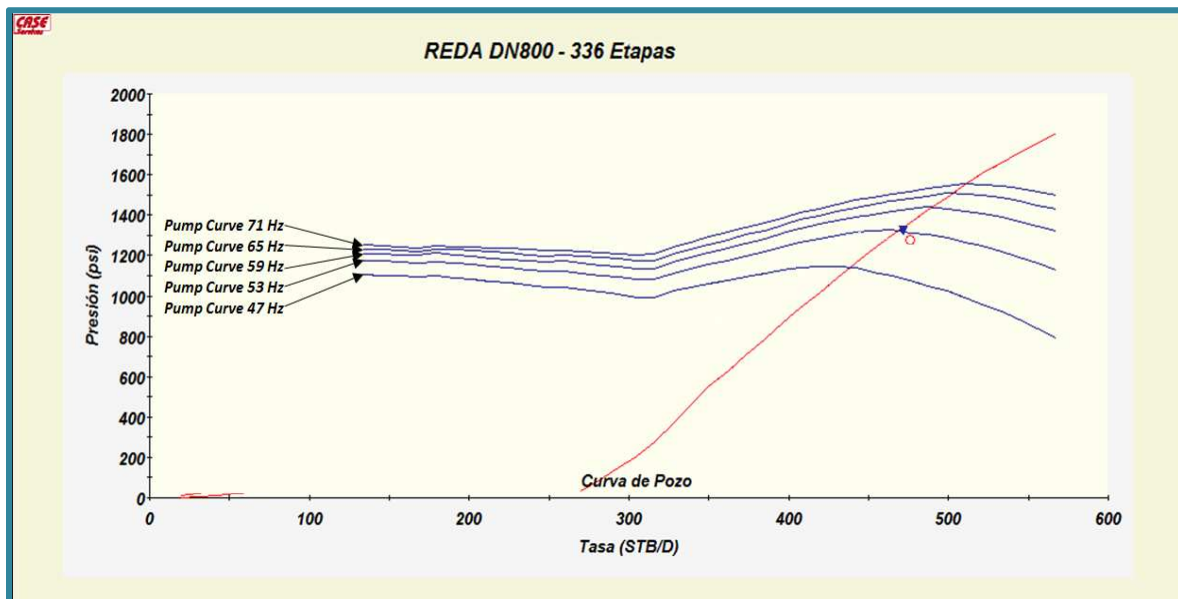
ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

Al realizar la simulación a diferentes frecuencias de operación se observa que no se necesita realizar ningún incremento de frecuencia para un incremento de producción en vista que el punto recomendado está cercano al punto real de operación. Esto puede ser observado en la figura 4.52.

La bomba no presenta una degradación considerable y se observa un funcionamiento normal de la misma, además de estar en funcionamiento menos de 2 meses en el pozo.

Se recomienda mantener las actuales condiciones de operación puesto que un cambio en dichas condiciones pueden llevar a una degradación prematura de los equipos, además se debe realizar un continuo análisis del comportamiento de la bomba para verificar su degradación y buena operación, caso contrario se debe realizar los cambios necesarios para mantener la producción.

FIGURA 4. 52 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES DEL POZO SAC - 320D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.9.5. Tendencia de corriente

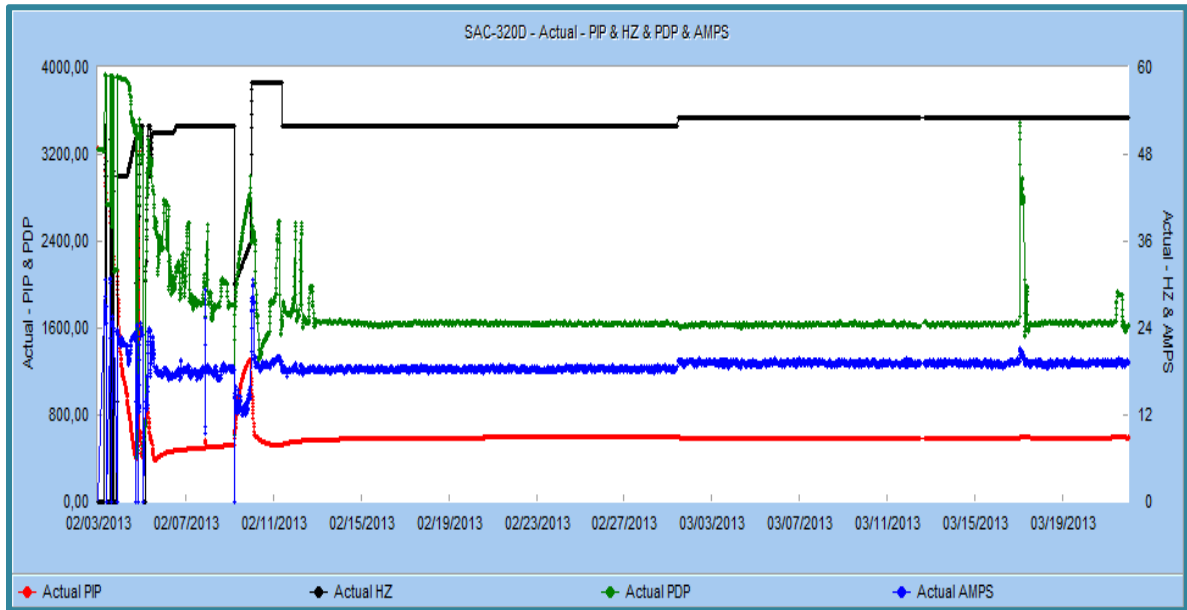
De acuerdo a la figura 4.53, se puede observar grandes deflexiones en las líneas de corriente, presión de descarga y succión. Las altas presiones registradas de descarga y de succión pueden haber sido ocasionadas por una restricción en la tubería, lo cual ocasiona directamente un mayor consumo de energía, implicando así picos representativos en la línea de corriente.

Adicionalmente, el 17/03/2013 se registró una presión de descarga de 3493 psi, conjuntamente con un incremento de 21.20 Amps en la corriente y 599.50 psi en la presión de succión, corroborando así una restricción en la tubería.

Estas fluctuaciones registradas de los parámetros de frecuencia, corriente, presiones de descarga y de succión, ocasionadas por una alta presencia de sólidos una vez que fue arrancado el equipo para iniciar la producción del pozo, se estabilizaron el 12/02/2013.

A continuación, el equipo trabajó con una frecuencia de operación de 52 Hz hasta el 01/03/2013, en cuya fecha se reconfiguró a una frecuencia nueva de operación de 53 Hz.

FIGURA 4. 53 TENDENCIA DE CORRIENTE DEL POZO SAC - 320D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.10. POZO SAC-332D

4.10.1. Ajuste de la travesa de presión

Para realizar el ajuste de la curva de gradiente de presión se debieron considerar cambios en ciertos parámetros, los cuales pueden ser vistos en la tabla 4.19

TABLA 4. 19 PARÁMETROS MODIFICADOS EN EL POZO SAC – 332D PARA EL AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN

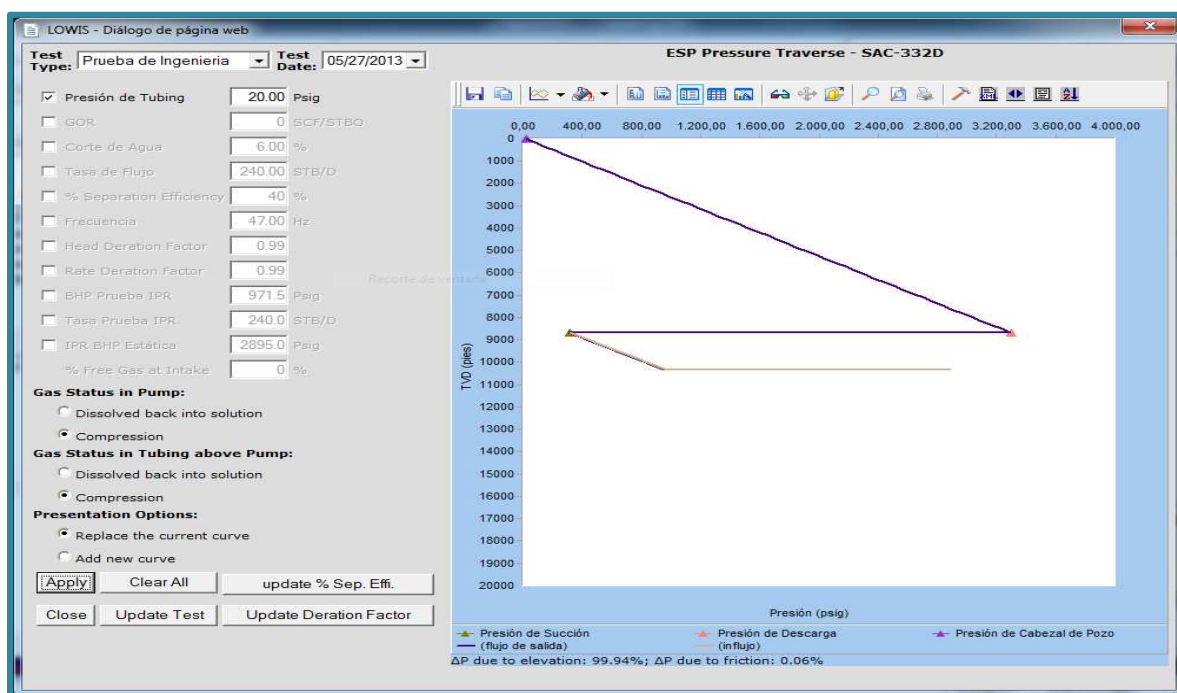
SAC-332D	GOR (PCS/BF)	BSW (%)	Caudal BFPD	Eff. Separación (%)	Factor de Degradación	
					Cabeza	Caudal
ESTADO ACTUAL	0.00	9.17	240	100.00	1.00	1.00
AJUSTE	0.00	6.00	240	40.00	0.99	0.99
VARIACIÓN (%)	0.00	34.57	0.00	60.00	1.00	1.00

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

El ajuste de la curva de gradiente de presión se presenta en la figura 4.54.

FIGURA 4. 54 AJUSTE DE LA TRAVERSA DE PRESIÓN DEL POZO SAC – 332D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Se observa una variación en el BSW de 9.17% a 6.00% para el ajuste de la curva de gradiente de presión, puesto que se ingresó el valor real del BWS reportado en el FORECAST al 31 de marzo de 2013.

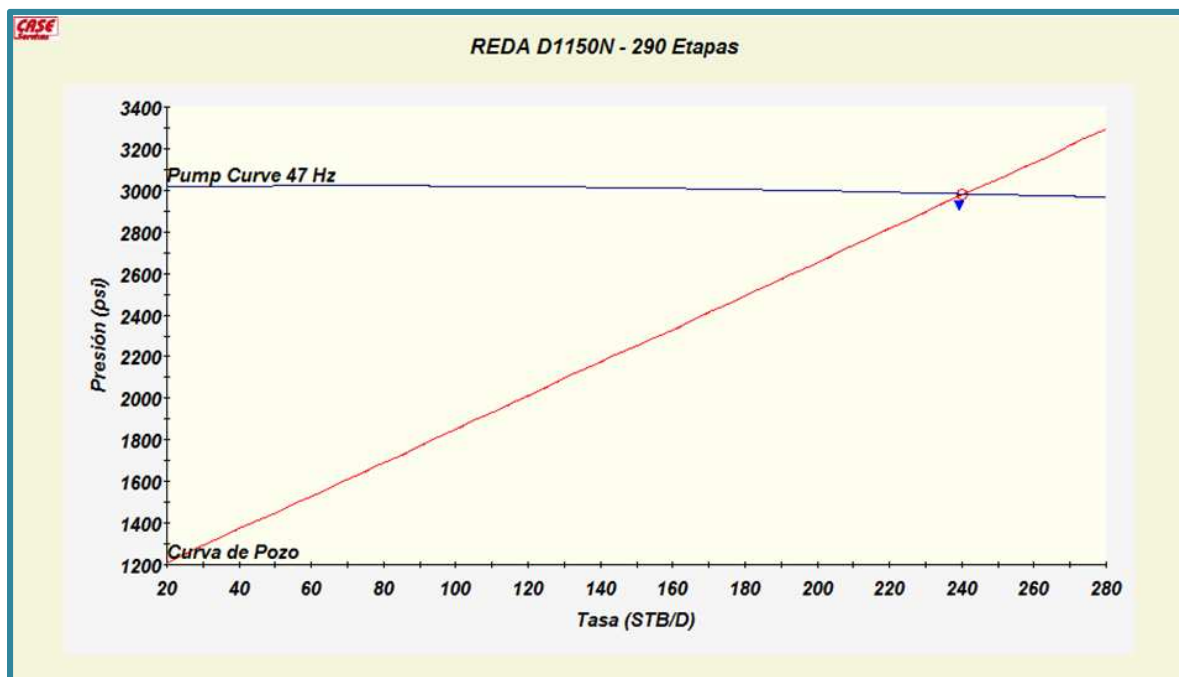
4.10.2. Análisis del punto de operación del sistema BES

El pozo actualmente se encuentra produciendo 240 BFPD (225.60 BPPD) a una presión de descarga de 3318 psi, lo que ubica a la bomba REDA D1150N en el RANGO DE OPERACIÓN DOWNTHRUST como se puede ver en la figura 4.55. El pozo tiene un PIP de 336 psi y la presión de burbuja es de 550 psi.

La separación entre los puntos de operación recomendado y actual indica que existe una degradación mínima de la bomba, la cual es de 1%, degradación que se ha obtenido desde el 06/12/2012, llevando el equipo en operación aproximadamente 5 meses.

Actualmente la eficiencia de separación de gas del equipo es de 40 % y no presenta gas libre a través de la bomba.

FIGURA 4. 55 PUNTO OPERATIVO DEL POZO SAC – 332D

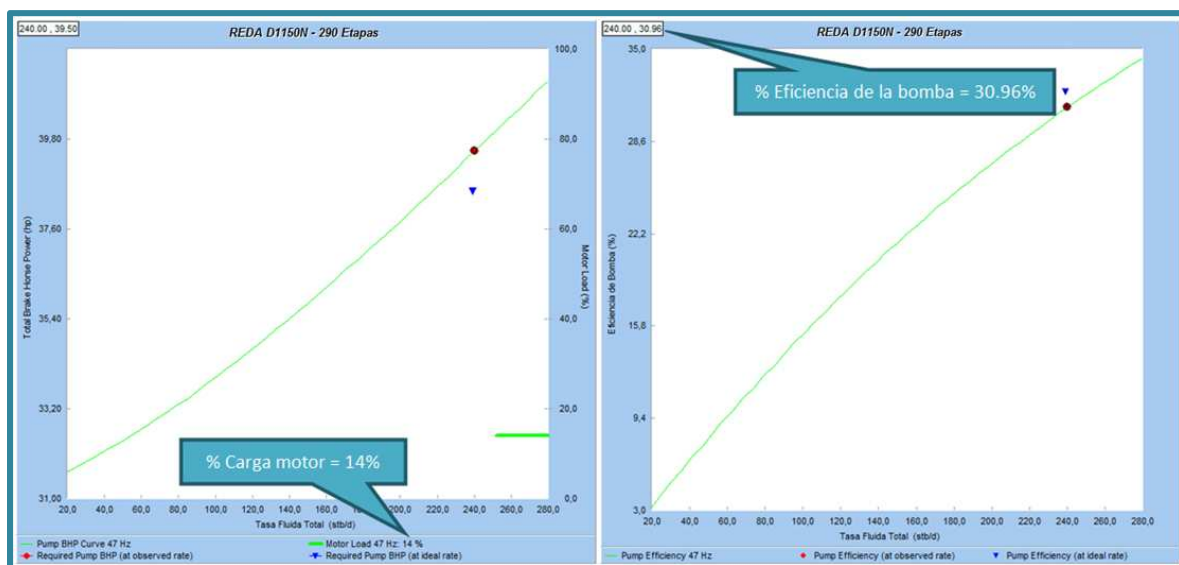


FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.10.3. Cálculo del factor de corrección en potencia

Una vez que se logró tener el sistema en equilibrio se obtuvo 14% de carga del motor (REDA SERIE 562, 338 HP, 1644 V, 124 Amps) y un 30,96% de eficiencia de la bomba, valores que se pueden observar en la figura 4.56; posteriormente se procederá a la corrección de los mismos.

FIGURA 4. 56 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC – 332D (SIN CORRECCIÓN)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

Para realizar la corrección del porcentaje de carga y eficiencia de la bomba se debe hacer el cálculo del porcentaje teórico de carga (ecuación 4.19) y del factor de corrección en potencia (ecuación 4.20), factor que será ingresado en LOWIS para realizar la corrección.

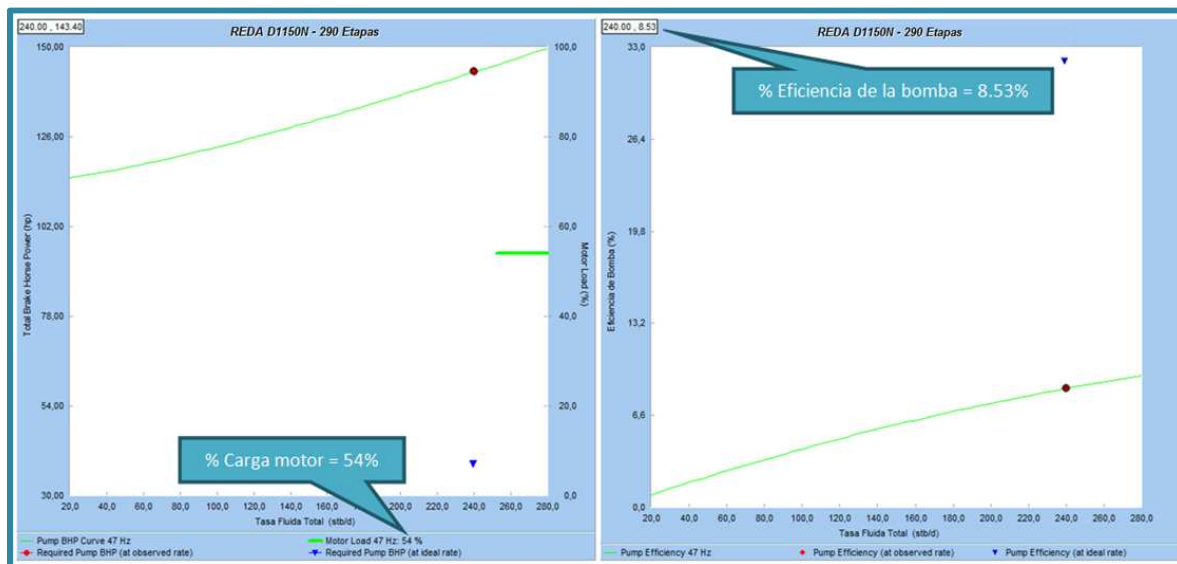
- Amperaje usado = 63 Amps
- Amperaje de placa = 124 Amps
- % Carga del sistema en equilibrio = 14%

$$\% \text{carga} = \frac{\text{Amperaje usado}}{\text{Amperaje de placa}} = \frac{63 \text{ Amps}}{124 \text{ Amps}} = 0.5081 \approx 50.81\% \quad (4.19)$$

$$\text{Factor de corrección en potencia} = \frac{\% \text{carga}}{\% \text{carga del sistema en equilibrio}} = \frac{50.81\%}{33\%} = 3.63 \quad (4.20)$$

Una vez realizada la corrección, se obtuvo un porcentaje de carga del 54% y una eficiencia de la bomba del 8.53%, valores que pueden ser vistos en la figura 4.57.

FIGURA 4. 57 PORCENTAJE DE CARGA DEL MOTOR Y EFICIENCIA DE LA BOMBA DEL POZO SAC – 332D (CORREGIDO)



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.10.4. Análisis de Sensibilidades

En la figura 4.58 y en la tabla 4.20 se puede observar los valores obtenidos de la simulación de variación de frecuencia.

TABLA 4. 20 SIMULACIÓN DE LA VARIACIÓN DE FRECUENCIA (SAC-332D)

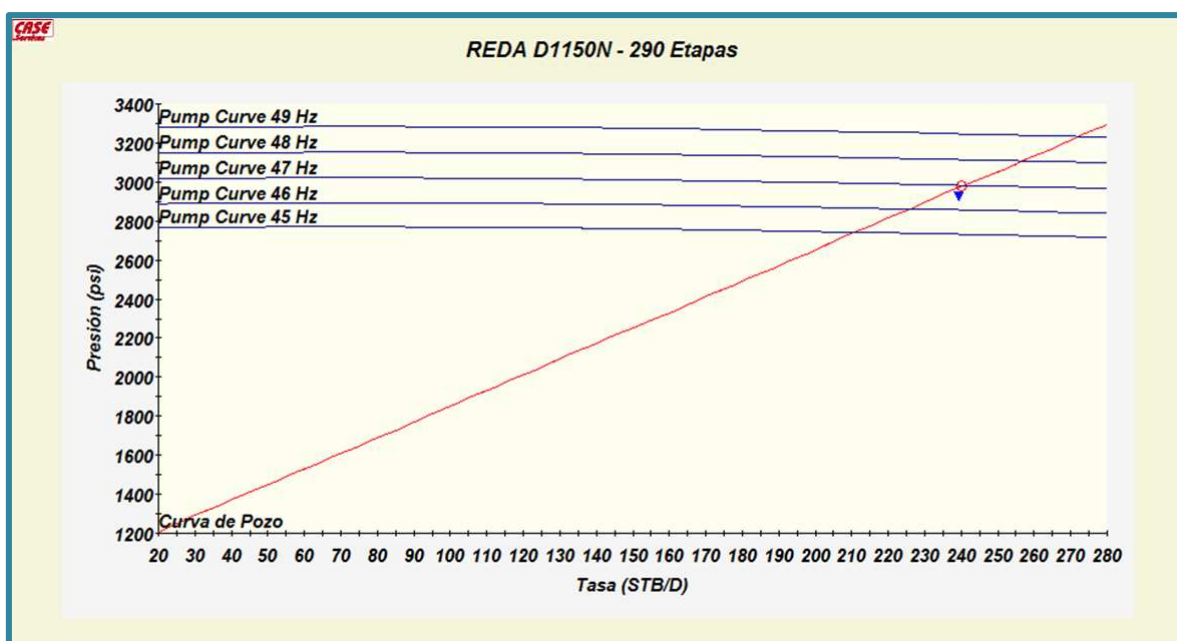
POZO	Frecuencia (Hz)	Qt (BFPD)	Qo (BPPD)	BSW (%)	TDP (PSI)	Eficiencia (%)	Potencia (HP)	Carga (%)
SAC-332D	49	272	255.68	6.00	3234	9.04	162.50	58.69
	48	257	241.58	6.00	3109	8.79	152.75	56.32
	47	240	225.60	6.00	2982	8.53	143.40	54.00
	46	226	212.44	6.00	2862	8.29	134.44	51.73
	45	211	198.34	6.00	2742	8.02	125.86	49.50

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

La frecuencia a la cual el equipo se encuentra operando actualmente es de 47 Hz; el pozo presenta su punto de operación actual muy cercano al punto de operación recomendado por lo tanto el pozo debería mantenerse operando a las condiciones actuales, además se evidencia que la bomba REDA D1150N se encuentra sobredimensionada a las condiciones de producción del pozo, el motor se encuentra operando con 143.40 HP lo cual ya excede el factor de seguridad.

FIGURA 4. 58 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES DEL POZO SAC – 332D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

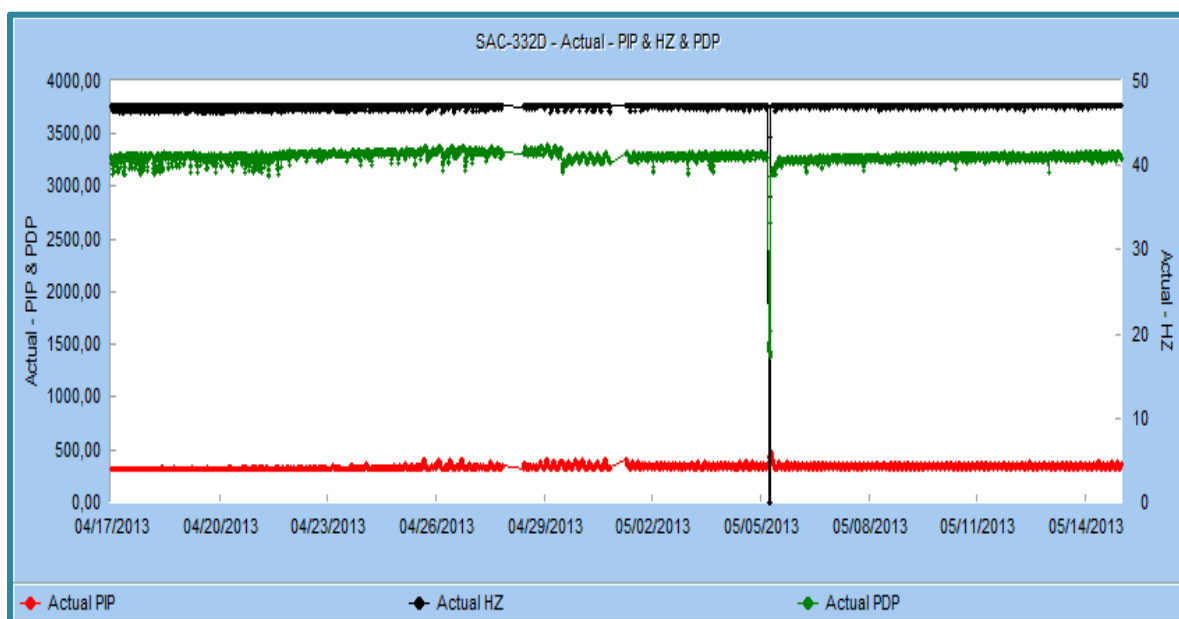
4.10.5. Tendencia de corriente

El pozo ha mantenido una frecuencia operativa de 47 Hz hasta la fecha de análisis (27/05/2013), registrando un paro sobre el equipo BES el 05/05/2013, como se puede ver en la figura 4.59.

Se podría presentar problemas en el equipo BES en cuanto a restricciones en el intake evidenciadas por incrementos instantáneos a pequeños intervalos de la presión de succión obteniendo un valor máximo registrado de 409.80 psi; mientras en la línea de presión de descarga se presentan deflexiones obteniendo un valor mínimo registrado de 3102.40 psi.

A la fecha de análisis, no se cuenta con valores de amperaje para la construcción y estudio de la línea de corriente, motivo por el cual no se puede verificar ni analizar el comportamiento del pozo en función de la corriente, respecto del resto de líneas de tendencias de presión y frecuencia antes mencionadas.

FIGURA 4. 59 TENDENCIA DE CORRIENTE DEL POZO SAC – 332D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

4.11. RECOPIACIÓN DE RESULTADOS

Una recopilación de resultados puede observarse en la tabla 4.21, donde se aprecia una comparación de las condiciones actuales de producción y sus variaciones para incrementar la producción considerando los cambios en frecuencia operativa de los equipos.

TABLA 4. 21 RECOPILACIÓN DE RESULTADOS DE LOS POZOS ANALIZADOS CON LOWIS

POZO	CONDICIONES DE OPERACIÓN									RECOMENDACIÓN PARA INCREMENTO DE PRODUCCIÓN					
	BSW (%)	GOR (PCS/BF)	Frecuencia (Hz)	Qt (BFPD)	Qo (BPPD)	Eff. de separación (%)	Gas libre (%)	Factores de degradación		Frecuencia (Hz)	Δ Frecuencia Incremento (Hz)	Qt (BFPD)	Qo (BPPD)	Δ Qt (BFPD)	Δ Qo (BPPD)
								cabeza	caudal						
SAC-008	83.97	278.15	59.0	942	151.00	80.0	0.76	0.96	0.96	61.0	2	996	159.66	54	8.66
SAC - 32	25.97	658.45	60.0	439	324.99	75.0	17.96	0.89	0.89	60.0	0	439	324.99	0	0.00
SAC - 99	1.44	398.02	60.0	831	819.03	40.0	16.70	0.92	0.92	62.0	2	863	850.57	32	31.54
SAC - 172D	33.98	6.56	61.0	462	305.01	80.0	0.00	0.86	0.86	61.0	0	462	305.01	0	0.00
SAC-185D	1.01	204.60	57.0	395	391.01	71.0	14.04	0.92	0.92	60.0	3	432	427.64	37	36.63
SAC - 213D	66.01	14.65	57.0	456	154.99	80.0	0.00	0.92	0.92	60.0	3	505	171.65	49	16.66
SAC - 242D	56.00	27.27	52.0	750	330.00	40.0	0.00	0.82	0.82	58.0	6	924	406.56	174	76.56
SAC - 265D	55.95	0.00	58.4	760	334.78	40.0	0.00	1.00	1.00	58.4	0	760	334.78	0	0.00
SAC - 320D	18.07	1043.58	53.0	476	389.99	71.2	21.86	0.98	0.98	53.0	0	476	389.99	0	0.00
SAC-332D	6.00	0.00	47.0	240	225.60	40.0	0.00	0.99	0.99	47.0	0	240	225.60	0	0.00
TOTAL														346	170.05

FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

En la tabla 4.22 se puede visualizar los ingresos que se obtendrían de acuerdo a la tarifa fijada entre la compañía ORNCEM y el Estado Ecuatoriano de 16.75 \$/bl, en función de la subrogación del “*CONTRATO DE SERVICIOS ESPECÍFICOS PARA LA ADMINISTRACIÓN, INCREMENTO DE PRODUCCIÓN, DESARROLLO, OPTIMIZACIÓN, MEJORAMIENTO INTEGRAL Y EXPLOTACIÓN DEL CAMPO SACHA ENTRE LA EMPRESA PÚBLICA DE HIDROCARBUROS DEL ECUADOR, PETROAMAZONAS EP, Y OPERACIONES RÍO NAPO COMPAÑÍA DE ECONOMÍA MIXTA*” del año 2013.

Para la obtención del ingreso neto, se deduce los costos de producción de 6.24 \$/bl respecto de la tarifa acordada entre la compañía ORNCEM y el Estado Ecuatoriano, obteniendo una utilidad de 10.51 \$/bl. Se desprecian los costos por variación de potencia debido a la variación de frecuencia.

Para la obtención del ingreso mensual se considerarán 30 días para su cálculo. Adicionalmente, el cálculo de ingresos está dado en base a la tasa de petróleo ganada en función del incremento de la frecuencia recomendada posterior al análisis para la optimización de la producción.

TABLA 4. 22 INGRESOS OBTENIDOS POSTERIOR AL ANÁLISIS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.

POZO	ΔQ_o	A LA TARIFA ORNCEM					
		INGRESOS		EGRESOS		INGRESO NETO	
	(BPPD)	(\$/día)	(\$/mes)	(\$/día)	(\$/mes)	(\$/día)	(\$/mes)
SAC-008	8.66	145.06	4351.65	54.04	1621.15	91.02	2730.50
SAC - 32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SAC - 99	31.54	528.30	15848.85	196.81	5904.29	331.49	9944.56
SAC - 172D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SAC-185D	36.63	613.55	18406.58	228.57	6857.14	384.98	11549.44
SAC - 213D	16.66	279.06	8371.65	103.96	3118.75	175.10	5252.90
SAC - 242D	76.56	1282.38	38471.40	477.73	14332.03	804.65	24139.37
SAC - 265D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SAC - 320D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SAC-332D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	170.05	2848.34	85450.13	1061.11	31833.36	1787.23	53616.77

ELABORADO POR: Holger Armijos - Jessica Paccha

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El análisis de sensibilidades se lo hizo considerando que los pozos mantendrían constante el corte de agua, limitaciones nulas de carga y potencia en el motor, y considerando que son sensibles a cambios en la frecuencia de operación, para lo cual se verificaron los historiales de producción de cada pozo sujeto al análisis.
- Posterior al análisis de optimización mediante la utilización de LOWIS, se recomienda un incremento de frecuencia adicional respecto de su frecuencia de operación actual de 2 Hz para los pozos SAC-008 y SAC-099, 3 Hz para los pozos SAC-185D y SAC-213D, y 6 Hz para el pozo SAC-242D; obteniendo un incremento total de petróleo de 170.05 BPPD.
- A través del análisis en LOWIS se ajustó los parámetros reportados en las pruebas de producción con las presiones obtenidas por el sensor de fondo, determinando así, si esos valores son representativos o no, con el objetivo de tener conocimiento sobre el comportamiento real e ideal de cada pozo. Sin embargo, en los pozos que disponen de un sensor limitado en cuanto al número de variables que puede registrar (SAC-008, SAC-099, SAC-172D, SAC-265D), se consideraron válidos los valores presentados en las pruebas de producción. Esta validación de valores es incorrecta ya que el tiempo promedio de las pruebas de producción es de 5 horas, las cuales son extrapoladas a 24 horas con el objetivo de obtener parámetros promedios diarios de producción.

- Mediante la utilización de información complementaria como historiales de producción, pruebas de pozo (B'UPs), historiales de Workover y Forecast, y conjuntamente con el análisis de tendencias generadas a través del análisis en LOWIS, se determinó las posibles y principales causas por las cuales los pozos presentan problemas de operación y producción. Las causas más comunes son formación de escala, provocando un taponamiento en la succión de la bomba, lo cual produce pérdidas económicas y degradaciones continuas del equipo BES.
- Al 18 de julio de 2012, de los 108 pozos que disponen de un equipo con bombeo electrosumergible, 51 de ellos están monitoreados por LOWIS, teniendo así, el 47.2% de pozos BES bajo la supervisión directa de LOWIS.
- Al 18 de julio de 2012, El estudio de los 10 pozos representa el 19.61% de análisis del total de los 51 pozos con bombeo electrosumergible que se encuentran monitoreados por LOWIS.
- Al 18 de julio de 2012, la tasa de producción de petróleo de la estación Norte 1 es de 4958.60 BPPD, de la estación Norte 2 es de 7941.48 BPPD, de la estación Central es de 720.77 BPPD, y de la estación Sur es de 5177.73 BPPD; resultando en una producción total de petróleo de los pozos BES monitoreados de 18798.58 BPPD.
- Al 18 de julio de 2012, la tasa de fluido total de los 51 pozos monitoreados por LOWIS que disponen de un equipo de bombeo electrosumergible es de 32501 BFPD.
- De los 10 pozos analizados, 2 de ellos se encuentran trabajando en la región de operación de DOWNTHRUST (SAC-213D y SAC-332D) y 8 se encuentran en la REGIÓN DE OPERACIÓN RECOMENDADA (SAC-008, SAC-032, SAC-099, SAC-172D, SAC-185D, SAC-242D, SAC-265D y SAC-320D).

- De los 10 pozos sujetos a análisis, 5 de ellos deberían mantener las condiciones actuales de trabajo, de los cuales 3 de ellos (SAC-265D, SAC-320D, SAC-332D) cuentan con su condición de operación actual próxima a su condición de operación recomendada, mientras que los 2 pozos restantes (SAC-32, SAC-172D) presentarían problemas por presencia de gas a través de la bomba además de una sobrecarga del motor, en caso de realizarse el incremento de la frecuencia de operación determinada en el análisis de sensibilidades. Sin embargo, existen 5 pozos (SAC-008, SAC-099, SAC-185D, SAC-213D, SAC-242D) a los cuales si es recomendable realizar cambios en la frecuencia operativa, generando un incremento de producción de 346 BFPD (170.05 BPPD).
- De acuerdo a los datos obtenidos mediante el análisis, se pudo determinar que el porcentaje de degradación promedio de caudal es 0.93%, con un porcentaje promedio de degradación de cabeza 0.93%, para los 10 pozos sujetos al análisis.
- El pozo que generaría un mayor incremento de producción entre los 10 analizados es el SAC-242D con un incremento de producción de 174 BFPD (76.56 BPPD), aumentando la frecuencia de operación 6 Hz adicionales a su frecuencia de operación actual de 52 Hz.
- Considerando el Forecast al 30 de marzo de 2013, el tiempo promedio de operación de los pozos que no se encuentran monitoreados por LOWIS es de 1 año, mientras que el tiempo promedio de operación de los pozos monitoreados por LOWIS es de 4 años y 2 meses. Consecuentemente, el software LOWIS permite extender el tiempo de vida útil de cada uno de los equipos y a su vez el tiempo de producción del pozo.
- En los 10 pozos analizados, las variaciones representativas en las tendencias de presión de succión y descarga no son causadas por el manejo de crudo pesado, ya que se maneja un API promedio superior a

25.55 °API; sino por elementos como restricciones en la tubería, presencia de escala y/o presencia de sólidos.

- De acuerdo al incremento de la tasa de petróleo obtenida de 170.05 BPPD en base al incremento de frecuencia recomendado, posterior al análisis para la optimización de la producción, se generaría un ingreso adicional de \$ 85450.13 en un período de 30 días calculado con la tarifa de \$16.75 por barril, establecida entre la compañía ORNCEM y el Estado Ecuatoriano.
- Posterior a la deducción de los costos operativos (6.24 \$/bl) de la tarifa fijada (16.75 \$/bl), la compañía ORNCEM obtendría un ingreso neto de 53616.77 \$/mes, por el incremento de 170.05 BPPD.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para pozos que actualmente disponen de sensores con una limitada medición de variables, (SAC-008, SAC-099, SAC-185D, SAC-213D y SAC-242D), se recomienda: la instalación de sensores de fondo con una mayor capacidad de medición, realizar nuevos B'UPs y análisis PVT o realizar un Echometer, con el objetivo de determinar la presión de descarga y características de fluido, con el fin de disponer de información actualizada que refleje las condiciones reales del pozo, que a su vez permitirán realizar un análisis completo.
- Es recomendable realizar un retapeo del transformador para los pozos SAC-008, SAC-032, SAC-099, SAC-172D, SAC-185D, SAC-213D, SAC-242D, SAC-265D, SAC-320D, SAC-332D, los cuales presentan un factor de corrección en potencia mayor al 1.15 con el objetivo de incrementar el voltaje y reducir el consumo de corriente.
- Adicional al análisis mediante LOWIS, para la determinación de las posibles causas sobre el deterioro en el desempeño del pozo, se recomienda estudiar el comportamiento y los problemas reportados en los historiales de producción y de Workover de los pozos SAC-008, SAC-032, SAC-099, SAC-172D, SAC-185D, SAC-213D, SAC-242D, SAC-265D, SAC-320D y SAC-332D.
- Se recomienda manejar protocolos de comunicación directa que permitan mantener actualizada la información sobre las características del equipo de fondo con el fin de contar con información real, para realizar un seguimiento progresivo sobre el desempeño del pozo y que a su vez permita un análisis objetivo a través de resultados confiables.
- Se recomienda establecer un programa de desarrollo y análisis, generando un orden de priorización hacia los pozos (SAC-099 y SAC-185) que presentan una mayor tasa de aporte de petróleo con el menor porcentaje

de corte de agua, con el fin de predisponer a los pozos que permitan maximizar la recuperación de petróleo del campo.

- Se recomienda optimizar la utilización del software LOWIS, como herramienta informática de gran utilidad, para el control y mejoramiento de las condiciones de operación y de producción de cada uno de los pozos en el campo Sacha; ya que actualmente, sólo se utiliza el 66.7% de capacidad del software, en vista de que se utiliza 2 de sus 3 entornos.

- Se recomienda realizar un estudio adicional sobre las limitaciones del equipo y del pozo frente a incrementos de frecuencia, como la carga y potencia del motor; manteniendo conjuntamente un seguimiento sobre la sensibilidad del pozo frente a cambios en la frecuencia de operación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, G y Daniel Rivadeneira. (2012). Optimización de la Producción utilizando los datos obtenidos con la herramienta LOWIS en el área Libertador. Proyecto de titulación 2012. Quito, Ecuador.
- Baker Hughes Centrilift. Manual Básico para Sistemas de Bombeo Electrosumergible. Claremore, Oklahoma.
- Baker Hughes. (2009). Centrilift Submersible Pump Handbook. Novena edición. Claremore, Oklahoma.
- Beggs, D. (2003). Production Optimization Using NODAL Analysis. Segunda edición.
- Brown, K. (1980). The Technology of Artificial Lift Methods. Volumen 2b. Tulsa, Oklahoma. The Petroleum Publishing Company. Tulsa, Oklahoma.
- Brown, K. (1984). The Technology of Artificial Lift Methods. Volumen 4. Tulsa, Oklahoma. PennWell Publishing Company.
- Canadian Advanced Inc. Electric Submersible Pumps. Catálogo. Alberta, Canadá.
- Ekwere, J. (2007). Petrophysics. Volumen 1. Austin, Texas.
- ESP OIL Engineering Consultants. (2004). Bombeo Electrosumergible: Análisis, Diseño, Optimización y Trouble Shooting. Monogras, Venezuela.
- García, N. (2012). La política petrolera en el gobierno de la revolución ciudadana: el caso del contrato de servicios específicos, con la Operadora

Ría Napo Compañía de Economía Mixta en el Campo Sacha. Tesis 2012. Quito, Ecuador.

- Halliburton. Recopilación Técnica Ingeniería de Yacimientos.
- Mapa de Facilidades, Campo Sacha. (2013). Operaciones Río Napo Gerencia Técnica de Reservorios Campo Sacha. Quito, Ecuador.
- Operaciones Río napo Compañía de Economía Mixta. (2013). Sala de prensa. <http://www.rionapocem.com.ec/comunicacion.html>
- Schlumberger Surencó. (2006). REDA Maximus. Catálogo. Houston, Texas.
- Schlumberger Surencó. (2008). Principios de Bombeo Electrosurgible Plan de Entrenamiento.
- Weatherford Internacional. (2008). LOWIS™ Life of Well Information Software (Software de Información de Vida Útil del Pozo). Boletín No 5942. Houston, Texas
- Weatherford Internacional. (2008). LOWIS™ ESP 5.0 Manual De Entrenamiento (Life of Well Information Software).
- Weatherford International. (2007). Electric Submersible Pumping Systems. Catálogo. Huston, Texas.

ANEXOS

ANEXO No 1
ESTADO ACTUAL DE LOS POZOS DEL CAMPO SACHA

POZO	ESTADO	ARENA	ESTACIÓN	TIPO DE LEVANTAMIENTO
SAC-001	Produciendo	U	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-002	Abandonado		Sur	-
SAC-002B	Produciendo	T	Sur	Bombeo Hidráulico
SAC-003	Produciendo	Hs	Norte 1	Bombeo Hidráulico
SAC-004	Abandonado		Norte 2	-
SAC-004B	Cerrado	U	Norte 2	-
SAC-005	Inyector	U	Norte 1	-
SAC-006	Produciendo	Ui	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-007	Produciendo	U+T	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-008	Produciendo	U	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-009	Produciendo	Ti	Norte 1	Bombeo Hidráulico
SAC-010	Cerrado	Hi	Norte 1	-
SAC-011	Cerrado		Norte 1	-
SAC-012	Produciendo	T	Norte 1	Bombeo Hidráulico
SAC-013	Produciendo	Hs+i	Central	Bombeo Electrosumergible
SAC-014	Produciendo	Hi	Norte 1	Bombeo Hidráulico
SAC-015	Inyector	U	Sur	-
SAC-016	Cerrado	Hs	Norte 1	-
SAC-017	Produciendo	U	Central	Bombeo Electrosumergible
SAC-018	Produciendo	T	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-019	Produciendo	U	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-020	Produciendo	U+T	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-021	Cerrado		Norte 1	-
SAC-022	Produciendo	Hi	Norte 1	Bombeo Hidráulico
SAC-023	Re Inyector	T	Norte 1	-
SAC-024	Cerrado		Norte 1	-
SAC-025	Produciendo	U	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-026	Produciendo	U	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-027	Cerrado		Central	-
SAC-028	Cerrado	Hi	Central	-
SAC-029	Re Inyector	TIY	Sur	-
SAC-030	Produciendo	Hs	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-031	Produciendo	Hs	Norte 1	Bombeo Electrosumergible

POZO	ESTADO	ARENA	ESTACIÓN	TIPO DE LEVANTAMIENTO
SAC-032	Produciendo	T	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-033	Cerrado		Norte 1	-
SAC-034	Cerrado		Norte 1	-
SAC-035	Cerrado		Norte 1	-
SAC-036	Produciendo	U	Norte 1	Bombeo Hidráulico
SAC-037	Produciendo	T	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-038	Produciendo	T	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-039	Cerrado		Norte 1	-
SAC-040	Produciendo	Ui	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-041	Produciendo	BT	Sur	Bombeo Hidráulico
SAC-042	Produciendo	BT	Sur	Bombeo Hidráulico
SAC-043	Produciendo	Ui	Sur	Bombeo Hidráulico
SAC-044	Produciendo	Hs+i	Sur	Bombeo Hidráulico
SAC-045	Cerrado		Sur	-
SAC-045B	Produciendo	Hs+i	Sur	Bombeo Hidráulico
SAC-046	Cerrado		Sur	-
SAC-047	Cerrado		Sur	-
SAC-048	Inyector	T	Sur	-
SAC-049	Cerrado		Central	-
SAC-050	Produciendo	U	Norte 1	Bombeo Hidráulico
SAC-051	Produciendo	Ti	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-052A	Abandonado		Sur	-
SAC-052B	Produciendo	Ui	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-053	Produciendo	Ui	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-054 ST1	Cerrado		Central	-
SAC-055	Produciendo	Ti	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-056	Produciendo	Ui	Sur	Bombeo Hidráulico
SAC-057	Abandonado		Norte 2	-
SAC-058	Produciendo	Hi	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-059	Produciendo	Ui	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-060	Cerrado		Norte 1	-
SAC-061	Cerrado	Ti+Ts	Sur	-
SAC-062	Produciendo	Hs	Sur	Bombeo Hidráulico

POZO	ESTADO	ARENA	ESTACIÓN	TIPO DE LEVANTAMIENTO
SAC-063	Cerrado		Norte 2	-
SAC-064	Cerrado	Ti	Central	-
SAC-065	Re Inyector	TIY.	Norte 2	-
SAC-065B	Produciendo	Hi	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-066A	Abandonado		Norte 2	-
SAC-066B	Produciendo	BT+Ui	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-067	Abandonado		Sur	-
SAC-067B	Produciendo	Ui	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-068	Produciendo	Ui	Sur	Bombeo Hidráulico
SAC-069	Abandonado		Norte 2	-
SAC-070	Produciendo	Hi	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-071	Cerrado		Norte 2	-
SAC-072	Cerrado	Ti	Central	-
SAC-073	Cerrado		Central	-
SAC-074	Produciendo	Hi	Norte 1	Bombeo Hidráulico
SAC-075	Cerrado	U	Sur	-
SAC-076	Inyector	U+T	Norte 1	-
SAC-077	Cerrado		Norte 1	-
SAC-078	Produciendo	U	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-079	Abandonado		Central	-
SAC-080	Cerrado	T	Central	-
SAC-081	Cerrado		Sur	-
SAC-082	Cerrado		Central	-
SAC-083	Produciendo	T	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-084	Re Inyector	TY	Sur	-
SAC-085	Produciendo	BT	Norte 1	Bombeo Hidráulico
SAC-086	Re Inyector	TY	Central	-
SAC-087	Produciendo	BT	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-088	Produciendo	T	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-089	Cerrado	Hs	Central	-
SAC-090	Inyector	U	Norte 1	-
SAC-091	Produciendo	T	Central	Bombeo Electrosumergible
SAC-092	Cerrado	U	Central	-

POZO	ESTADO	ARENA	ESTACIÓN	TIPO DE LEVANTAMIENTO
SAC-093	Produciendo	Ui	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-094	Cerrado	Hs	Norte 1	-
SAC-095	Cerrado	BT	Norte 2	-
SAC-096	Produciendo	BT	Norte 1	Bombeo Hidráulico
SAC-097	Cerrado	BT	Central	-
SAC-098	Produciendo	U	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-099	Produciendo	Ti	Central	Bombeo Electrosumergible
SAC-100	Re Inyector	Orteg	Sur	-
SAC-101	Produciendo	Ui	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-102	Produciendo	U	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-103	Produciendo	Hs	Norte 1	Bombeo Hidráulico
SAC-104	Cerrado	U	Central	-
SAC-105	Inyector	T	Norte 1	-
SAC-106	Produciendo	Hs	Norte 1	Bombeo Hidráulico
SAC-107	Cerrado	Hi	Norte 1	-
SAC-108	Produciendo	T	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-109	Produciendo	U+T	Sur	Bombeo Hidráulico
SAC-110	Produciendo	U+T	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-111	Produciendo	T	Sur	Bombeo Hidráulico
SAC-112	Produciendo	BT	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-113	Cerrado	U	Sur	-
SAC-114	Produciendo	Hi	Norte 1	Bombeo Hidráulico
SAC-115	Produciendo	Hi	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-116	Cerrado	T	Norte 1	-
SAC-117	Re Inyector	TIY	Norte 2	-
SAC-118	Produciendo	Ui	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-119	Produciendo	Hs	Norte 1	Bombeo Hidráulico
SAC-120	Cerrado	T	Norte 1	-
SAC-121	Produciendo	U	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-122	Cerrado	BT	Central	-
SAC-123	Produciendo	U	Sur	Bombeo Mecánico
SAC-124	Cerrado	Hs	Sur	-
SAC-125	Produciendo	Hi	Norte 2	Bombeo Electrosumergible

POZO	ESTADO	ARENA	ESTACIÓN	TIPO DE LEVANTAMIENTO
SAC-126	Produciendo	BT	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-127	Produciendo	Hs	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-128	Produciendo	Hs	Sur	Bombeo Hidráulico
SAC-129	Cerrado	U	Norte 2	-
SAC-130	Produciendo	Ui	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-131	Cerrado	T	Norte 1	-
SAC-132	Produciendo	U	Sur	Bombeo Hidráulico
SAC-133	Cerrado	U	Norte 1	-
SAC-134	Produciendo	U	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-135	Produciendo	Hs	Norte 1	Bombeo Hidráulico
SAC-136	Produciendo	BT	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-137	Produciendo	Ti	Sur	Bombeo Hidráulico
SAC-138	Cerrado	Ti	Norte 2	-
SAC-139	Produciendo	Ti	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-140D	Produciendo	Hi	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-141	Produciendo	U	Sur	Bombeo Hidráulico
SAC-142	Cerrado	Hi	Sur	-
SAC-143	Cerrado	Hi	Norte 1	-
SAC-144	Produciendo	BT	Norte 1	Bombeo Hidráulico
SAC-145	Cerrado	BT	Norte 1	-
SAC-146	Produciendo	Hs	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-147D	Produciendo	Hi	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-148ST1	Cerrado	Ui	Norte 2	-
SAC-149	Produciendo	T	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-150D	Produciendo	UI	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-151D	Produciendo	Hi	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-152D	Produciendo	U	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-153	Produciendo	U	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-154D	Produciendo	Hi	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-155D	Produciendo	Ui	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-156	Cerrado	Hi	Sur	-
SAC-157	Cerrado	Ti+s	Sur	-
SAC-158	Produciendo	Hi	Sur	Bombeo Hidráulico

POZO	ESTADO	ARENA	ESTACIÓN	TIPO DE LEVANTAMIENTO
SAC-159	Produciendo	Hs	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-160D	Produciendo	Hs+i	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-161	Produciendo	Hs+Hi	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-162	Cerrado	Hs+Hi	Norte 1	-
SAC-163D	Produciendo	T	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-164D	Cerrado	Hi	Norte 1	
SAC-165D	Cerrado	Hs	Norte 2	-
SAC-166D	Produciendo	Ui	Norte 1	Bombeo Hidráulico
SAC-167	Cerrado		Norte 2	-
SAC-168H	Produciendo	H+T	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-169D	Produciendo	Ui	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-170	Produciendo	Ti	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-171H	Cerrado	Hi	Norte 2	-
SAC-172D	Produciendo	Ui	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-173H	Cerrado	U	Norte 2	-
SAC-174D	Cerrado	Us+i	Norte 2	-
SAC-175H	Produciendo	Hs	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-176D	Produciendo	Ts+i	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-177D	Produciendo	Ts	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-178D	Produciendo	Hs	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-179H	Produciendo	Ui	Sur	Bombeo Hidráulico
SAC-180D	Produciendo	Ti	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-181D	Produciendo	Hs	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-182	Produciendo	Ui	Sur	Bombeo Hidráulico
SAC-183	Produciendo	Hi	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-184	Produciendo	Ui	Sur	Bombeo Hidráulico
SAC-185	Produciendo	Ui	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-186	Produciendo	T	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-187D	Produciendo	Ui	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-188D	Produciendo	Ui	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-189	Produciendo	Hs	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-190D	Produciendo	Ui	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-191	Produciendo	Hs	Central	Bombeo Hidráulico

POZO	ESTADO	ARENA	ESTACIÓN	TIPO DE LEVANTAMIENTO
SAC-192	Produciendo	Hi	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-193	Produciendo	Hs	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-194D	Produciendo	HS	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-195D	Cerrado	Ui	Sur	-
SAC-196D	Cerrado	U+T	Sur	-
SAC-197D	Produciendo	U	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-198	Produciendo	Hs	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-199D	Cerrado	U	Sur	-
SAC-200D	Cerrado	HI	Sur	-
SAC-201D	Cerrado	Ui	Sur	-
SAC-203D	Cerrado	Hi	Norte 1	-
SAC-204D	Produciendo	Hi	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-205D	Cerrado	UI	Norte 1	-
SAC-206D	Produciendo	Hi	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-210D	Produciendo	Hi	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-213D	Produciendo	Hi	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-214D-Hi	Produciendo	Hi	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-214D-Ui	Produciendo	Ui	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-217D	Produciendo	Ui	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-218D	Produciendo	Hi	Norte 2	Flujo Natural
SAC-221H	Re Inyector		Norte 2	-
SAC-222D	Cerrado		Sur	-
SAC-223D	Cerrado	Ui	Sur	-
SAC-224D	Cerrado	Ui	Sur	-
SAC-225D	Produciendo	Ui	Central	Bombeo Hidráulico
SAC-226D	Produciendo	Hs	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-227D	Produciendo	Hi	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-228D	Produciendo	Hi	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-229D	Produciendo	Ui	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-230D	Produciendo	Hs+i	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-231D	Produciendo	Hi	Norte 2	Bombeo Hidráulico
SAC-232D	Produciendo	T	Norte 1	Bombeo Hidráulico
SAC-233D	Produciendo	Hi	Norte 2	Bombeo Electrosumergible

POZO	ESTADO	ARENA	ESTACIÓN	TIPO DE LEVANTAMIENTO
SAC-234D	Cerrado	Hs	Sur	-
SAC-237D	Perforando			-
SAC-240 D	Produciendo	T	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-241D	Produciendo	Hi	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-242D	Produciendo	Hs	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-244D	Cerrado	Hs	Norte 2	-
SAC-249D	Produciendo	Ui	Norte 1	Bombeo Electrosumergible
SAC-250D	Produciendo	Hi	Norte 1	Bombeo Hidráulico
SAC-251D	Produciendo	Hi	Norte 1	Bombeo Hidráulico
SAC-254H	Cerrado	Ui	Sur	-
SAC-259D	Produciendo	Hi	Norte 2	Bombeo Hidráulico
SAC-260D	Produciendo	Ui	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-261D	Produciendo	Ui	Norte 2	Bombeo Hidráulico
SAC-262D	Produciendo	Hs	Norte 2	-
SAC-263D	Produciendo	Hi	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-264D	Produciendo	Hi	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-265D	Produciendo	Hi	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-266D	Produciendo	Ti	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-270D	Produciendo	Us	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-271D	Cerrado		Norte 2	-
SAC-272D	Cerrado	Us	Norte 2	-
SAC-273	Produciendo	Hi	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-274D	Produciendo	U	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-275D	Produciendo	U	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-280D	Produciendo		Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-281D	Perforando		Norte 2	-
SAC-299D	Produciendo	U	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-300V	Produciendo	Hi	Sur	Bombeo Hidráulico
SAC-301V	Produciendo	Ui	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-304D	Perforando		Sur	-
SAC-305D	Produciendo	Ui	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-306D	Produciendo	Hi	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-310V	Produciendo	Ui	Sur	Bombeo Electrosumergible

POZO	ESTADO	ARENA	ESTACIÓN	TIPO DE LEVANTAMIENTO
SAC-311D	Produciendo	U	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-312D	Produciendo	Ti	Sur	Bombeo Hidráulico
SAC-314D	Produciendo	Ui	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-314D	Produciendo	Hs	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-315D	Produciendo	Ui	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-316D	Produciendo	Hi	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-320D	Produciendo	Ti	Norte 2	Bombeo Electrosumergible
SAC-321D	Cerrado	Hs	Norte 2	-
SAC-317D	Perforando		Sur	-
SAC-330D	Cerrado	Hs	Sur	-
SAC-331D	Cerrado		Sur	-
SAC-332D	Produciendo	Hs	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-333D	Produciendo	BT	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-333D	Produciendo	Ui	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-340D	Produciendo	Hi	Sur	Bombeo Hidráulico
SAC-342D	Produciendo	Hs	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-350V	Produciendo	Ti	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-351D	Cerrado	Ui	Sur	-
SAC-352D	Produciendo	Ui	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-352D	Produciendo	Hi	Sur	Bombeo Electrosumergible
SAC-360D	Perforando		Sur	-
SAC-PROF	Cerrado	H	Norte 2	-
SAC-1 WEST	Abandonado		Central	-
PACAY-1	Abandonado		Norte 2	-

ANEXO No 2
REPORTES GENERADOS POR LOWIS
CORRESPONDIENTES AL POZO SAC - 183

HISTORIAL DE ALARMAS

03-12-13 09:45 AM

Alarms History Report : SAC-183 (37)

Name	Date/Time	Type	Message
=====	=====	=====	=====
SAC-183	03/11/13 09:56 AM	CLR	Keypad Lockout
SAC-183	03/11/13 09:50 AM	ALM	Keypad Lockout
SAC-183	03/08/13 01:44 AM	CLR	Communication OK
SAC-183	03/08/13 01:38 AM	ALM	Comm Failure
SAC-183	03/07/13 06:26 PM	CLR	Communication OK
SAC-183	03/07/13 06:20 PM	ALM	Comm Failure
SAC-183	03/05/13 12:38 PM	CLR	Communication OK
SAC-183	03/05/13 12:32 PM	ALM	Comm Failure
SAC-183	03/05/13 11:50 AM	CLR	Communication OK
SAC-183	03/05/13 11:44 AM	ALM	Comm Failure
SAC-183	02/26/13 04:08 AM	CLR	Communication OK
SAC-183	02/26/13 04:02 AM	ALM	Comm Failure
SAC-183	02/25/13 04:32 AM	CLR	Communication OK
SAC-183	02/25/13 04:26 AM	ALM	Comm Failure
SAC-183	02/24/13 06:14 PM	CLR	Communication OK
SAC-183	02/24/13 06:08 PM	ALM	Comm Failure
SAC-183	02/21/13 04:50 PM	CLR	Pump Intake Pressu PIP Hi
SAC-183	02/21/13 04:38 PM	ALM	Pump Intake Pressu PIP Hi
SAC-183	02/21/13 04:32 PM	CLR	Pump Intake Pressu PIP Hi
SAC-183	02/21/13 02:32 PM	CLR	Pump Intake Pressu PIP HiHi
SAC-183	02/21/13 02:32 PM	ALM	Pump Intake Pressu PIP Hi
SAC-183	02/21/13 11:50 AM	CLR	Current Limit Active
SAC-183	02/21/13 11:44 AM	ALM	Current Limit Active
SAC-183	02/21/13 11:38 AM	CLR	Current Limit Active
SAC-183	02/21/13 11:32 AM	ALM	Pump Intake Pressu PIP HiHi
SAC-183	02/21/13 11:32 AM	CLR	Pump Intake Pressu PIP LoLo
SAC-183	02/21/13 11:26 AM	CLR	Communication OK
SAC-183	02/21/13 11:26 AM	ALM	Current Limit Active
SAC-183	02/21/13 11:26 AM	ALM	Pump Intake Pressu PIP LoLo
SAC-183	02/21/13 09:38 AM	ALM	Comm Failure
SAC-183	02/20/13 07:44 AM	CLR	Communication OK
SAC-183	02/20/13 07:44 AM	ALM	Comm Failure
SAC-183	02/19/13 01:38 PM	CLR	Communication OK
SAC-183	02/19/13 01:32 PM	ALM	Comm Failure
SAC-183	02/12/13 07:50 PM	CLR	Keypad Lockout
SAC-183	02/12/13 07:44 PM	ALM	Keypad Lockout
SAC-183	11/14/12 03:50 AM	ALM	Downhole Current B AMP Low

HISTORIAL DETALLADO DEL DESEMPEÑO DEL EQUIPO BES

Submersible Pump Performance History Detail

WELL: SAC-183

DESIGN DATA

No design is assigned to the installed assembly

WELLBORE CONFIGURATION

Casing: 7.000	26.00	Tubing: 3.500 N-80	9.30 Integral
Outside Diameter: 7.000		Outside Diameter: 3.500	
Weight: 26.00		Weight: 9.30	
Drift Diameter: 6.151		Coupled Outside Diameter: 3.905	
Annular Clearance: 2.246		Relative Roughness: 0.000050	

Prod. Interval: 9854- 9866 Multiphase Flow Method: Hagedorn & Brown

INSTALLED PUMP(S)

Assembly Installation Date: 01-26-10

PUMP	MFR	Pump	Serial Number	Number Stages
NUM				
1	CENTRILIFT	P8 SSD		180
2	CENTRILIFT	P8 SSD		180

PERFORMANCE HISTORY

Well Test Date	Total S.T. Liqd	% Oil	% CO2	Prod Pump	GOR Casng	Tubng Disch Pres.	Pump Disch Pres.	Well Test PIP	Good Pump PIP	Avg Tubng Grad	Good Pump TDH	Test TDH	% Dif
=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
130116	502	45.0	0.0	11	59	75	3713	317	2553	0.391	2943	8663	194
130111	496	45.0	0.0	11	60	75	3713	305	2486	0.391	3114	8694	179
130110	449	45.0	0.0	11	68	75	3714	303	2023	0.391	4305	8699	102

121229	592	50.0	0.0	11	43	75	3688	323	3688	0.389	0	8631	0
121225	426	50.0	0.0	11	64	75	3666	373	1788	0.387	4823	8489	75
121220	567	49.9	0.0	11	45	60	3672	339	3360	0.389	798	8550	971
121214	554	50.0	0.0	11	46	60	3662	329	3159	0.388	1286	8571	566
121210	536	50.0	0.0	11	48	60	3668	331	2948	0.389	1845	8569	364
121201	538	50.0	0.0	11	48	70	3679	325	2989	0.389	1766	8610	387
121128	496	50.0	0.0	11	53	70	3668	380	2461	0.388	3090	8462	173
121122	501	50.1	0.0	11	52	60	3657	329	2506	0.388	2946	8568	190
121116	539	49.9	0.0	11	48	60	3662	325	2963	0.388	1785	8581	380
121114	592	50.0	0.0	11	43	60	3673	329	3673	0.389	0	8577	0
121107	548	50.0	0.0	11	47	60	3669	329	3112	0.389	1427	8574	501
121107	426	50.0	0.0	11	64	60	3651	281	1773	0.387	4823	8690	80
121101	552	50.0	0.0	12	46	60	3671	278	82	0.390	9198	8693	-5
121025	397	49.9	0.0	11	69	65	3653	314	1546	0.387	5419	8616	58
121015	481	50.0	0.0	11	55	60	3656	313	2290	0.388	3500	8609	146
121008	592	50.0	0.0	11	43	60	3673	314	3673	0.389	0	8615	0
121001	583	50.0	0.0	11	43	60	3672	322	3593	0.389	202	85944153	
120919	624	50.0	0.0	11	40	62	3671	318	3613	0.401	147	86125758	
120914	586	50.0	0.0	11	43	65	3671	313	3614	0.400	144	86315893	
120909	610	50.0	0.0	11	41	70	3678	-15	3678	0.400	0	9584	0
120905	620	50.0	0.0	11	40	65	3673	-15	3673	0.400	0	9571	0
120830	615	50.1	0.0	11	40	65	3679	320	3679	0.389	0	8614	0
120819	601	50.0	0.0	11	42	65	3678	320	3678	0.389	0	8613	0
120807	630	50.0	0.0	11	39	65	3680	344	3145	0.389	1370	8553	524
120730	605	49.9	0.0	11	41	60	3674	349	3139	0.389	1370	8526	522
120722	672	50.0	0.0	11	36	60	3670	317	3133	0.389	1370	8609	528
120716	699	49.9	0.0	11	34	66	3678	310	3140	0.389	1370	8644	530
120711	630	50.0	0.0	11	39	62	3677	313	3142	0.389	1370	8625	529
120708	704	48.0	0.0	11	36	62	3697	309	3159	0.391	1370	8649	531
120630	610	50.0	0.0	12	41	60	3675	329	240	0.390	8793	8565	-2
110521	575	44.0	0.0	22	0	54	3530	-15	361	0.361	8713	9987	14
110517	630	44.0	0.0	20	0	60	3589	-15	583	0.367	8083	9961	23
110513	559	44.0	0.0	17	5	60	3652	-15	177	0.375	9240	9890	7
110509	725	44.0	0.0	14	3	62	3926	-15	1175	0.388	6993	10254	46

RESUMEN DE HISTORIAL DEL DESEMPEÑO DEL EQUIPO BES

Submersible Pump Performance History Summary

WELL: SAC-183

DESIGN DATA

No design is assigned to the installed assembly

WELLBORE CONFIGURATION

Casing: 7.000 26.00	Tubing: 3.500 N-80 9.30 Integral
Outside Diameter: 7.000	Outside Diameter: 3.500
Weight: 26.00	Weight: 9.30
Drift Diameter: 6.151	Coupled Outside Diameter: 3.905
Annular Clearance: 2.246	Relative Roughness: 0.000050

Prod. Interval: 9854- 9866 Multiphase Flow Method: Hagedorn & Brown

INSTALLED PUMP(S)

Assembly Installation Date: 01-26-10

PUMP	Serial	Number
NUM	MFR	Pump
Serial	Number	Stages
====	=====	=====
1	CENTRILIFT	P8 SSD
2	CENTRILIFT	P8 SSD
		180
		180

PERFORMANCE HISTORY SUMMARY

Well	Total	Max Rate	Recommended	Stages
Test	S.T.	Fluid @	Operating	Out of
Date	Liqd	Pump	B P I	Actual
Pump	B P I	Pump	B P I	BDP
Pump Type	Range	Range	Range	BDP
====	=====	=====	=====	=====
130116	502	626	735	9054 9866
				P8 SSD
				P8 SSD
				164 - 525
				176-180
				534
				164 - 525
				71- 75
				535

130111	496	611	716	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	528
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	528
130110	449	548	641	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	All Stages OK	
						P8 SSD	164	-	525	All Stages OK	
121229	592	757	886	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	630
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	630
121225	426	560	650	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	All Stages OK	
						P8 SSD	164	-	525	All Stages OK	
121220	567	735	858	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	604
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	604
121214	554	710	828	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	589
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	589
121210	536	686	800	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	571
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	572
121201	538	685	799	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	574
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	574
121128	496	665	773	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	529
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	529
121122	501	643	748	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	534
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	534
121116	539	686	800	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	573
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	574
121114	592	756	884	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	630
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	630
121107	548	702	818	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	584
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	584
121107	426	512	593	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	All Stages OK	
						P8 SSD	164	-	525	All Stages OK	
121101	552	672	786	9054	9866	P8 SSD	337	-	1011	All Stages OK	
						P8 SSD	337	-	1011	All Stages OK	
121025	397	508	588	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	All Stages OK	
						P8 SSD	164	-	525	All Stages OK	
121015	481	601	698	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	All Stages OK	
						P8 SSD	164	-	525	All Stages OK	
121008	592	750	878	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	630
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	630
121001	583	745	871	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	621
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	621

120919	624	797	935	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	662
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	662
120914	586	742	868	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	622
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	622
120909	610	778	911	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	647
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	647
120905	620	790	926	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	657
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	657
120830	615	785	919	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	654
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	654
120819	601	767	898	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	640
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	640
120807	630	827	969	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	671
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	671
120730	605	796	932	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	644
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	644
120722	672	862	1012	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	713
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	714
120716	699	893	1050	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	742
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	742
120711	630	801	939	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	671
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	671
120708	704	896	1057	9054	9866	P8 SSD	164	-	525	176-180	748
						P8 SSD	164	-	525	71- 75	748
120630	610	787	922	9054	9866	P8 SSD	337	-	1011	All Stages OK	
						P8 SSD	337	-	1011	All Stages OK	
110521	575	1092	1282	9200	9866	P8 SSD	326	-	863	All Stages OK	
						P8 SSD	326	-	863	All Stages OK	
110517	630	1193	1405	9200	9866	P8 SSD	326	-	863	All Stages OK	
						P8 SSD	326	-	863	All Stages OK	
110513	559	1063	1247	9200	9866	P8 SSD	326	-	863	All Stages OK	
						P8 SSD	326	-	863	All Stages OK	
110509	725	1366	1617	9200	9866	P8 SSD	326	-	863	All Stages OK	
						P8 SSD	326	-	863	All Stages OK	

HISTORIAL DE LAS PRUEBAS DE PRODUCCIÓN

03-12-13 09:58 AM

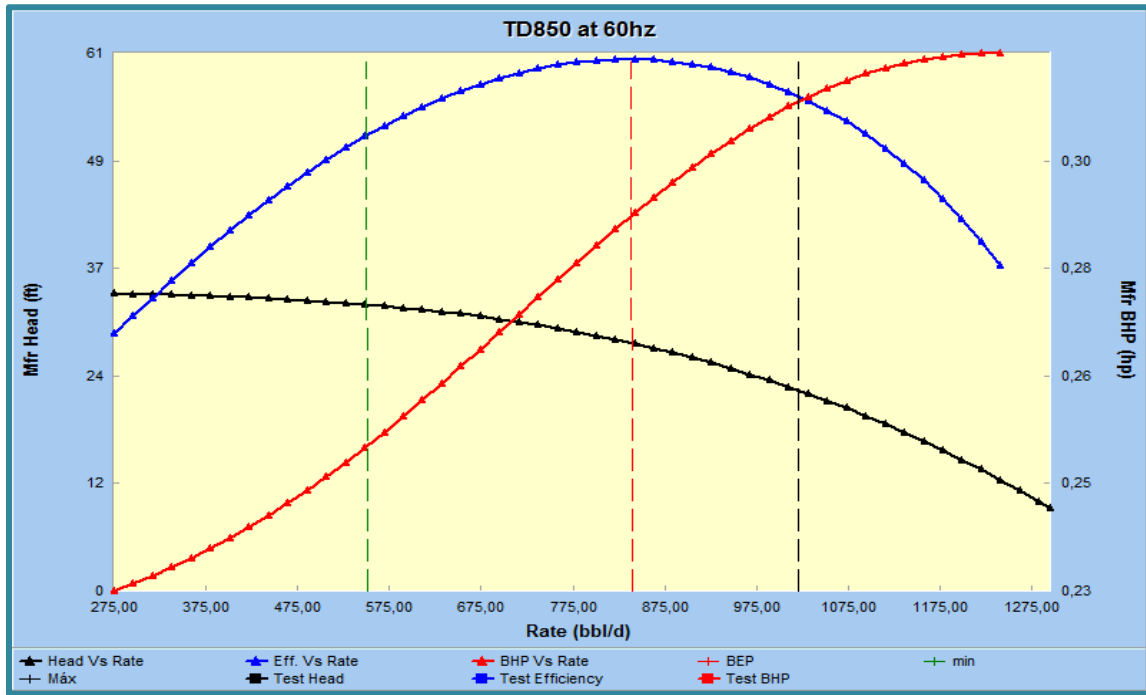
```

Well Test History Report for          SAC-183
                                Test      Total
Well Name      Date      Hrs      Oil      H2O      Fluid      Gas      %CO2
===== == =====
none
SAC-183      SU 03-08-13      5.0      240      294      534      16.0      0.00
              03-03-13      4.0      242      296      538      16.0      0.00
              02-25-13      5.0      232      283      515      16.0      0.00
              02-20-13      4.0      239      293      532      16.0      0.00
              02-16-13      4.0      269      328      597      16.0      0.00
              02-12-13      5.0      230      281      511      16.0      0.00
              02-05-13      5.0      261      320      581      16.0      0.00
              01-28-13      5.0      247      302      549      16.0      0.00
              01-22-13      5.0      221      271      492      16.0      0.00
              01-16-13      5.0      226      276      502      16.0      0.00
              01-11-13      5.0      223      273      496      16.0      0.00
              01-10-13      5.0      202      247      449      16.0      0.00
              12-29-12      3.0      296      296      592      16.0      0.00
              12-25-12      5.0      213      213      426      16.0      0.00
              12-20-12      5.0      283      284      567      16.0      0.00
              12-14-12      5.0      277      277      554      16.0      0.00
              12-10-12      3.0      268      268      536      16.0      0.00
              12-01-12      5.0      269      269      538      16.0      0.00
              11-28-12      5.0      248      248      496      16.0      0.00
              11-22-12      5.0      251      250      501      16.0      0.00
              11-16-12      5.0      269      270      539      16.0      0.00
              11-14-12      5.0      296      296      592      16.0      0.00
              11-07-12      5.0      274      274      548      16.0      0.00
              11-07-12      5.0      213      213      426      16.0      0.00
              11-01-12      3.0      276      276      552      16.0      0.00
              10-25-12      5.0      198      199      397      16.0      0.00
              10-15-12      3.0      241      241      481      16.0      0.00
              10-08-12      3.0      296      296      592      16.0      0.00
              10-01-12      3.0      292      292      583      16.0      0.00
              09-19-12      5.0      312      312      624      16.0      0.00

```

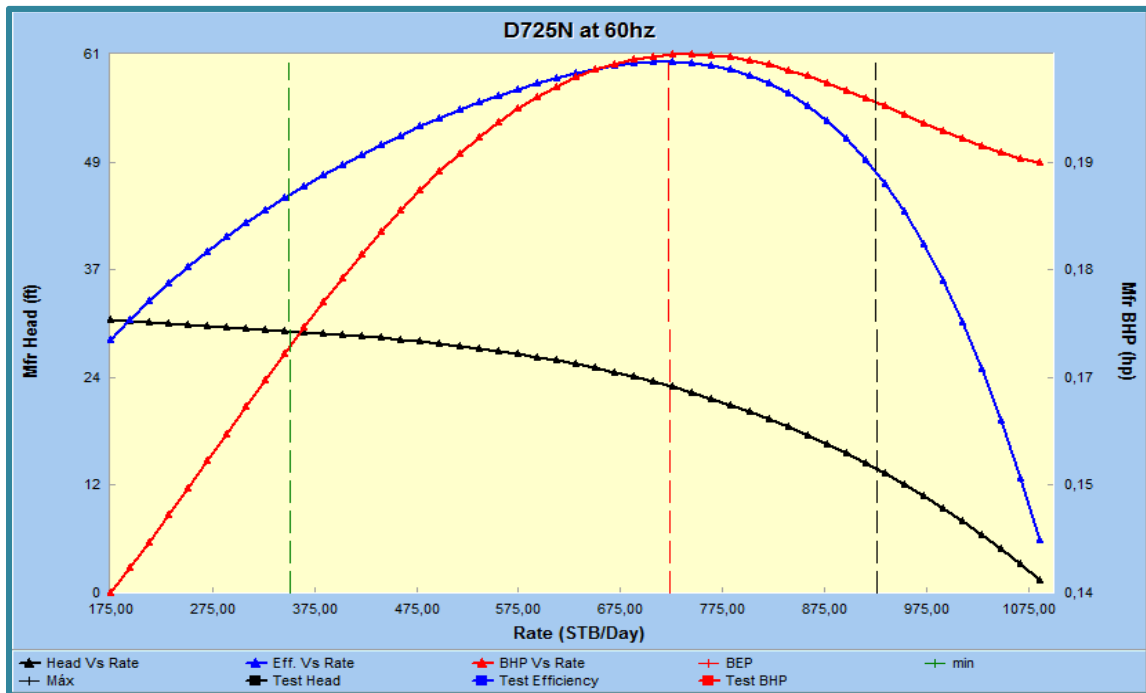

ANEXO No 3
CURVAS DE LAS BOMBAS INSTALADAS EN LOS POZOS
PARA ANÁLISIS WORKBENCH

SAC-008



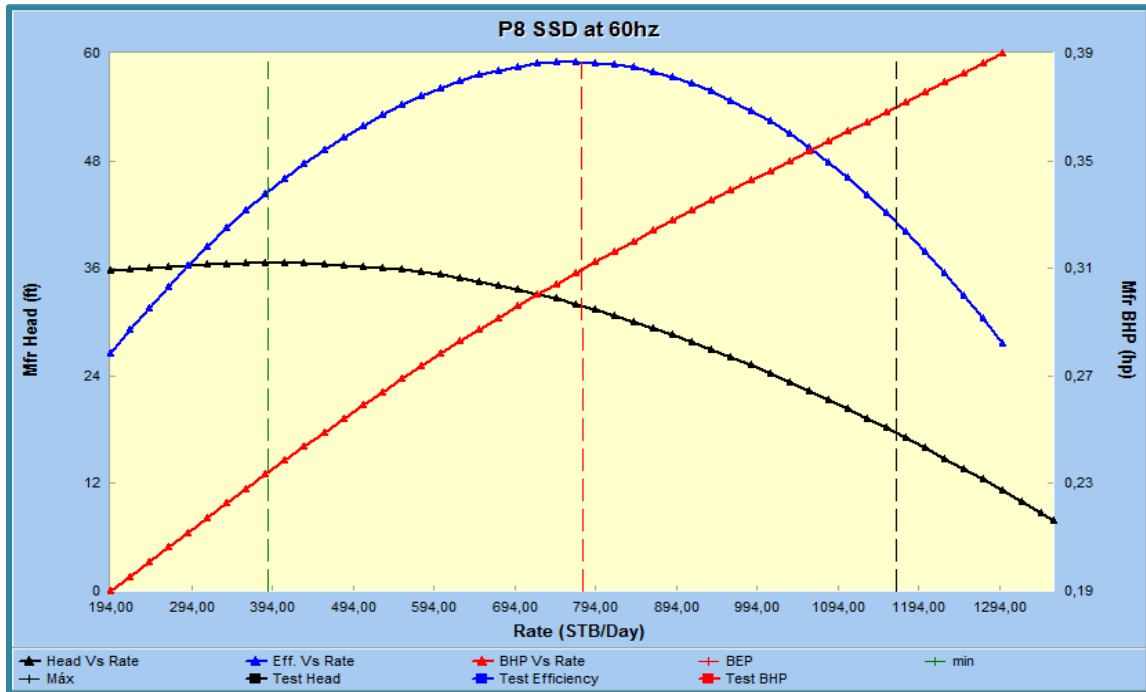
FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

SAC-032



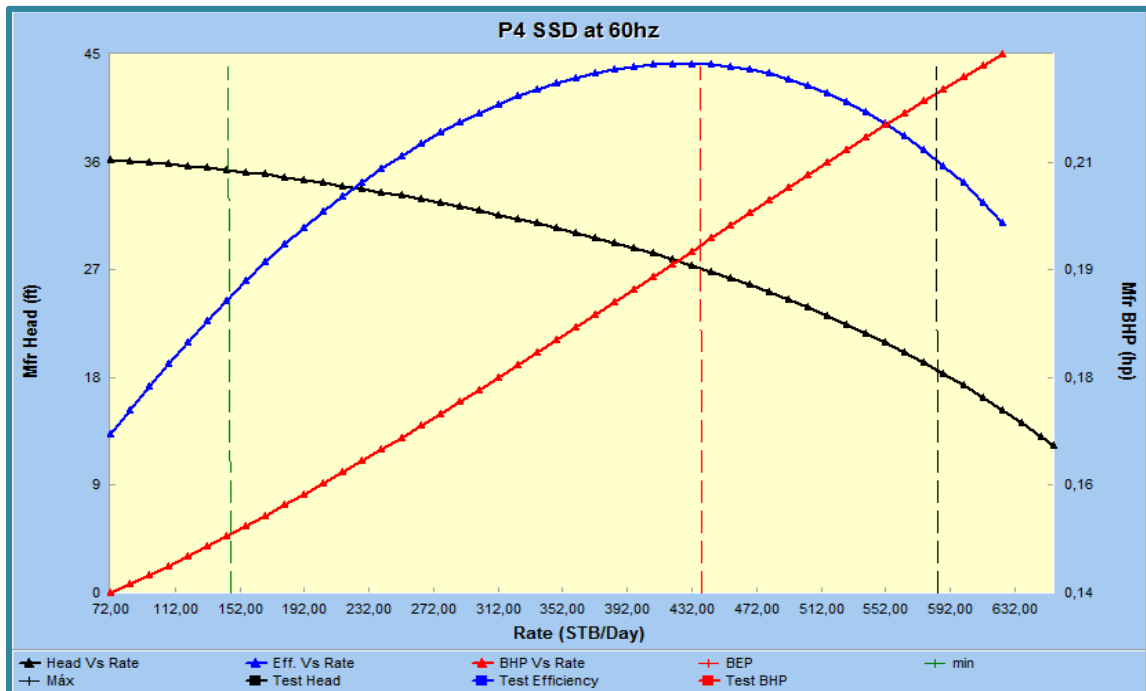
FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

SAC-099



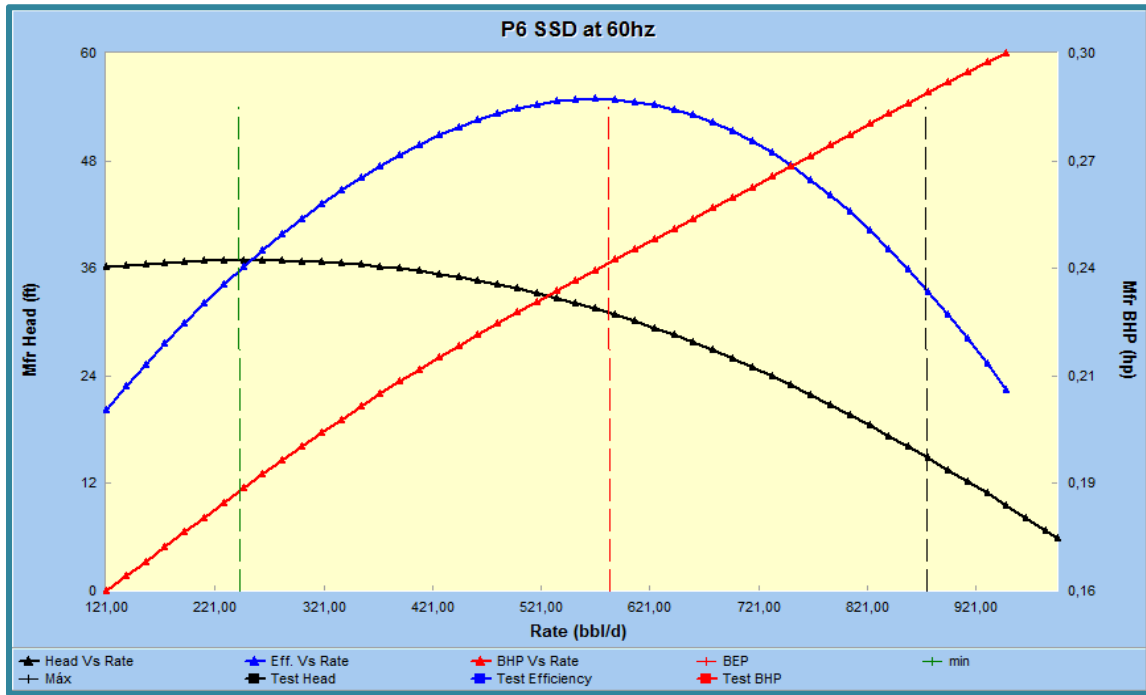
FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

SAC-172D



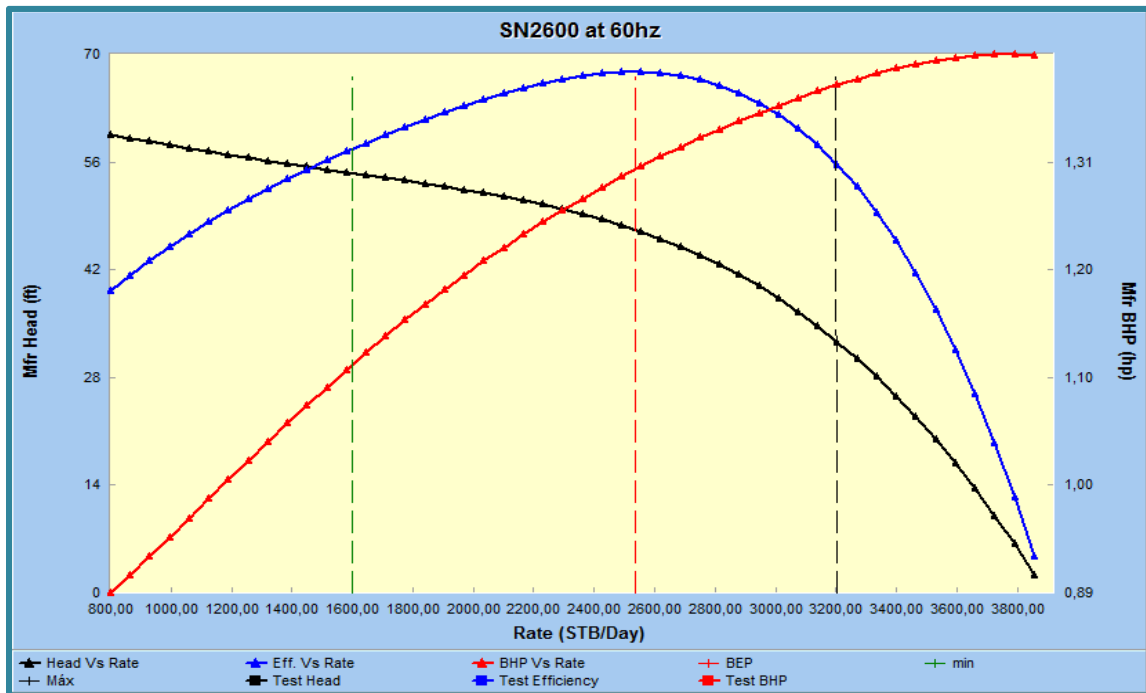
FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

SAC-185D



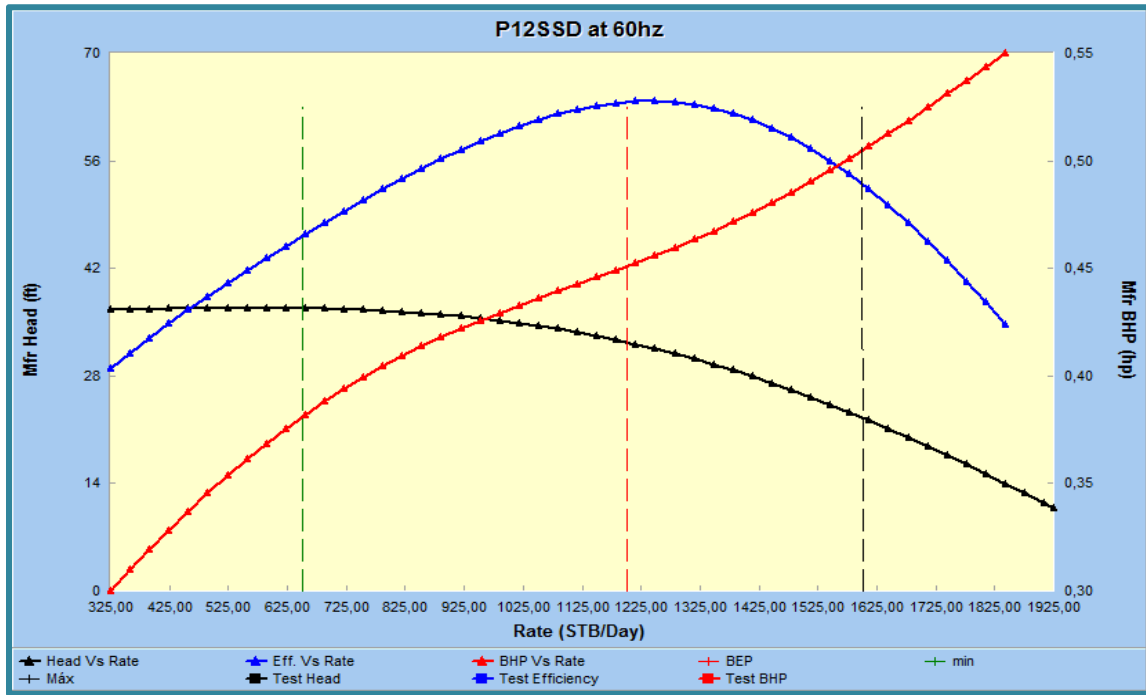
FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

SAC-213D



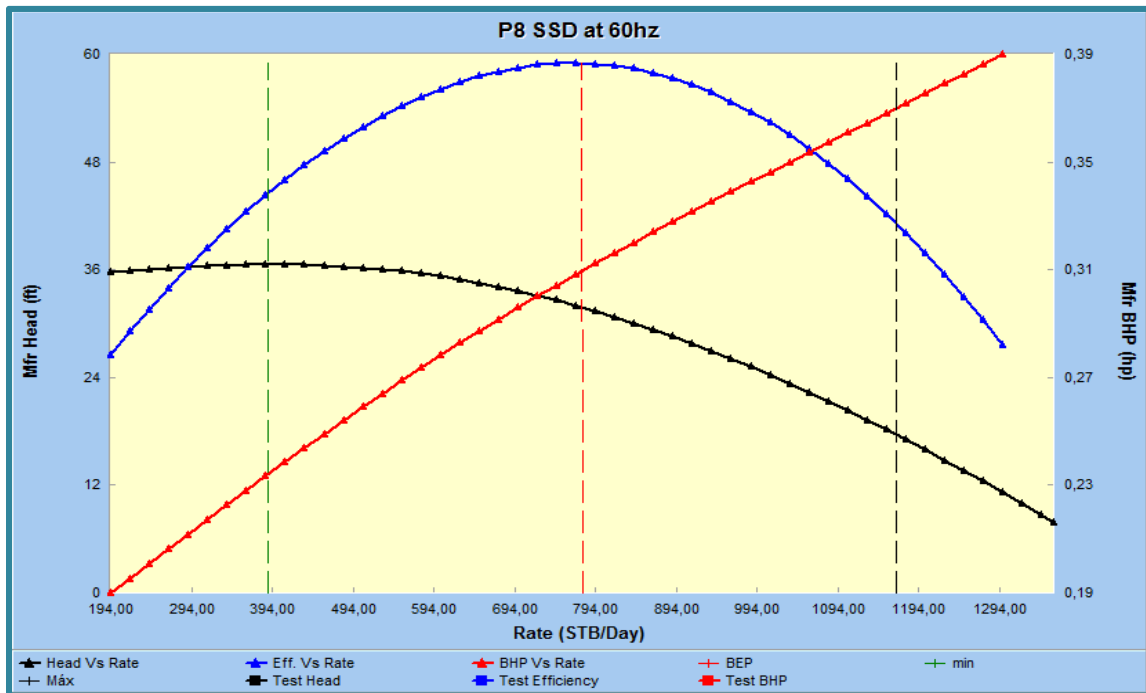
FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

SAC-242D



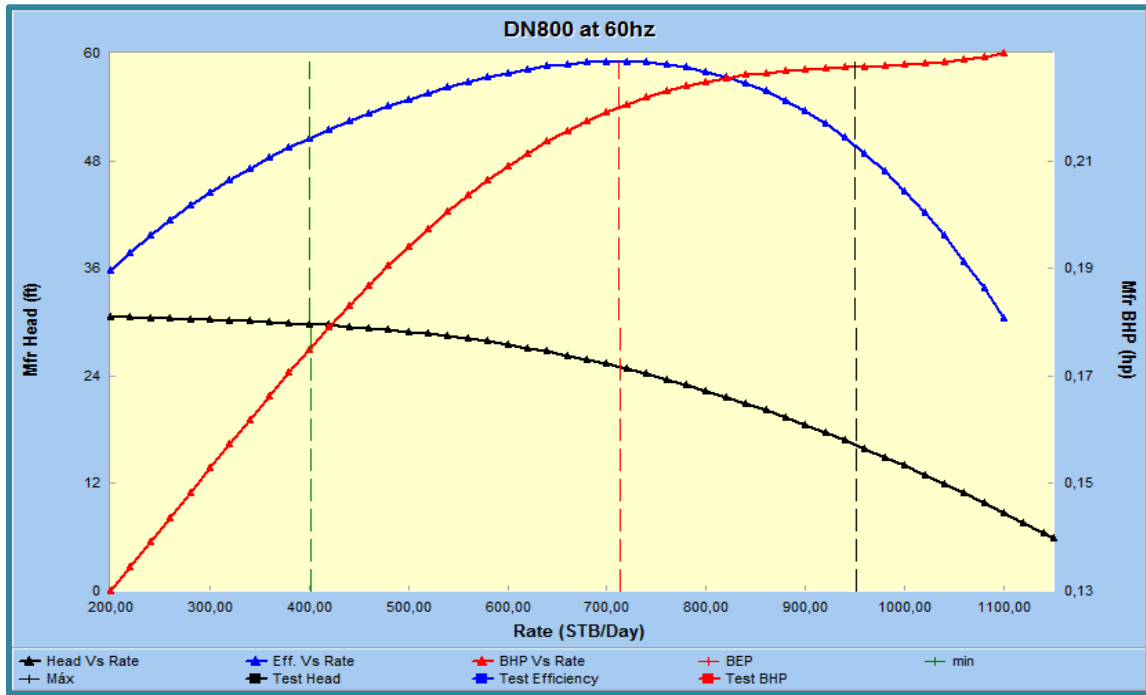
FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

SAC-265D



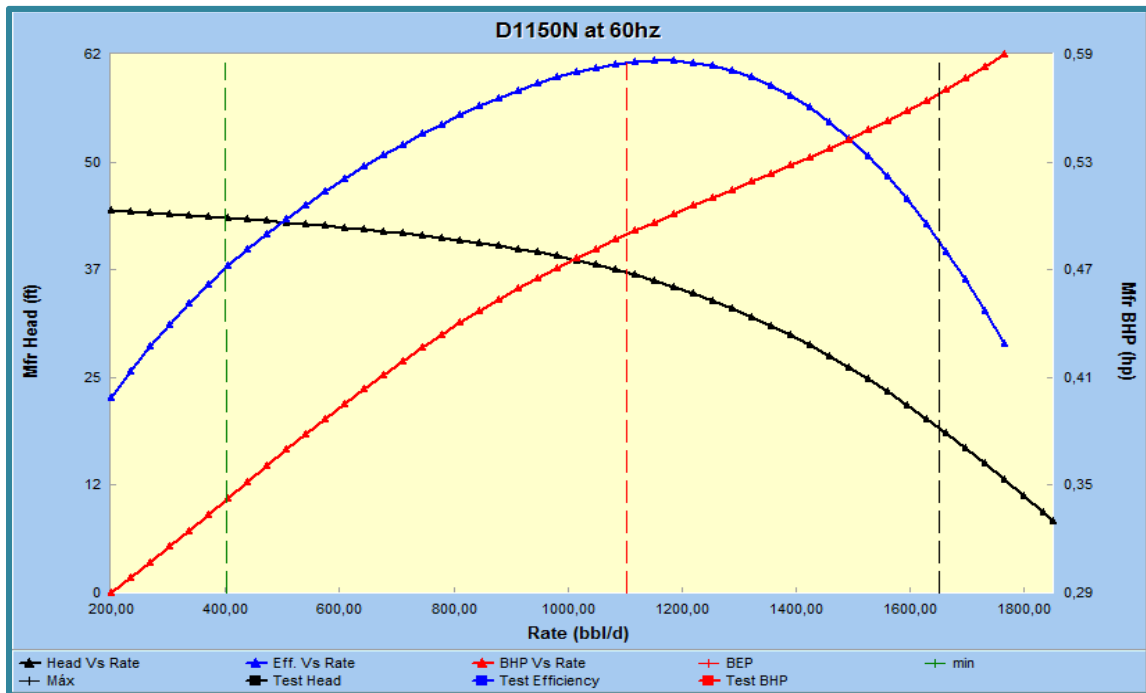
FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

SAC-320D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

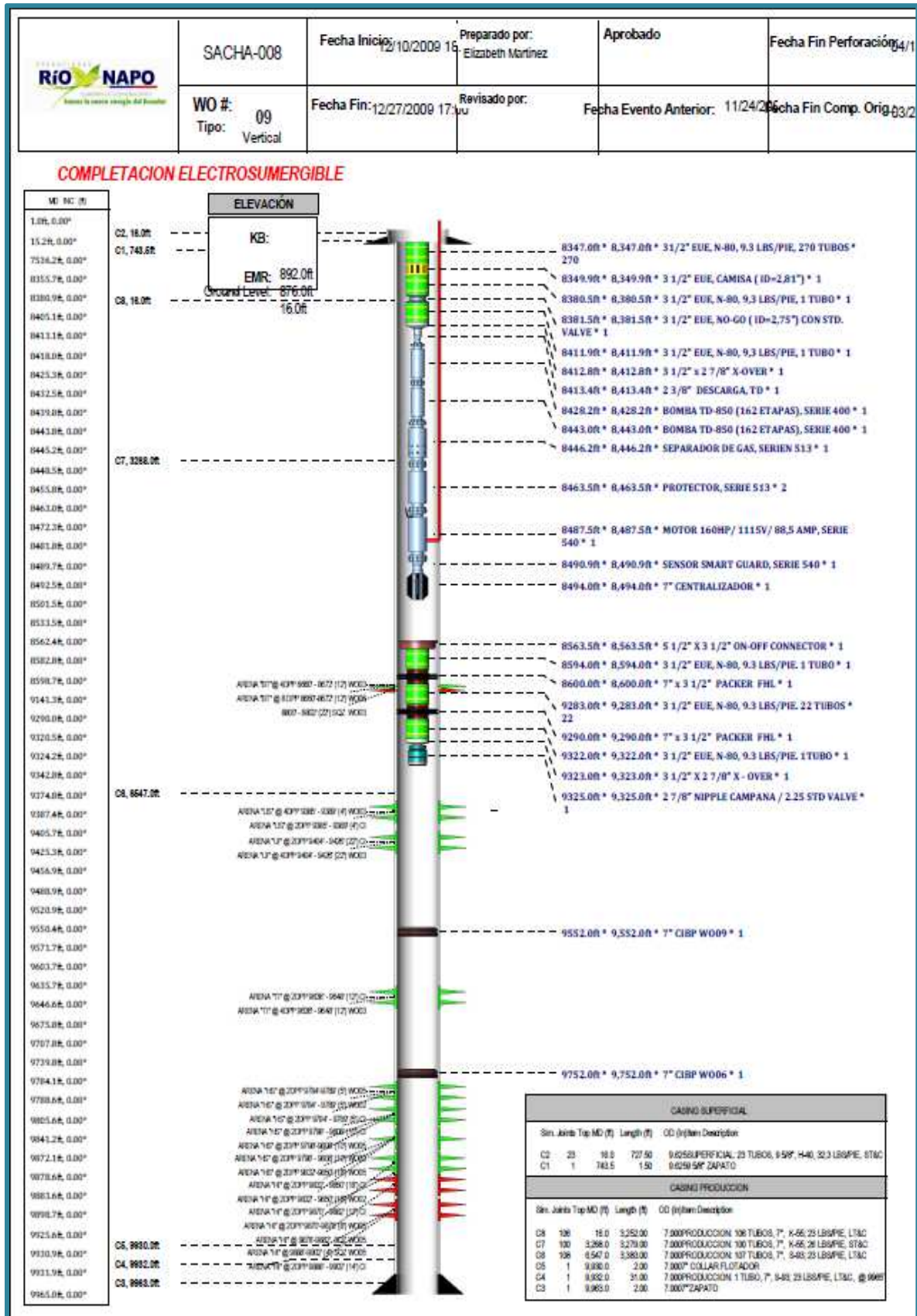
SAC-332D



FUENTE: Software LOWIS - ORNCEM

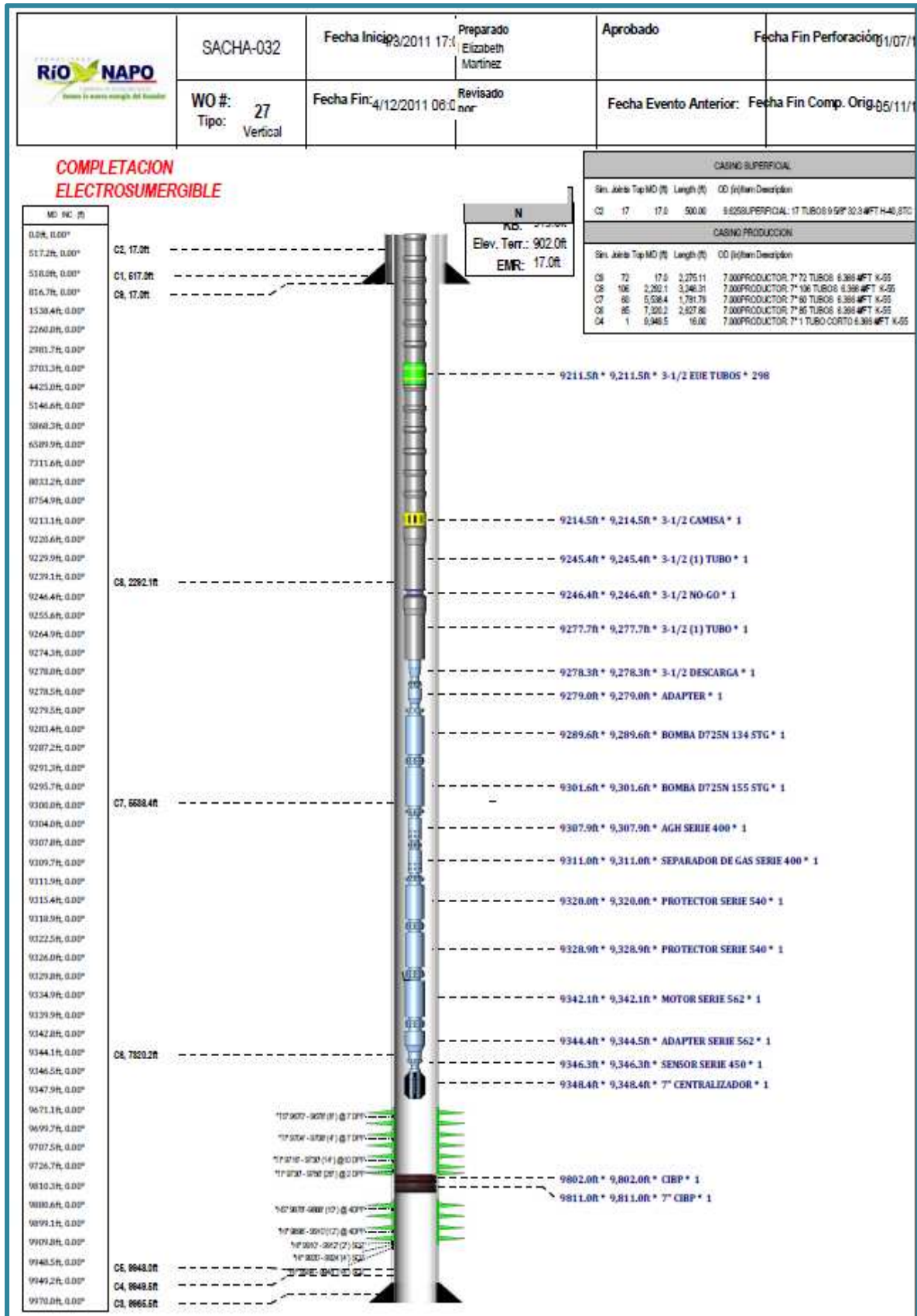
ANEXO No 4
COMPLETACIONES DE LOS POZOS PARA ANÁLISIS
WORKBENCH

SAC - 008



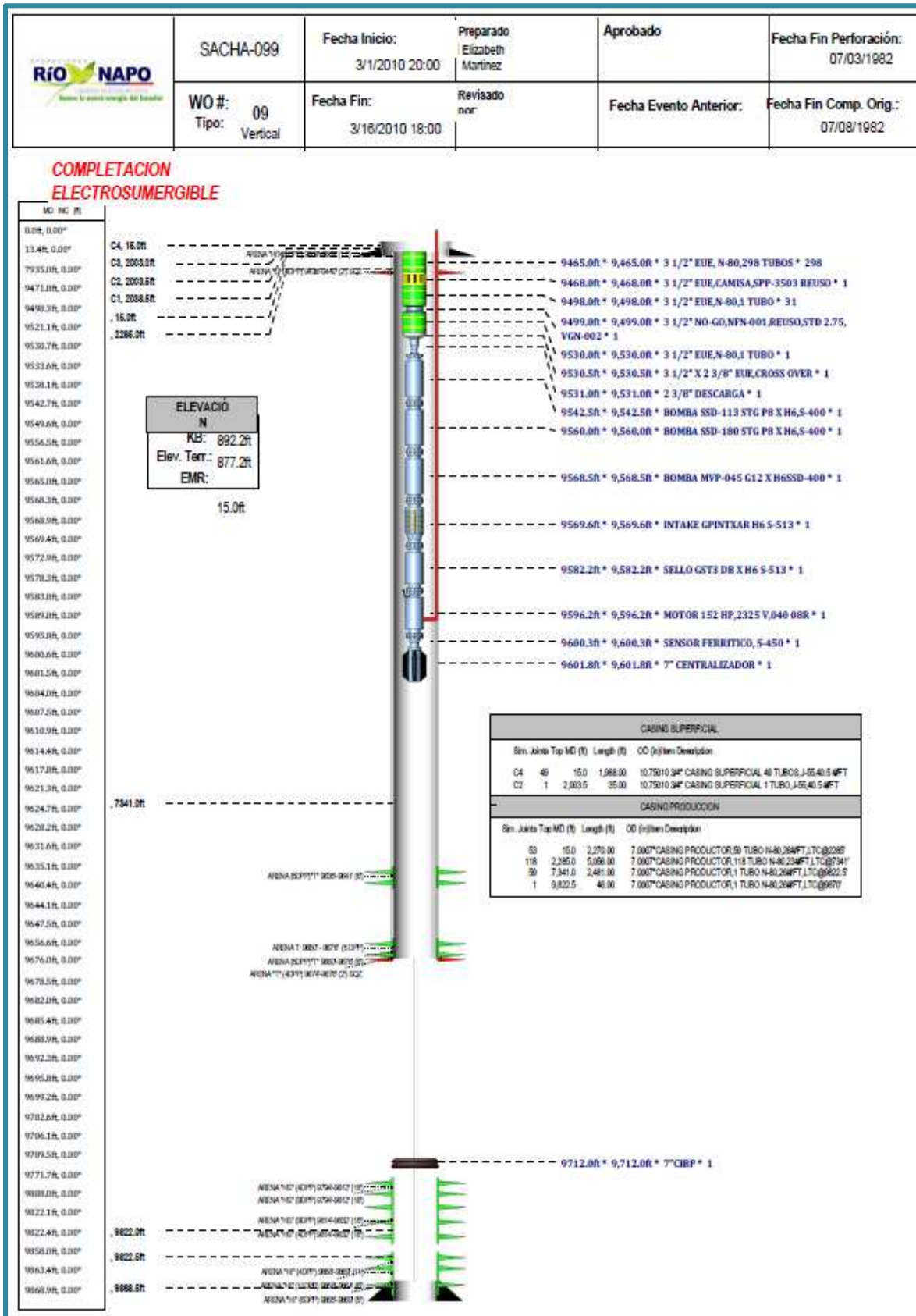
FUENTE: Archivos campo Sacha - ORNCEM

SAC - 032



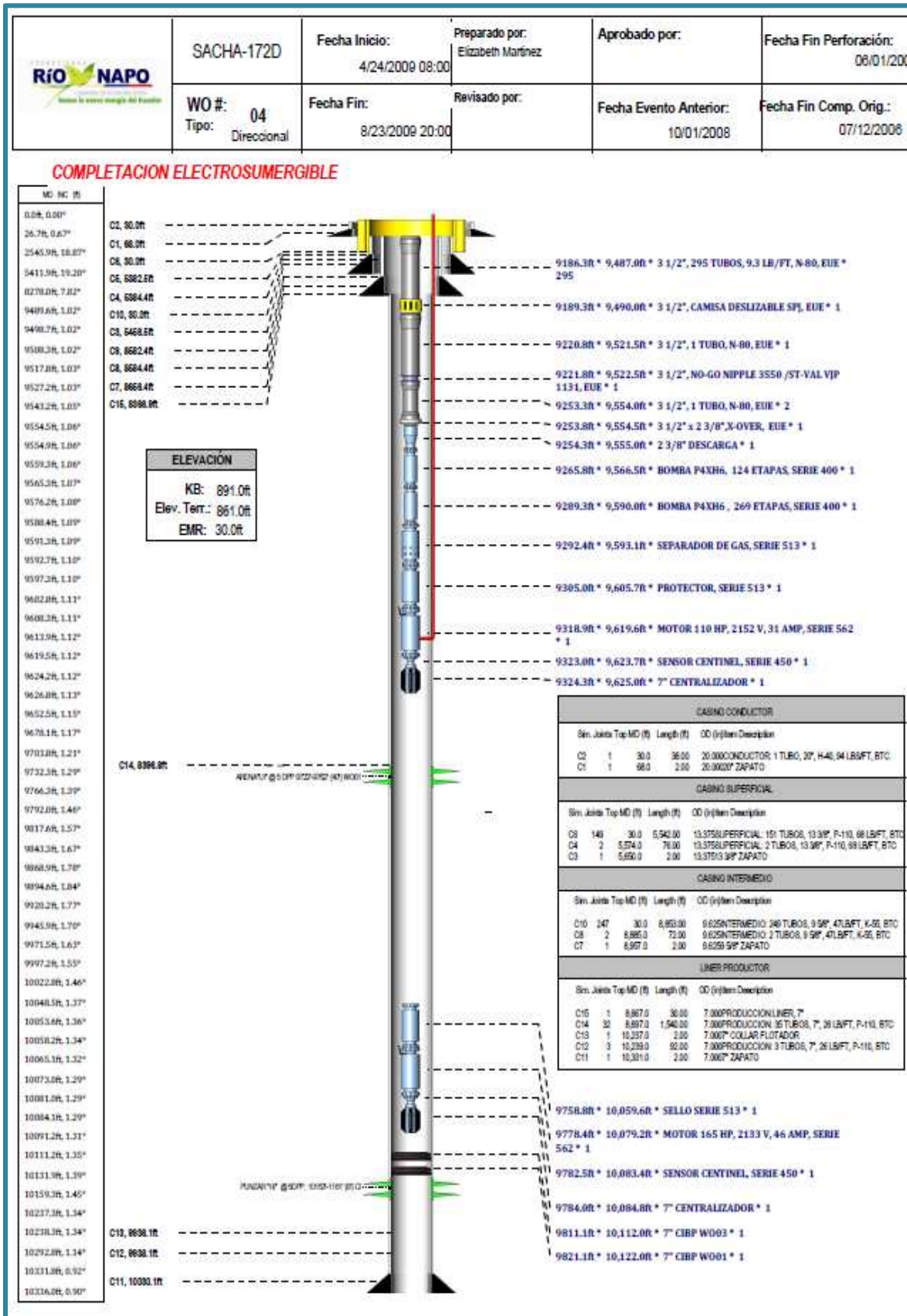
FUENTE: Archivos campo Sacha - ORNCEM

SAC - 099



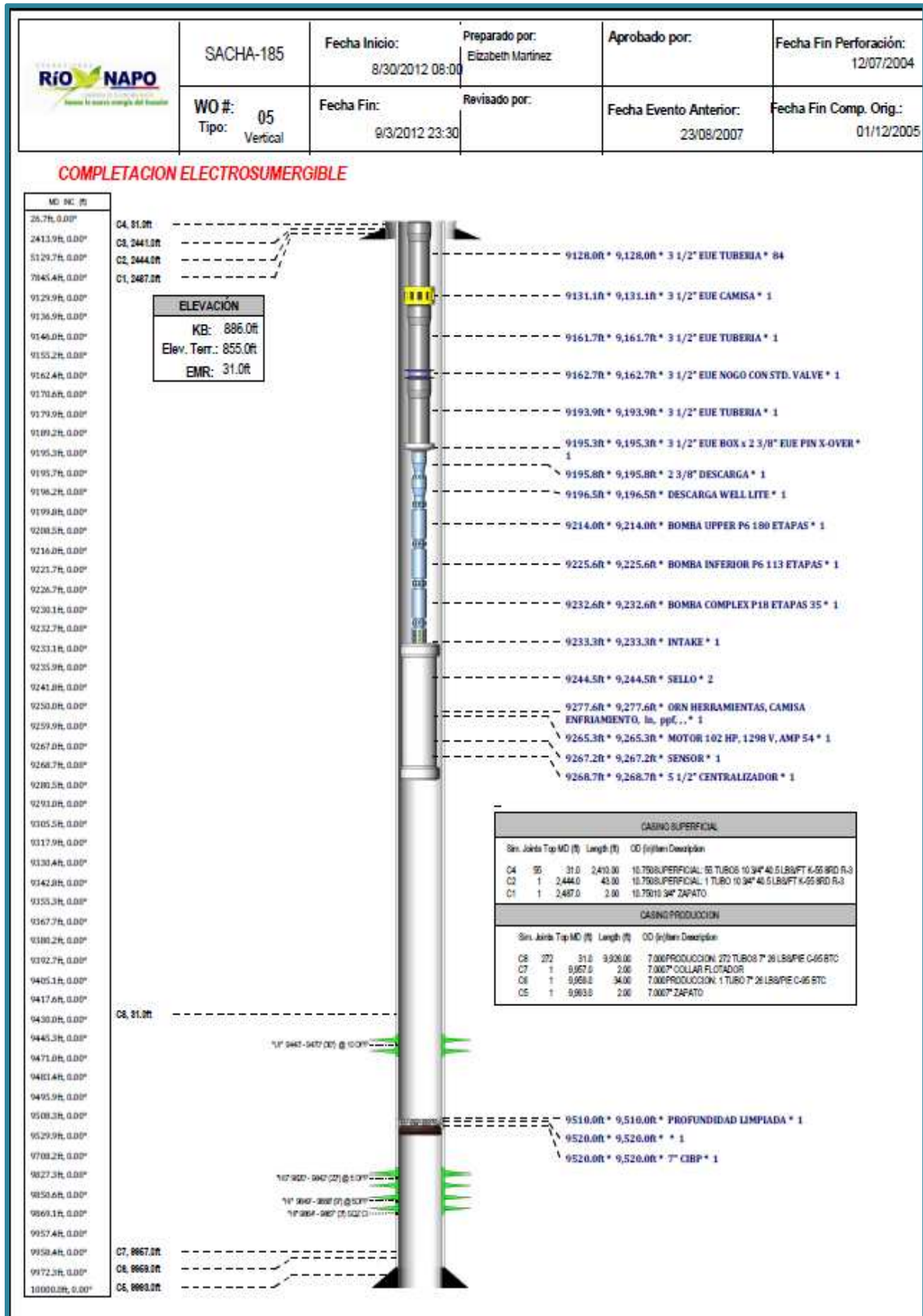
FUENTE: Archivos campo Sacha - ORNCEM

SAC – 172D



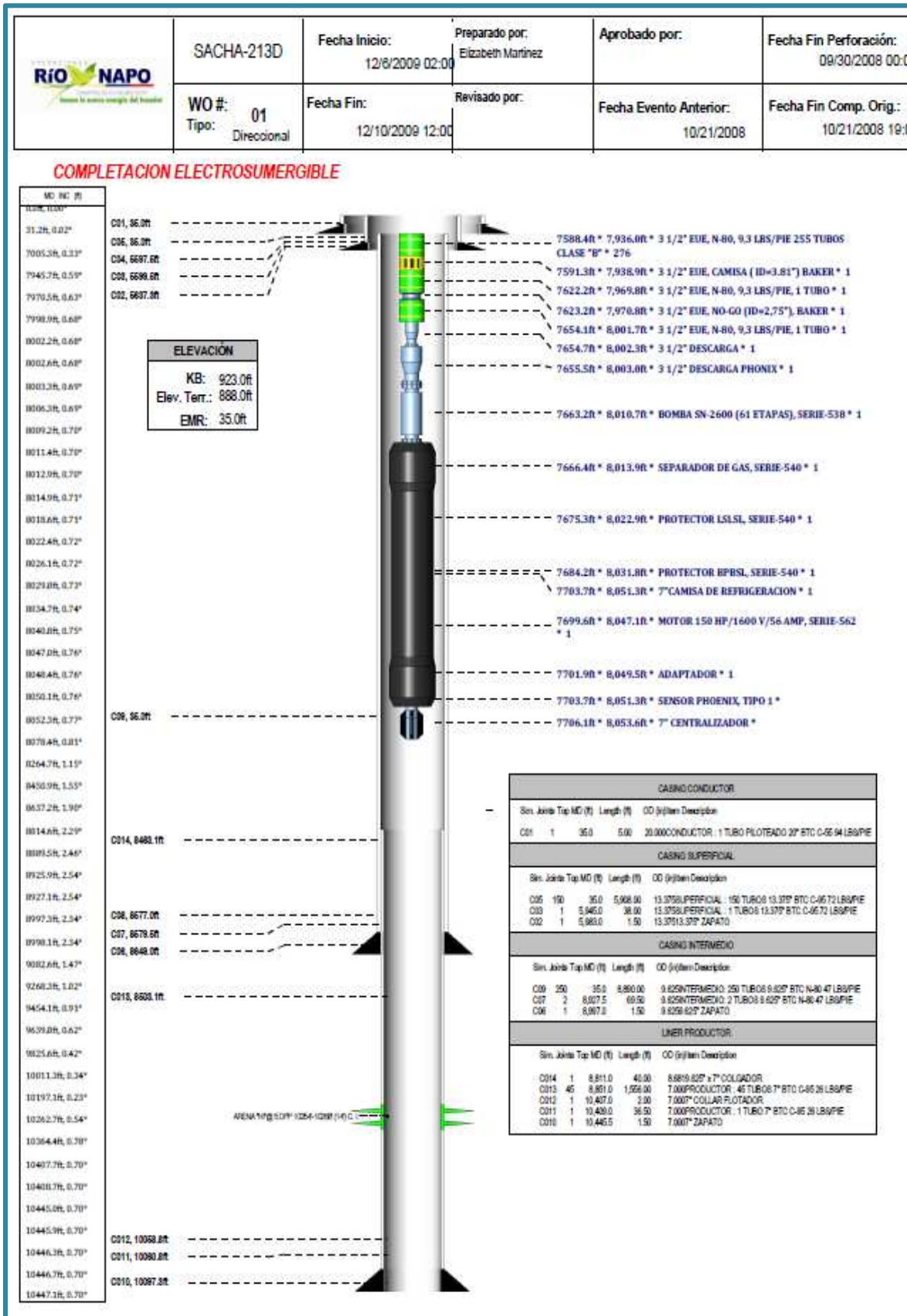
FUENTE: Archivos campo Sacha - ORNCEM

SAC – 185D



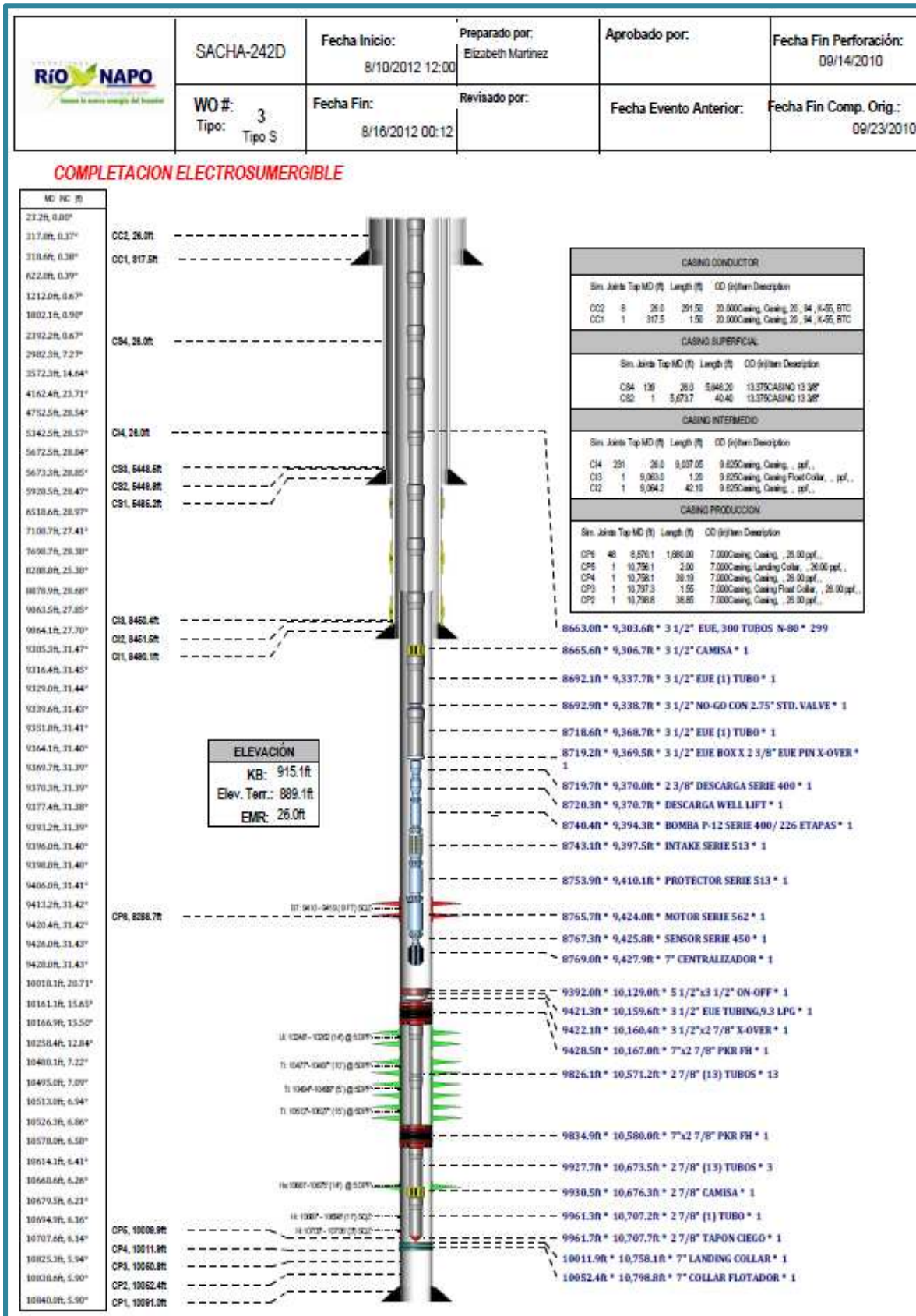
FUENTE: Archivos campo Sacha - ORNCEM

SAC – 213D



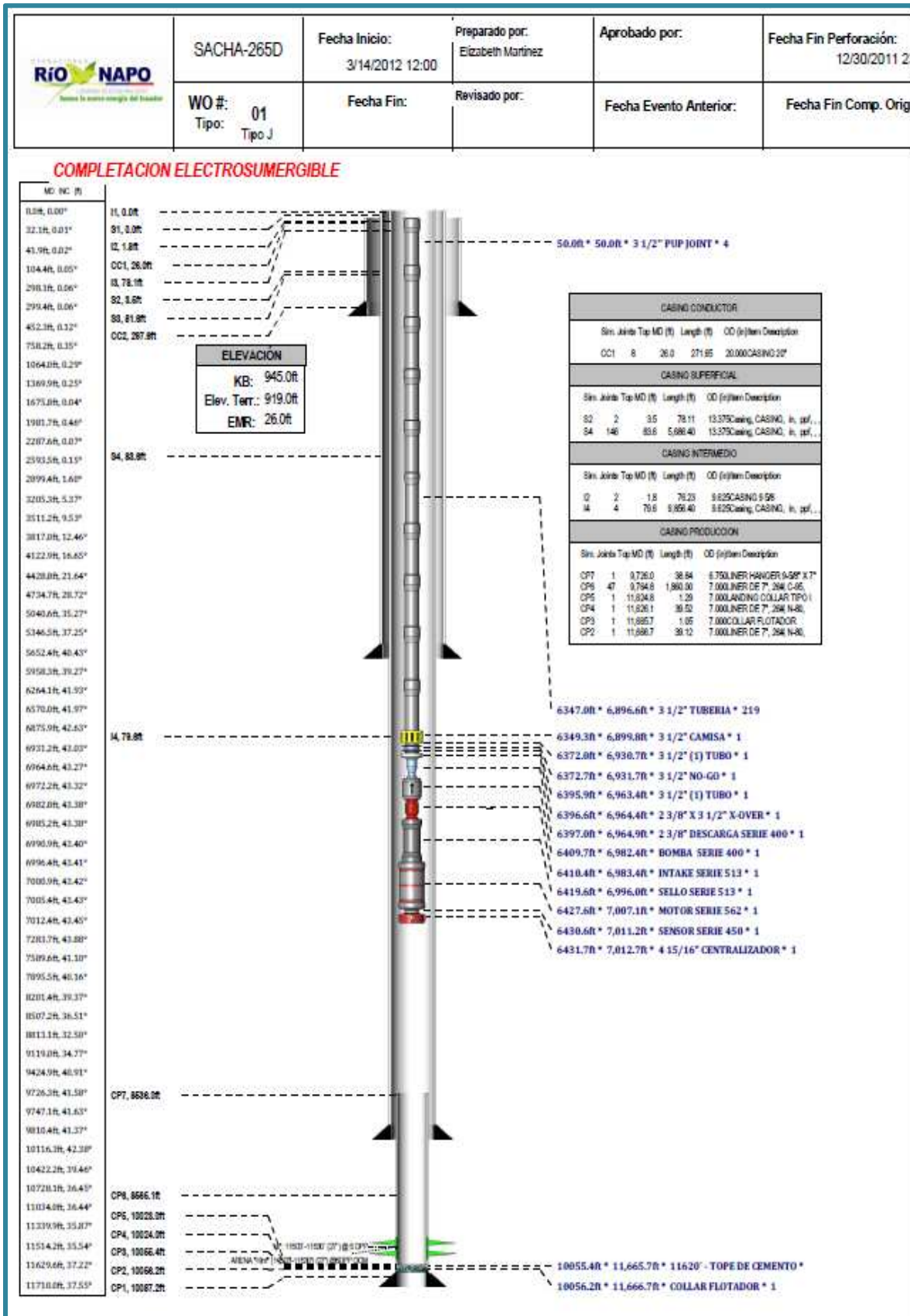
FUENTE: Archivos campo Sacha - ORNCEM

SAC – 242D



FUENTE: Archivos campo Sacha - ORNCEM

SAC – 265D

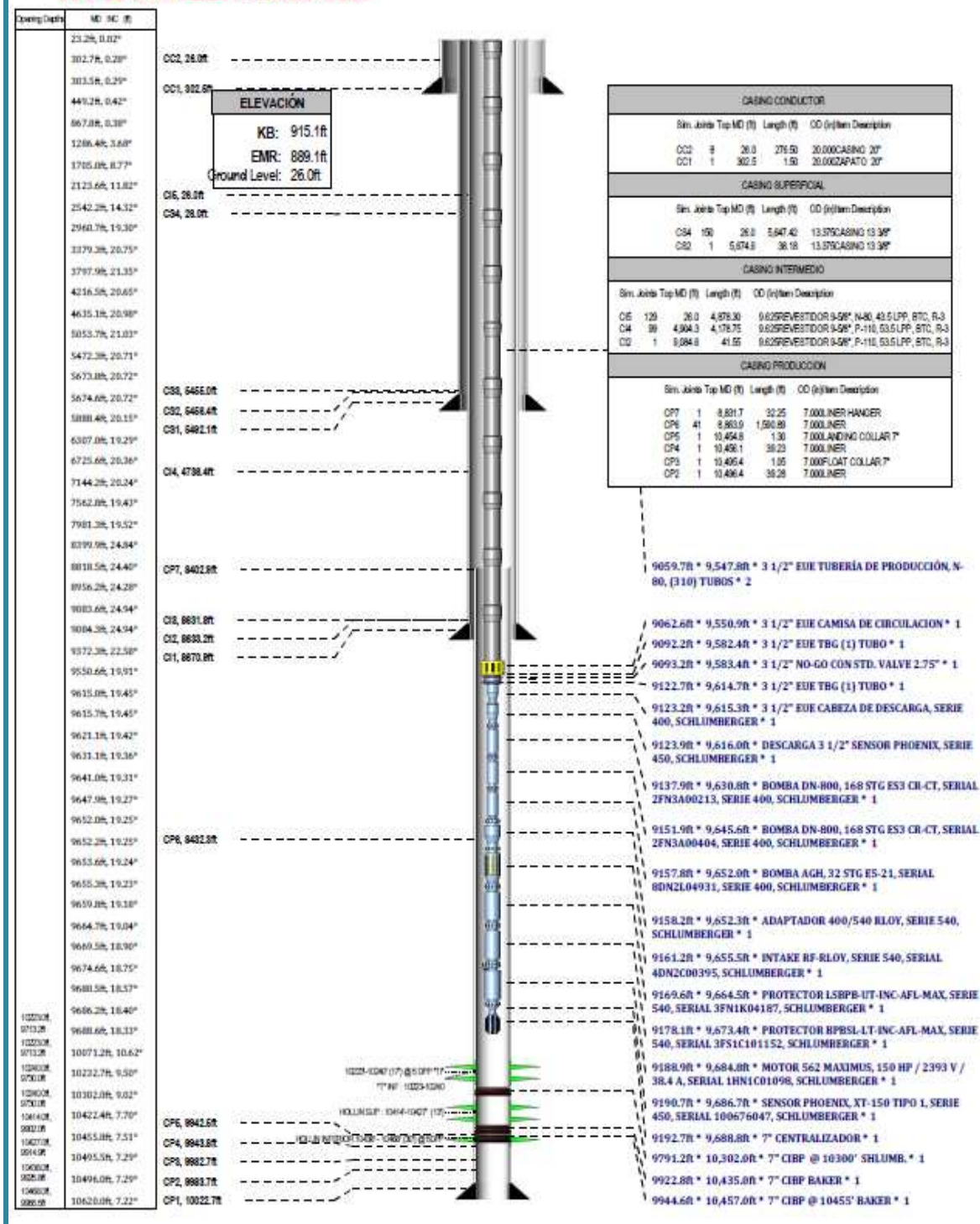


FUENTE: Archivos campo Sacha - ORNCEM

SAC – 320D

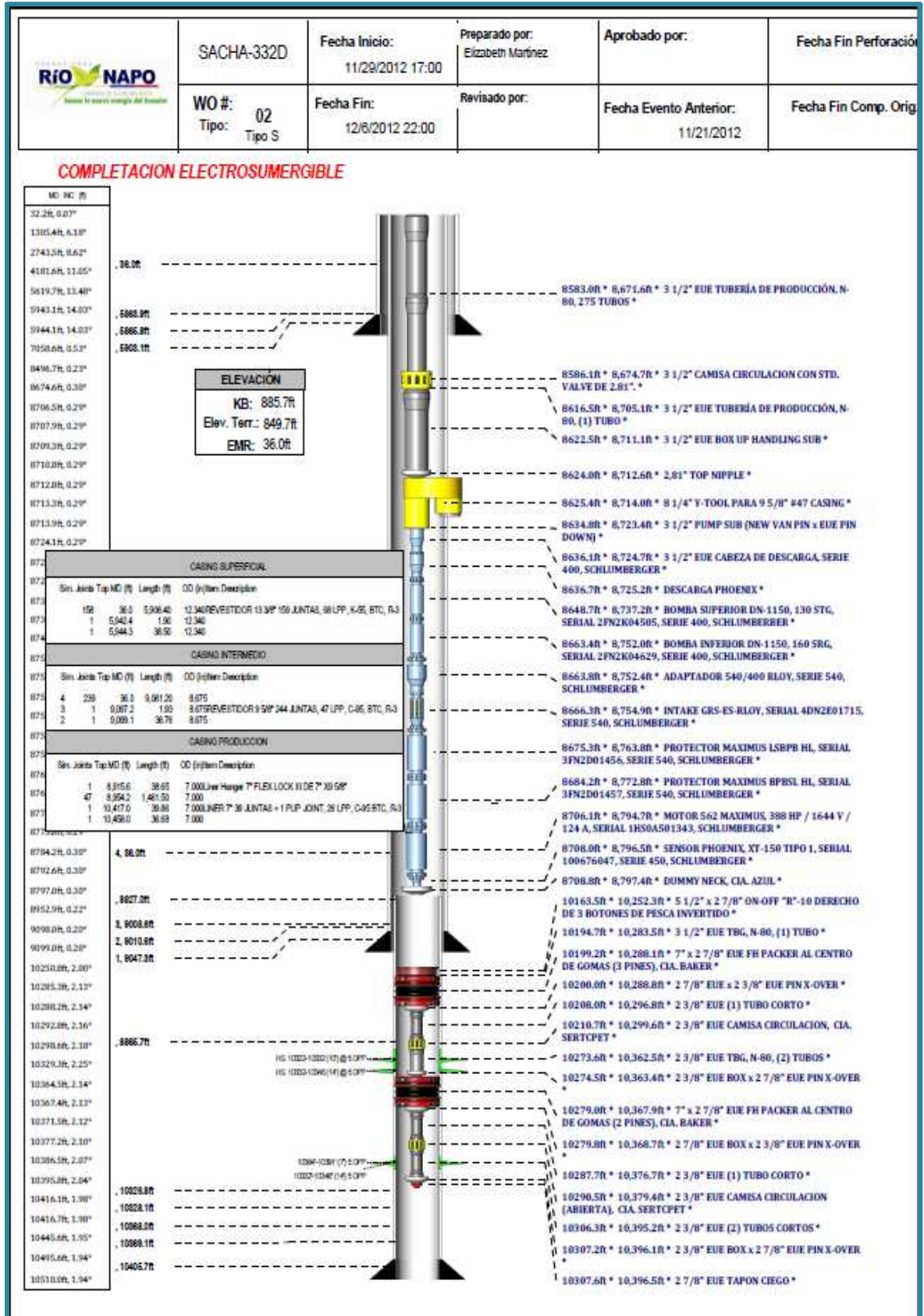
	SACHA-320D	Fecha Inicio: 1/28/2013 15:00	Preparado por: Elizabeth Martinez	Aprobado por:	Fecha Fin Perforación: 10/26/2011
	WO #: Tipo: 02 Direccional	Fecha Fin: 2/3/2013 01:00	Revisado por:	Fecha Evento Anterior: 07/27/2011 06:00	Fecha Fin Comp. Orig.: 11/02/2010

COMPLETACION ELECTROSUMERGIBLE



FUENTE: Archivos campo Sacha - ORNCEM

SAC – 332D



FUENTE: Archivos campo Sacha - ORNCEM

ANEXO No 5
HISTORIAL DE WORKOVER DE LOS POZOS
ANALIZADOS CON LOWIS

NOMBRE POZO	TIPO EVENTO	No. EVENTO	OBJETIVO	FECHA INICIO	FECHA FIN	COMENTARIOS
SACHA-008	REACONDICIONAMIENTO	1	1 - ESTIMULACION CON ACIDO PARA ELIMINAR DAÑO A HOLLIN OCASIONADO POR LODO DE PERFORACION	08/19/1973 00:00	08/20/1973 00:00	
		2	2 - AISLAR ZONA DE AGUA CON TAPON C.I.B.P. Y ESTIMULAR HOLLIN CON REPUNZONAMIENTO.	08/01/1979 0:00	08/11/1979 0:00	
		3	3 - COMPLETAR CEMENTO EN BASAL TENA. AISLAR ENTRADA DE AGUA EN HOLLÍN CON EMPACADURA PERMANENTE F-1. COMPLETAR DENSIDAD DE DISPAROS EN U Y T. PUNZONAR BASAL TENA Y EVALUAR. (CORRER REGISTROS DE CEMENTACIÓN).	09/20/1980 00:00	10/03/1980 0:00	
		4	4 - REEMPLAZAR TUBERÍA DE COMPLETACIÓN QUE NO PERMITE OPERAR LAS CAMISAS.	01/28/1981 00:00	02/01/1981 15:00	
		5	5 - AISLAR ENTRADA DE AGUA A HOLLÍN CON CEMENTACIÓN FORZADA	01/02/1983 0:00	01/13/1983 16:00	
		6	6 - CAMBIO DE COMPLETACIÓN POR DAÑO EN CAVIDAD.	11/11/2001 20:00	11/23/2001 15:00	
		7	7 - CAMBIO DE COMPLETACIÓN POR COMUNICACIÓN TUBING – CASING	11/25/2003 09:00	12/01/2003 6:00	
		8	8 - CAMBIO DE COMPLETACIÓN HIDRAULICA POR DAÑO EN CAVIDAD.	11/09/2007 22:00	11/17/2007 11:00	
		9	9 - EVALUAR ARENA "U" Y COMPLETAR DE ACUERDO A RESULTADOS.	12/10/2009 18:00	12/27/2009 17:00	
SACHA-032	REACONDICIONAMIENTO	1	01-REPERFORACION DEL INTERVALO DE HOLLIN INFERIOR	11/07/1973 0:00	11/07/1973 0:00	CAMISA ABIERTA
		2	02-REMOVER DAÑO DE FORMACION (ESCALA Y LODO DE PERFORACION PRIMARIO) QUE SE SOSPECHA EN LA FORMACION HOLLIN	20/02/1974 0:00	20/02/1974 0:00	ACIDIFICACION/CAMISA ABIERTA
		3	03-REMOVER SCALA (TUBERIAS Y LINEAS DE FLUJO)	28/10/1975 0:00	28/10/1975 0:00	ACIDIFICACION/CAMISA ABIERTA
		4	04-AISLAR ENTRADA DE AGUA CON TAPON DE HIERRO FUNDIDO (CIBP). ESTIMULAR LA HOLLIN CON REPUNZONAMIENTO.	07/08/1978 0:00	15/08/1978 0:00	HI,RECAÑONEO/CAMISA ABIERTA
		5	05-BAJAR INSTALACION DE BOMBA REDA	22/08/1979 0:00	30/08/1979 0:00	INSTALACION DE BOMBA REDA/CAMISA
		6	06-REPARACION DE LA INSTALACION REDA.	09/05/1980 0:00	19/05/1980 0:00	REPARACION DE INSTALACION REDA/C

NOMBRE POZO	TIPO EVENTO	No. EVENTO	OBJETIVO	FECHA INICIO	FECHA FIN	COMENTARIOS
SACHA-032	REACONDICIONAMIENTO	7	07-REPARACION DE LA INSTALACION REDA.	29/06/1980 0:00	06/07/1980 0:00	REPARACION DE INSTALACION REDA/C
		8	08-REPARACION DE INSTALACION REDA	10/12/1980 0:00	12/12/1980 0:00	REPARACION DE INSTALACION REDA/C
		9	09-REPARAR INSTALACION REDA.	06/04/1981 0:00	08/04/1981 0:00	REPARACION DE INSTALACION REDA/C
		10	10-REPARACION DE LA INSTALACION REDA.	15/10/1982 0:00	18/10/1982 0:00	REPARACION DE INSTALACION REDA/C
		11	11-REPARACION DE INSTALACION REDA.	14/02/1984 0:00	20/02/1984 0:00	REPARACION DE INSTALACION REDA/C
		12	12-REPARACION INSTALACION REDA.	31/10/1984 0:00	03/11/1984 0:00	REPARACION DE INSTALACION REDA/C
		13	13-REPARACION DE INSTALACION ELECTRICA SUMERGIBLE	05/04/1986 0:00	08/04/1986 0:00	REPARACION DE INSTALACION REDA
		14	14-REPARACION DE INSTALACION ELECTRICA SUMERGIBLE.	28/05/1986 0:00	07/06/1986 0:00	REPARACION DE INSTALACION REDA/C
		15	15-REPARACION DE EQUIPO ELECTRICO SUMERGIBLE.	13/10/1986 0:00	17/10/1986 0:00	REPARACION DE INSTALACION REDA/C
		16	16-REPARACION DE EQUIPO ELECTRICO SUMERGIBLE.	13/12/1987 0:00	17/12/1987 0:00	REPARACION DE INSTALACION REDA/
		17	17-REPARACION DE EQUIPO ELECTRICO SUMERGIBLE.	07/06/1989 0:00	11/06/1989 0:00	REPARACION DE INSTALACION REDA/C
		18	18-REPARACION DE EQUIPO ELECTRICO SUMERGIBLE.	25/07/1989 0:00	29/07/1989 0:00	REPARACION DE INSTALACION REDA
		19	19- REPARAR BOMBA ELECTRICA SUMERGIBLE	15/10/1991 0:00	21/10/1991 0:00	REPARACION DE INSTALACION REDA/
		20	20-CAMBIO DE BES POR CORTO CIRCUITO EN CABLE BAJO SUPERFICIE EVALUAR HOLLIN.	07/09/1997 3:00	06/10/1997 15:00	CAMISA ABIERTA
		21	21- REPARAR BES	11/07/1998 16:00	17/07/1998 14:00	REPARACION DE INSTALACION REDA/C
		22	22- REPUNZONAR "T" EVALUAR CON BOMBA JET, REDISEÑAR BES	23/12/2002 15:00	03/01/2003 22:00	RECAÑONEO/CAMISA ABIERTA
		23	23-CAMBIO DE COMPLETACION ELECTROSUMERGIBLE POR FASES A TIERRA.	13/09/2003 4:00	30/09/2003 6:00	
		24	24- CAMBIO DE COMPLETACION ELECTROSUMERGIBLE POR FASE A TIERRA.	04/03/2005 0:00	09/03/2005 9:00	REPARACION DE INSTALACION REDA/C
		25	25-CAMBIO DE COMPLETACION POR BOMBA ATASCADA,ESTIMULAR "T". EVALUAR. REDISEÑAR BES.	25/10/2005 22:00	06/11/2005 6:00	ACIDIFICACION/REDISEÑAN BES/CAMI

NOMBRE POZO	TIPO EVENTO	No. EVENTO	OBJETIVO	FECHA INICIO	FECHA FIN	COMENTARIOS
SACHA-032	REACONDICIONAMIENTO	26	26-REPARAR BES	23/07/2007 23:00	28/07/2007 16:00	REPARACION DE INSTALACION REDA/C
		27	27-CAMBIO DE COMPLETACION POR COMUNICACIÓN TBG-CSG, REPUNZONAR ARENA "T"	03/04/2011 17:00	12/04/2011 6:00	
SACHA-99	REACONDICIONAMIENTO	1	#01,BAJAR CAVIDAD KOBE PARA PRODUCIR HOLLIN POR BOMBEO HIDRAULICO.	9/13/1982	9/15/1982	CAMBIO DE FLUJO
		2	#02,CAMBIO DE BOMBA KOBE NO RECUPERABLE POR RECIRCULACION NI CON UNIDAD DE CABLE.	10/13/1982	10/15/1982	CAVIDAD DEFECTUO
		3	#03,PERFORAR HOLLIN SUPERIOR ESTIMULAR CON ACIDO REGULAR A HOLLIN INFERIOR. EVALUAR HOLLIN SUPERIOR, BAJAR INSTALACION PARA BOMBEO HIDRAULICO.	5/16/1986	06/04/1986 0:00	CAÑONEAR
		4	#04,CAMBIO DE COMPLETACION EMPACADURAS (DESASENTADAS)	6/20/1986	6/22/1986	EMPACADURA DESAS
		5	#05,CAMBIO DE COMPLETACION POR CAVIDAD MALA.	06/01/1998 6:00	06/07/1998 20:00	CAVIDAD DEFECTUO
		6	#06,CAMBIO DE COMPLETACION DE BOMBEO HIDRAULICO POR COMUNICACION TUBING-CASING	05/03/2006 6:00	05/08/2006 6:00	C/BHA COM. TUBIN
		7	#07,CAMBIO DE COMPLETACION DE BOMBEO HIDRAULICO POR COMUNICACION TUBING-CASING.	2/20/2007 5:00:00 PM	2/27/2007 8:00:00 PM	C/BHA COM. TUBIN
		8	#08, AISLAR ARENA "HS+I" CON CIBP, SQUEEZE A "T" Y "U"	12/07/2007 17:00	01/01/2008 19:00	CAÑONEAR
		9	#09,SACAR COMPLETACION DE BOMBEO HIDRAULICO POR PARTE DE BOMBA PESCADA, EVALUAR ARENA "T". DISEÑAR EQUIPO BES.	03/01/2010 20:00	3/16/2010 6:00:00 PM	BOMBA ATASCADA (
SACHA-172D	REACONDICIONAMIENTO	1	1. AISLAR "H" CON CIBP. PUNZONAR CON TCP ARENA "Uinf" EL INTERVALO 9722' - 9762'(40') @ 5 DPP. EVALUAR. DISEÑAR Y BAJAR COMPLETACION DE PRODUCCION	2/15/2007	03/10/2007 10:00	CAÑONEAR
		2	2. REPARAR BES	03/05/2008 13:00	3/22/2008 6:00:00 PM	REPARAR BES

NOMBRE POZO	TIPO EVENTO	No. EVENTO	OBJETIVO	FECHA INICIO	FECHA FIN	COMENTARIOS
SACHA-172D	REACONDICIONAMIENTO	3	3. CAMBIO DE COMPLETACION POR INCREMENTO DE BSW(POSIBLE COMUNICACIÓN CON HI POR CIBP DESASENTADO)	9/16/2008 8:00:00 PM	10/01/2008 15:00	EMPACADURA DESAS
		4	4. REPARAR BES	4/24/2009 8:00:00 AM	8/23/2009 8:00:00 PM	REPARAR BES
SACHA-185D	REACONDICIONAMIENTO	1	1. REPARAR BES	04/08/2005 15:00	04/13/2005 11:00	
		2	2. REPUNZONAR HOLLIN INFERIOR, EVALUAR. REDISEÑAR BES	04/22/2005 01:00	05/04/2005 18:00	
		3	3. AISLAR ARENA "HI" CON CIBP, PUNZONAR "HS", EVALUAR Y BAJAR BES.	09/10/2005 10:00	10/13/2005 06:00	
		4	4. AISLAR "HS+HI" CON CIBP. REPUNZONAR "UI", EVALUAR, DISEÑAR TIPO DE LEVANTAMIENTO DE ACUERDO A RESULTADOS.	07/29/2007 19:00	08/23/2007 17:00	
		5	5. REPARAR EQUIPO BES	08/30/2012 08:00	09/03/2012 23:30	
SACHA-213D	REACONDICIONAMIENTO	1	#01 CAMBIO DE SISTEMA DE LEVANTAMIENTO DE PPF A PPS	12/06/2009 2:00	12/10/2009 12:00	CAMBIO DE LEVANTAMIENTO
SACHA-242D	REACONDICIONAMIENTO	1	01 - AISLAR U INFERIOR, PUNZONAR ARENA BASAL TENA, EVALUAR + DISEÑAR BHA.	27/01/2011 15:00	19/03/2011 12:00	
		2	02 - REPARAR BES	12/12/2011 3:00	16/12/2011 18:00	
		3	03 - CAMBIO DE COMPLETACION POR COMUNICACION TUBING-CASING.	10/08/2012 12:00	16/08/2012 0:12	
SACHA-265D	REACONDICIONAMIENTO	1	CAMBIO DE SISTEMA DE HIDRAULICO A ELECTRICO	14/03/2012 12:00	19/03/2012 12:00	
SACHA-320D	REACONDICIONAMIENTO	1	01-AISLAR HOLIN CON CIBP. PUNZONAR CON TCP "Hs", "Ti", "Ui". EVALUAR. COMPLETAR.	07/07/2011 20:00	27/07/2011 6:00	
	REACONDICIONAMIENTO	2	02-SACAR EQUIPO BES. REPUNZONAR ARENA "Ti" . BAJAR BES.	28/01/2013 15:00	03/02/2013 1:00	
SAC-332D	REACONDICIONAMIENTO	1	01.- LIMPIEZA A LA BES CON SOLVENTES Y HCL AL 12% CON CTU	11/21/2012 22:09	11/21/2012 22:09	
		2	2.- CANONEAR ARENAS "Hs" + "Hi", BAJAR COMPLETACION DE FONDO. COMPLETAR PARA BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE CON Y-TOOL.	11/29/2012 17:00	12/06/2012 22:00	