

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y
PETRÓLEOS**

**ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE
BOMBAS ELECTROSUMERGIBLES CON TECNOLOGÍA POWER
SAVE EN POZOS DEL CAMPO SACHA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN PETRÓLEOS**

OPCIÓN: TÉCNICO-EXPERIMENTAL

**KATHERINE NATALY VILLARREAL DIAZ
natalyvillarreal91@gmail.com**

**DIRECTOR: MSc. VINICIO RENÉ MELO GORDILLO
vinicio.melo@epn.edu.ec**

Quito, Julio 2018

DECLARACIÓN

Yo, Katherine Nataly Villarreal Díaz, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis 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.

KATHERINE VILLARREAL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Katherine Nataly Villarreal Díaz, bajo mi supervisión.

MSc. VINICIO MELO
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Rosa Díaz y Orlando Villarreal, por todos sus consejos, palabras de ánimo y apoyo incondicional para que pueda seguir adelante y lograr formarme como profesional.

A mis dos amores Isaac y Kléver, por la comprensión brindada, para que yo pueda cumplir mi meta.

A mi fiel amiga Evelyn, por su apoyo y por todos los momentos compartidos, porque con ella mi vida universitaria fue más llevadera.

A mis compañeros de las diferentes generaciones por la amistad y confianza en mí depositada.

Al Ing. Vinicio Melo Gordillo, por todo su apoyo, paciencia y comprensión brindada, también por tomarse el tiempo y dedicación brindándome siempre su ayuda durante el desarrollo de este proyecto.

A la empresa Petroamazonas EP, en especial al grupo de trabajo del Ing. Alex Piruch por la ayuda brindada para la elaboración de este proyecto.

A la Escuela Politécnica Nacional, por darme la oportunidad de formarme como profesional, por brindarme una beca económica y de esta manera poder terminar mi carrera, a todas las personas que forman la Facultad de Ingeniería en Geología y Petróleos, por ser como una familia para mí.

DEDICATORIA

A mis queridos padres, que nunca dejaron de confiar en mí y siempre supieron darme las fuerzas suficientes para seguir adelante.

A mi compañero de vida Kléver, por el amor, comprensión y apoyo brindado durante estos años que hemos compartido juntos.

A mi hijo adorado Isaac, porque es la luz de mi vida y motor que me impulsa cada día, a él especialmente le dedico todo el esfuerzo realizado en este trabajo, ya que anhelo que él sea mejor que yo.

Natally,

CONTENIDO

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA.....	V
LISTA DE TABLAS.....	XI
LISTA DE FIGURAS	XIII
SIMBOLOGÍA.....	XV
RESUMEN.....	XVII
PRESENTACIÓN	XIX
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 GENERALIDADES DEL ACTIVO SACHA	1
1.1.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA	1
1.1.2 UBICACIÓN.....	1
1.1.3 GEOLOGÍA GENERAL DEL ACTIVO	1
1.2 PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS	2
1.2.1 PARÁMETROS DEL CAMPO SACHA	2
1.2.2 CONDICIÓN ACTUAL DEL ACTIVO.....	3
1.2.3 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE UN SISTEMA PETROLERO....	4
1.2.3.1 Flujo natural	4
1.2.3.2 Métodos artificiales de producción	4
1.3 SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL	4
1.3.1 CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL	5
1.4 SISTEMA DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL POR BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE.....	5
1.4.1 GENERALIDADES	5
1.4.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	6
1.4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE	6
1.4.4 AVANCE TECNOLÓGICO	6
1.4.5 INNOVACIONES Y AHORRO DE ENERGÍA EN LA PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO MEDIANTE EL SISTEMA DE	

BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE.....	7
1.4.6 CAUSAS PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE CON TECNOLOGÍA POWER SAVE	7
1.4.7 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE CON TECNOLOGÍA POWER SAVE	8
CAPÍTULO 2: BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE CON TECNOLOGÍA POWER SAVE	9
2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	9
2.2 EQUIPO DE FONDO	10
2.2.1 BOMBA ELECTROSUMERGIBLE CON TECNOLOGÍA POWER SAVE.....	10
2.2.2 MOTOR DE IMÁN PERMANENTE.....	12
2.2.2.1 Principio de funcionamiento	13
2.2.2.2 Estator.....	13
2.2.2.3 Rotor	14
2.2.2.4 Pérdidas de energía	15
2.2.2.5 Mecanismo de control del motor	15
2.2.2.6 Torque del motor.....	17
2.2.2.7 Rendimiento del motor	17
2.2.3 PROTECTOR O SELLO EN TÁNDEM.....	17
2.2.3.1 Cubierta de refrigeración especial.....	19
2.2.4 CENTRALIZADOR	19
2.2.5 SENSOR DE FONDO.....	20
2.2.6 MLE (MOTOR LEAD EXTENSION).....	20
2.2.7 INTAKE.....	21
2.2.8 SEPARADOR DE GAS.....	21
2.3 EQUIPO DE SUPERFICIE.....	21
2.3.1 CABEZAL DEL POZO	21
2.3.2 CAJA DE UNIÓN O DE VENDEO.....	22
2.3.3 TRANSFORMADOR.....	22
2.4 USO DEL EQUIPO EN CONDICIONES ESPECIALES	22
2.4.1 LÍQUIDOS VISCOSOS	22

2.4.2	POZOS CON GAS.....	22
2.4.3	PRODUCCIÓN DE SÓLIDOS ABRASIVOS.....	23
2.4.4	ALTAS TEMPERATURAS.....	23
2.4.5	OPERACIÓN DE FRECUENCIA VARIABLE	23
2.4.5.1	Variador de frecuencia	23
2.4.5.2	Beneficios de usar variadores de frecuencia.....	24
2.5	APLICACIONES DEL EQUIPO	24
2.5.1	SIDE TRACK	24
2.5.2	SISTEMAS DE BES CON SLIM-LINE	25
2.5.3	ALTERNATIVAS DE INSTALACIÓN	25
2.6	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA BES	26
2.6.1	INFORMACIÓN REQUERIDA.....	26
2.6.2	PROCEDIMIENTO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA BOMBA.....	27
2.7	VENTAJAS DEL EQUIPO	27
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO		29
3.1	ANÁLISIS TÉCNICO	29
3.1.1	CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS	29
3.1.2	CURVAS DE COMPORTAMIENTO DE LAS BOMBAS ELECTROSUMERGIBLES.....	29
3.1.2.1	Curva de altura dinámica (Head Capacity).....	30
3.1.2.2	Curva de potencia al freno (Brake Horse Power BHP)	30
3.1.2.3	Curva de eficiencia.....	30
3.1.2.4	Zonas de la curva de rendimiento de la bomba electrosumergible.....	31
3.1.3	CURVA A DIFERENTES FRECUENCIAS DE LAS BOMBAS ELECTROSUMERGIBLES.....	31
3.1.4	ANÁLISIS NODAL	32
3.1.5	ESTADO DE LOS POZOS DEL CAMPO SACHA	32
3.1.6	SELECCIÓN DE POZOS	33
3.1.7	POZO SACHA 11	33
3.1.8	ANÁLISIS NODAL DEL POZO SACHA 11.....	38

3.1.9	POZO SACHA 127	41
3.1.10	ANÁLISIS NODAL DEL POZO SACHA 127	46
3.1.11	POZO SACHA 192	49
3.1.12	ANÁLISIS NODAL DEL POZO SACHA 192	54
3.1.13	POZO SACHA 232D.....	57
3.1.14	ANÁLISIS NODAL DEL POZO SACHA 232D	62
3.1.15	POZO SACHA 251D.....	66
3.1.16	ANÁLISIS NODAL DEL POZO SACHA 251D	70
3.1.17	POZO SACHA 385D.....	74
3.1.18	ANÁLISIS NODAL DEL POZO SACHA 385D	78
3.1.19	POZO SACHA 441D.....	81
3.1.20	ANÁLISIS NODAL DEL POZO SACHA 441D	86
3.1.21	POZO SACHA 457D.....	89
3.1.22	ANÁLISIS NODAL DEL POZO SACHA 457D	94
3.2	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	97
3.2.1	TÉRMINOS GENERALES.....	98
3.2.1.1	Inversión.....	98
3.2.1.2	Costo.....	98
3.2.1.2.1	Costo fijo.....	98
3.2.1.2.2	Costo Variable	99
3.2.1.2.3	Costos Totales	99
3.2.1.3	Valor actual neto (VAN).....	99
3.2.1.4	Tasa interna de retorno (TIR).....	100
3.2.1.5	Relación beneficio costo (B/C).....	100
3.2.1.6	Tiempo de recuperación de la inversión	101
3.2.2	INVERSIÓN ESTIMADA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS EQUIPOS BES CON TECNOLOGÍA POWER SAVE.....	101
3.2.3	INGRESOS.....	102
3.2.4	EGRESOS.....	102
3.2.5	ESCENARIOS PROPUESTOS PARA EL ANÁLISIS ECONÓMICO	102
3.2.6	POZO SACHA 127	102

3.2.7 POZO SACHA 192	1023
3.2.8 POZO SACHA 441D.....	103
3.2.9 POZO SACHA 457D.....	104
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
4.1 CONCLUSIONES.....	105
4.2 RECOMENDACIONES	109
GLOSARIO.....	111
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
ANEXOS.....	115
ANEXO No 1: DIAGRAMAS DE COMPLETACIÓN	116
ANEXO No.2: SURVEYS DE LOS POZOS.....	125
ANEXO No.3: FLUJOS DE CAJA	130

LISTA DE TABLAS

No	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
1.1	Parámetros de reservorio	3
1.2	Condición actual del activo Sacha	3
2.1	Parámetros de comparación de los motores PMM y AM	18
3.1	Estado de los pozos del activo Sacha al 31 de diciembre del 2017	32
3.2	Pozos seleccionados para el análisis	33
3.3	Datos pozo Sacha 11	34
3.4	Parámetros de operación bomba NH(1600-2300)H del pozo Sacha 11	34
3.5	Producción del pozo Sacha 11	35
3.6	Historial de producción del pozo Sacha 11	36
3.7	Datos pozo Sacha 127	42
3.8	Parámetros de operación bomba NHV(790-1000)H del pozo Sacha 127	42
3.9	Producción del pozo Sacha 127	43
3.10	Historial de producción del pozo Sacha 127	44
3.11	Datos pozo Sacha 192	50
3.12	Parámetros de operación bomba NHV(790-1000)H del pozo Sacha 192	50
3.13	Producción del pozo Sacha 192	51
3.14	Historial de producción del pozo Sacha 192	52
3.15	Datos pozo Sacha 232D	58
3.16	Parámetros de operación bomba NFV(130-250)H del pozo Sacha 232D	58
3.17	Producción del pozo Sacha 232D	59
3.18	Historial de producción del pozo Sacha 232D	60
3.19	Datos pozo Sacha 251D	66
3.20	Parámetros de operación bomba NH(1600-2300)H del pozo Sacha 251D	66
3.21	Producción del pozo Sacha 251D	67
3.22	Historial de producción del pozo Sacha 251D	68
3.23	Datos pozo Sacha 385D	74
3.24	Parámetros de operación bomba NFV(130-250)H del pozo Sacha 385D	74
3.25	Producción del pozo Sacha 385D	75
3.26	Historial de producción del pozo Sacha 385D	76
3.27	Datos pozo Sacha 441D	82
3.28	Parámetros de operación bomba NHV(790-1000)H del pozo Sacha 441D	82
3.29	Producción del pozo Sacha 441D	83
3.30	Historial de producción del pozo Sacha 441D	84
3.31	Datos pozo Sacha 457D	90

3.32	Parámetros de operación bomba NF(1300-2000)H del pozo Sacha 457D	90
3.33	Producción del pozo Sacha 457D	91
3.34	Historial de producción del pozo Sacha 457D	92
3.35	Tabla de costos por cambio de bomba	101
3.36	Análisis económico del pozo Sacha 127	102
3.37	Análisis económico del pozo Sacha 192	103
3.38	Análisis económico del pozo Sacha 441D	103
3.39	Análisis económico del pozo Sacha 457D	104

LISTA DE FIGURAS

No	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
1.1	Ubicación del activo Sacha	2
2.1	Bomba Power Save	10
2.2	Proceso de fabricación de la bomba	11
2.3	Bomba Multifásica	11
2.4	Catálogo de bombas con tecnología Power Save	12
2.5	Motor de imán permanente	13
2.6	Esquema de un motor de imán permanente	13
2.7	Partes del rotor de imán permanente	14
2.8	Diagrama de pérdidas de energía de motor de imán permanente vs el motor asíncrono	15
2.9	Mecanismo de funcionamiento del motor PMM	16
2.10	Curvas de torque del motor PMM vs AM	17
2.11	Equipo de BES Power Save	18
2.12	Esquema de side track con un PMM	19
2.13	Centralizador	20
2.14	Sensor de fondo	20
2.15	Cable de extensión del motor	21
2.16	Etapa tipo vórtice de una bomba electrosumergible	23
2.17	Encapsulado del epoxy de un PMM	23
2.18	Diseño BES de Slim-line con PMM	25
3.1	Curva de comportamiento bomba NAV(190-380)	30
3.2	Curva tornado bomba NAV(190-380)	31
3.3	Curva de oferta y demanda de un pozo	32
3.4	Producción del pozo Sacha 11	35
3.5	Historial de producción del pozo Sacha 11	37
3.6	Análisis de la bomba NH(1600-2300)H, Pozo Sacha 11	38
3.7	Curva inflow y outflow del pozo Sacha 11	39
3.8	Análisis del sistema pozo con bes a diferentes etapas pozo Sacha 11	40
3.9	Consumo de energía eléctrica de las bombas del pozo Sacha 11	41
3.10	Producción del pozo Sacha 127	43
3.11	Historial de producción del pozo Sacha 127	45
3.12	Análisis de la bomba NHV(790-1000)H, pozo Sacha 127	46
3.13	Curva inflow y outflow del pozo Sacha 127	47
3.14	Análisis del sistema pozo con bes a diferentes etapas pozo Sacha 127	48
3.15	Consumo de energía eléctrica de las bombas del pozo Sacha 127	49
3.16	Producción del pozo Sacha 192	51

3.17	Historial de producción del pozo Sacha 192	53
3.18	Análisis de la bomba NHV(790-1000)H, pozo Sacha 192	54
3.19	Curva inflow y outflow del pozo Sacha 192	55
3.20	Análisis del sistema pozo con bes a diferentes etapas pozo Sacha 192	56
No	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
3.21	Consumo de energía eléctrica de las bombas del pozo Sacha 192	57
3.22	Producción del pozo Sacha 232D	59
3.23	Historial de producción del pozo Sacha 232D	61
3.24	Análisis de la bomba NF(130-250)H, pozo Sacha 232D	62
3.25	Curva inflow y outflow del pozo Sacha 232D	63
3.26	Análisis del sistema pozo con bes a diferentes etapas pozo Sacha 232D	64
3.27	Consumo de energía eléctrica de las bombas del pozo Sacha 232D	65
3.28	Producción del pozo Sacha 251D	67
3.29	Historial de producción del pozo Sacha 251D	69
3.30	Análisis de la bomba NH(1600-2300)H, pozo Sacha 251D	70
3.31	Curva inflow y outflow del pozo Sacha 251D	71
3.32	Análisis del sistema pozo con bes a diferentes etapas pozo Sacha 251D	72
3.33	Consumo de energía eléctrica de las bombas del pozo Sacha 251D	73
3.34	Producción del pozo Sacha 385D	75
3.35	Historial de producción del pozo Sacha 385D	77
3.36	Análisis de la bomba NVF(130-250)H, pozo Sacha 385D	78
3.37	Curva inflow y outflow del pozo Sacha 385D	79
3.38	Análisis del sistema pozo con bes a diferentes etapas pozo Sacha 385D	80
3.38	Consumo de energía eléctrica de las bombas del pozo Sacha 385D	81
3.40	Producción del pozo Sacha 441D	83
3.41	Historial de producción del pozo Sacha 441D	85
3.42	Análisis de la bomba NHV(790-1000), pozo Sacha 441D	86
3.43	Curva inflow y outflow del pozo Sacha 441D	87
3.44	Análisis del sistema pozo con bes a diferentes etapas pozo Sacha 441D	88
3.45	Consumo de energía eléctrica de las bombas del pozo Sacha 441D	89
3.46	Producción del pozo Sacha 457D	91
3.47	Historial de producción del pozo Sacha 457D	93
3.48	Análisis de la bomba NF(1300-2000), pozo Sacha 457D	94
3.49	Curva inflow y outflow del pozo Sacha 457D	95
3.50	Análisis del sistema pozo con bes a diferentes etapas pozo Sacha 457D	96
3.51	Consumo de energía eléctrica de las bombas del pozo Sacha 457D	97

SIMBOLOGÍA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	DIMENSIONES
Amp.	Amperios	Q/t
°API	Gravedad específica en grados API	
B/C	Relación Beneficio Costo	
B'UP	Prueba de presión Build Up	
BAPD	Barriles de Agua por Día	L ³ /t
BES	Bombeo Electrosumergible	
BFPD	Barriles de Fluido Por Día	L ³ /t
BHP	Break Horse Power (Potencia al Freno)	ML ² /t ³
BHT	Bottomhole Temperature (Temperatura de fondo del pozo)	T
bl/día	Barriles por día	L ³ /t
BPPD	Barriles de Petróleo por Día	L ³ /t
BSW	Contenido de agua y sedimentos	%
BT	Arena Basal Tena	
cp	Centipoise	ML ⁻¹ t ⁻¹
D	Pozo direccional	
d	Tasa de descuento	%
f	Frecuencia	t ⁻¹
F	Flujo de caja	
ft	Pies	L
GOR	Relación Gas Petróleo	L ³ /L ³
Hi	Arena Hollín inferior	
HP	Horse Power (Potencia)	ML ² /t ³
Hs	Arena Hollín superior	
Hz	Hertzios (Unidad de frecuencia)	t ⁻¹
IP	Índice de Productividad	L ² /Mt
IPR	Relación del Índice de Productividad	L ² /Mt
KW.h	Kilovatio por hora	ML ² t ⁻²
md	Milidarcy	L ²
MLE	Motor Lead Extensión (Cable de extensión del motor)	
n	Periodos del análisis económico	
η	Eficiencia de la bomba electrosumergible	%
N _s	Velocidad síncrona	L/t
°C	Grados Celcius	T
OP	Operación	
P	Número de polos	
Pb	Presión de burbuja	M/Lt ²
Pc	Presión de cabeza	M/Lt ²

PIP	Pressure Intake Pump (Presión de entrada a la bomba)	M/Lt ²
-----	--	-------------------

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	DIMENSIONES
PMM	Permanent magnet motor, motor de imán permanente	
PPH	Hydraulic Pumping Production (Producción de bombeo hidráulico)	
PPM	Mechanical Pumping Production (Producción de bombeo mecánico)	
ppmCl-	Partes por millón de cloruro	M/L
PPS	Sumersible Pumping Production (Producción de bombeo electrosumergible)	
Pr	Presión de reservorio	M/Lt ²
psi	Libra por pulgada cuadrada	M/Lt ²
PVT	Presión, Volumen y Temperatura	
SCH	Pozo Sacha	
r.p.m.	Revoluciones por minuto	L/T
Ti	Arena T inferior	
TIR	Tasa Interna de Retorno	
TRI	Tiempo de Recuperación de la Inversión	
Ty	Temperatura del yacimiento	T
VAN	Valor Actual Neto	
V	Voltaje	ML ² t ⁻³ I ⁻¹
VSD	Drive Speed Variator (Variador de velocidad)	
%	Tanto por ciento	

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivos conocer las características de producción actuales del Campo Sacha y evaluar los aspectos técnicos y económicos de la implementación de bombas electrosumergibles con tecnología Power Save, con el fin de conocer si estas bombas permiten optimizar la eficiencia del sistema de producción.

Posteriormente se detalla las generalidades del Campo Sacha, reseña histórica del mismo, la geología y características de cada arena productora, también se define el sistema de bombeo electrosumergible con tecnología Power Save, donde se conocen algunas aplicaciones, ventajas, desventajas y limitaciones del mismo.

Después de la fase de recolección y verificación de la información, se escogió 8 pozos, en los que ya estaba implementado el sistema de bombeo electrosumergible con tecnología Power Save.

Se realizó un análisis nodal de cada uno de los pozos seleccionados mostrando su comportamiento actual mediante las curvas de oferta de energía del yacimiento y capacidad de descarga, luego se analizó las condiciones de trabajo de las bombas electrosumergibles con tecnología Power Save, realizando un estudio comparativo de producción de crudo y consumo de energía con las bombas electrosumergibles instaladas en cada pozo, mediante los historiales de producción y consumo de energía de cada pozo.

Se obtuvo resultados de mejoramiento de la producción mediante la implementación de bombas electrosumergibles con tecnología Power Save en los pozos SCH-127, SCH-441D, SCH-457D y se registró que el consumo de energía baja en un 20% utilizando este tipo de tecnología.

Teniendo como conclusiones que la implementación de las bombas electrosumergibles es negativa en los pozos SCH-11, SCH-192, SCH-232D, SCH-251D y SCH-385D debido a que no existe mejoramiento en la producción de crudo,

recomendando realizar un análisis más detallado y poder determinar qué tipo de bomba electrosumergible resulta más eficiente en la producción de crudo.

PRESENTACIÓN

Este estudio realizó un análisis de la implementación de las bombas electrosumergibles con tecnología Power Save que están instaladas en los pozos del campo Sacha, para verificar si se encuentran dentro de los rangos operativos recomendados para cada bomba y constatar si se obtiene mejor eficiencia en el sistema, permitiendo reducir costos en la parte energética.

Las bombas electrosumergibles con tecnología Power Save están formadas por un motor de imán permanente síncrono y un sistema de ahorro de energía que permiten optimizar el sistema de bombeo electrosumergible, minimizando costos operativos por consumo de energía.

En el primer capítulo se resume las características principales del campo Sacha, y se realiza una breve descripción del sistema de levantamiento por bombeo electrosumergible, dando a conocer las causas para implementar las bombas electrosumergibles con tecnología Power Save.

A continuación se detalla las características y componentes que tiene el sistema de bombeo electrosumergible con tecnología Power Save.

Después de la recolección y verificación de la información, se tiene 8 pozos, en los que ya estaba implementado el sistema de bombeo electrosumergible con tecnología Power Save, simplificando el proceso de cálculo y evaluación se utilizó el software PIPESIM, el cual permitió realizar el análisis según las características de cada pozo.

También se verificó que las 8 bombas electrosumergibles instaladas se encuentren dentro del rango de funcionamiento, según sus curvas de comportamiento, se realizó un análisis de sensibilidad cambiando el número de etapas de cada bomba y por último se muestra un gráfico comparativo de consumo de energía con las últimas bombas electrosumergibles instaladas en cada pozo.

Posteriormente se toman varias conclusiones del análisis realizado, donde se resalta que en los pozos SCH-127, SCH-441D y SCH-457D se obtiene un mejoramiento en su producción, mientras que en los pozos SCH-11, SCH-192, SCH-232D, SCH-251D y SCH-385D no se obtienen resultados de incremento en la producción después de haber instalado bombas electrosumergibles con tecnología Power Save.

Finalizando con las respectivas recomendaciones del trabajo.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES DEL ACTIVO SACHA

1.1.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA

El campo Sacha tuvo lugar a su primer pozo exploratorio llamado Sacha 1, mediante una torre de perforación helitransportable el 21 de enero de 1969, obteniendo como resultado un crudo de 30 grados API de la formación hollín, poniéndolo en producción en el año de 1972 el 6 de julio, siendo en la actualidad uno de los campos de mayor producción petrolera. (Baby et al, 2014).

En la actualidad tiene cuatro estaciones de producción llamadas Sacha Norte 1, Sacha Norte 2, Sacha Central y Sacha Sur.

1.1.2 UBICACIÓN

El campo Sacha está localizado en la provincia de Orellana, al noreste de la región amazónica, en el cantón llamado Joya de los Sachas, posee una longitud de 33 km, un ancho de 4 km al norte y de 7km al centro y sur. Este campo colinda al norte con los campos Palo Rojo, Ron, Eno y Vista. Al sur con los campos Culebra-Yulebra y el río Napo. Al este se encuentran los campos Shushufindi y Aguarico. Teniendo al oeste los campos Paraíso, Pucuna y Huachito. (Petroamazonas EP, 2017).

Ubicado entre las coordenadas latitud sur: 00° 11' 00''; 00° 24' 30'' y longitud oeste 76° 49' 40'' a 76° 54' 16''. (Centeno, 2016).

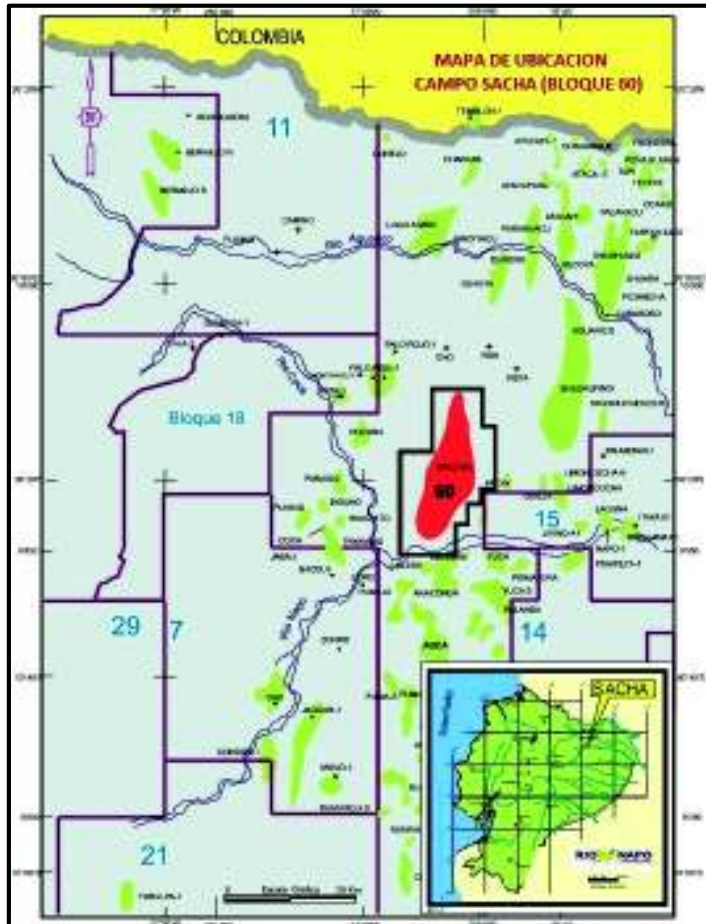
En la figura 1.1 se muestra una imagen de la ubicación del campo Sacha.

1.1.3 GEOLOGÍA GENERAL DEL ACTIVO

El campo Sacha posee en su estructura un anticlinal de dirección NNE-SSO. Está localizado en el flanco occidental correspondiente al corredor Sacha-Shushufindi. Este campo posee un área de 32167 acres, y una estructura interna llamada "Sacha

Profundo” cuyo anticlinal se pliega a depósitos paleozoicos y triásicos-jurásicos de la formación Santiago. (Baby et al, 2014).

FIGURA 1.1 UBICACIÓN DEL ACTIVO SACHA



FUENTE: PETROAMAZONAS EP.

1.2 PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS

Los principales reservorios del campo son las formaciones Hollín Superior e Inferior con un crudo de 27° y 29° API respectivamente; Napo “T” y Napo “U” con un API de 27° y Basal Tena con un API de 25°.

1.2.1 PARÁMETROS DEL CAMPO SACHA

En la tabla 1.1 se muestran algunos parámetros del Campo Sacha.

TABLA 1.1
PARÁMETROS DE RESERVORIO

DATOS RESERVORIOS				
Reservorio	Salinidades (ppmCl⁻)	Permeabilidad (mD)	Pb (Psi)	Pr (Psi)
Hi	8,000-1,550	400-1,000	76	3,900-4,200
Hs	2,500-15,000	30-60	706	2,500-3,200
Ti	15,000-21,000	100-280	1180	1,100-1,500
Ui	24,000-45,000	60-250	930	900-1,400
BT	17,000-25,000	400-900	800	700-3,000

FUENTE: PETROAMAZONAS EP.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal

1.2.2 CONDICIÓN ACTUAL DEL ACTIVO

Actualmente el campo cuenta con 234 pozos que se encuentran en producción, entre ellos se encuentra produciendo 1 pozo por bombeo mecánico (PPM), 26 pozos por bombeo hidráulico (PPH) y 207 pozos por bombeo electrosumergible (PPS). Adicionalmente el campo tiene 161 pozos cerrados, 10 pozos abandonados, 6 pozos inyectores y 10 pozos re-inyectores, con un total de 421 pozos perforados hasta el 1 de enero del 2018, como se detalla la tabla 1.2:

TABLA 1.2
CONDICIÓN ACTUAL DEL ACTIVO SACHA AL 01 DE ENERO DEL 2018

MÉTODO	NÚMERO DE POZOS	PRODUCCIÓN (BPPD)	PRODUCCIÓN (BAPD)	TOTAL (BFPD)
PPH	26	5448	4316	9767
PPS	207	61075	71245	132450
PPM	1	82	2	84
TOTAL	234	66605	75563	142301

FUENTE: PETROAMAZONAS EP.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La producción de hidrocarburos es un proceso de extracción racional de petróleo y gas natural, de manera ordenada y planificada de los yacimientos, cumpliendo con las leyes y normativas ambientales y de seguridad ya establecidas, para de esta manera obtener de forma eficiente el hidrocarburo a comercializar.

En el Ecuador la producción de petróleo ha sido el recurso más importante en la economía del país.

1.2.3 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE UN SISTEMA PETROLERO

La capacidad productiva es la cantidad de hidrocarburo que se tiene en el yacimiento, la cual mediante estudios geológicos indique que es factible y comercialmente explotable. Una vez realizados los estudios de reservas se analiza los mecanismos a utilizar para extraer hidrocarburo, los cuales pueden ser métodos naturales o artificiales. (Ramírez, 2014).

1.2.3.1 Flujo natural

La producción a flujo natural, se da en aquellos pozos en los que existe la energía suficiente para desplazar los fluidos desde el subsuelo hasta la superficie; la energía interna con la que aporta el yacimiento se da mediante los diferentes mecanismos de producción como: expansión de petróleo y gas en solución, expansión de la capa de gas, empuje hidráulico, compresibilidad de la roca y segregación gravitacional. (Centeno, 2016).

1.2.3.2 Métodos artificiales de producción

Cuando la energía que aporta el yacimiento disminuye con el tiempo, los fluidos a producir no alcanzan a llegar a superficie, en este momento se aplica un método de levantamiento artificial, el cual permite que estos fluidos lleguen a superficie.

1.3 SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL

En la etapa de producción de crudo algunos yacimientos inicialmente producen a flujo natural, pero con el pasar del tiempo, todo campo sufre variaciones de presión, por lo cual, para mantener su producción se ayudan con métodos de levantamiento artificial. El propósito de los sistemas de levantamiento artificial es minimizar los requerimientos de energía en la cara de la formación productora, con el objeto de

maximizar el diferencial de presión a través del yacimiento y provocar, de esta manera, una mayor producción de fluidos. (Ramírez, 2014).

Dentro de la historia de producción de los diferentes campos petroleros encontramos métodos de levantamiento artificial como son: bombeo mecánico, bombeo electrosumergible, bombeo hidráulico, bombeo por neumático y bombeo de cavidades progresivas.

El sistema de levantamiento artificial por bombeo electrosumergible, permite producir cualquier tasa de producción a cualquier profundidad. (Takacs, 2010).

1.3.1 CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DEL MÉTODO DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL

En la selección de los métodos de levantamiento artificial se debe considerar lo siguiente:

Cada tipo de sistema de levantamiento artificial posee rangos de operación, también ventajas y desventajas, por lo que su selección dependerá de la disponibilidad en superficie para aplicar el método, características del fluido a producir, profundidad, presión del yacimiento, índice de productividad de la formación, tasa de producción máxima que se permite para evitar problemas de producción, estudiando cada pozo de forma individual.

En la parte económica la selección del método a utilizar dependerá de la vida útil del equipo, costos de combustible, mantenimiento, tasas de inflación; elementos que pueden cambiar de un método a otro. (Ramírez, 2014).

1.4 SISTEMA DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL POR BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE

1.4.1 GENERALIDADES

El sistema de levantamiento artificial por Bombeo Electrosumergible es uno de los métodos más utilizados en la producción de crudo en los campos del oriente ecuatoriano, consiste en la extracción de crudo mediante la utilización de una energía externa al que proporciona el yacimiento, en este caso se ayuda a la

producción por medio de una bomba eléctrica que se coloca en el fondo del pozo, la cual es parte de un conjunto de componentes que ayudan a que el fluido llegue a superficie de manera eficiente, sin embargo requiere de mayor análisis, supervisión y control, para garantizar un adecuado funcionamiento del sistema.

1.4.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El sistema de levantamiento artificial por Bombeo Electrosumergible, permite la producción de fluido mediante la rotación centrífuga de la bomba electrosumergible, con la ayuda de un motor eléctrico que se encuentra ubicado dentro del pozo, este dispositivo le proporciona la potencia necesaria a la bomba para levantar el fluido; mientras que para el funcionamiento del motor la corriente eléctrica es suministrada a través del cable de potencia desde la superficie. (Melo, 2014).

1.4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE

El diseño de una instalación de bombeo electrosumergible consiste en seleccionar la bomba que cumpla con los requerimientos de la producción deseada, de asegurar el incremento de presión para levantar los fluidos desde el fondo del pozo hasta la estación de flujo y escoger el motor capaz de mantener la capacidad de levantamiento y la eficiencia de bombeo.

Los factores más relevantes que afectan el diseño de este tipo de instalación son: diámetro de la tubería de revestimiento y la tubería de producción, capacidad de afluencia del estrato productor, tipo de completación, viscosidad del fluido y temperatura. (Takacs, 2010).

1.4.4 AVANCE TECNOLÓGICO

A lo largo del tiempo, los sistemas de levantamiento artificial han ido evolucionando, por lo cual estos equipos brindan un gran beneficio tanto a las compañías operadoras como a las compañías prestadoras de servicios, permitiendo optimizar su producción de petróleo y al mismo tiempo siendo cada vez más amigable con el medio ambiente.

El mejoramiento de las bombas electrosumergibles es increíble ya que estas bombas se han diseñado según las necesidades que se ha tenido en el transcurso del tiempo, por ejemplo: para soportar las condiciones al momento de su instalación, ya que estas pueden ser adversas según las condiciones de clima en superficie, siendo más flexibles, óptimas para pozos hostiles, adaptándolos para mayores profundidades, siendo capaces en incrementar el tratamiento de producción de gas, y diseñados para ser más resistentes a los sólidos y elementos abrasivos. (Hirschfeldt & Bertomeu, 2014).

1.4.5 INNOVACIONES Y AHORRO DE ENERGÍA EN LA PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO MEDIANTE EL SISTEMA DE BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE

La empresa Novomet, después de varios años de investigaciones científicas, ha logrado manufacturar un equipo de bombeo electrosumergible con tecnología Power Save, el cual permite tener un ahorro significativo de energía y una producción de petróleo de manera eficaz y económica, sin poner en duda las condiciones operativas de la bomba electrosumergible, permitiendo reducir costos de operación. (Perelman & Gabnasyrov, 2013).

1.4.6 CAUSAS PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE CON TECNOLOGÍA POWER SAVE

Actualmente, la mayoría de diseños de producción, con levantamiento artificial por bombeo electrosumergible son antiguos, en algunos casos no se tiene el adecuado mantenimiento de los equipos, también existe la selección incorrecta de los componentes de subsuelo, incrementando de esta forma, los costos de operación. Otro problema se presenta en la selección inadecuada de la bomba, la cual consume hasta tres veces más energía. (Ramírez, 2014).

Existen varios pozos en el oriente ecuatoriano que siguen trabajando con bombas electrosumergibles en las cuales la vida útil de su equipo ya se superó.

Para la instalación del equipo con tecnología Power Save se puede utilizar partes del equipo de bombeo electrosumergible anterior, pero las partes a utilizar deben

estar en buen estado, esta estrategia permite disminuir costos al momento de la implementación del nuevo equipo. (Seczon & Sagalovskiy, 2013).

1.4.7 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE CON TECNOLOGÍA POWER SAVE

La tecnología Power Save se describe como la capacidad de producción de crudo ahorrando energía por parte del motor y la bomba que conforman el equipo de bombeo electrosumergible, el motor es un motor síncrono de imán permanente, que permite la utilización de menos etapas en la bomba electrosumergible, el cual cuenta con un sistema de ahorro de energía permitiendo minimizar costos operativos, obteniendo beneficios para la empresa operadora. (Perelman & Gabnasyrov, 2013).

CAPÍTULO 2

BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE CON TECNOLOGÍA POWER SAVE

2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El bombeo electrosumergible con tecnología Power Save, se considera un sistema de levantamiento artificial utilizado para producir volúmenes de crudo con una alta eficiencia y costo mínimo, está conformado por un motor de imán permanente síncrono y una bomba centrífuga que tiene una considerable reducción en su número de etapas, este conjunto forma esta nueva tecnología, permitiendo ser competitivo frente al sistema de bombeo electrosumergible convencional.

Los motores de imán permanente (PMM) poseen una serie de características que hacen que su aplicación sea eficiente, entre ellas está incrementar la vida útil del equipo, mejorar los indicadores de salud y seguridad. El uso de esos motores permite cambiar la velocidad de la bomba en una gama más amplia y, de este modo reaccionar a los cambios en la tasa de flujo del pozo y el nivel dinámico tan pronto como sea posible sin detener la producción, permitiendo tener un menor consumo de energía.

Para la tecnología innovadora Power Save, se han diseñado equipos fáciles de adaptar a los requerimientos de producción y completación de un pozo típico, su proceso de instalación es similar al de BES convencional y se pueden utilizar partes del equipo de bombeo electrosumergible instalado anteriormente.

La clasificación de los equipos del sistema de bombeo electrosumergible con tecnología Power Save es la misma del bombeo electrosumergible convencional, clasificándose en:

- Equipo de fondo y
- Equipo de superficie

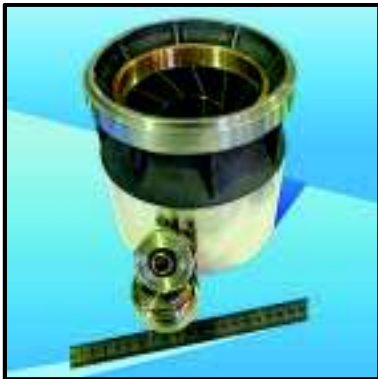
El equipo de fondo cumple con la función de levantar el fluido a superficie, mientras que el equipo de superficie se encarga de suministrar la energía eléctrica necesaria al motor y controlar su funcionamiento. A continuación se describen los equipos que conforman el bombeo electrosumergible con tecnología Power Save.

2.2 EQUIPO DE FONDO

2.2.1 BOMBA ELECTROSUMERGIBLE CON TECNOLOGÍA POWER SAVE

La bomba que se utiliza en la tecnología Power Save es una bomba centrífuga multietapas, la cual está impulsada por un motor síncrono formado por imanes permanentes que proporciona un movimiento de rotación, se conforma de un impulsor, un conjunto rotativo de paletas y el difusor, la parte estacionaria contiene los cojinetes y los sellos requeridos para el funcionamiento adecuado. En la figura 2.1 se muestra una etapa de la bomba centrífuga con tecnología Power Save.

FIGURA 2.1 BOMBA POWER SAVE



FUENTE: Manual, Compañía Novomet.

En la actualidad, los diseños de las etapas de la bomba están fabricados mediante la pulvimetalurgia, como se indica en la figura 2.2, que consiste en el mezclado de algunos polvos metálicos como el acero, cobre, hierro, grafito y diferentes carburos y óxidos metálicos, luego se procede a prensar las piezas, para posteriormente ensamblar el difusor y el impulsor en una sola pieza, luego pasa por un tratamiento térmico con implementación en aleación de cobre y finalmente se realiza un proceso de acabado a la pieza. (Ramírez, 2014).

FIGURA 2.2 PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA BOMBA



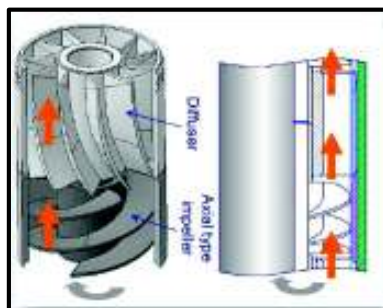
FUENTE: Manual, Compañía Novomet.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

Las ventajas de realizar este proceso son:

- Mayor duración, excelente balanceo y menor vibración
- Mayor rendimiento
- Menor generación de temperatura operativa, disminuye la formación de carbonatos.
- Resistente a la abrasión
- Mediante este proceso se pueden fabricar etapas de bombas para bajos caudales y diámetros de bomba reducidos.

Cuando existe presencia de gas en el pozo se puede utilizar una bomba multifásica para manejo de gas, en la actualidad se fabrican varios modelos como se muestra en la figura 2.3.

FIGURA 2.3 BOMBA MULTIFÁSICA



FUENTE: Manual, Compañía Novomet

En la figura 2.4 se muestran los diferentes tipos de bombas que ofrece la compañía Novomet, de acuerdo a cada serie, se muestra la capacidad de producción en barriles por día y las revoluciones por minuto a las que trabaja.

FIGURA 2.4 CATÁLOGO DE BOMBAS CON TECNOLOGÍA POWER SAVE

«POWER SAVE» PUMP SUMMARY (272 – 677 SERIES)																					
ESP series	Pump OD, inch	Capacity, Bpd @ rpm																			
A (272)	2.72	Stage	NAV(190-380)H				NAV(440-630)H				NA(630-1300)H										
		Capacity	190	250	310	380	440	500	630	790	1000	1130	1260								
		rpm	2910	3880	4850	5820	4070	4660	5820	3640	4660	5240	5820								
B (319)	3.19	Stage	NBV(250-500)H				NB(630-1000)H				NB (1100-1800)										
		Capacity	250	310	380	500	630	790	1000	1130	1260	1570	1760								
		rpm	2850	3550	4300	5700	3230	4040	5170	3740	4160	5200	5820								
F (362)	3.62	Stage	NF(130-250)H				NF(310-630)H				NF(900-1300)H				NF(1300-2000)H		NF(2000-3100)H				
		Capacity	130	160	190	220	310	380	500	630	880	1000	1130	1260	1380	1300	1570	2000	2000	2500	3100
		rpm	2910	3640	4370	5100	2910	3490	4660	5820	2910	3330	3740	4160	4570	2910	3470	4430	2910	3640	4550
H (406)	4.06	Stage	NH(1000-1600)H				NH(1600-2300)H				NHV(790-1000)H				NH(2500-3100)H		NH(2500-3800)H		NH(4400-5000)H		
		Capacity	1000	1130	1260	1400	1600	1420	1570	1760	2500	630	790	880	1000	2500	3100	2500	3800	4400	5000
		rpm	2910	3280	3640	4100	4550	2910	3620	4140	5170	2910	3640	4070	4660	3640	4550	2910	4370	4080	4660
P (535)	5.35	Stage	NP(1900-2500)H				NP(3100-4400)H				NP(4700-6300)H				NP(7900-10100)H		NP(11300-15100)H				
		Capacity	1900	2000	2300	2500	3100	3800	4400	4700	5000	5700	6300	7900	10100	11300	12600	13800	15100		
		rpm	2910	3110	3500	3880	2910	3500	4080	2910	3110	3500	3880	3640	4660	3270	3640	4000	4370		
R (677)	6.77	Stage												NR(10000-11300)H		NR(12600-15700)H			NR(15700-19000)H		
		Capacity												10000	11300	12600	13800	15700	15700	19000	
		rpm												2910	3280	2910	3200	3640	2910	3500	
powder-based stages											cast stages										

FUENTE: Manual, Compañía Novomet

2.2.2 MOTOR DE IMÁN PERMANENTE

El motor para este equipo es un motor síncrono, el deslizamiento en el rotor es cero y tiene imanes permanentes (en lugar de una bobina de cobre) fabricados a partir de aleaciones de samario y cobalto, forzando a obtener un alto nivel de inducción magnética, soportando altas temperaturas, este motor es conocido como motor de imán permanente o PMM (Permanent Magnet Motor) por sus siglas en inglés.

(Refaie et al, 2013).

Se llaman motores síncronos debido a que la velocidad del rotor y la velocidad del campo magnético del estator son iguales, porque trabajan a velocidad constante y en operación consume potencia reactiva y mejora el factor de potencia.

(Valenzuela, 2013).

A continuación se puede observar en la figura 2.5 un motor de la fábrica Novomet.

FIGURA 2.5 MOTOR DE IMÁN PERMANENTE

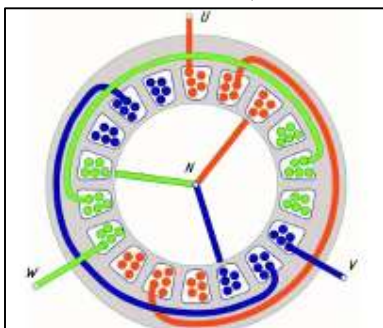
FUENTE: Novomet-Artificial Lift, ESP pumps.

2.2.2.1 Principio de funcionamiento

El funcionamiento del motor se basa en la interacción electromagnética entre dos campos magnéticos: estator y rotor. El estator de campo magnético giratorio es creado por el sistema de corriente alterna de tres fases. En caso de PMM el devanado del rotor tiene su propio campo magnético permanente creado por la naturaleza de los imanes permanentes. Por lo que no se tiene energía adicional consumida en la generación de la corriente de inducción en el interior del rotor, y sin pérdidas de energía en el cobre del rotor, por lo tanto existe una interacción entre los campos magnéticos del rotor y estator creando un par electromagnético que hace girar el rotor. (Refaie et al, 2013).

2.2.2.2 Estator

El motor consta de un estator con un sistema trifásico de corriente alterna, que genera un campo magnético giratorio y un rotor con imanes permanentes en la cabeza y la base. Las devanados U, V, W se encuentran en ciento veinte grados entre sí. (Refaie et al, 2013). Como se observa en la figura 2.6.

FIGURA 2.6 ESQUEMA DE UN MOTOR DE IMÁN PERMANENTE

FUENTE: Permanent Magnet Motor application for ESP Artificial Lift, Society of Petroleum Engineers, 2013.

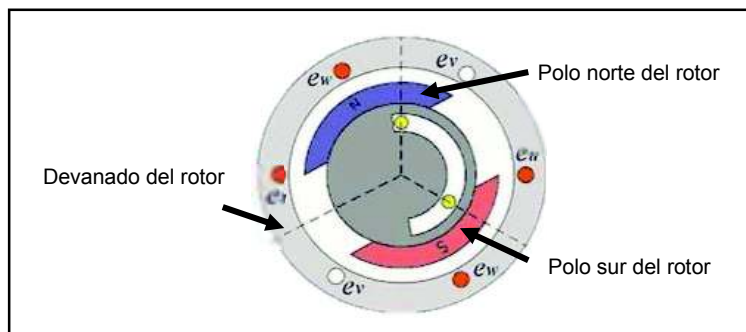
El núcleo del estator está formado por placas de acero eléctrico, el devanado o bobinado del estator está hecho de alambre de cobre, ambos con recubrimiento resistente al calor. El devanado del estator tiene un terminal de punto cero o neutral para los parámetros de control del sistema de bombeo electrosumergible.

El estator que se utiliza en el motor síncrono de imanes permanentes tiene el mismo diseño que un estator del motor asíncrono, pero posee un sensor de temperatura que se encuentra dentro de las ranuras del devanado, permitiendo medir la temperatura del motor con mayor precisión. (Refaie et al, 2013).

2.2.2.3 Rotor

A diferencia del rotor de un motor asíncrono convencional, el rotor del PMM no tiene el diseño de "jaula de ardilla", ya que ni siquiera tiene una bobina de cobre en absoluto. El devanado del rotor, tiene imanes permanentes, por su diseño no existe pérdidas de energía, los imanes están colocados en ranuras apareadas donde los polos norte y sur crean flujo magnético que interactúa con el devanado del estator del campo como en la figura 2.7 asegurando la circulación de aceite en el eje del motor. (Refaie et al, 2013).

FIGURA 2.7 PARTES DEL ROTOR DE IMÁN PERMANENTE



FUENTE: Permanent Magnet Motor application for ESP Artificial Lift, Society of Petroleum Engineers, 2013.

Los motores de imán permanente tienen una precisión de despeje electromagnética mínima que influye positivamente en la eficiencia. El rotor no contiene polos magnéticos blandos, por lo tanto, los cojinetes intermedios entre los rotores están sometidos a cargas menores, teniendo fuerzas de atracción del imán de un solo

lado, suministrando a los PMM mayor tiempo de vida. (Seczon & Sagalovskiy, 2013).

El rotor de imán puede funcionar sin pérdida significativa de la fuerza magnética a temperaturas de hasta 350° C. (Seczon & Sagalovskiy, 2013).

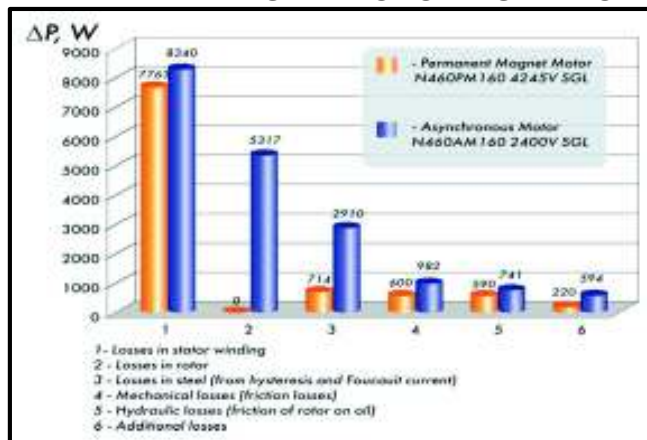
2.2.2.4 Pérdidas de energía

A diferencia del motor asíncrono, en el motor de imán permanente, en el devanado del motor, no hay pérdidas de energía, debido a que están compuestos también por imanes permanentes, en relación a otras pérdidas de energía como por ejemplo causadas por el devanado del estator se puede decir que son más bajas, debido a que el motor posee menor longitud del estator, este motor también está equipado por un tipo de cojinete especial que reduce pérdidas mecánicas.

(Refaie et al, 2013).

En la figura 2.8 se puede observar las pérdidas de energía de un motor asíncrono y un motor de imán permanente.

FIGURA 2.8 DIAGRAMA DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA DEL MOTOR DE IMÁN PERMANENTE VS EL MOTOR ASÍNCRONO



FUENTE: Permanent Magnet Motor application for ESP Artificial Lift, Society of Petroleum Engineers, 2013.

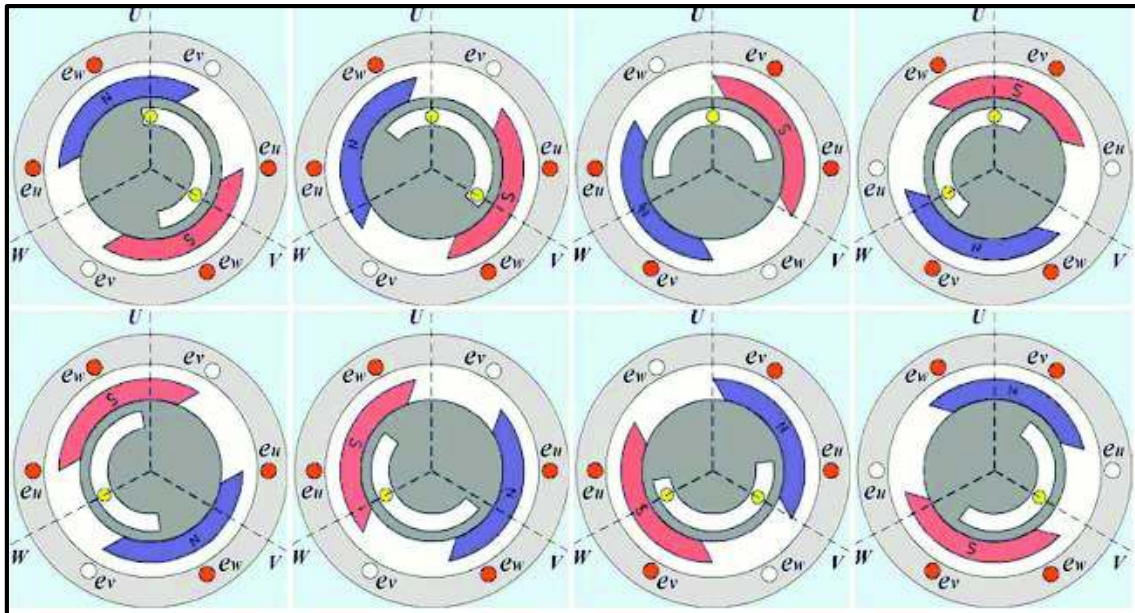
2.2.2.5 Mecanismo de control del motor

El funcionamiento se da cuando los polos norte y sur del campo del rotor del PMM interactúan con los polos norte y sur del devanado de campo del estator. Cuando

se alcanza los polos del estator cambia de la fuente de alimentación a la siguiente fase, para asegurar la rotación del rotor, tal como se desplazarán los polos norte y sur del campo del estator. Debido a la fase de apagado, el sensor de posición del rotor (VSD) determina la posición del rotor polos Norte y Sur y envía una señal cuando es necesario para cambiar a la fase próxima. Los puntos amarillos de la figura 2.9 muestran el funcionamiento de la posición del sensor del rotor.

(Refaie et al, 2013).

FIGURA 2.9 MECANISMO DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR PMM



FUENTE: Permanent Magnet Motor application for ESP Artificial Lift, Society of Petroleum Engineers, 2013.

El sistema de control de motor de imán permanente contiene interruptores eléctricos, que son componentes del variador de velocidad (VSD), este equipo permite controlar la velocidad giratoria mediante el ajuste de la frecuencia de la alimentación al motor para obtener operaciones más ligeras. También se puede controlar la aceleración del mismo y en efecto es más eficiente ya que se puede regular el caudal de producción deseado controlando la velocidad del motor.

Para este tipo de motor su velocidad es determinada mediante la siguiente ecuación:

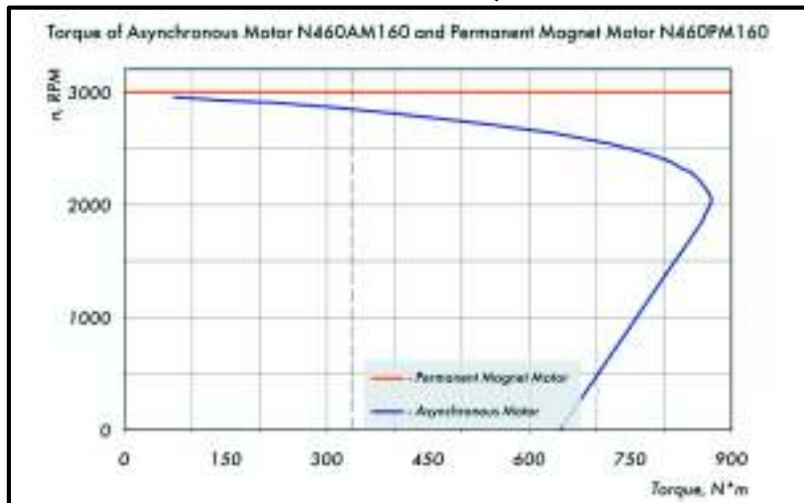
$$N_s = \frac{120 \times f}{P} [r.p.m]; \quad (2.1)$$

Donde N_s es la velocidad síncrona expresada en revoluciones por minuto, f es la frecuencia de alimentación en Hz y P el número de polos, determinando que la velocidad y la frecuencia son directamente proporcionales. (Refaie et al, 2013).

2.2.2.6 Torque del motor

Existe un torque estable en el amplio rango de funcionamiento que se produce debido a la regulación mediante el control del sistema de voltaje (r.p.m.), se puede observar en la figura 2.10 que muestra el torque de un motor asíncrono y un motor de imán permanente.

FIGURA 2.10 CURVAS DE TORQUE DEL MOTOR PMM VS AM



FUENTE: Manual, Compañía Novomet.

2.2.2.7 Rendimiento del motor

La conversión que realiza el motor de energía eléctrica a energía mecánica hace que el motor sea mucho más eficiente, produciendo un mayor ahorro de energía mediante el uso del variador de frecuencia, por lo cual operan con alta eficiencia ya que poseen un alto rango de velocidad.

2.2.3 PROTECTOR O SELLO EN TÁNDEM

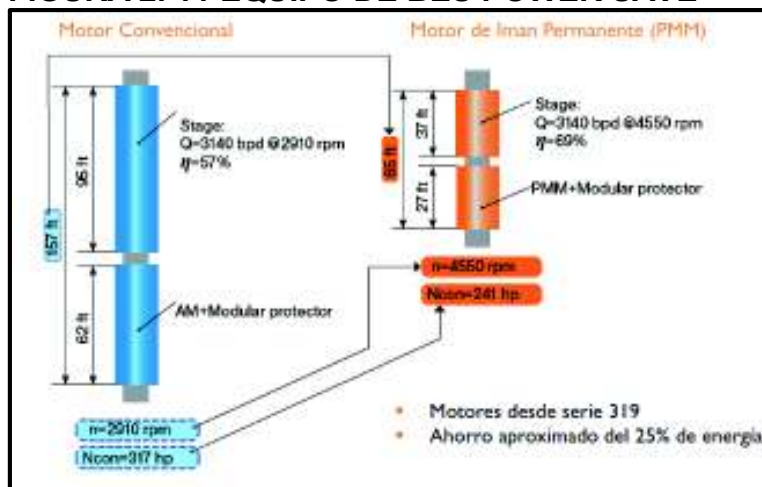
El protector es un elemento que realiza algunas funciones como: transferir el esfuerzo de torsión (torque) del motor a la bomba, previene que los fluidos del

reservorio entren al motor también compensa la expansión y contracción térmica del aceite del motor cuando está en funcionamiento o está apagado.

(Refaie et al, 2013).

Este trabaja en conjunto con el motor, que resultan complementarios, es decir colaboran entre sí para formar un equipo más eficiente y de menor longitud como el que se muestra en la figura 2.11.

FIGURA 2. 11 EQUIPO DE BES POWER SAVE



FUENTE: Manual, Compañía Novomet.

En la tabla 2.1 se describen las características de comparación de la figura anterior.

**TABLA 2.1
PARÁMETROS DE COMPARACIÓN DE LOS MOTORES PMM Y AM**

PARÁMETROS	DISEÑO CONVENCIONAL	DISEÑO CON POWER SAVE
Caudal, bl/día	3145	3145
Gravedad específica	0.85	0.85
Potencia del motor, HP	128.6	105.2
Eficiencia del motor + protector (η_1), %	84.1	93
Pérdida de potencia en el motor y protector, HP	20.4	7.4
Potencia en el eje, HP	108.2	97.8
Eficiencia general de la bomba (η_2), %	70	70
Velocidad de rotación, r.p.m.	2910	4550

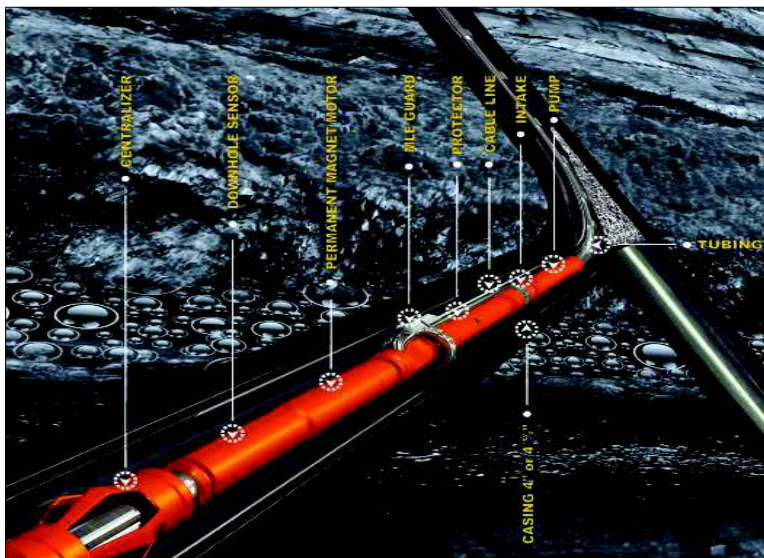
FUENTE: Manual, Compañía Novomet.

2.2.3.1 Cubierta de refrigeración especial

Hace la función de protector de redundancia y permite la disminución del flujo del área de la sección transversal, aumentando la velocidad del mismo, y por ende eliminando el calor generado manteniendo el motor frío. También puede actuar como centralizador y protector del motor, sin aumentar la longitud del equipo.

Para el manejo de fluidos con alta viscosidad y pozos desviados se incluyen elementos que son parte del bombeo electrosumergible convencional, pero que hoy en día han tenido un avance tecnológico con la finalidad de obtener un equipo de bombeo electrosumergible de alta calidad, como se muestra en la figura 2.12.

FIGURA 2.12 ESQUEMA DE SIDE TRACK CON UN PMM



FUENTE: Manual, Compañía Novomet.

2.2.4 CENTRALIZADOR

Se utiliza para centrar el equipo de bombeo electrosumergible en pozos desviados o ligeramente desviados, evitando daños del cable de potencia y de la unidad de bombeo con tubería de revestimiento, un centralizador típico se muestra a continuación en la figura 2.13.

FIGURA 2.13 CENTRALIZADOR



FUENTE: Novomet-Artificial Lift, ESP pumps.

2.2.5 SENSOR DE FONDO

Permite obtener un mejor control y análisis del rendimiento absoluto del pozo, del reservorio y del equipo de bombeo, ya que se puede obtener datos precisos del mismo, a través de la transmisión real de datos mediante una señal que es enviada por el cable del motor a superficie donde es posible visualizar, controlar y registrar parámetros como: presiones y temperaturas de entrada, presión y temperatura de descarga, presión y temperatura del fondo del pozo, vibración axial y radial del motor, vibración axial y radial de la bomba, descarga de fluido y presión del espacio anular y de cabeza del pozo. Permitiendo producir el reservorio en condiciones óptimas. Un sensor de fondo se muestra en la figura 2.14.

FIGURA 2.14 SENSOR DE FONDO

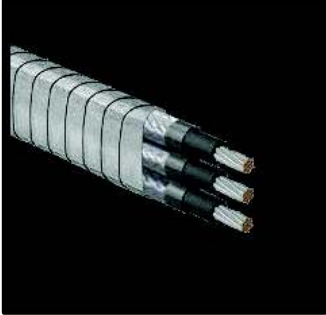


FUENTE: Novomet-Artificial Lift, ESP pumps.

2.2.6 MLE (MOTOR LEAD EXTENSION)

Es un cable de extensión que conecta el cable de potencia que viene de superficie al motor de fondo, mediante un conector especial que tiene en su extremo, este cable es plano, como el de la figura 2.15, facilitando la conexión eléctrica de los equipos de superficie con el equipo de fondo.

FIGURA 2.15 CABLE DE EXTENSIÓN DEL MOTOR



FUENTE: Novomet-Artificial Lift, ESP pumps.

2.2.7 INTAKE

Este elemento nos permite el ingreso de los fluidos del pozo a la bomba, de manera que los desplace a superficie. Dependiendo de las características del fluido, puede tener una alta relación gas-petroleo, para controlar y evitar que el gas ingrese a la bomba se debe instalar un separador de gas.

2.2.8 SEPARADOR DE GAS

El separador de gas permite el ingreso de fluidos, siendo la puerta de acceso a la bomba. Se instala antes de la bomba con la finalidad de eliminar la mayor cantidad de gas en solución que está en el fluido, enviándolo por el espacio anular, recuperando la eficiencia y potencia de la bomba debido a la reducción significativa de gas, actualmente se han desarrollado varios diseños que son resistentes a la abrasión por la alta cantidad de sólidos en el fluido.

2.3 EQUIPO DE SUPERFICIE

2.3.1 CABEZAL DEL POZO

El cabezal del pozo es utilizado en bombeo electrosumergible especialmente para que pueda soportar el peso del equipo de fondo y controlar los fluidos del pozo, debe ser tipo hidrante o empaque cerrado. Existen cabezales tipo Hércules que son los más comunes, permiten rangos de presión mucho más altos, el cable de

potencia es introducido directamente a través del cabezal y tipo roscado que son utilizados en operaciones offshore.

2.3.2 CAJA DE UNIÓN O DE VENTEO

Como su nombre lo indica es un caja en la cual se conecta el cable de potencia del motor con el cable de superficie, se usa también como caja de venteo, expulsando el gas que viaja a través del cable a la atmosfera, usado como factor de seguridad evitando explosiones y actúa como un punto para examinar eléctricamente el equipo de fondo.

2.3.3 TRANSFORMADOR

Es un dispositivo eléctrico, que permite aumentar o disminuir la tensión de una corriente eléctrica (voltaje) de una línea primaria, a una tensión que requiera el variador de frecuencia o tablero de control.

2.4 USO DEL EQUIPO EN CONDICIONES ESPECIALES

2.4.1 LÍQUIDOS VISCOSOS

El equipo de la tecnología Power Save permite manejar fluidos viscosos, utilizando una bomba de alta eficiencia con una geometría particular en sus etapas vórtice, operando a caudales bajos y medios mediante el uso del variador de frecuencia que controla la velocidad de flujo, manejando fluidos con una viscosidad de 1 a 400 cp.

2.4.2 POZOS CON GAS

En estos casos la eficiencia del equipo de levantamiento no es afectada, debido a que existen configuraciones del equipo que permiten el adecuado manejo, como son los separadores de gas y la bomba centrífuga multifase, por lo que se puede determinar que es apto para pozos con gas, cambiando a estas configuraciones y mejorando el sistema de bombeo; ver figura 2.16.

FIGURA 2.16 ETAPA TIPO VÓRTICE DE UNA BOMBA ELECTROSUMERGIBLE



FUENTE: Manual, Compañía Novomet.

2.4.3 PRODUCCIÓN DE SÓLIDOS ABRASIVOS

La bomba centrífuga está fabricada mediante el proceso de pulvimetalurgia, la cual posee componentes o materiales que son resistentes a la abrasión.

2.4.4 ALTAS TEMPERATURAS

El motor de imán permanente esta encapsulado en epoxy para aplicaciones de alta temperatura, como se muestra en la figura 2.17.

FIGURA 2.17 ENCAPSULADO DEL EPOXY DE UN PMM



FUENTE: Manual, Compañía Novomet.

2.4.5 OPERACIÓN DE FRECUENCIA VARIABLE

2.4.5.1 Variador de frecuencia

Es un controlador con un alto rango de frecuencia, que admite modificar la velocidad de la bomba, cambiando la frecuencia de velocidad de rotación del motor, permite ajustar la productividad del pozo, la altura de la columna dinámica o ambas

variando la velocidad. Es compatible con el motor de imán permanente, accediendo a un control adecuado del sistema de bombeo electrosumergible.

2.4.5.2 Beneficios de usar variadores de frecuencia

La principal ventaja es que permite la flexibilidad de control de bombeo, pero se puede obtener otros beneficios como:

- Aumento en la productividad de pozos que tienen la tubería de producción con diámetros pequeños aumentando la velocidad de frecuencia.
- Provee alta eficiencia en las bombas incluso a velocidades bajas para producir bajos caudales.
- Incremento de la vida útil del equipo de fondo.
- Permite un arranque suave prolongando la vida operativa del motor.
- Controla la velocidad automáticamente.
- Eliminación de accesorios como transitorios de línea y estranguladores en superficie.
- Dependiendo de la aplicación el VSD también puede ayudar a disminuir el tamaño de la unidad de fondo y maximizar la producción.

2.5 APLICACIONES DEL EQUIPO

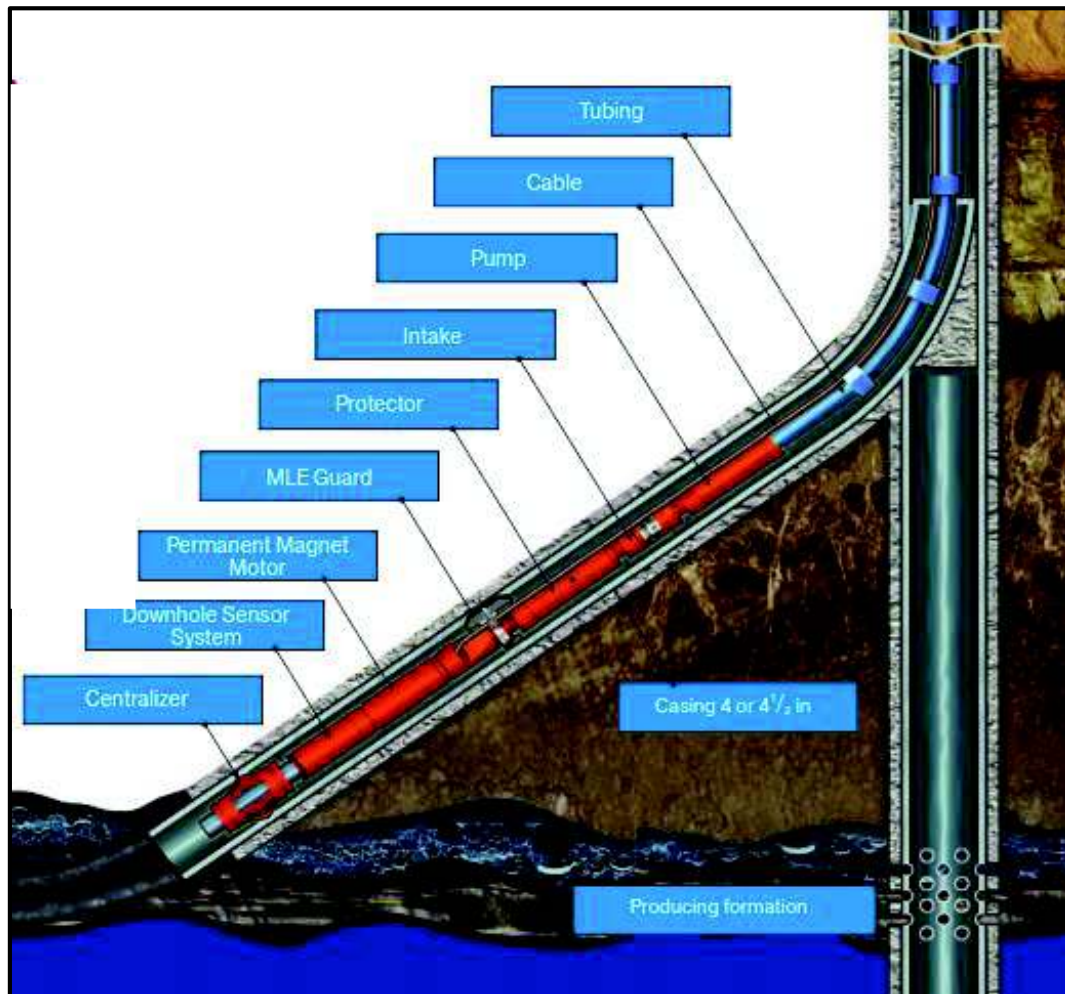
2.5.1 SIDE TRACK

El equipo de bombeo electrosumergible convencional no es apto actualmente para bombeo en pozos desviados ya que su eficiencia del motor es muy baja comparada con la del motor con imán permanente, ya que su eficiencia es de 88,6% con un diámetro externo de 3,19 pulgadas con una frecuencia de rotación de 2850-6000 revoluciones por minuto y un rango de operación de 250-1000 barriles de petróleo por día con una carga máxima de 11400 pies de cabeza.

2.5.2 SISTEMAS DE BES CON SLIM-LINE

El tamaño del motor está diseñado para el funcionamiento en pozos de 4 pulgadas de diámetro en la tubería de revestimiento, el diámetro del equipo incluyendo el cable es de 3,75 pulgadas, la compañía rusa Novomet es aquella que fabrica estos equipos hasta con un diámetro aún más pequeño, en una aplicación para bajos caudales, como el de la figura 2.18.

FIGURA 2.18 DISEÑO BES DE SLIM-LINE CON PMM



FUENTE: Manual, Compañía Novomet.

2.5.3 ALTERNATIVAS DE INSTALACIÓN

El proceso de instalación del equipo de bombeo electrosurgente con tecnología Power Save que incluye un motor de imán permanente y una bomba de ahorro de energía, es similar al de un sistema convencional de bombeo, también se puede

usar partes del equipo de BES convencional que estén en buen estado y dentro del rango de la vida operativa. Para que el equipo sea eficiente se debe tener en superficie un variador de frecuencia para obtener el mejor rendimiento del equipo.

2.6 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA BES

2.6.1 INFORMACIÓN REQUERIDA

- Datos del pozo y Yacimiento
 - Tipo de pozo (vertical, direccional u horizontal).
 - Especificaciones de la tubería de revestimiento.
 - Especificaciones de la tubería de producción.
 - Profundidad del pozo.
 - Comportamiento del yacimiento (IPR).
 - Temperatura de fondo (BHT).
 - Gradiente geotérmico.

- Datos de producción
 - Presión de cabeza.
 - Presiones del separador.
 - Especificaciones línea de flujo.
 - Tasa de producción deseada.

- Características de los fluidos y propiedades PVT
 - Gravedad específica del petróleo.
 - Gravedad específica del gas.
 - Gravedad específica del agua.

- Factores volumétricos para cada fase, presión de burbuja, viscosidad del petróleo, GOR (Pueden ser determinadas usando correlaciones).
- BSW de producción (Corte de agua).

- Datos de energía eléctrica
 - Voltaje primario disponible
 - Frecuencia

2.6.2 PROCEDIMIENTO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA BOMBA

- Recopilar la información requerida para la implementación del sistema.
- Determinar la productividad del pozo.
- Calcular la altura dinámica total
- Seleccionar el tipo de bomba.
- Determinar el tamaño óptimo de la bomba, motor y sección sellante.
- Escoger el tipo y medida del cable de potencia.
- Seleccionar la frecuencia de operación de la bomba electrosumergible.

2.7 VENTAJAS DEL EQUIPO

- El motor de imán permanente:
 - Tiene una eficiencia del 90 al 94%, frente a los motores convencionales que tienen una eficiencia del 86%, son de menor tamaño y peso, permite el control de velocidad variable de 0 hasta 6000 revoluciones por minuto.
 - Factor de potencia cercano a uno.
 - Baja generación de calor, mínima velocidad del fluido de enfriamiento 0,05ft/s, porque no existe fricción entre el rotor de imán y el devanado del motor, ya que posee imanes permanentes.
 - Mediante el epoxy volumétrico encapsulado permite que el motor sea totalmente impermeable y resistente a altas temperaturas de hasta 350°C.

- Alta confiabilidad.
- Bomba de ahorro de energía:
 - Permite un mayor rendimiento y menos pérdidas hidráulicas debido al proceso de fabricación de las etapas que son hechas con más suavidad hidrodinámica.
 - Aumento de la eficiencia de las etapas de la bomba hasta un 70%.
 - Ahorro de energía por la disminución de etapas en la bomba, proporcionando mayor elevación del fluido, mediante el aumento de velocidad en el motor.
 - Los beneficios a implementar este equipo son:
 - Optimización y reducción del tamaño y peso del equipo de fondo de bombeo electrosumergible, longitud más corta, tiempo de instalación más rápido.
 - Alta confiabilidad en el funcionamiento.
 - Más estabilidad del sistema y menos vibración.
 - La corriente de funcionamiento reducida, reduce las pérdidas de calor en la línea del cable, y las pérdidas en el panel de control y el transformador.
 - Reducción del consumo de energía de un 25 a 30%, disminuyendo costos de producción, debido a:
 - Uso de corriente eléctrica de 16 amperios frente a la utilización del sistema convencional de 19 amperios.
 - Reducción del 10% del consumo de diésel o gas para los generadores o turbinas eléctricas.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO

3.1 ANÁLISIS TÉCNICO

El análisis técnico del presente proyecto se realiza seleccionando los pozos que tienen implementada las bombas electrosumergibles con la tecnología Power Save, y mediante el respectivo estudio se podrá detallar las características que tiene cada pozo permitiendo comparar su eficiencia de trabajo con otras bombas electrosumergibles, mostrando al final que ventajas presenta esta nueva tecnología con el propósito de ver si es factible aplicar en otros pozos.

3.1.1 CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS

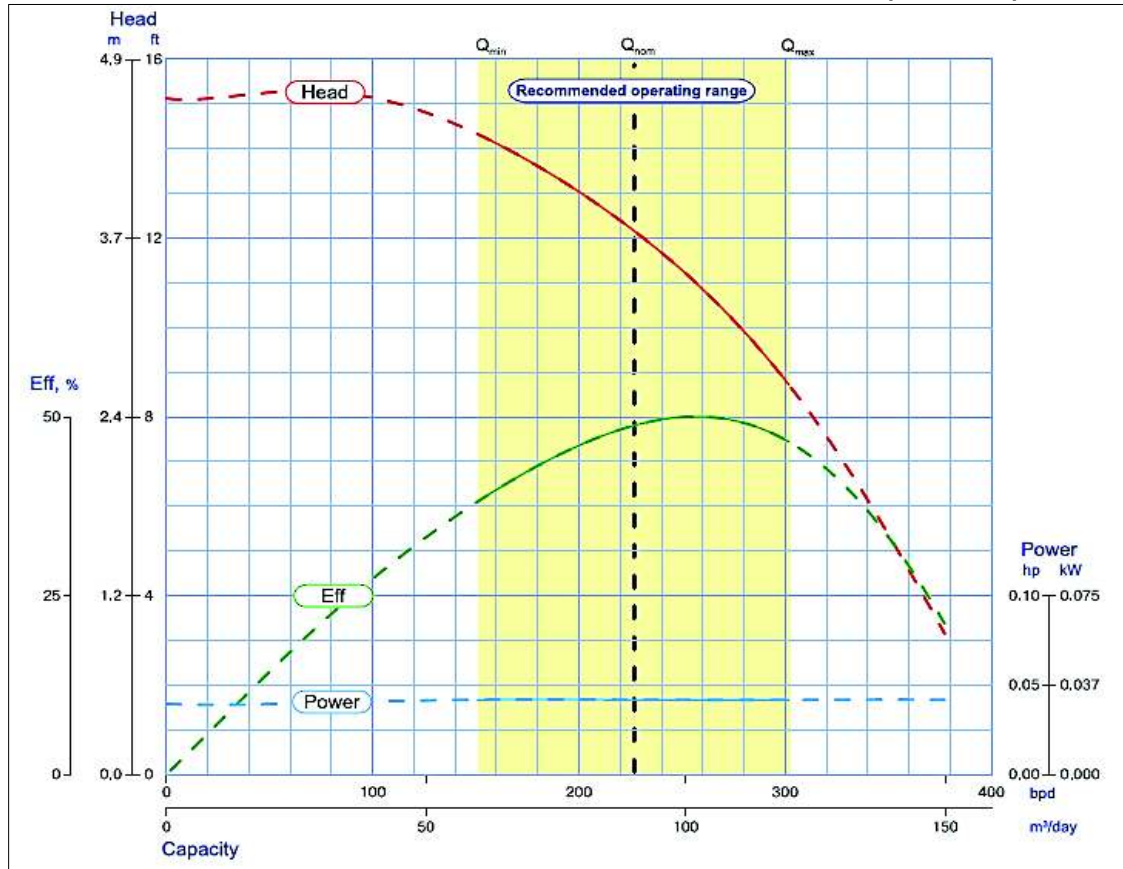
Para el análisis correspondiente se necesita de un conjunto de información detallada para lo cual, se realiza un estudio del campo, con la finalidad de clasificar pozos que se encuentran en producción, pozos cerrados y pozos abandonados; se selecciona aquellos que tengan ya implementado el equipo de bombeo electrosumergible con tecnología Power Save, tomando en cuenta también la disponibilidad de los datos, que permita realizar un estudio confiable y seguro.

3.1.2 CURVAS DE COMPORTAMIENTO DE LAS BOMBAS ELECTROSUMERGIBLES

Las curvas de comportamiento de las bombas electrosumergibles permiten conocer las características de funcionamiento de la bomba, como se muestra en la figura 3.1.

Representan la variación de altura dinámica, la potencia y eficiencia versus la capacidad de producción que es capaz de desarrollar una etapa de la bomba. Se presentan gráficas para 60Hz o 50 Hz, utilizando como fluido de prueba agua dulce de gravedad específica 1.0.

FIGURA 3.1 CURVA DE COMPORTAMIENTO BOMBA NAV(190-380)H



FUENTE: Manual, Compañía Novomet.

En la gráfica de comportamiento se puede identificar las siguientes curvas:

3.1.2.1 Curva de altura dinámica (Head Capacity)

Esta curva indica la altura de fluido que puede levantar cada etapa de la bomba electrosumergible, en función de la tasa de producción que maneja.

3.1.2.2 Curva de potencia al freno (Brake Horse Power BHP)

Indica que potencia requiere cada etapa de la bomba en función de la capacidad de producción para levantar el fluido.

3.1.2.3 Curva de eficiencia

Esta curva indica la variación de la eficiencia de la bomba electrosumergible para una determinada tasa.

3.1.2.4 Zonas de la curva de rendimiento de la bomba electrosumergible

En la curva de rendimiento de la una bomba electrosumergible se puede determinar tres zonas que son:

- Zona de empuje descendente o DOWNTHRUST
- Zona de rango operativo
- Zona de empuje ascendente o UPTHRUST

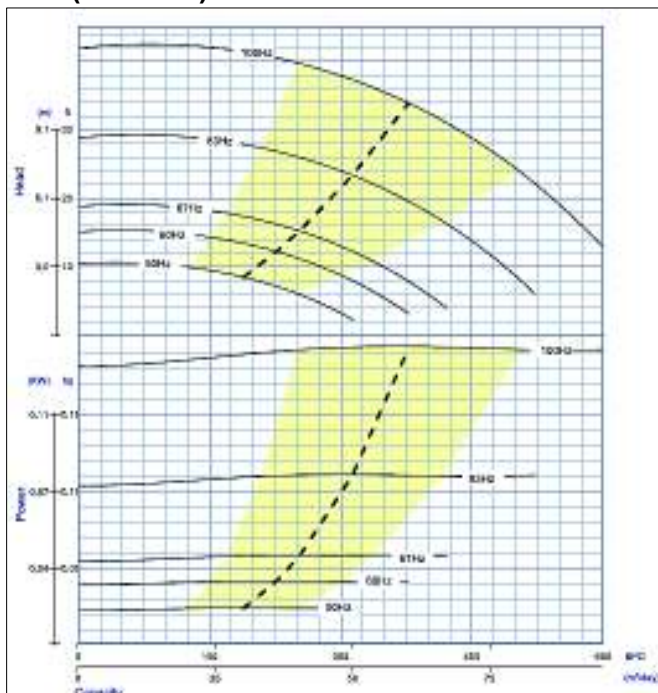
En las zonas de empuje ascendente o descendente la bomba electrosumergible puede sufrir desgaste reduciendo la vida útil de la misma, operando a una tasa de flujo mayor o menor respectivamente.

En la figura 3. 1 se muestra el rango operativo de color amarillo.

3.1.3 CURVA A DIFERENTES FRECUENCIAS DE LAS BOMBAS ELECTROSUMERGIBLES

Es la curva de rendimiento de la bomba presentada para frecuencias variables, y que muestra de igual forma la capacidad de producción que se puede extraer del pozo, un ejemplo de esta curva se observa en la figura 3.2.

FIGURA 3.2 CURVA PARA DIFERENTES FRECUENCIAS DE LA BOMBA NAV(190-380)H

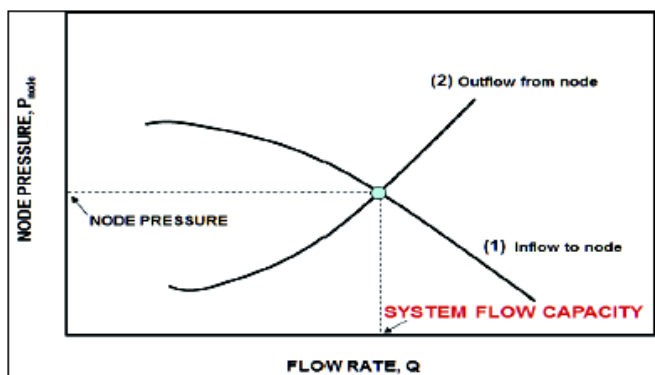


FUENTE: Manual, Compañía Novomet.

3.1.4 ANÁLISIS NODAL

Es el estudio que se realiza a un sistema de producción en conjunto, permite determinar el comportamiento actual y futuro de un pozo productor de hidrocarburos, definiendo la capacidad de producción de un pozo. Este análisis permite establecer curvas de oferta de energía del yacimiento (Inflow) y curva capacidad de descarga (Outflow), como se observa en la figura 3.3.

FIGURA 3.3 CURVA DE OFERTA Y DEMANDA DE UN POZO



FUENTE: ESO OIL Engineering Consultant, 2008.

3.1.5 ESTADO DE LOS POZOS DEL CAMPO SACHA

En la tabla 3.1 se detalla el estado de los pozos del campo Sacha.

**TABLA 3.1
ESTADO DE LOS POZOS DEL ACTIVO SACHA AL 31 ENERO DEL 2018**

ESTADO DE LOS POZOS CAMPO SACHA	NÚMERO DE POZOS
Produciendo	234
Cerrados	164
Abandonados	10
Inyectores	6
Reinyectores	10
TOTAL	424

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

3.1.6 SELECCIÓN DE POZOS

Para este estudio se realizó una recopilación de información de todos los pozos que utilizan bombas de la empresa Novomet, después se eligieron aquellos que utilizan la tecnología Power Save, luego se verificó que pozos poseen información completa y actualizada para la elaboración del análisis. En la tabla 3.2 se pueden visualizar los pozos escogidos.

**TABLA 3.2
POZOS SELECCIONADOS PARA EL ANÁLISIS.**

NOMBRE DEL POZO	TIPO DE BOMBA	ARENA PRODUCTORA
Sacha-11	NH(1600-2300)H	Hollín Inferior
Sacha-127	NHV(790-1000)H	Hollín Superior
Sacha-192	NHV(790-1000)H	U Inferior
Sacha-232D	NFV(130-250)H	T Inferior
Sacha-251D	NH(1600-2300)H	Hollín Inferior
Sacha-385D	NFV(130-250)H	T Inferior
Sacha-441D	NHV(790-1000)H	Hollín Superior
Sacha-457D	NF(1300-2000)H	Hollín superior

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

El objetivo de este estudio es analizar las condiciones de trabajo del sistema BES con tecnología Power Save, mediante la curva IPR (inflow performance relationship), curva de capacidad de descarga (Outflow), puntos de operación del sistema, el estudio realizado es en base a historiales de producción, diagramas de completación, reportes de producción de las bombas electrosumergibles y surveys actualizados. En el anexo 1 se presentan los diagramas de completación de los pozos y en el anexo 2 los surveys correspondientes.

3.1.7 POZO SACHA 11

El pozo Sacha 11, se encuentra en la estación Sacha Norte 1, es un pozo vertical que produce de la arena Hollín inferior, los datos del pozo, producción y características del fluido se presentan en la tabla 3.3.

TABLA 3.3
DATOS POZO SACHA 11

POZO SACHA 11, Arena Hi		
Pr	4100	Psi
IP	3.41	(bl/d/psi)
BSW	90	%
GOR	24	PCS/BF
API	28.1	°
Pb	78	Psi
Pc	60	Psi
Q	1442	BFPD
Ty	225	°F

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

Este pozo produce 1442 BFPD con un BSW de 90%, al 31 de enero del 2018, con una bomba Novomet de tipo Power Save modelo NH(1600-2300)H, serie 406.

Las características de la bomba, motor y datos de operación para el pozo Sacha 11 se presentan en la tabla 3.4.

TABLA 3.4
PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LA BOMBA NH(1600-2300)H DEL POZO SACHA 11

BOMBA			DATOS DE PLACA MOTOR				DATOS OPERACIÓN	
Carcasas	Etapas totales	Modelo	Cant.	HP	Volt.	Amp.	HZ	AMP
2	86	NH(1600-2300)H	1	310	3760	42	52	12

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La bomba NH(1600-2300)H fue instalada el 28 de marzo del 2016, operando 618 días hasta el 1 de enero del 2018.

En la tabla 3.5 se presenta la producción promedia del pozo Sacha 11, con la bomba D1150N instalada anteriormente y la bomba NH(1600-2300)H.

TABLA 3.5
PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 11

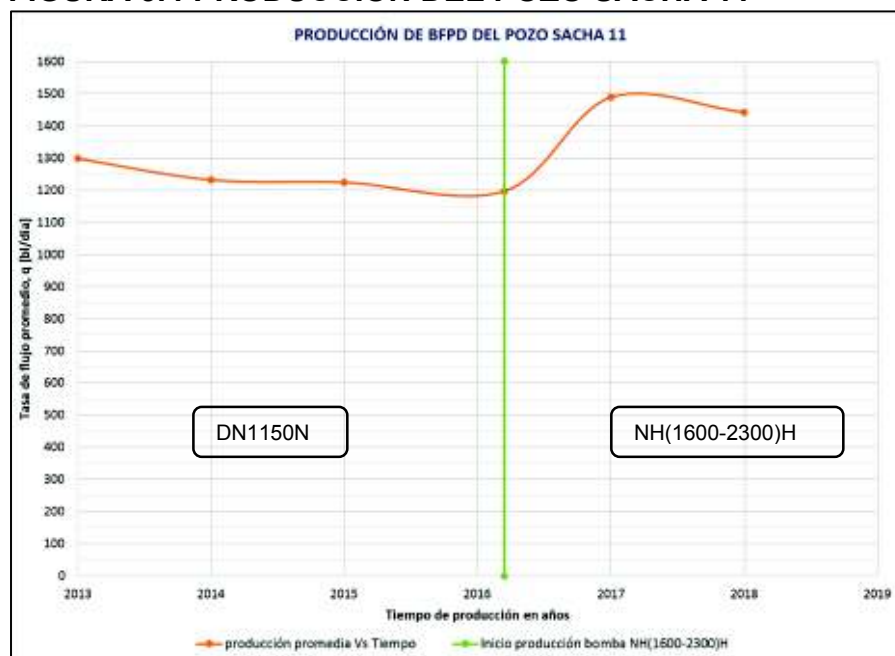
PERIODO	PRODUCCIÓN PROMEDIO BFPD	TIPO DE BES
25/02/2013 - 31/12/2015	1261.58	D1150N
28/03/2016 - 31/01/2018	1463.61	NH(1600-2300)H

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

En la figura 3.4 se muestra la tasa de flujo promedio del pozo Sacha 11, con las diferentes bombas electrosumergibles instaladas desde el año 2013.

FIGURA 3.4 PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 11



FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La tabla 3.6 detalla el historial de producción, BSW, tipo de BES y frecuencia de operación de las bombas del pozo Sacha 11, desde el 25 de febrero del 2013 hasta el 31 de enero del 2018. En la instalación del nuevo equipo de bombeo electrosumergible no se realizó ningún trabajo de reacondicionamiento.

TABLA 3.6
HISTORIAL DE PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 11

FECHA	PRODUCCIÓN BFPD	PRODUCCIÓN BPPD	PROMEDIO BPPD	BSW %	TIPO DE BES	FRECUENCIA Hz
25/02/2013	1413	141	156.69	90	D1150N	47
15/03/2013	1102	155		86	D1150N	47
10/04/2013	1353	189		86	D1150N	47
05/05/2013	1310	183		86	D1150N	47
22/06/2013	1329	186		86	D1150N	47
27/07/2013	1343	188		86	D1150N	47
08/08/2013	1334	187		86	D1150N	47
05/09/2013	1324	159		88	D1150N	47
11/10/2013	1266	152		88	D1150N	47
07/11/2013	1252	150		88	D1150N	47
17/12/2013	1248	150		88	D1150N	47
24/01/2014	1252	150		88	D1150N	47
23/02/2014	1221	147		88	D1150N	47
20/03/2014	1212	145		88	D1150N	47
16/04/2014	1189	142		88	D1150N	47
28/05/2014	1216	146		88	D1150N	47
09/06/2014	1221	147		88	D1150N	47
24/07/2014	1230	148		88	D1150N	47
17/08/2014	1217	146		88	D1150N	47
18/09/2014	1277	153		88	D1150N	47
13/10/2014	1258	151		88	D1150N	47
30/11/2014	1234	148		88	D1150N	47
31/12/2014	1253	150		88	D1150N	47
31/12/2015	1224	147	88	D1150N	47	
31/01/2016	0	0		0		0
29/02/2016	0	0		0		0
31/03/2016	1390	139		90	NH(1600-2300)H	51
30/04/2016	1427	143		90	NH(1600-2300)H	51
31/05/2016	1423	142		90	NH(1600-2300)H	51
30/06/2016	1414	141		90	NH(1600-2300)H	51
31/07/2016	1414	141		90	NH(1600-2300)H	51
31/08/2016	1433	143		90	NH(1600-2300)H	51
30/09/2016	1518	106		93	NH(1600-2300)H	51
31/10/2016	1423	100		93	NH(1600-2300)H	51
30/11/2016	1405	98		93	NH(1600-2300)H	51
31/12/2016	1513	106		93	NH(1600-2300)H	51

CONTINUACIÓN TABLA 3.6

FECHA	PRODUCCIÓN BFPD	PRODUCCIÓN BPPD	PROMEDIO BPPD	BSW %	TIPO DE BES	FRECUENCIA Hz
31/01/2017	1513	106	128.93	93	NH(1600-2300)H	52
29/02/2017	1504	150		90	NH(1600-2300)H	52
31/03/2017	1494	105		93	NH(1600-2300)H	52
30/04/2017	1489	149		90	NH(1600-2300)H	52
31/05/2017	1436	101		93	NH(1600-2300)H	52
30/06/2017	1554	109		93	NH(1600-2300)H	52
31/07/2017	1508	106		93	NH(1600-2300)H	52
31/08/2017	1493	149		90	NH(1600-2300)H	52
30/09/2017	1493	149		90	NH(1600-2300)H	52
31/10/2017	1493	149		90	NH(1600-2300)H	52
31/11/2017	1442	144		90	NH(1600-2300)H	52
31/12/2017	1442	144		90	NH(1600-2300)H	52
01/01/2018	1442	144		90	NH(1600-2300)H	52

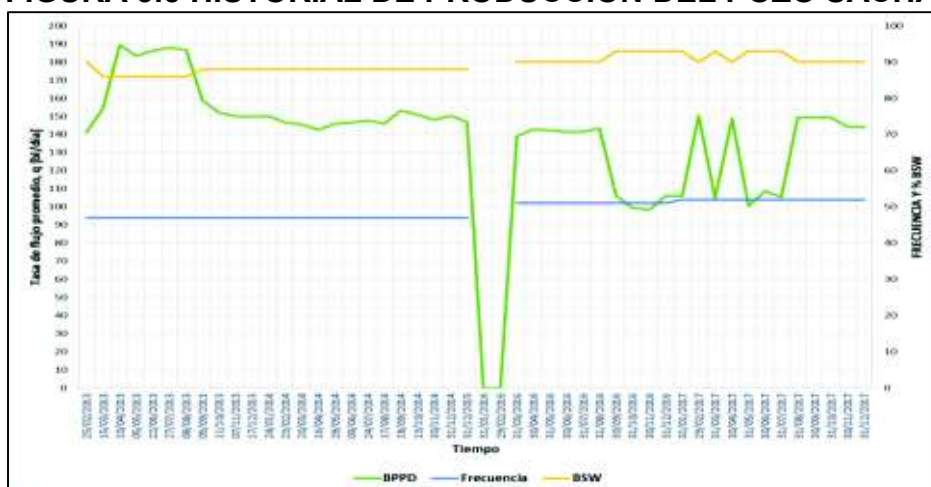
FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

De los datos presentados en la tabla 3.6 se obtiene que la bomba D1150N producía un promedio de 156.69 BPPD a una frecuencia de 47 Hz y un BSW de 88%, mientras que la bomba NH(1600-2300)H produce un promedio de 128.93 BPPD a una frecuencia de 52 Hz con un BSW de 90% a 93%.

En la figura 3.5 se muestra gráficamente el historial de producción presentado en la tabla 3.6, correspondiente al pozo Sacha 11.

FIGURA 3.5 HISTORIAL DE PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 11

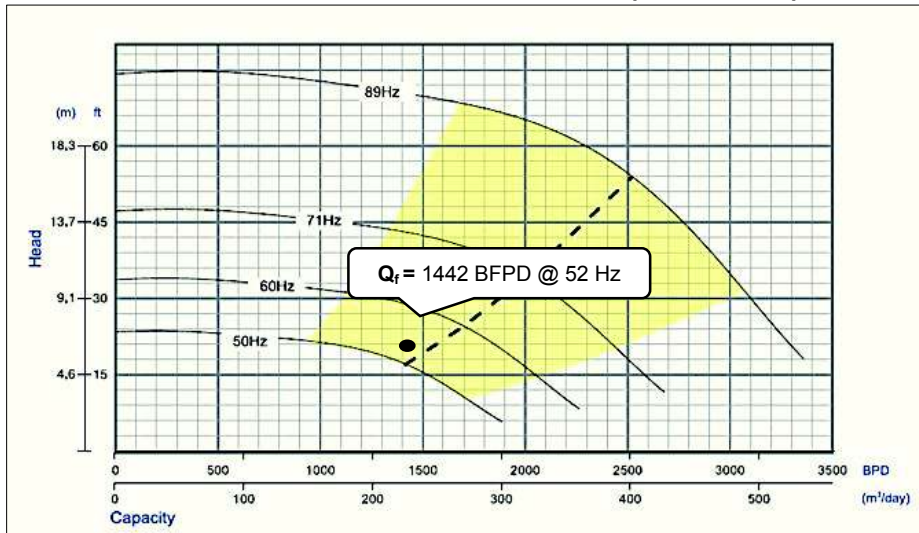


FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La figura 3.6 muestra el análisis de la curva de la bomba NH(1600-2300)H, la cual opera dentro del rango de producción recomendado por el fabricante, a la frecuencia de 52 Hz, el punto mínimo y máximo de operación son de 1000 BFPD a 1900 BFPD respectivamente.

FIGURA 3.6 ANÁLISIS DE LA BOMBA NH(1600-2300)H, POZO SACHA 11



FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

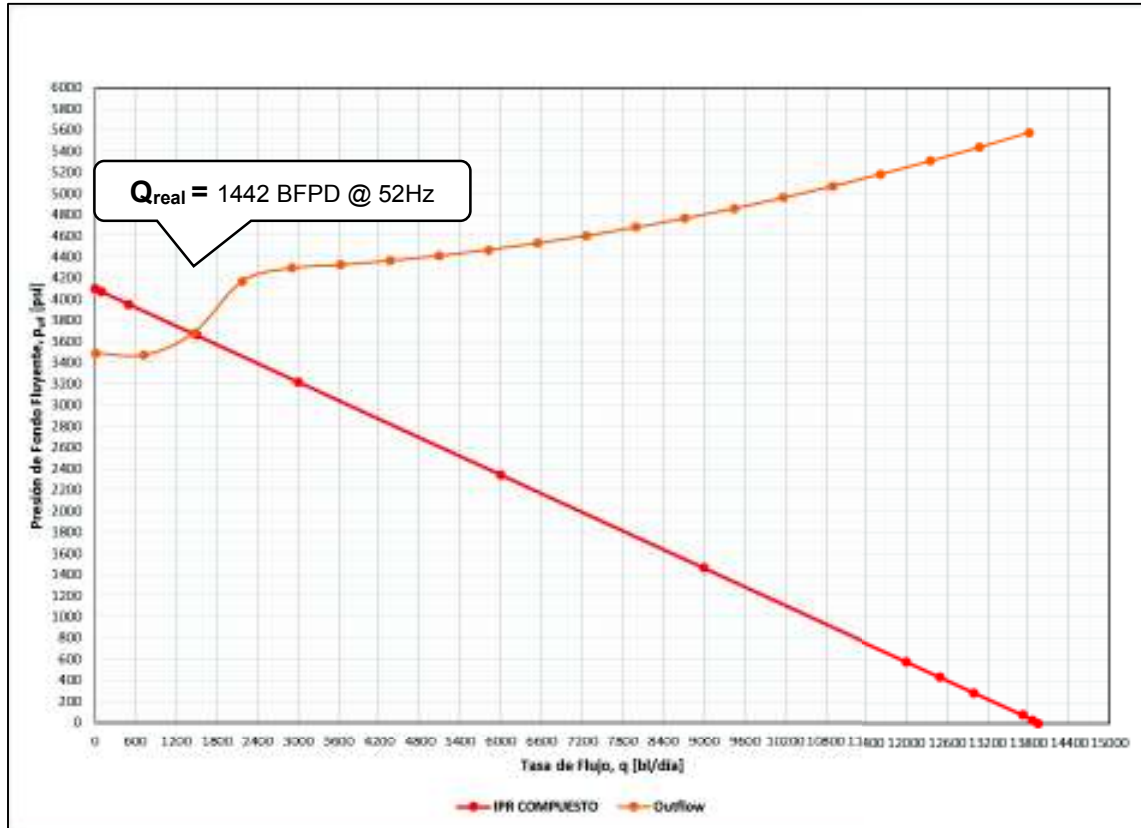
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

Las frecuencias adecuadas para la bomba NH(1600-2300)H están entre 50 Hz y 89 Hz.

3.1.8 ANÁLISIS NODAL DEL POZO SACHA 11

El análisis nodal al fondo del pozo Sacha 11, se muestra en la figura 3.7.

FIGURA 3.7 CURVA INFLOW Y OUTFLOW DEL POZO SACHA 11



FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

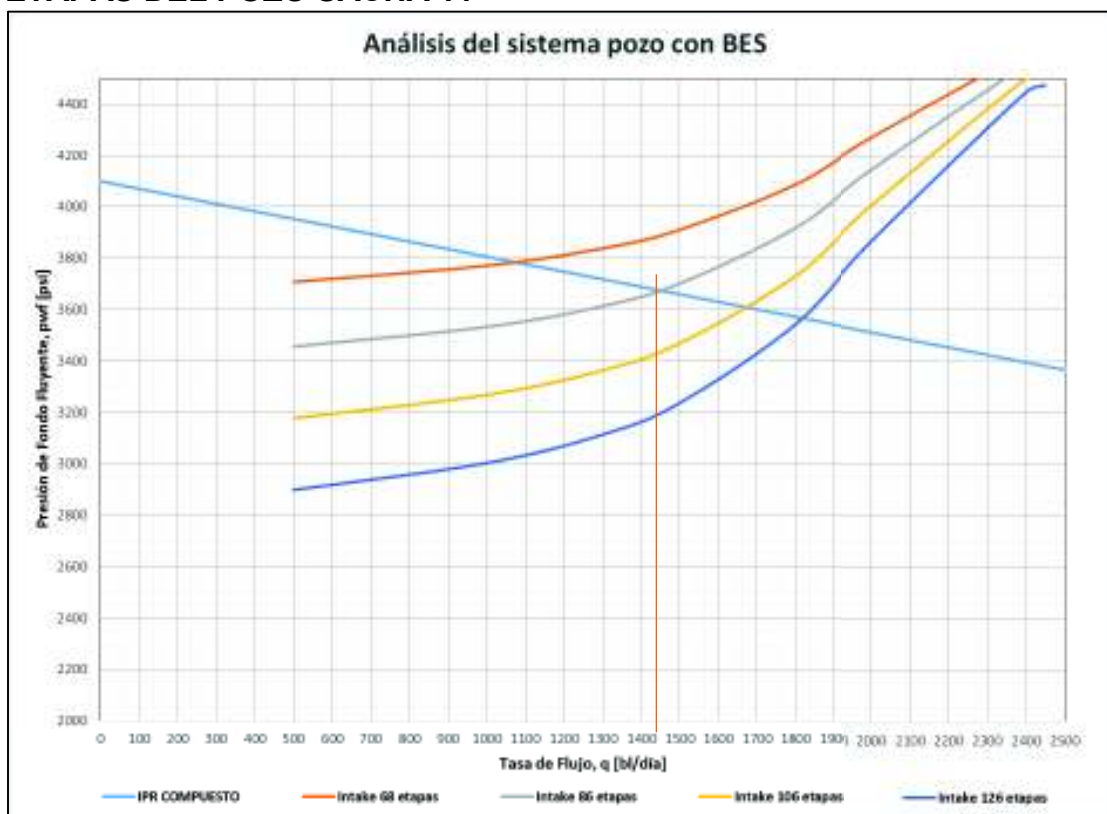
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

El pozo Sacha 11, produce 1442 BFPD a una frecuencia de 52 Hz. Este pozo produce el 10.34% de su potencial.

A continuación se muestra un análisis del sistema pozo con bombeo electrosumergible a diferentes etapas de la bomba NH(1600-2300)H en la figura 3.8.

La bomba Novomet modelo NH(1600-2300)H de dos carcasas está disponible para 68, 86, 106 y 126 etapas.

FIGURA 3.8 ANÁLISIS DEL SISTEMA POZO CON BES A DIFERENTES ETAPAS DEL POZO SACHA 11



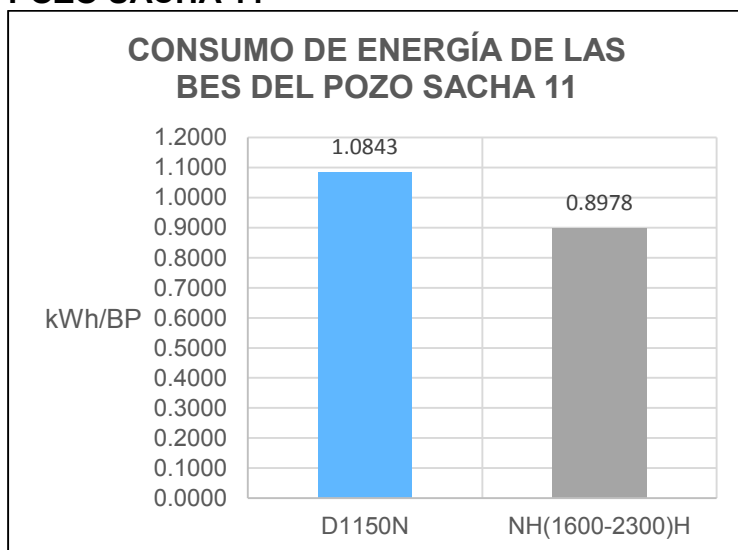
FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La figura 3.9 muestra el consumo de energía de las diferentes bombas electrosumergibles que fueron instaladas en el pozo Sacha 11, desde el 25 de febrero del 2013 hasta el 1 de enero del 2018, de acuerdo con la información de Petroamazonas EP.

De la figura 3.9 se obtiene que el consumo de energía de la bomba NH(1600-2300)H es 17.20% menor que el consumo energía de la bomba D1150N.

FIGURA 3.9 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LAS BOMBAS DEL POZO SACHA 11



FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

En resumen, el pozo Sacha 11, produce 1442 BFPD con un BSW de 90% al 1 de enero del 2018, en la tabla 3.5 se observa que el pozo ha incrementado su producción en 124.59 BFPD, pero en su historial de producción se muestra que la bomba DN1150N a 47 Hz produjo un caudal similar al caudal actual de la bomba NH(1600-2300) a 52 Hz, en el análisis de la figura 3.6 se tiene que la bomba Novomet modelo NH(1600-2300) se encuentra dentro del rango de producción recomendado por el fabricante, sus frecuencias adecuadas de trabajo están entre 50Hz y 89 Hz y está disponible para 68, 86, 106 y 126 etapas, por último se obtiene que el consumo promedio de kilovatios por barril de petróleo de la bomba NH(1600-2300)H es 17.20% menos que la bomba DN1150N, concluyendo que la instalación de la bomba NH(1600-2300) no mejora la producción del pozo Sacha 11, ya que el pozo con la bomba DN1150N producía 156.69 BPPD y la bomba NH(1600-2300) produce 128.93 BPPD.

3.1.9 POZO SACHA 127

El pozo Sacha 127, se encuentra en la estación Sacha Norte 1, es un pozo vertical que produce de la arena Hollín superior, los datos del pozo, producción y características del fluido se presentan en la tabla 3.7.

TABLA 3.7
DATOS POZO SACHA 127

POZO SACHA 127, Arena Hs		
Pr	3200	psi
IP	0.79	(bl/d/psi)
BSW	59	%
GOR	124	PCS/BF
API	27.8	°
Pb	569.5	psi
Pc	62	psi
Q	693	BFPD
Ty	225	°F

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

Este pozo produce 693 BFPD con un BSW de 59%, al 1 de enero del 2018, con una bomba Novomet de tipo Power Save modelo NHV(790-1000)H, serie 406.

Las características de la bomba, motor y datos de operación para el pozo Sacha 127 se presentan en la tabla 3.8.

TABLA 3.8
PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LA BOMBA NHV(790-1000)H DEL POZO SACHA 127

BOMBA			DATOS DE PLACA MOTOR				DATOS OPERACIÓN	
Carcasas	Etapas totales	Modelo	Cant.	HP	Volt.	Amp.	HZ	AMP
3	252	NHV(790-1000)H	1	330	4010	42	59	14

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La bomba NHV(790-1000)H fue instalada el 15 de enero del 2017, operando 332 días hasta el 1 de enero del 2018.

En la tabla 3.9 se presenta la producción promedio del pozo Sacha 127, con la bombas TD100 instalada anteriormente y la bomba NHV(790-1000).

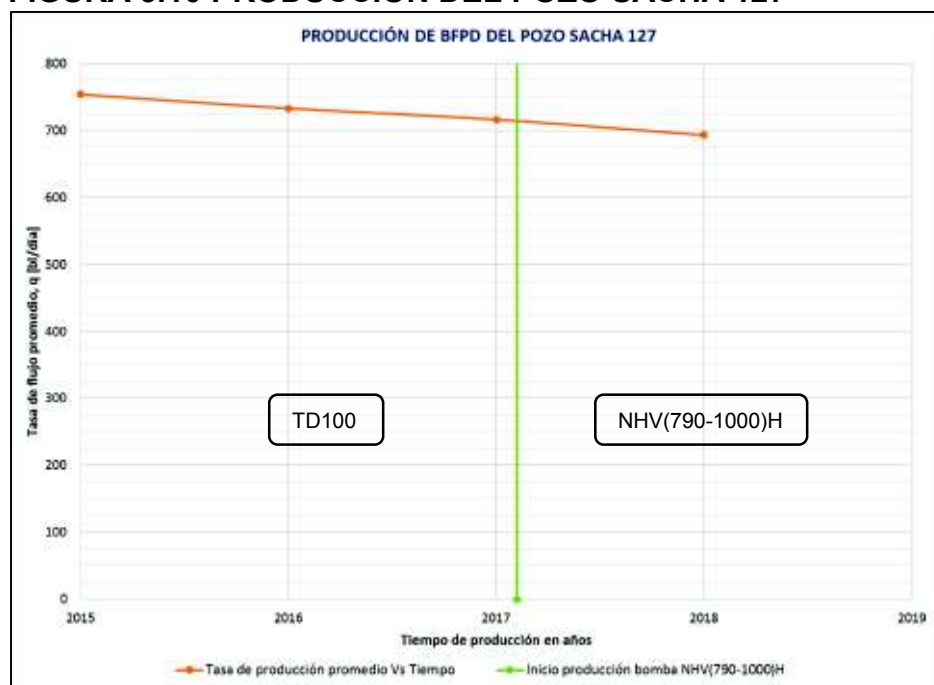
TABLA 3.9
PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 127

PERIODO	PRODUCCIÓN PROMEDIO BFPD	TIPO DE BES
22/07/2015 – 13/01/2017	739.50	TD1000
24/02/2017 – 01/01/2017	714.33	NHV(790-1000)H

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

En la figura 3.10 se muestra la producción promedio del pozo Sacha 127 con las diferentes bombas electrosumergibles instaladas desde el año 2015.

FIGURA 3.10 PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 127



FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La tabla 3.10 detalla el historial de producción, BSW, tipo de BES y frecuencia de operación de las bombas del pozo Sacha 127, desde el 22 de julio del 2015 hasta el 31 de enero del 2018.

TABLA 3.10
HISTORIAL DE PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 127

FECHA	PRODUCCIÓN BFPD	PRODUCCIÓN BPPD	PROMEDIO BPPD	BSW %	TIPO DE BES	FRECUENCIA Hz
22/07/2015	789	220.92	207.06	72	TD1000	46
08/08/2015	752	210.56		72	TD1000	46
02/09/2015	743	208.04		72	TD1000	46
31/10/2015	762	213.36		72	TD1000	46
30/11/2015	743	208.04		72	TD1000	46
31/12/2015	734	205.52		72	TD1000	46
30/01/2016	734	205.52		72	TD1000	46
29/02/2016	748	209.44		72	TD1000	46
31/03/2016	725	203.00		72	TD1000	46
25/04/2016	752	210.56		72	TD1000	46
25/05/2016	723	202.44		72	TD1000	46
30/06/2016	734	205.52		72	TD1000	46
22/07/2016	743	208.04		72	TD1000	46
26/08/2016	720	201.60		72	TD1000	46
28/09/2016	716	200.48		72	TD1000	46
16/10/2016	752	210.56		72	TD1000	46
26/11/2016	716	200.48		72	TD1000	46
13/01/2017	725	203.00		72	TD1000	46
30/01/2017	0	0				
24/02/2017	757	242.24		229.21	68	NHV(790-1000)H
31/03/2017	789	252.48	68		NHV(790-1000)H	57
30/04/2017	739	236.48	68		NHV(790-1000)H	57
31/05/2017	743	237.76	68		NHV(790-1000)H	57
30/06/2017	693	221.76	68		NHV(790-1000)H	57
31/07/2017	693	221.76	68		NHV(790-1000)H	59
31/08/2017	693	221.76	68		NHV(790-1000)H	59
30/09/2017	693	221.76	68		NHV(790-1000)H	59
31/10/2017	693	221.76	68		NHV(790-1000)H	59
30/11/2017	693	221.76	68		NHV(790-1000)H	59
31/12/2017	693	221.76	68		NHV(790-1000)H	59

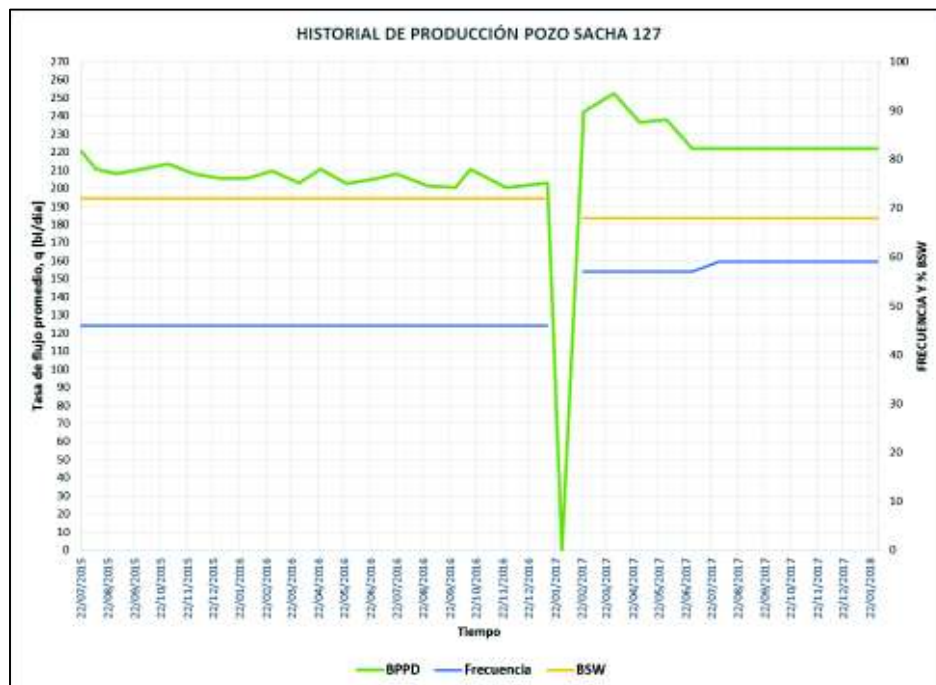
FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

De los datos presentados en la tabla 3.10 se obtiene que la bomba TD1000 producía un promedio de 207.06 BPPD a una frecuencia de 46 Hz y un BSW de 72%, mientras que la bomba NHV(790-1000)H produce un promedio de 229.21 BPPD a una frecuencia de 59 Hz con un BSW de 68%.

En la figura 3.11 se muestra gráficamente el historial de producción presentado en la tabla 3.10, correspondiente al pozo Sacha 127.

FIGURA 3.11 HISTORIAL DE PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 127

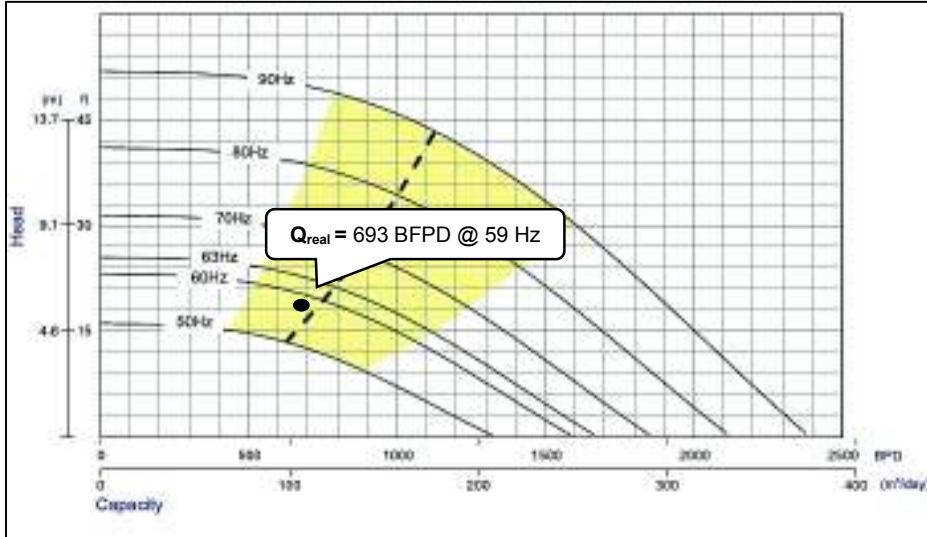


FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La figura 3.12 muestra el análisis de la curva de la bomba NHV(790-1000)H, la cual opera dentro del rango de producción recomendado por el fabricante, a la frecuencia de 59 Hz, el punto mínimo y máximo de operación son de 500 BFPD a 1050 BFPD respectivamente.

FIGURA 3.12 ANÁLISIS DE LA BOMBA NHV(790-1000)H, POZO SACHA 127



FUENTE: Manual, Compañía Novomet.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

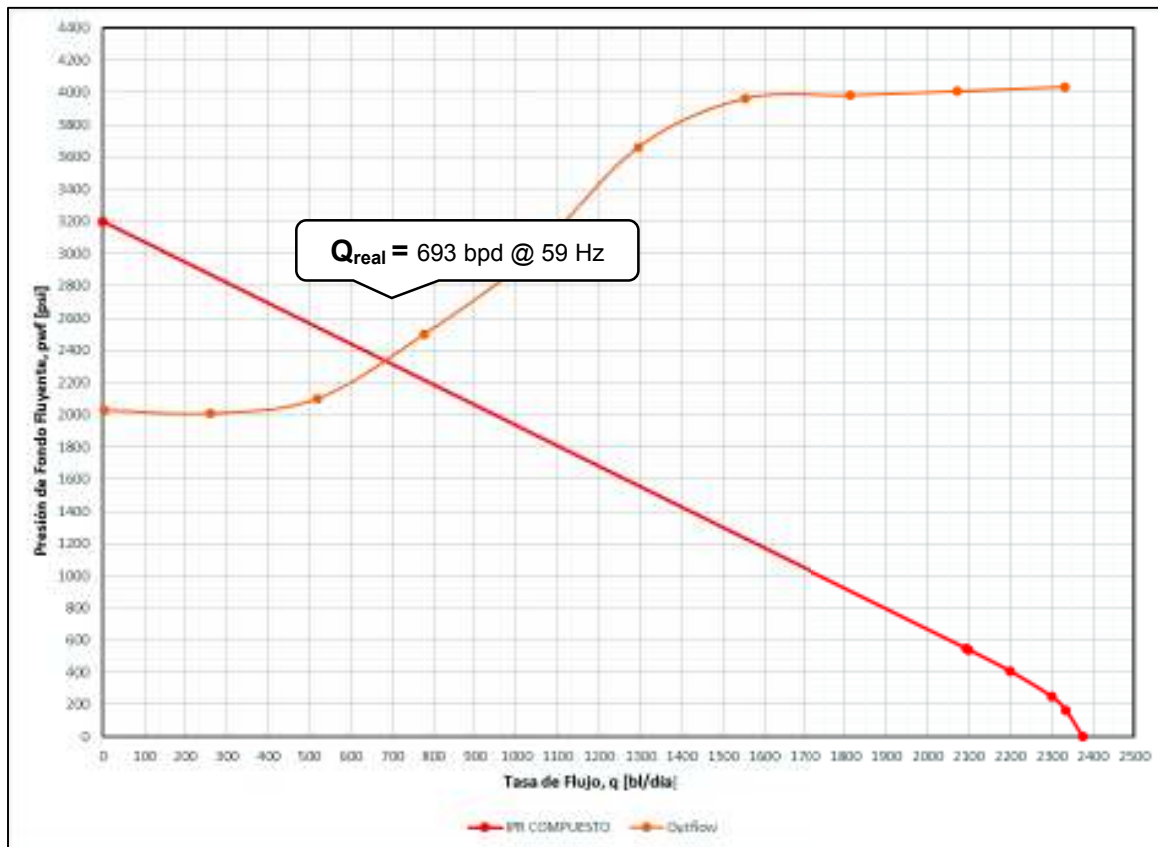
Las frecuencias adecuadas para la bomba NHV(790-1000)H están entre 50Hz y 90 Hz.

3.1.10 ANÁLISIS NODAL DEL POZO SACHA 127

El análisis nodal al fondo del pozo Sacha 127, se muestra en la figura 3.13.

El pozo Sacha 127, produce 693 BFPD a una frecuencia de 59 Hz. Este pozo produce el 29.17% de su potencial.

FIGURA 3.13 CURVA INFLOW Y OUTFLOW DEL POZO SACHA 127



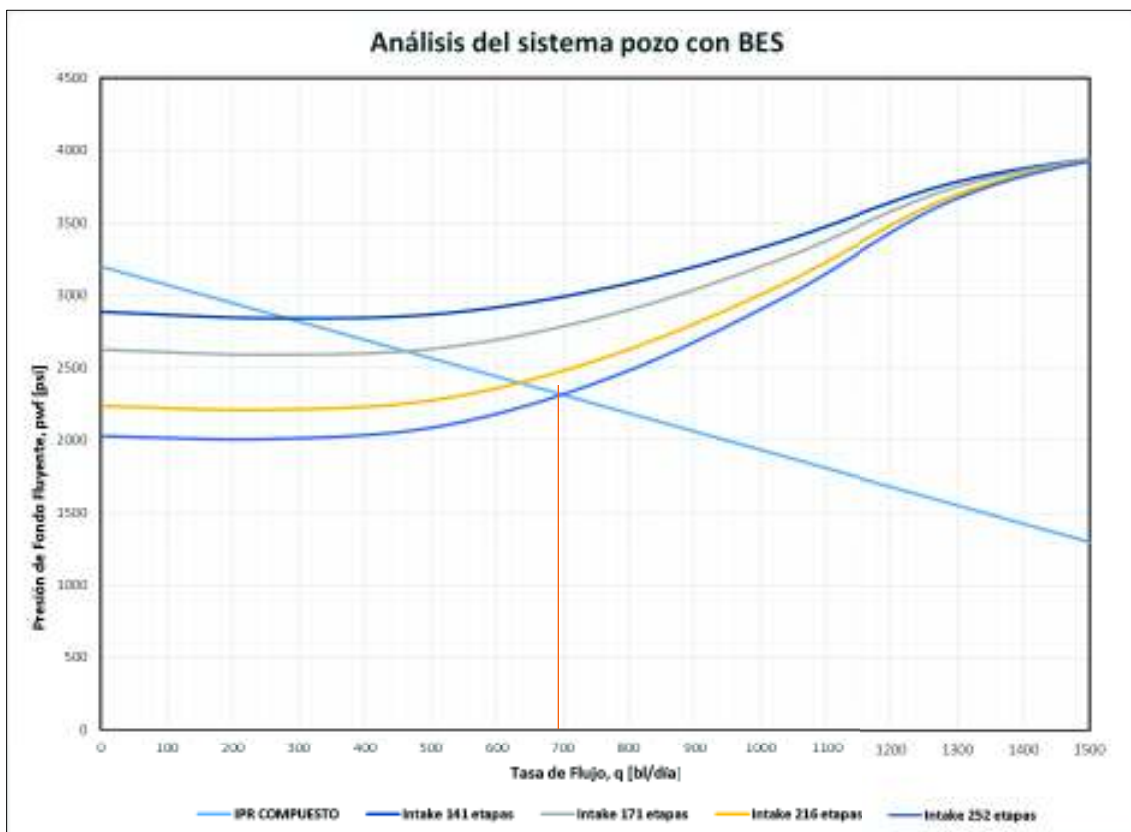
FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

A continuación se muestra un análisis del sistema pozo con bombeo electrosumergible a diferentes etapas de la bomba NHV(790-1000)H en la figura 3.14.

La bomba Novomet modelo NHV(790-1000)H de tres carcassas está disponible para 141, 171, 216 y 252 etapas.

FIGURA 3.14 ANÁLISIS DEL SISTEMA POZO CON BES A DIFERENTES ETAPAS POZO SACHA 127

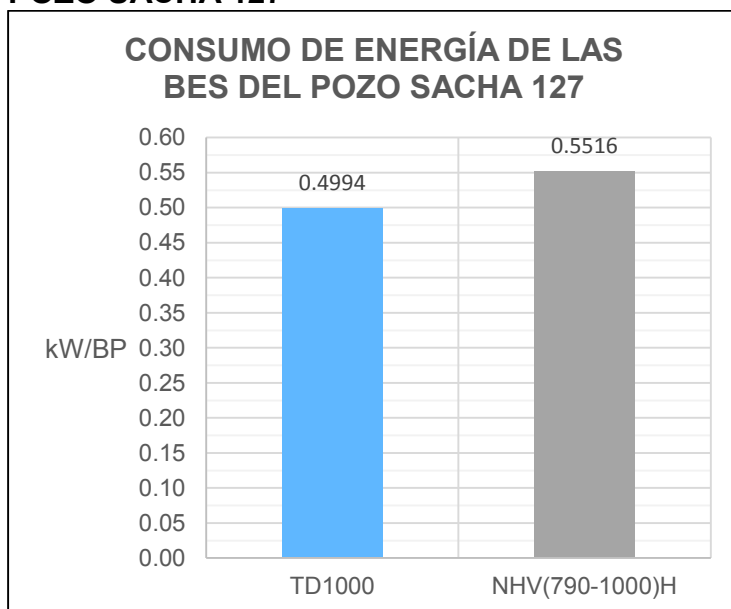


FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La figura 3.15 muestra el consumo de energía de las diferentes bombas electrosumergibles que fueron instaladas en el pozo Sacha 127, desde el 22 de julio del 2015 hasta el 1 de enero del 2018, de acuerdo con la información de Petroamazonas EP.

De la figura 3.15 se obtiene que el consumo de energía de la bomba NHV(790-1000)H es 9.46% mayor que el consumo energía de la bomba TD1000.

FIGURA 3.15 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LAS BOMBAS DEL POZO SACHA 127



FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

En resumen, el pozo Sacha 127, produce 693 BFPD con un BSW de 59% al 1 de enero del 2018, en la tabla 3.8 se observa que el pozo ha disminuido su producción en 25.17 BFPD, en el análisis de la figura 3.12 se tiene que la bomba Novomet modelo NHV(790-1000) se encuentra dentro del rango de producción recomendado por el fabricante, sus frecuencias adecuadas de trabajo están entre 50 Hz y 90 Hz y está disponible para 470, 590, 720 y 840 etapas, por último se muestra que el consumo promedio de energía de la bomba NHV(790-1000)H es 9.46% más que el consumo de la bomba TD1000, concluyendo que la instalación de la bomba NHV(790-1000)H mejora solo un 9.66% en la producción de petróleo del pozo Sacha 127, ya que el pozo con la bomba TD1000 producía 207.06 BPPD y la bomba NHV(790-1000)H produce 229.21 BPPD.

3.1.11 POZO SACHA 192

El pozo Sacha 192, se encuentra en la estación Sacha Norte 2, es un pozo vertical que produce de la arena U inferior, los datos del pozo, producción y características del fluido se presentan en la tabla 3.11.

TABLA 3.11
DATOS POZO SACHA 192

POZO SACHA 192, Arena Ui		
Pr	1400	psi
IP	0.73	(bl/d/psi)
BSW	0.9	%
GOR	260	PCS/BF
API	24.4	°
Pb	1052	psi
Pc	30	psi
Q	700	BFPD
Ty	211	°F

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

Este pozo produce 700 BFPD con un BSW de 0.9%, al 1 de enero del 2018 con una bomba Novomet de tipo Power Save modelo NHV(790-1000)H, serie 406.

Las características de la bomba, motor y datos de operación para el pozo Sacha 192 se presentan en la tabla 3.12.

TABLA 3.12
PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LA BOMBA NHV(790-1000)H DEL POZO SACHA 192

BOMBA			DATOS DE PLACA MOTOR				DATOS OPERACIÓN	
Carcasas	Etapas	Modelo	Cant.	HP	Volt.	Amp.	HZ	AMP
5	360	NHV(790-1000)H	1	310	3760	39.9	65	17

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La bomba Novomet NHV(790-1000)H fue instalada el 9 de julio del 2016, operando 542 días hasta el 1 de enero del 2018.

En la tabla 3.13 se presenta la producción promedia con las diferentes bombas electrosumergibles que permitían la producción del pozo Sacha 192.

TABLA 3.13
PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 192

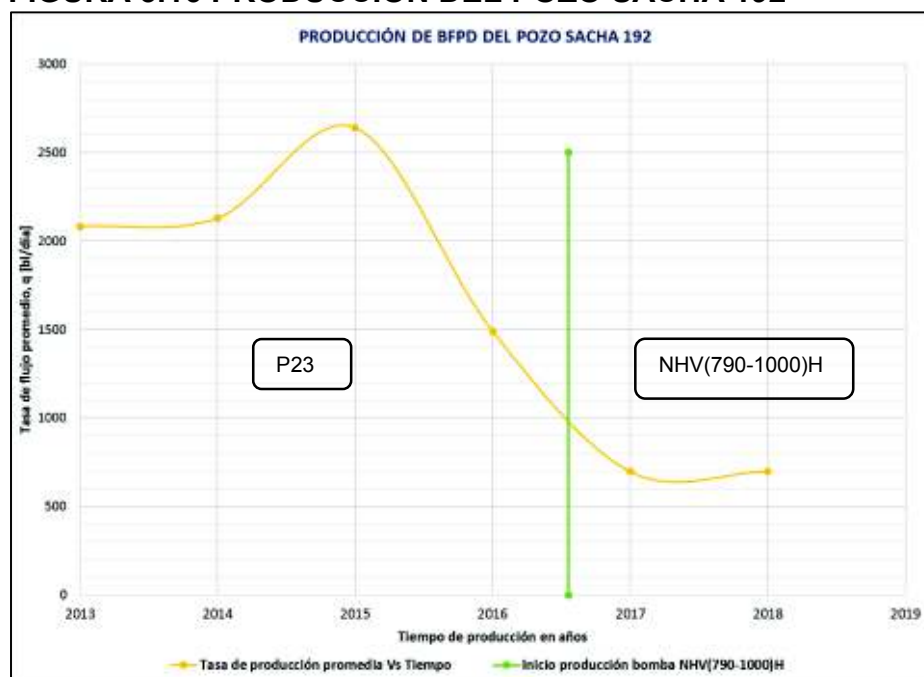
PERIODO	PRODUCCIÓN PROMEDIO BFPD	ARENA PRODUCTORA	TIPO DE BOMBA
23/11/2013 – 25/05/2016	2082.00	Hollín inferior	P23
22/07/2016 - 01/01/2018	701.55	U inferior	NHV(790-1000)H

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

En la figura 3.16 se muestra la tasa de flujo promedio del pozo Sacha 192, con las diferentes bombas electrosumergibles instaladas desde el año 2013.

FIGURA 3.16 PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 192



FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La tabla 3.14 detalla el historial de producción, BSW, tipo de BES y frecuencia de operación de las bombas del pozo Sacha 192, desde el 23 de noviembre del 2013 hasta el 1 de enero del 2018.

TABLA 3.14
HISTORIAL DE PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 192

FECHA	PRODUCCIÓN BFPD	PRODUCCIÓN BPPD	PROMEDIO BPPD	BSW %	TIPO DE BOMBA	FRECUENCIA Hz
23/11/2013	2082	166.56	170.63	92	P23	45
31/01/2014	2016	161.28		92	P23	47
28/02/2014	2011	160.88		92	P23	47
31/03/2014	2214	177.12		92	P23	45
30/04/2014	2106	168.48		92	P23	47
31/05/2014	2106	168.48		92	P23	48
30/06/2014	2224	177.92		92	P23	47
31/07/2014	2126	170.08		92	P23	47
31/08/2014	2166	173.28		92	P23	47
30/09/2014	2184	174.72		92	P23	47
31/10/2014	2052	164.16		92	P23	47.1
30/11/2014	2178	174.24		92	P23	47
31/12/2014	2178	174.24		92	P23	47
31/12/2015	2640	158.40		94	P23	56
30/01/2016	2731	163.86		94	P23	56
29/02/2016	2671	160.26		94	P23	56
31/03/2016	2704	162.24		94	P23	56
25/04/2016	2728	163.68		94	P23	56
25/05/2016	2776	222.08		92	P23	56
30/06/2016	Cambio de arena de producción de la arena Hollín Inferior a la arena Ui					
22/07/2016	705	698.66	695.27	0.9	NHV(790-1000)H	61
26/08/2016	707	700.64		0.9	NHV(790-1000)H	65
28/09/2016	700	693.70		0.9	NHV(790-1000)H	69
31/10/2016	763	756.13		0.9	NHV(790-1000)H	65
26/11/2016	691	685.47		0.8	NHV(790-1000)H	65
31/12/2016	701	694.69		0.9	NHV(790-1000)H	65
31/01/2017	690	683.79		0.9	NHV(790-1000)H	65
30/01/2017	710	703.61		0.9	NHV(790-1000)H	65
28/02/2017	708	701.63		0.9	NHV(790-1000)H	65
31/03/2017	688	681.81		0.9	NHV(790-1000)H	65
30/04/2017	668	661.99		0.9	NHV(790-1000)H	65
31/05/2017	700	693.70		0.9	NHV(790-1000)H	65
30/06/2017	700	693.70		0.9	NHV(790-1000)H	65
31/07/2017	700	693.70		0.9	NHV(790-1000)H	65
31/08/2017	700	693.70		0.9	NHV(790-1000)H	65
30/09/2017	700	693.70		0.9	NHV(790-1000)H	65

CONTINUACIÓN TABLA 3.14

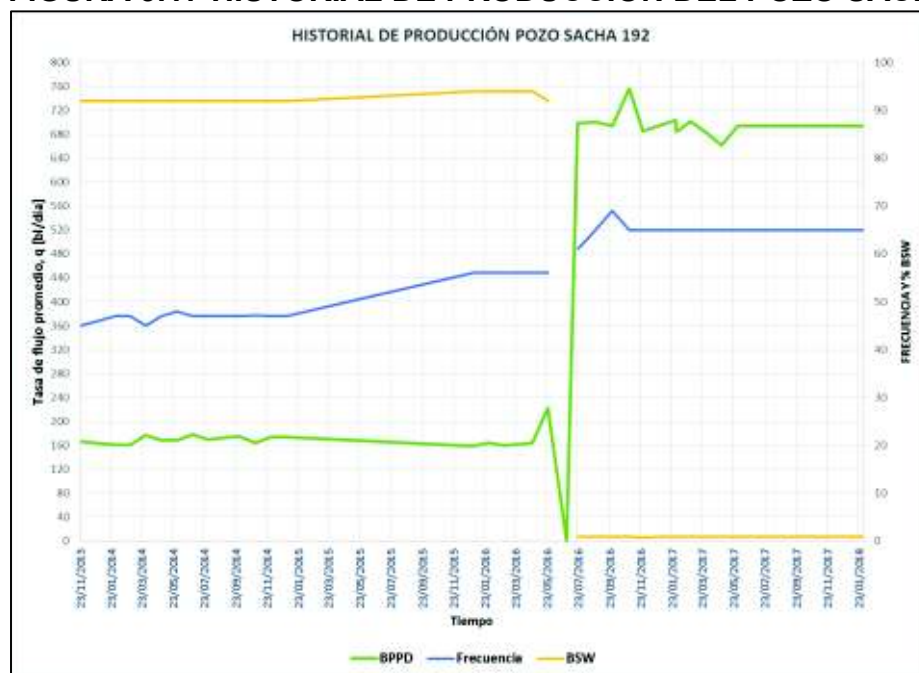
31/10/2017	700	693.70		0.9	NHV(790-1000)H	65
30/11/2017	700	693.70		0.9	NHV(790-1000)H	65
31/12/2017	700	693.70		0.9	NHV(790-1000)H	65
31/01/2018	700	693.70		0.9	NHV(790-1000)H	65

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

De los datos presentados en la tabla 3.14 se obtiene que la bomba P23 producía un promedio de 170.63 BPPD con una frecuencia de 45 Hz y 53 Hz, con un BSW de 92%, hasta el mes de marzo del 2016, este pozo se sometió a un tratamiento para disminuir su corte de agua, pero dio un resultado negativo y proceden a cambiar de arena productora, empezando a producir de la arena U inferior desde el 9 de julio del 2016 con una bomba NHV(790-1000)H que produce un promedio de 695.27 BPPD a una frecuencia de 65 Hz con un BSW de 0.9%.

En la figura 3.17 se muestra gráficamente el historial de producción presentado en la tabla 3.14, correspondiente al pozo Sacha 192.

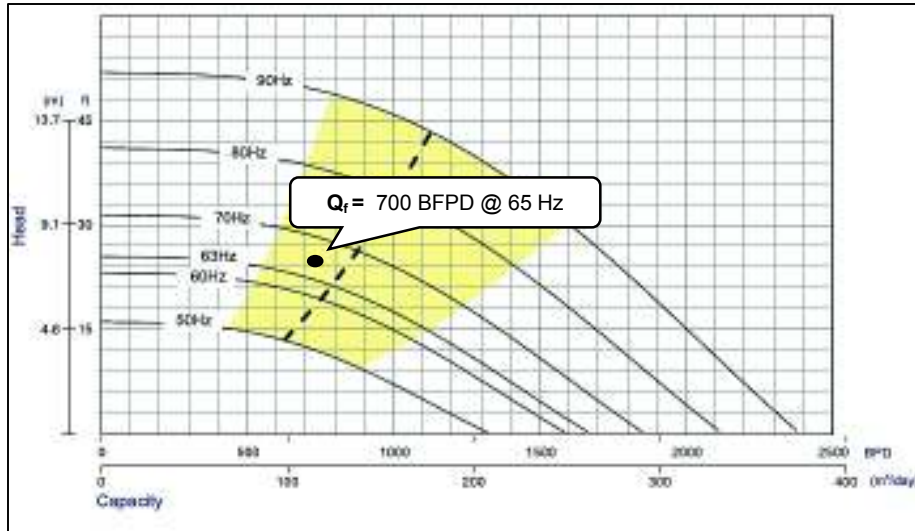
FIGURA 3.17 HISTORIAL DE PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 192

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La figura 3.18 muestra el análisis de la curva de la bomba NHV(790-1000)H, la cual opera dentro del rango de producción recomendado por el fabricante, a la frecuencia de 65 Hz, el punto mínimo y máximo de operación son de 560 BFPD a 1160 BFPD respectivamente.

FIGURA 3.18 ANÁLISIS DE LA BOMBA NHV(790-1000)H, POZO SACHA 192



FUENTE: Manual, Novomet.

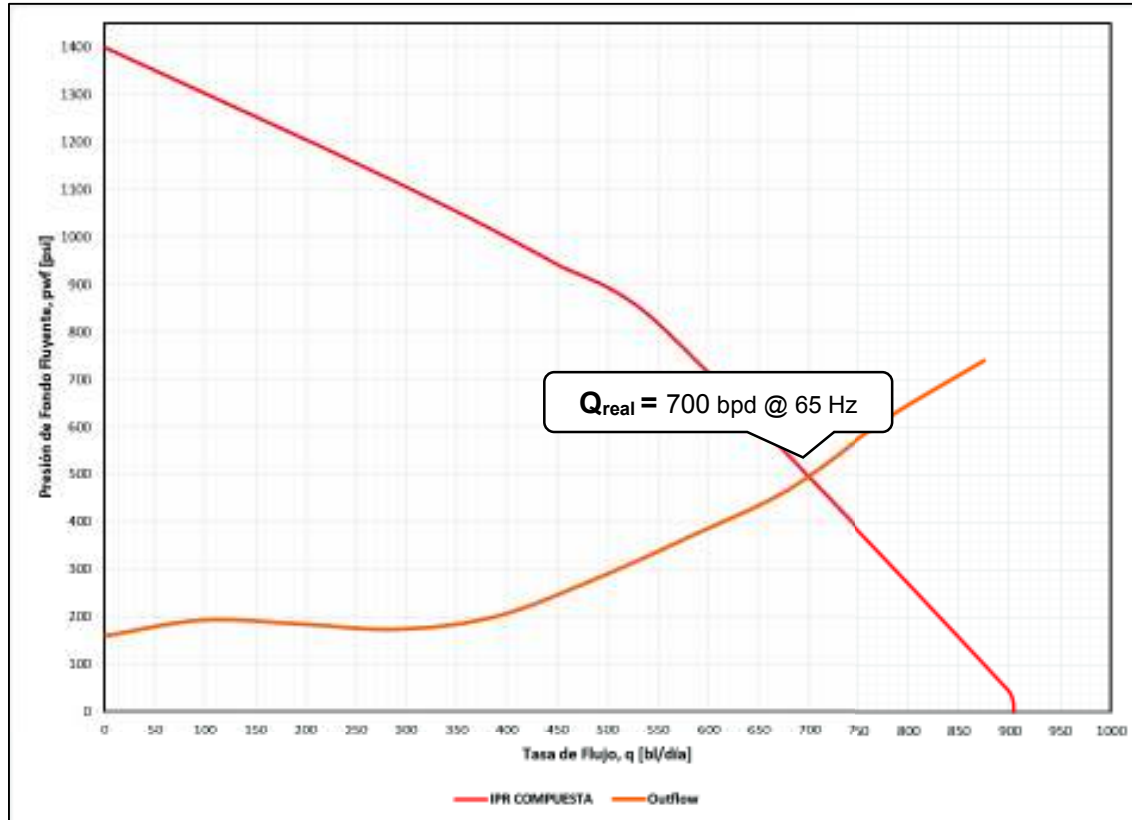
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

Las frecuencias adecuadas para la bomba NHV(790-1000)H están entre 50Hz y 90 Hz.

3.1.12 ANÁLISIS NODAL DEL POZO SACHA 192

El análisis nodal al fondo del pozo Sacha 192, se muestra en la figura 3.19.

FIGURA 3.19 CURVA INFLOW Y OUTFLOW DEL POZO SACHA 192



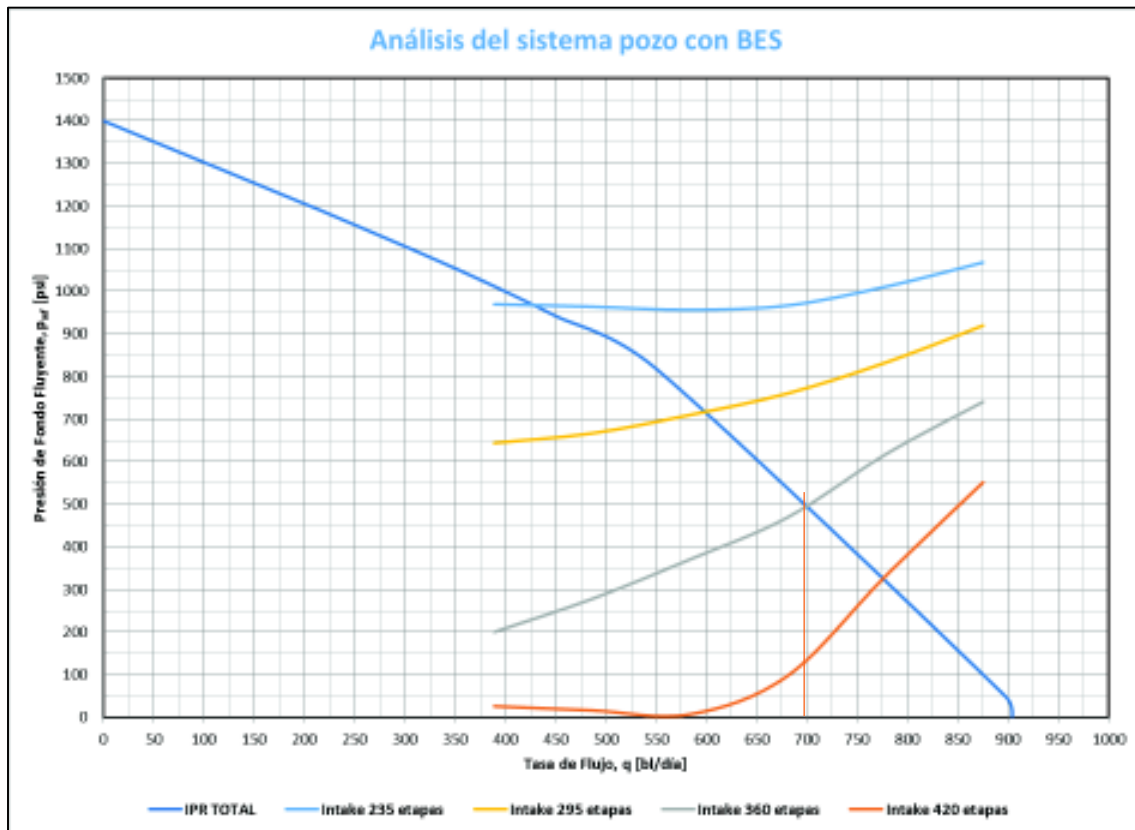
FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

El pozo Sacha 192, produce 700 BFPD a una frecuencia de 69 Hz con una presión de 499 psi. Este pozo produce el 77.42% de su potencial.

A continuación se muestra un análisis del sistema pozo con bombeo electrosumergible a diferentes etapas de la bomba NHV(790-1000)H en la figura 3.20.

La bomba Novomet modelo NHV(790-1000)H de cinco carcassas está disponible para 235, 295, 360, y 420 etapas.

FIGURA 3.20 ANÁLISIS DEL SISTEMA POZO CON BES A DIFERENTES ETAPAS POZO SACHA 192

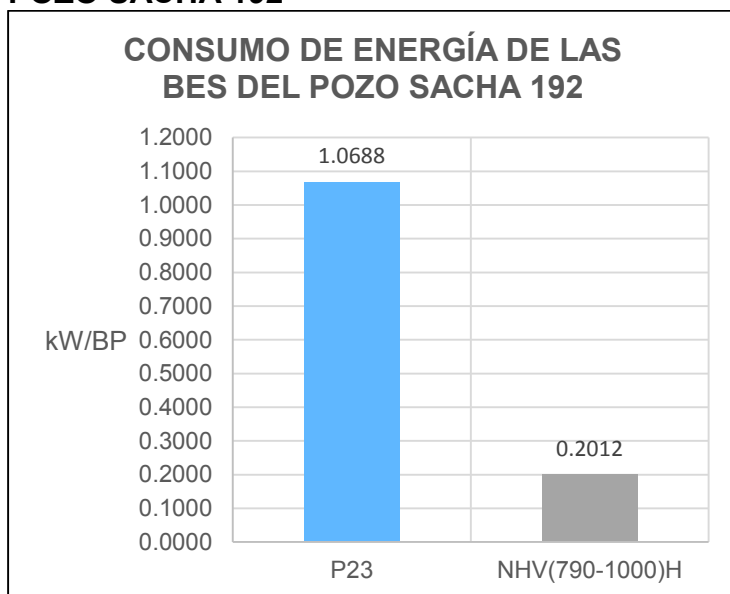


FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La figura 3.21 muestra el consumo de energía de las diferentes bombas electrosumergibles que fueron instaladas en el pozo Sacha 192, desde el 23 de noviembre del 2013 hasta el 1 de enero del 2018, de acuerdo con la información de Petroamazonas EP.

De la figura 3.21 se obtiene que el consumo de energía de la bomba NHV(790-1000)H es 81.18% menor que el consumo energía de la bomba D1150N.

FIGURA 3.21 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LAS BOMBAS DEL POZO SACHA 192



FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

En resumen, el pozo Sacha 192, produce 700 BFPD con un BSW de 0.9% al 1 de enero del 2018, la bomba Novomet modelo NHV(790-1000)H se encuentra dentro del rango de producción recomendado por el fabricante, sus frecuencias adecuadas de trabajo están entre 50 Hz y 90 Hz y está disponible para 235, 295, 360 y 420 etapas, por último se muestra que el consumo promedio de energía de la bomba NHV(790-1000)H es 81.18% menor al consumo de la bomba P23, concluyendo que la instalación de la bomba NHV(790-1000)H produce 695.27 BPPD de la arena U inferior mientras que la bomba P23 producía 170.63 BPPD de la arena Hollín inferior, mejorando la producción del pozo.

3.1.13 POZO SACHA 232D

El pozo Sacha 232D, se encuentra en la estación Sacha Norte 1, es un pozo direccional que produce de la arena T inferior, los datos del pozo, producción y características del fluido se presentan en la tabla 3.15.

TABLA 3.15
DATOS POZO SACHA 232D.

POZO SACHA 232D, Arena Ti		
Pr	1260	psi
IP	0.29	(bl/d/psi)
BSW	10	%
GOR	436	PCS/BF
API	28.4	°
Pb	1193	psi
Pc	110	psi
Q	174	BFPD
Ty	215	°F

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

Este pozo produce 174 BFPD con un BSW de 10%, al 1 de enero del 2018, con una bomba Novomet de tipo Power Save modelo NFV(130-250)H, serie 362.

Las características de la bomba, motor y datos de operación para el pozo Sacha 232D se presentan en la tabla 3.16.

TABLA 3.16
PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LA BOMBA BES NFV(130-250)H

BOMBA			DATOS DE PLACA MOTOR				DATOS OPERACIÓN	
Carcasas	Etapas Totales	Modelo	Cant.	HP	V	Amp.	HZ	AMP
4	456	NFV(130-250)H	1	170	3820	22	69	17

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La bomba NFV(130-250)H fue instalada el 08 de noviembre del 2016 y lleva operando 419 días hasta el 1 de enero del 2018.

En la tabla 3.17 se presenta la producción promedia del pozo Sacha 232D, con la bombas TD100 instalada anteriormente y la bomba NFV(130-250)H.

TABLA 3.17
PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 232D

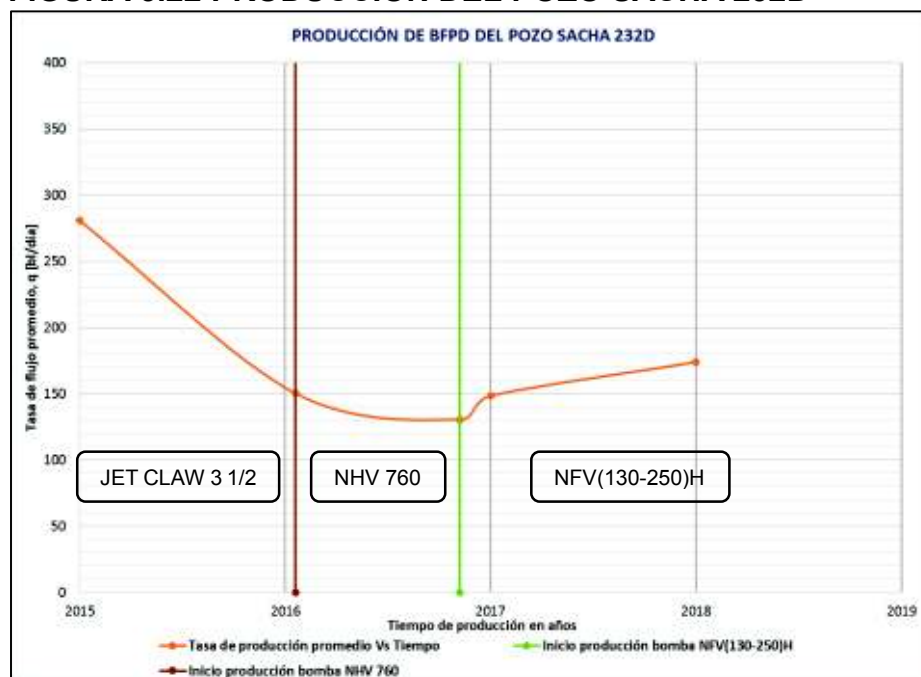
PERIODO	PRODUCCIÓN PROMEDIO BFPD	TIPO DE BES
23/06/2015 – 26/11/2015	280.87	JET CLAW 3 1/2
16/01/2016 – 06/10/2016	230.50	NHV 760
30/11/2016 – 01/01/2017	147.73	NFV(130-250)H

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

En la figura 3.22 se muestra la producción promedio del pozo Sacha 232D con las diferentes bombas electrosumergibles instaladas desde el año 2015.

FIGURA 3.22 PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 232D



FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal

La tabla 3.18 detalla el historial de producción, BSW, tipo de BES y frecuencia de operación de las bombas del pozo Sacha 232D, desde el 23 de junio del 2015 hasta el 1 de enero del 2018.

TABLA 3.18
HISTORIAL DE PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 232D

FECHA	PRODUCCIÓN BFPD	PRODUCCIÓN BPPD	PROMEDIO BPPD	BSW %	TIPO DE BOMBA	FRECUENCIA Hz	
23/06/2015	341	337.59		1.00	JET CLAW 3 1/2		
29/06/2015	279	270.63		3.00	JET CLAW 3 1/2		
06/07/2015	279	265.05		5.00	JET CLAW 3 1/2		
27/07/2015	247	222.30		10.00	JET CLAW 3 1/2		
06/08/2015	260	234.00		10.00	JET CLAW 3 1/2		
29/08/2015	287	258.30		10.00	JET CLAW 3 1/2		
03/09/2015	279	251.10		10.00	JET CLAW 3 1/2		
13/09/2015	287	258.30		10.00	JET CLAW 3 1/2		
30/09/2015	265	238.50		10.00	JET CLAW 3 1/2		
04/10/2015	296	266.40		10.00	JET CLAW 3 1/2		
11/10/2015	287	258.30		10.00	JET CLAW 3 1/2		
31/10/2015	275	247.50		10.00	JET CLAW 3 1/2		
06/11/2015	288	259.20		10.00	JET CLAW 3 1/2		
21/11/2015	274	246.60		10.00	JET CLAW 3 1/2		
26/11/2015	269	242.10		10.00	JET CLAW 3 1/2		
25/12/2015	Cambio de bombeo hidráulico a bombeo electrosurgible.						
05/01/2016	0	0					
16/01/2016	278	222.01	195.63	20.14	NHV 760	51.00	
28/01/2016	224	179.00		20.09	NHV 760	51.00	
18/02/2016	286	229.00		19.93	NHV 760	52.00	
25/02/2016	233	186.00		20.17	NHV 760	52.00	
16/03/2016	211	168.99		19.91	NHV 760	52.00	
17/04/2016	148	118.00		20.27	NHV 760	51.40	
13/05/2016	264	210.99		20.08	NHV 760	50.40	
25/05/2016	242	194.01		19.83	NHV 760	51.50	
04/06/2016	194	175.01		9.79	NHV 760	51.50	
29/06/2016	234	211.00		9.83	NHV 760	51.80	
08/07/2016	207	186.01		10.14	NHV 760	51.80	
19/07/2016	215	193.01		10.23	NHV 760	50.90	
07/08/2016	220	198.00		10.00	NHV 760	50.90	
27/08/2016	306	275.00		10.13	NHV 760	50.00	
07/09/2016	282	254.00		9.93	NHV 760	51.60	
06/10/2016	144	130.00		9.72	NHV 760	47.50	
15/10/2016	0	0					
30/11/2016	99	89.10			10.00	NFV(130-250)H	40.00
31/12/2016	162	145.80		10.00	NFV(130-250)H	40.00	

CONTINUACIÓN TABLA 3.18

31/01/2017	94	84.98	132.95	9.60	NFV(130-250)H	40.00
29/02/2017	130	117.00		10.00	NFV(130-250)H	40.00
31/03/2017	148	133.05		10.10	NFV(130-250)H	40.00
30/04/2017	166	149.07		10.20	NFV(130-250)H	40.00
31/05/2017	144	130.03		9.70	NFV(130-250)H	40.00
30/06/2017	135	120.96		10.40	NFV(130-250)H	40.00
31/07/2017	134	120.60		10.00	NFV(130-250)H	69.00
31/08/2017	134	120.60		10.00	NFV(130-250)H	69.00
30/09/2017	174	156.60		10.00	NFV(130-250)H	69.00
31/10/2017	174	156.60		10.00	NFV(130-250)H	69.00
30/11/2017	174	156.60		10.00	NFV(130-250)H	69.00
31/12/2017	174	156.60		10.00	NFV(130-250)H	69.00
01/01/2018	174	156.60		10.00	NFV(130-250)H	69.00

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

De los datos presentados en la tabla 3.18 se observa que el pozo Sacha 232D antes de producir con bombas Novomet producía mediante bombeo hidráulico, luego producía con la bomba NHV 760 un promedio de 195.63 BPPD a una frecuencia de 51.08 Hz y un BSW de 15.02%, mientras que la bomba NFV(130-250)H produce un promedio de 132.95 BPPD a una frecuencia de 53.53 Hz con un BSW de 10%.

En la figura 3.23 se muestra gráficamente el historial de producción presentado en la tabla 3.18, correspondiente al pozo Sacha 232D.

FIGURA 3.23 HISTORIAL DE PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 232D

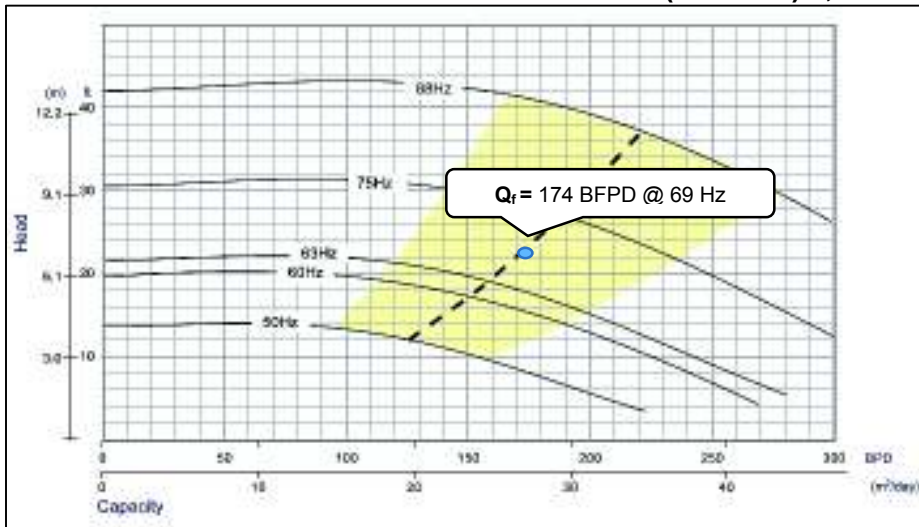
FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La figura 3.24 muestra el análisis de la curva de la bomba NFV(130-250)H, la cual opera dentro del rango de producción recomendado por el fabricante, a la frecuencia de 69 Hz, el punto mínimo y máximo de operación son de 133 BFPD a 215 BFPD respectivamente.

Las frecuencias adecuadas para la bomba NFV(130-250)H están entre 50Hz y 88 Hz.

FIGURA 3.24 ANÁLISIS DE LA BOMBA NFV(130-250)H, POZO SACHA 232D



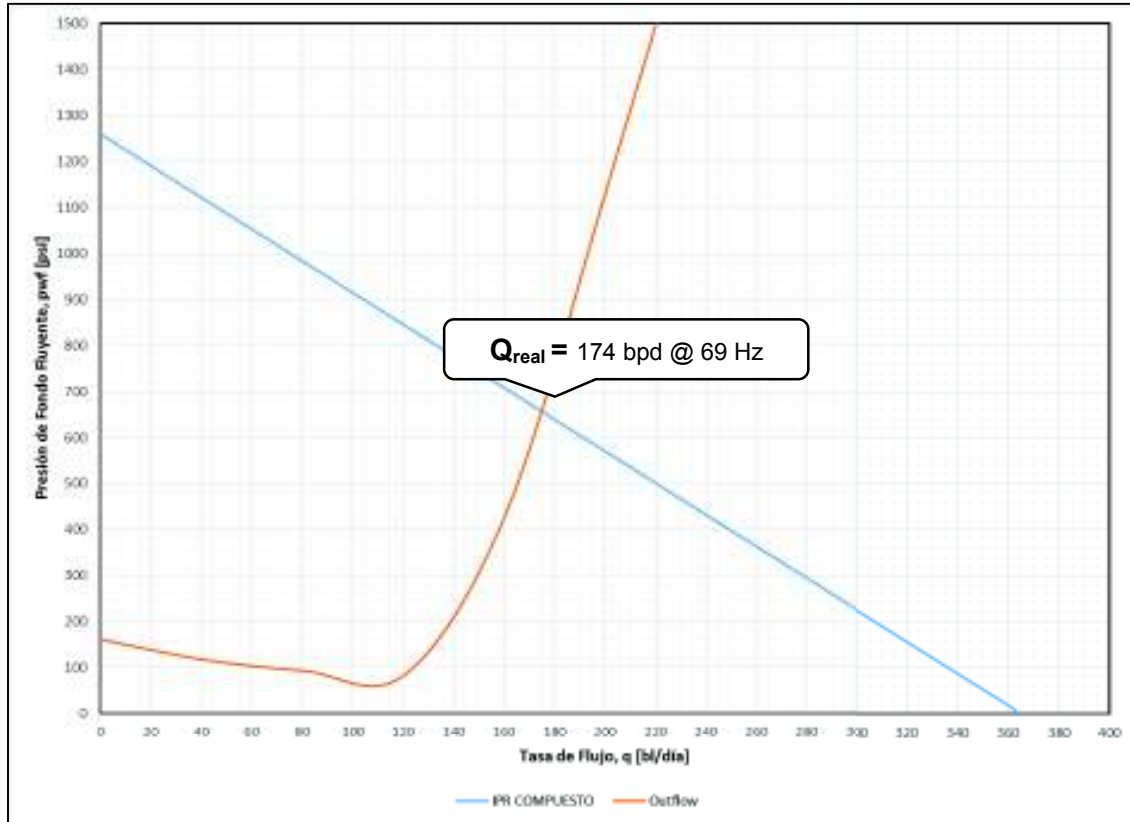
FUENTE: Manual, Novomet.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

3.1.14 ANÁLISIS NODAL DEL POZO SACHA 232D

El análisis nodal al fondo del pozo Sacha 232D, se muestra en la figura 3.25.

El pozo Sacha 232D, produce 174 BFPD a una frecuencia de 69 Hz, con una presión de 660 psi. Este pozo produce el 47.94% de su potencial.

FIGURA 3.25 CURVA INFLOW Y OUTFLOW DEL POZO SACHA 232D



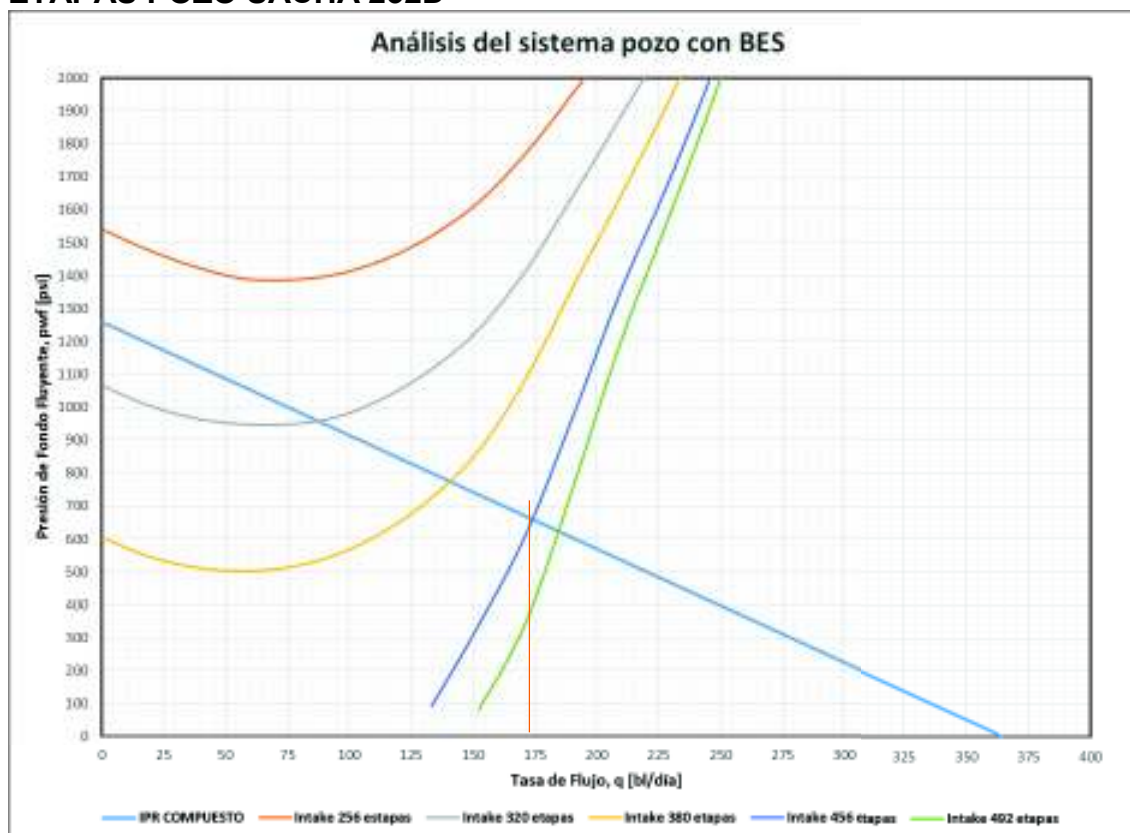
FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

A continuación se muestra un análisis del sistema pozo con bombeo electrosumergible a diferentes etapas de la bomba NFV(130-250)H en la figura 3.26.

La bomba Novomet modelo NFV(130-250)H de cuatro carcadas está disponible para 256, 320, 380, 456 y 492 etapas.

FIGURA 3.26 ANÁLISIS DEL SISTEMA POZO CON BES A DIFERENTES ETAPAS POZO SACHA 232D

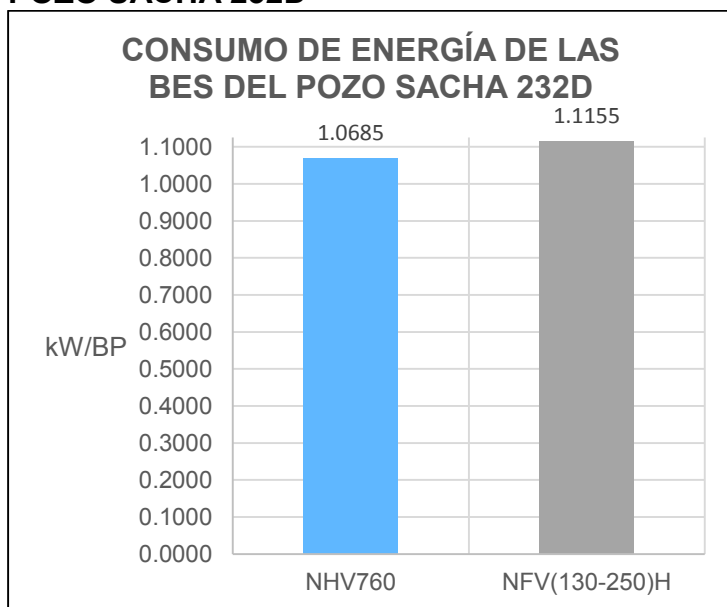


FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La figura 3.27 muestra el consumo promedio de energía de las diferentes bombas electrosumergibles que fueron instaladas en el pozo Sacha 232, desde el 16 de enero del 2016 hasta el 1 de enero del 2018, de acuerdo con la información de Petroamazonas EP.

De la figura 3.27 se obtiene que el consumo de energía de la bomba NFV(130-250)H es 4.21% más que el consumo de energía de la bomba NHV760.

FIGURA 3.27 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LAS BOMBAS DEL POZO SACHA 232D



FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

En resumen, el pozo Sacha 232D, produce 174 BFPD con un BSW de 10% al 1 de enero del 2018, en la tabla 3.17 se observa que el pozo ha disminuido su producción en 82.77 BFPD, pero en su historial de producción se muestra que la bomba NHV760 a 51 Hz produjo un caudal mayor al caudal de petróleo actual de la bomba NFV(130-250)H a 69 Hz, en el análisis de la figura 3.24 se tiene que la bomba Novomet modelo NFV(130-250)H se encuentra dentro del rango de producción recomendado por el fabricante, sus frecuencias adecuadas de trabajo están entre 50 Hz y 88 Hz y está disponible para 256, 320, 380,456 y 492 etapas, por último se presenta la figura 3.27 que muestra que el consumo promedio de energía de la bomba NFV(130-250)H es 9.46% más que el consumo de la bomba NHV760, concluyendo que la instalación de la bomba NFV(130-250) no mejora la producción del pozo, ya que el pozo con la bomba NHV760 producía 195.63 BPPD y con la bomba NFV(130-250) produce 132.95 BPPD.

3.1.15 POZO SACHA 251D

El pozo Sacha 251D, se encuentra en la estación Sacha Norte 1 es un pozo direccional que produce de la arena Hollín inferior, los datos del pozo, producción y características del fluido se presentan en la tabla 3.19.

TABLA 3.19
DATOS POZO SACHA 251D

POZO SACHA 251D, Arena Hi		
Pr	3900	psi
IP	0.95	(bl/d/psi)
BSW	84	%
GOR	24	PCS/BF
API	27.4	°
Pb	121	psi
Pc	130	psi
Q	1740	BFPD
Ty	225	°F

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

Este pozo produce 1740 BFPD con un BSW de 59%, al 1 de enero del 2018, con una bomba Novomet de tipo Power Save modelo NH(1600-2300)H, serie 406.

Las características de la bomba, motor y datos de operación para el pozo Sacha 251D se presentan en la tabla 3.20.

TABLA 3.20
PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LA BOMBA NH(1600-2300)H DEL POZO SACHA 251D

BOMBA			DATOS DE PLACA MOTOR				DATOS OPERACIÓN	
Carcasas	Etapas totales	Modelo	Cant.	HP	V	Amp.	HZ	AMP
3	159	NH(1600-2300)H	1	270	3980	51	63	16

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La bomba NH(1600-2300)H fue instalada el 22 de junio del 2017, operando 815 días hasta el 1 de enero del 2018.

En la tabla 3.21 se presenta la producción promedio del pozo Sacha 251D, con la bomba P23 instalada anteriormente y la bomba NH(1600-2300)H.

**TABLA 3.21
PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 251D**

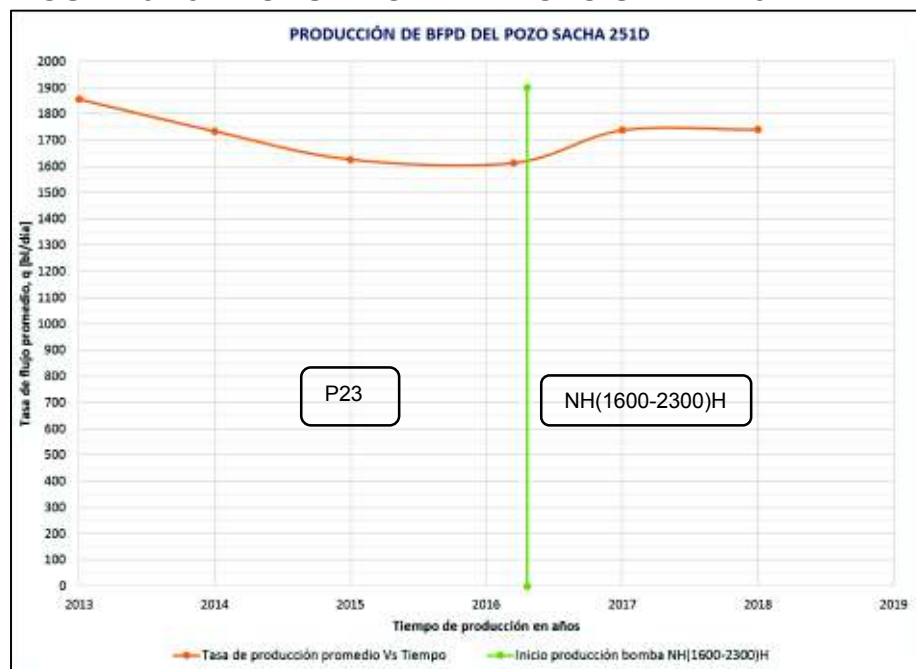
PERIODO	PRODUCCIÓN PROMEDIO BFPD	TIPO DE BES
25/02/2013 - 29/02/2016	1777.27	P23
31/03/2016/ - 01/01/2018	1677.43	NH(1600-2300)H

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

En la figura 3.28 se muestra la producción promedio del pozo Sacha 251D con las diferentes bombas electrosumergibles instaladas desde el año 2013.

FIGURA 3.28 PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 251D



FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

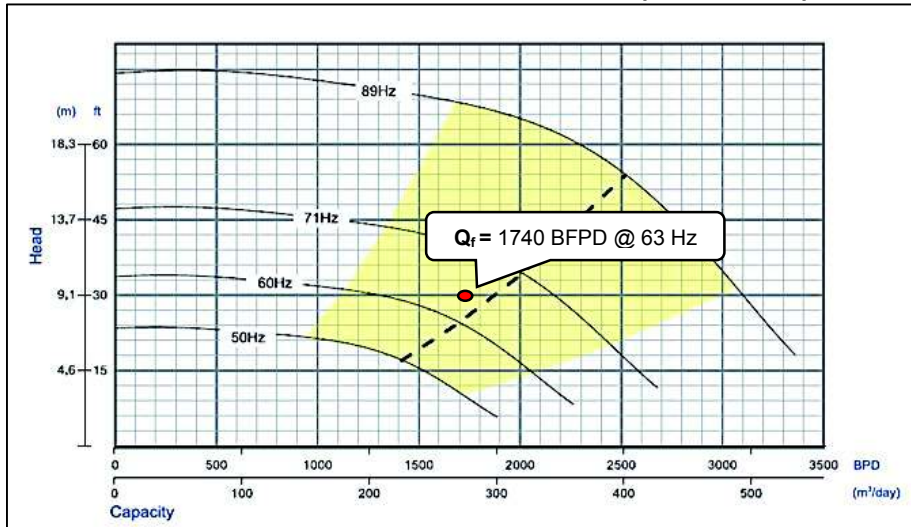
La tabla 3.22 detalla el historial de producción, BSW, tipo de BES y frecuencia de operación de las bombas del pozo Sacha 127, desde el 22 de julio del 2015 hasta el 31 de enero del 2018.

TABLA 3.22
HISTORIAL DE PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 251D

FECHA	PRODUCCIÓN BFPD	PRODUCCIÓN BPPD	PROMEDIO BPPD	BSW %	TIPO DE BOMBA	FRECUENCIA Hz
25/02/2013	1986	1191.60	734.17	40	P 23	55
15/03/2013	1992	1195.20		40	P 23	58
10/04/2013	1854	1112.40		40	P 23	58
05/05/2013	1938	1162.80		40	P 23	58
22/06/2013	1956	899.76		54	P 23	59
27/07/2013	1811	833.06		54	P 23	60
08/08/2013	1979	910.34		54	P 23	60
05/09/2013	1671	768.66		54	P 23	60
11/10/2013	1671	768.66		54	P 23	60
07/11/2013	1778	817.88		54	P 23	60
17/12/2013	1774	745.08		58	P 23	60
24/01/2014	1810	760.20		58	P 23	60
23/02/2014	1810	760.20		58	P 23	60
20/03/2014	1811	760.62		58	P 23	60
16/04/2014	1731	727.02		58	P 23	60
28/05/2014	1731	727.02		58	P 23	60
09/06/2014	1731	727.02		58	P 23	60
24/07/2014	1721	585.14		66	P 23	60
17/08/2014	1721	585.14		66	P 23	60
18/09/2014	1626	422.76		74	P 23	60
13/10/2014	1550	403.00	74	P 23	60	
30/11/2014	1773	460.98	74	P 23	60	
31/12/2014	1792	465.92	74	P 23	60	
31/12/2015	1626	422.76	74	P 23	60	
31/01/2016	1697	441.22	74	P 23	60	
29/02/2016	1669	433.94	74	P 23	60	
31/03/2016	1497	389.22	295.37	74	NH(1600-2300)H	60
30/04/2016	1489	387.14		74	NH(1600-2300)H	60
31/05/2016	1574	346.28		78	NH(1600-2300)H	60
30/06/2016	1574	346.28		78	NH(1600-2300)H	60
31/07/2016	1579	315.80		80	NH(1600-2300)H	60
31/08/2016	1749	349.80		80	NH(1600-2300)H	60
30/09/2016	1574	251.84		84	NH(1600-2300)H	60
31/10/2016	1574	251.84		84	NH(1600-2300)H	60
30/11/2016	1643	262.88		84	NH(1600-2300)H	60
31/12/2016	1736	277.76		84	NH(1600-2300)H	60

La figura 3.30 muestra el análisis de la curva de la bomba NH(1600-2300)H, la cual opera dentro del rango de producción recomendado por el fabricante, a la frecuencia de 63 Hz, el punto mínimo y máximo de operación son de 500 BFPD a 1050 BFPD respectivamente.

FIGURA 3.30 ANÁLISIS DE LA BOMBA NH(1600-2300)H, POZO SACHA 251D



FUENTE: Manual, Novomet.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

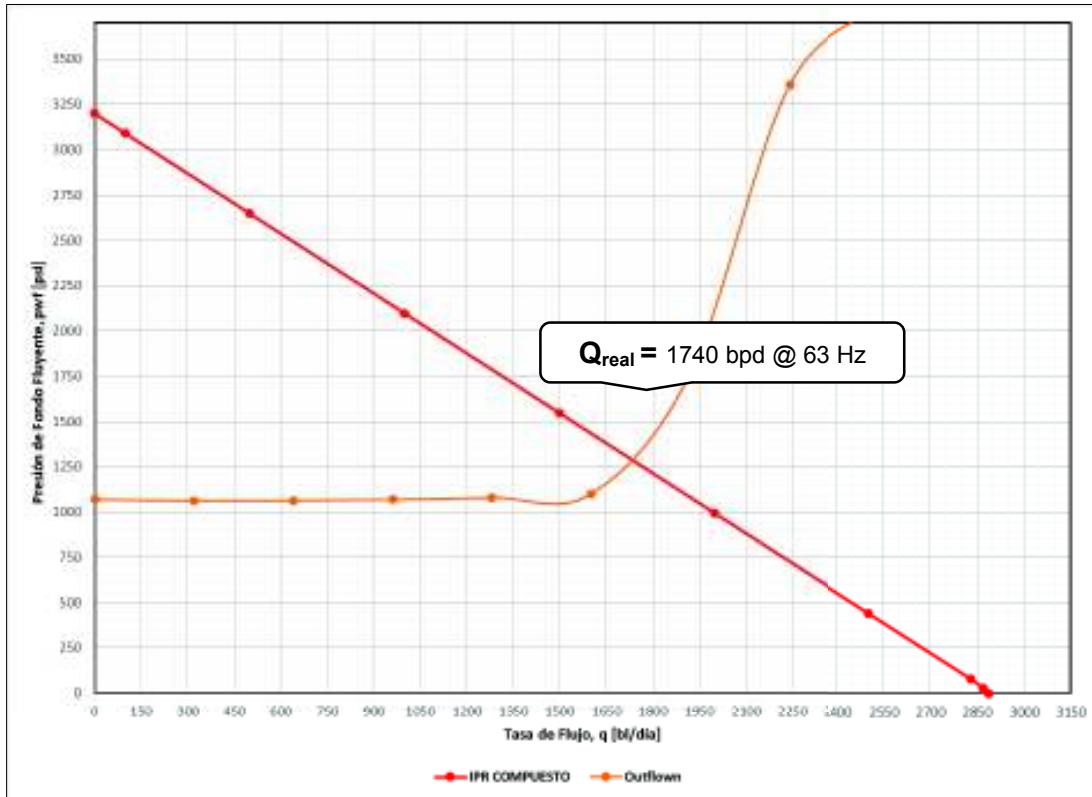
Las frecuencias adecuadas para la bomba NH(1600-2300)H están entre 50Hz y 89 Hz.

3.1.16 ANÁLISIS NODAL DEL POZO SACHA 251D

El análisis nodal al fondo del pozo Sacha 251D, se muestra en la figura 3.31.

El pozo Sacha 251D, produce 1740 BFPD a una frecuencia de 60 Hz a una presión de 1880 psi. Este pozo produce el 51.64% de su potencial.

FIGURA 3.31 CURVA INFLOW Y OUTFLOW DEL POZO SACHA 251D

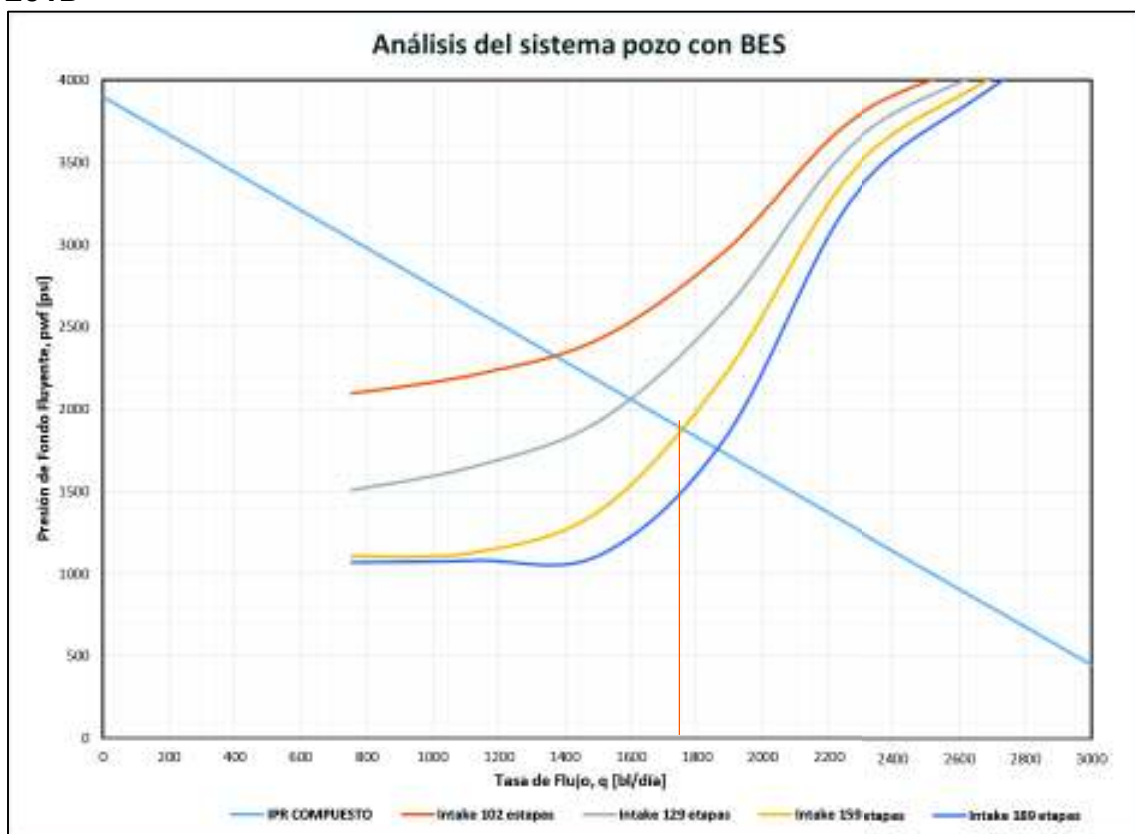


FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

A continuación se muestra un análisis del sistema pozo con bombeo electrosumergible a diferentes etapas de la bomba NH(1600-2300)H en la figura 3.32.

La bomba Novomet modelo NH(1600-2300)H de tres carcassas está disponible para 102, 129, 159 y 189 etapas.

FIGURA 3.32 ANÁLISIS DEL SISTEMA POZO CON BES DEL POZO SACHA 251D

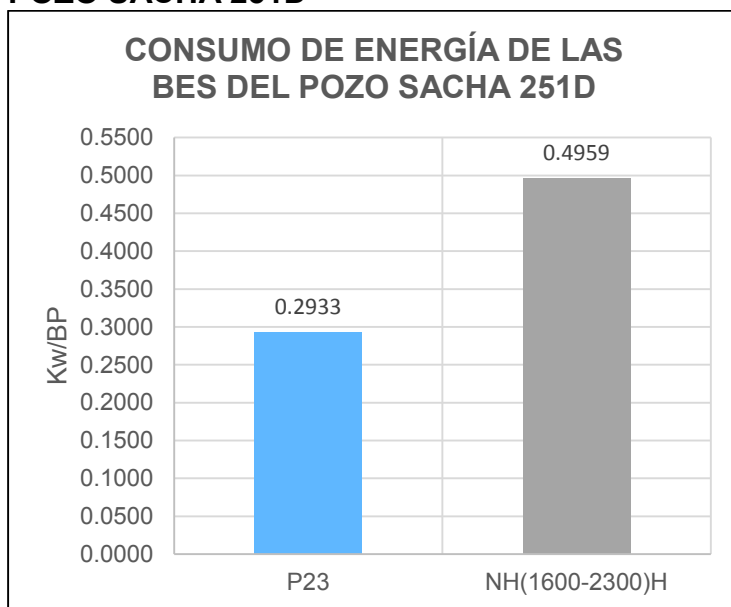


FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La figura 3.33 muestra el consumo de energía de las diferentes bombas electrosumergibles que fueron instaladas en el pozo Sacha 251D, desde el 22 de febrero del 2013 hasta el 1 de enero del 2018, de acuerdo con la información de Petroamazonas EP.

De la figura 3.33 se obtiene que el consumo de energía de la bomba NH(1600-2300)H es 40.86% mayor que el consumo energía de la bomba P23.

FIGURA 3.33 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LAS BOMBAS DEL POZO SACHA 251D



FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

En resumen, el pozo Sacha 251D, produce 1677.43 con un BSW de 84% al 1 de enero del 2018, en la tabla 3.23 se observa que el pozo ha disminuido su producción en 438.8 BFPD, en su historial de producción se muestra que la bomba P23 a 60 Hz produjo un caudal mayor al caudal actual de la bomba NH(1600-2300)H a 63 Hz, el análisis de la figura 3.30 muestra que la bomba Novomet tipo Power Save modelo NH(1600-2300)H se encuentra dentro del rango de producción recomendado por el fabricante, sus frecuencias adecuadas de trabajo están entre 50 Hz y 89 Hz y está disponible para 102, 129, 159 y 189 etapas, por último se presenta la figura 3.34 que muestra que el consumo promedio de energía de la bomba NH(1600-2300)H es 40.86% más que el consumo de la bomba P23, concluyendo que la instalación de la bomba NH(1600-2300)H no mejora la producción del pozo Sacha 251D, ya que el pozo con la bomba P23 producía 734.17 BPPD y con la bomba NH(1600-2300)H produce 295.37 BPPD.

3.1.17 POZO SACHA 385D

El pozo Sacha 385D, se encuentra en la estación Sacha Sur, es un pozo direccional que produce de la arena T Inferior, teniendo como datos los que se presenta en la tabla 3.23.

**TABLA 3.23
DATOS POZO SACHA 385D.**

POZO SACHA 385D, Arena Ti		
Pr	900	psi
IP	0.52	(bl/d/psi)
BSW	89	%
GOR	436	PCS/BF
API	28.4	°
Pb	1698.54	psi
Pc	10	psi
Q	143	BFPD
Ty	215	°F

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

Este pozo produce 143 BFPD con un BSW de 89%, al 1 de enero del 2018, con una bomba Novomet de tipo Power Save modelo NFV(130-250)H, serie 362.

Las características de la bomba, motor y datos de operación para el pozo Sacha 385D se presentan en la tabla 3.24.

**TABLA 3.24
PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LA BOMBA NFV(130-250)H DEL POZO SACHA 385D**

BOMBA			DATOS DE PLACA MOTOR				DATOS OPERACIÓN	
Carcasas	Etapas totales	Modelo	Cant.	HP	V	Amp.	HZ	AMP
5	570	NFV(130-250)H	1	135	3150	34.2	48	27

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La bomba NFV(130-250)H fue instalada fue instalada el 17 de agosto del 2017, esta bomba lleva operando 137 días hasta el 1 de enero del 2018.

En la tabla 3.25 se presenta la producción promedio del pozo Sacha 385D, con las bombas D460N, NHV200 instaladas anteriormente y la bomba NFV(130-250)H.

**TABLA 3.25
PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 385D**

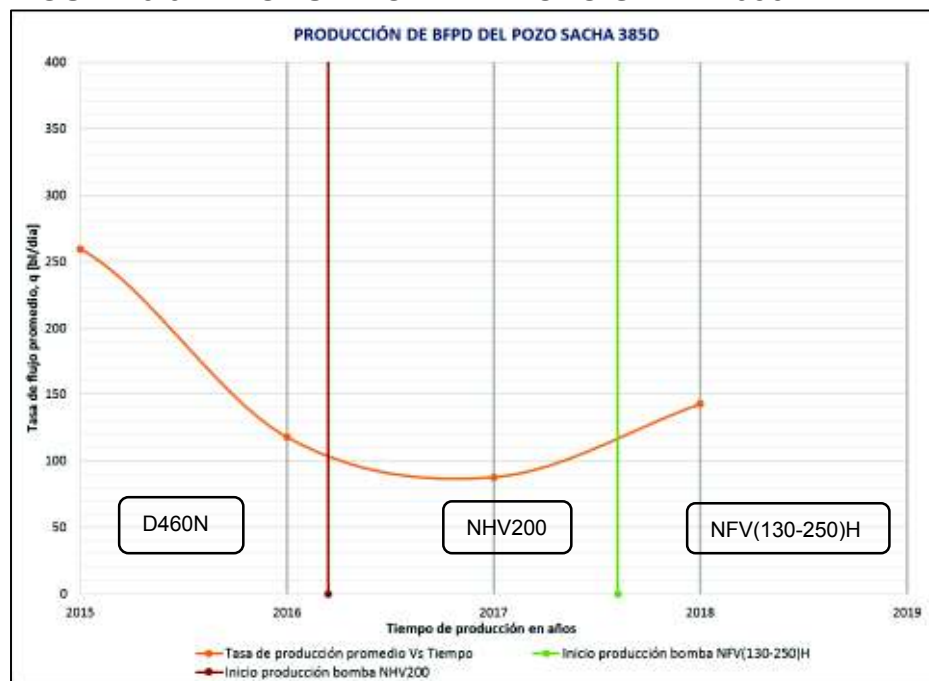
PERIODO	PRODUCCIÓN PROMEDIO BFPD	TIPO DE BES
27/01/2014 - 20/02/2016	258.00	D460N
31/03/2016 - 31/07/2017	102.24	NHV200
31/08/2017 - 01/01/2018	76.67	NFV(130-250)H

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

En la figura 3.34 se muestra la producción promedio del pozo Sacha 385D con las diferentes bombas electrosumergibles instaladas desde el año 2015.

FIGURA 3.34 PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 385D



FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La tabla 3.26 detalla el historial de producción, BSW, tipo de BES y frecuencia de operación de las bombas del pozo Sacha 385, desde el 27 de octubre del 2014 hasta el 01 de enero del 2018.

TABLA 3.26
HISTORIAL DE PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 385D

FECHA	PRODUCCIÓN BFPD	PRODUCCIÓN BPPD	PROMEDIO BPPD	BSW %	TIPO DE BES	FRECUENCIA Hz	
27/10/2014	275	247.5	258	10	D460N	52	
15/11/2014	269	242.1		10	D460N	52	
26/12/2014	312	280.8		10	D460N	52	
28/01/2015	298	268.2		10	D460N	52	
18/02/2015	282	253.8		10	D460N	52	
14/03/2015	272	244.8		10	D460N	52	
16/04/2015	312	280.8		10	D460N	52	
29/05/2015	240	218.4		9	D460N	52	
26/06/2015	248	225.68		9	D460N	52	
22/07/2015	256	232.96		9	D460N	52	
31/08/2015	268	243.88		9	D460N	52	
25/09/2015	236	214.76		9	D460N	52	
28/10/2015	240	218.4		9	D460N	52	
27/11/2015	226	205.66		9	D460N	52	
24/12/2015	237	215.67		9	D460N	52	
18/01/2016	228	207.48		9	D460N	52	
20/02/2016	187	170.17		9	D460N	52	
31/03/2016	48	16.992		120.24	11.7	NHV200	45
30/04/2016	84	29.988			11.7	NHV200	45
31/05/2016	94	83.002			11.7	NHV200	45
30/06/2016	105	91.98	12.4		NHV200	46	
31/07/2016	101	88.981	11.9		NHV200	46	
31/08/2016	108	95.04	12		NHV200	47	
30/09/2016	118	103.84	12		NHV200	47	
31/10/2016	118	103.84	12		NHV200	47	
30/11/2016	116	102.08	12		NHV200	47	
31/12/2016	109	95.92	12		NHV200	47	
31/01/2017	111	97.68	12		NHV200	47	
29/02/2017	105	92.4	12		NHV200	47.5	
31/03/2017	105	91.98	12.4		NHV200	47.5	
30/04/2017	104	92.04	11.5		NHV200	47.5	
31/05/2017	104	92.04	11.5		NHV200	47.5	
30/06/2017	104	92.04	11.5		NHV200	47.5	
31/07/2017	104	92.04	11.5		NHV200	47.5	
31/08/2017	71	39.76	76.77	44	NFV(130-250)H	65	
30/09/2017	71	56.8		20	NFV(130-250)H	65	

CONTINUACIÓN TABLA 3.26

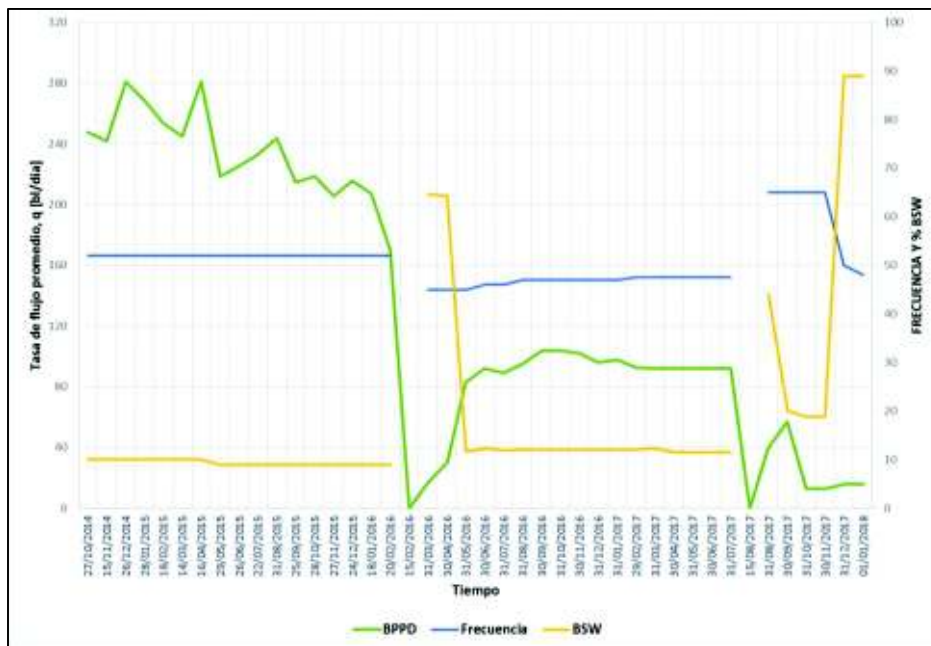
31/10/2017	16	12.992		18.8	NFV(130-250)H	65
30/11/2017	16	12.992		18.8	NFV(130-250)H	65
31/12/2017	143	15.73		89	NFV(130-250)H	50
01/01/2018	143	15.73		89	NFV(130-250)H	50

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

De los datos presentados en la tabla 3.26 se obtiene que la bomba D460N producía un promedio de 258 BPPD a una frecuencia de 52 Hz y un BSW de 9% y 10%, la bomba NH200 producía 102.24 BFPD a una frecuencia de 45 Hz y 47.5 Hz y un BSW 11.7% y 12.4%, mientras que la bomba NFV(130-250)H produce un promedio de 76.77 BPPD a una frecuencia de 47.4 Hz y 65 Hz con un BSW de 44% a 89%.

En la figura 3.35 se muestra gráficamente el historial de producción presentado en la tabla 3.26, correspondiente al pozo Sacha 385D.

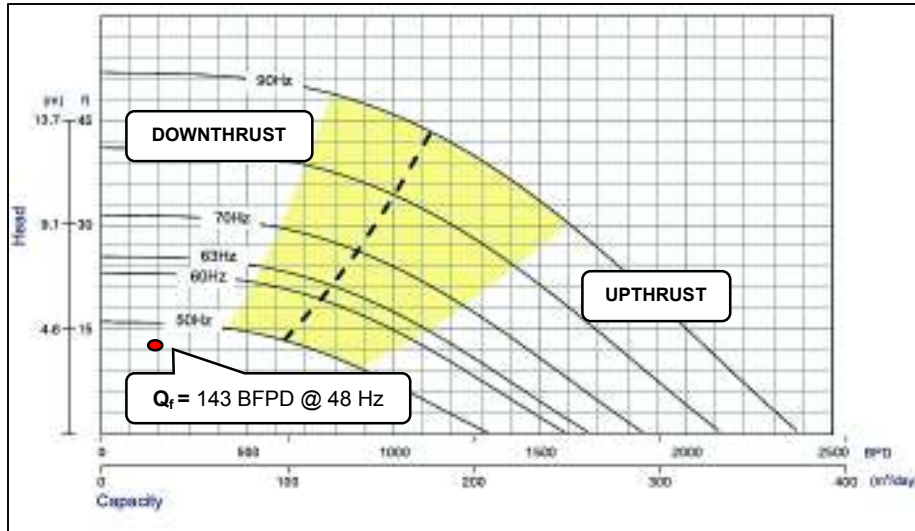
FIGURA 3.35 HISTORIAL DE PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 385D

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La figura 3.36 muestra el análisis de la curva de la bomba NFV(130-250)H, la cual produce 143 BFP, se encuentra fuera del rango de producción recomendado por el fabricante, a la frecuencia de 50 Hz, el punto mínimo y máximo de operación en la curva de 50Hz son de 405 BFPD a 900 BFPD respectivamente.

FIGURA 3.36 ANÁLISIS DE LA BOMBA NFV(130-250)H, POZO SACHA 385D



FUENTE: Manual, Novomet.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

Las frecuencias adecuadas de producción para la bomba NFV(130-250)H están entre 50Hz y 90 Hz.

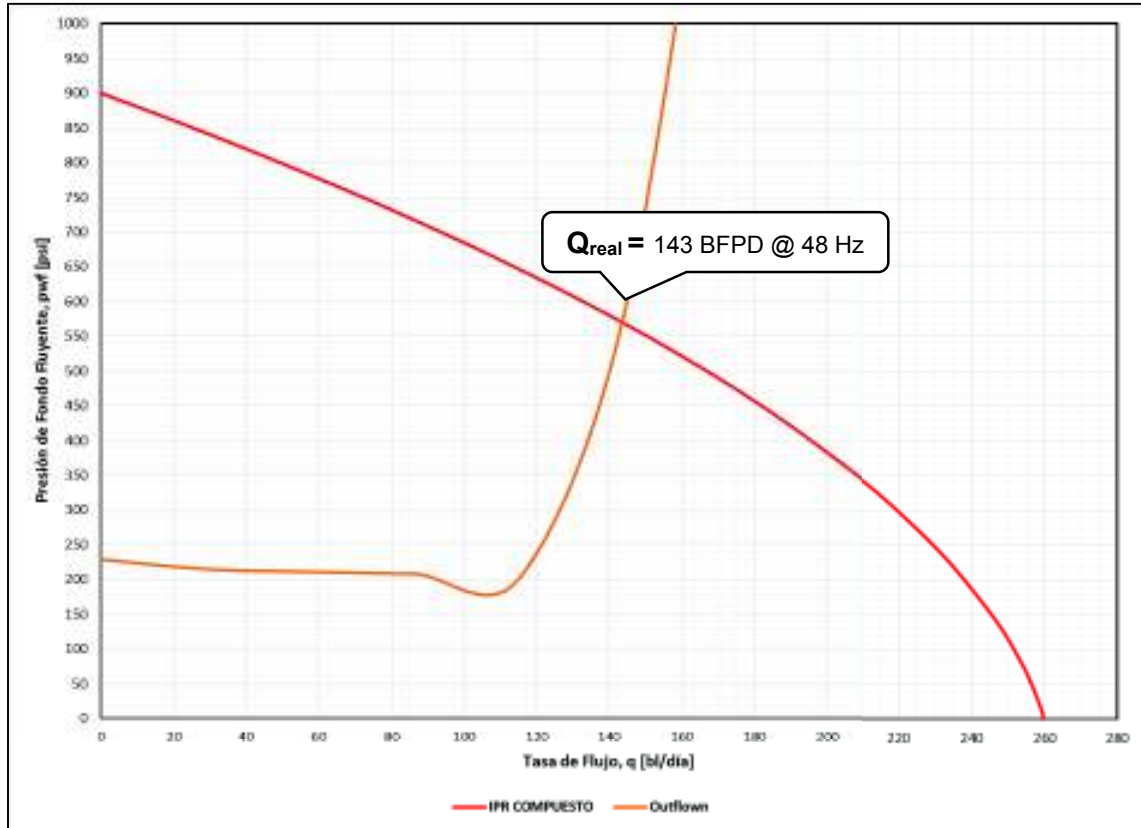
Al comparar la producción real de 143 BFPD con la producción óptima de 610 BFPD de la figura 3.36, se obtiene que hay una pérdida de producción de 76.56%, la bomba NFV(130-250)H opera en la región de Downthrust, teniendo un desgaste por empuje descendente, disminuyendo el tiempo de vida útil del equipo, incrementando el consumo de energía y a la vez los costos de operación.

3.1.18 ANÁLISIS NODAL DEL POZO SACHA 385D

El análisis nodal al fondo del pozo Sacha 385D, se muestra en la figura 3.37.

El pozo Sacha 385D, produce 143 BFPD a una frecuencia de 48 Hz. Este pozo produce el 55% de su potencial.

FIGURA 3.37 CURVA DE INFLOW Y OUTFLOW DEL POZO SACHA 385D

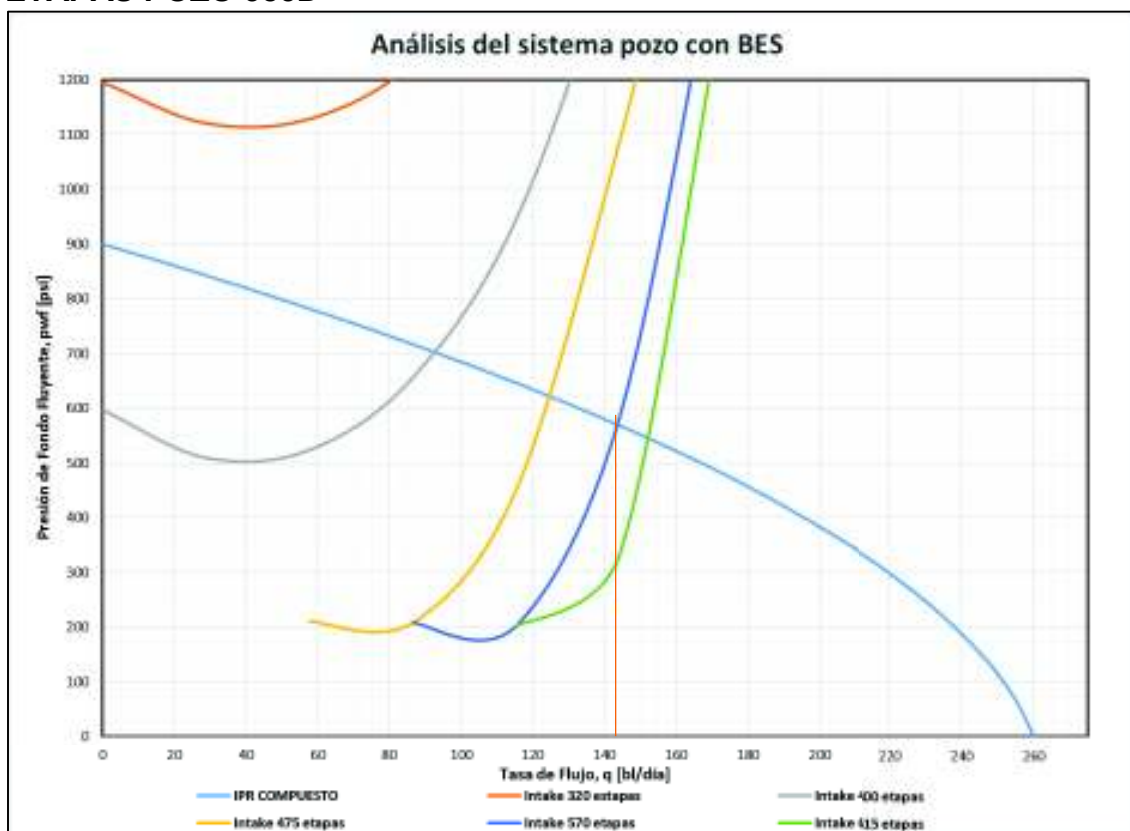


FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

A continuación se muestra un análisis del sistema pozo con bombeo electrosumergible a diferentes etapas de la bomba NFV(130-250)H en la figura 3.38.

La bomba Novomet modelo NFV(130-250)H de tres carcassas está disponible para 320, 400, 475, 570 y 615 etapas.

FIGURA 3.38 ANÁLISIS DEL SISTEMA POZO CON BES A DIFERENTES ETAPAS POZO 385D



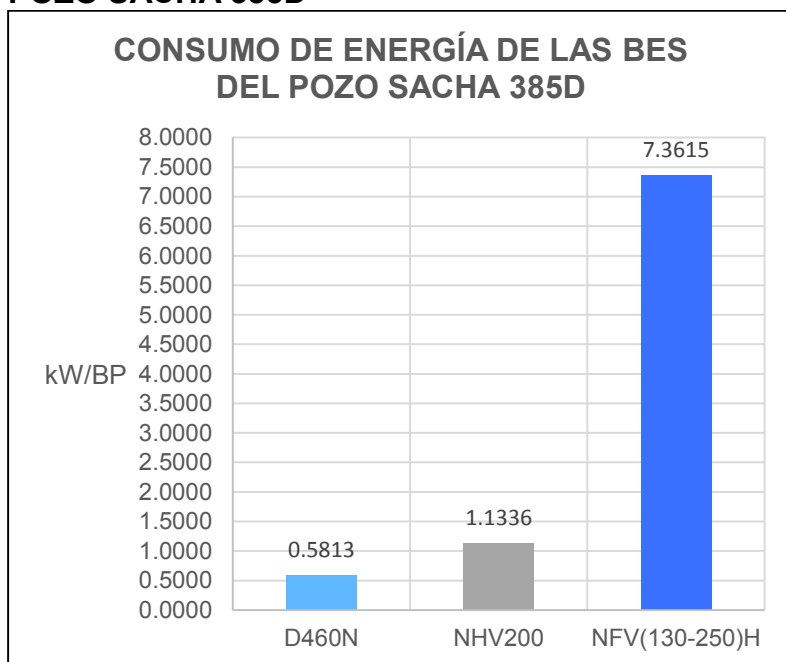
FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La figura 3.39 muestra el consumo de energía de las diferentes bombas electrosumergibles que fueron instaladas en el pozo Sacha 385, desde el 27 de octubre del 2014 hasta el 1 de enero del 2018, de acuerdo con la información de Petroamazonas EP.

De la figura 3.39 se obtiene que el consumo de energía de la bomba NFV(130-250)H es 84.60% más que el consumo energía de la bomba NHV200. Esto se da debido a que la bomba está produciendo por empuje descendente.

FIGURA 3.39 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LAS BOMBAS DEL POZO SACHA 385D



FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

En resumen, el pozo Sacha 385D, produce 143 BFPD con un BSW de 89% al 1 de enero del 2018, en la tabla 3.25 se observa que el pozo ha disminuido notablemente su producción con respecto a la producción de las bombas anteriormente instaladas, en el análisis de la figura 3.36 se tiene que la bomba Novomet modelo NFV(130-250)H se encuentra fuera del rango de producción recomendado por el fabricante, operando en la región de Downthrust, las frecuencias adecuadas de trabajo para la bomba NFV(130-250)H están entre 50 Hz y 90 Hz y está disponible para 320, 400, 475, 570 y 615 etapas, por último se muestra que el consumo promedio de energía de la bomba NFV(130-250)H es 84.60% más que el consumo de las bombas instaladas anteriormente, concluyendo que la instalación de la bomba NFV(130-250)H no mejora la producción del pozo Sacha 385D, más bien este pozo genera un aumento en los costos operativos de producción.

3.1.19 POZO SACHA 441D

El pozo Sacha 441D, se encuentra en la estación Sacha Norte 1, es un pozo direccional que produce de la arena Hollín superior, los datos del pozo, producción y características del fluido se presentan en la tabla 3.27.

TABLA 3.27
DATOS POZO SACHA 441D

POZO SACHA 441D, Arena Hs		
Pr	3700	psi
IP	0.39	(bl/d/psi)
BSW	12.40	%
GOR	124	PCS/BF
API	22.8	°
Pb	550	psi
Pc	60	psi
Q	910	BFPD
Ty	225	°F

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

Este pozo produce 910 BFPD con un BSW de 12.40%, al 1 de enero del 2018, con una bomba Novomet de tipo Power Save modelo NHV(790-1000)H, serie 406.

Las características de la bomba, motor y datos de operación para el pozo Sacha 441D se presentan en la tabla 3.28.

TABLA 3.28
PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LA BOMBA NHV(790-1000)H DEL POZO SACHA 441D

BOMBA			DATOS DE PLACA MOTOR				DATOS OPERACIÓN	
Carcasas	Etapas totales	Modelo	Cant.	HP	V	Amp.	HZ	AMP
3	252	NHV(790-1000)H	1	135	3150	21.3	66	12.5

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La bomba NHV(790-1000)H fue instalada el 31 de octubre del 2017, esta bomba lleva operando 61 días hasta el 1 de enero del 2018.

En la tabla 3.29 se presenta la producción promedia del pozo Sacha 441D, con la bombas D1150N instalada anteriormente y la bomba NHV(790-1000).

TABLA 3.29
PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 441D

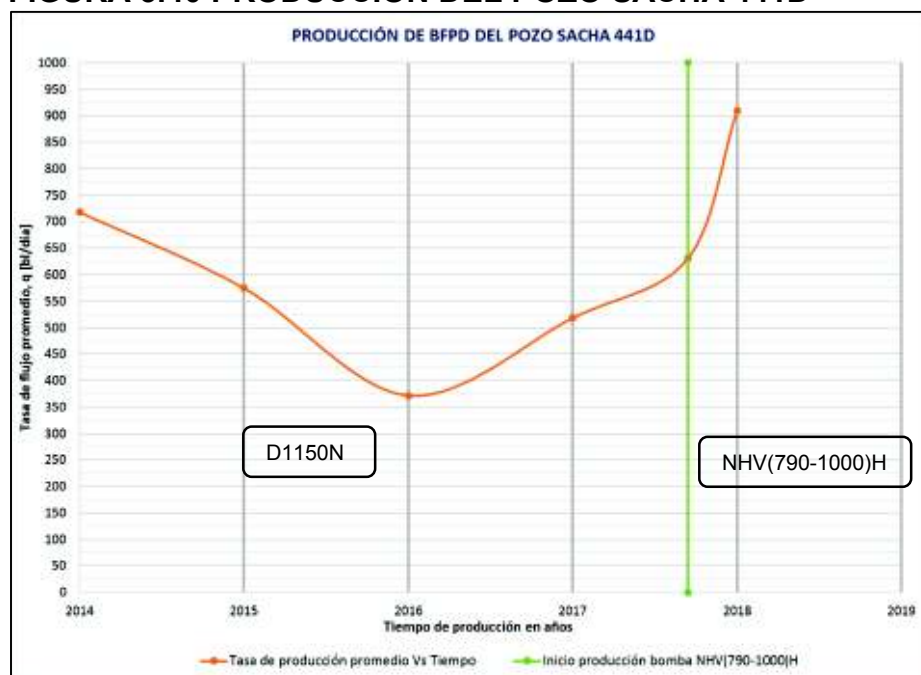
PERIODO	PRODUCCIÓN PROMEDIO BFPD	TIPO DE BES
26/10/2014 - 30/09/2017	488.55	D1150N
31/10/2017 - 01/01/2018	925.50	NHV(790-1000)H

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

En la figura 3.40 se muestra la producción promedio del pozo Sacha 441D con las diferentes bombas electrosumergibles instaladas desde el año 2014.

FIGURA 3.40 PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 441D



FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La tabla 3.30 detalla el historial de producción, BSW, tipo de BES y frecuencia de operación de las bombas del pozo Sacha 441D, desde el 26 de octubre del 2014 hasta el 01 de enero del 2018.

TABLA 3.30
HISTORIAL DE PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 441D

FECHA	PRODUCCIÓN BFPD	PRODUCCIÓN BPPD	PROMEDIO BPPD	BSW %	TIPO DE BES	FRECUENCIA Hz
26/10/2014	780	702.00	463.85	10.00	D1150N	52
13/11/2014	732	659.02		9.97	D1150N	52
28/12/2014	642	577.99		9.97	D1150N	52
28/01/2015	658	592.00		10.03	D1150N	52
28/02/2015	648	583.01		10.03	D1150N	52
27/03/2015	642	577.99		9.97	D1150N	52
28/04/2015	606	544.98		10.07	D1150N	52
29/06/2015	564	507.21		10.07	D1150N	52
30/07/2015	534	480.23		10.07	D1150N	52
30/08/2015	532	478.43		10.07	D1150N	52
30/09/2015	562	505.41		10.07	D1150N	53
23/10/2015	534	480.23		10.07	D1150N	53
29/11/2015	534	480.23		10.07	D1150N	53
28/12/2015	504	453.25		10.07	D1150N	54
29/01/2016	504	453.25		10.07	D1150N	54
26/02/2016	446	401.09		10.07	D1150N	54
30/03/2016	466	419.07		10.07	D1150N	54
30/04/2016	435	391.20		10.07	D1150N	54
28/05/2016	434	390.30		10.07	D1150N	54
04/06/2016	420	377.71		10.07	D1150N	54
29/07/2016	384	345.33		10.07	D1150N	54
04/08/2016	336	302.16		10.07	D1150N	54
06/08/2016	340	305.76		10.07	D1150N	54
09/08/2016	360	323.75		10.07	D1150N	54
10/08/2016	394	354.32		10.07	D1150N	54
27/08/2016	336	302.16		10.07	D1150N	55
21/09/2016	280	251.80		10.07	D1150N	55
27/10/2016	288	259.00		10.07	D1150N	55
30/11/2016	274	246.41		10.07	D1150N	55
25/12/2016	250	224.83		10.07	D1150N	55
30/01/2017	222	199.64		10.07	D1150N	56
31/03/2017	624	561.16		10.07	D1150N	45
30/04/2017	555	499.11	10.07	D1150N	45	
31/05/2017	555	499.11	10.07	D1150N	45	
30/06/2017	555	499.11	10.07	D1150N	45	
31/07/2017	555	499.11	10.07	D1150N	46	

CONTINUACIÓN TABLA 3.30

31/08/2017	540	485.62	810.74	10.07	D1150N	46
30/09/2017	540	485.62		10.07	D1150N	46
31/10/2017	946	828.70		12.40	NHV(790-1000)H	66
30/11/2017	936	819.94		12.40	NHV(790-1000)H	66
31/12/2017	910	797.16		12.40	NHV(790-1000)H	66
31/01/2018	910	797.16		12.40	NHV(790-1000)H	66

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

De los datos presentados en la tabla 3.30 se obtiene que la bomba D1150N producía un promedio de 463.85 BPPD a una frecuencia de 45 Hz a 56 Hz y un BSW promedio de 4.53%, mientras que la bomba NHV(790-1000)H produce un promedio de 810.74 BPPD a una frecuencia de 66 Hz con un BSW de 12.40%.

En la figura 3.41 se muestra gráficamente el historial de producción presentado en la tabla 3.30, correspondiente al pozo Sacha 441D.

FIGURA 3.41 HISTORIAL DE PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 441D

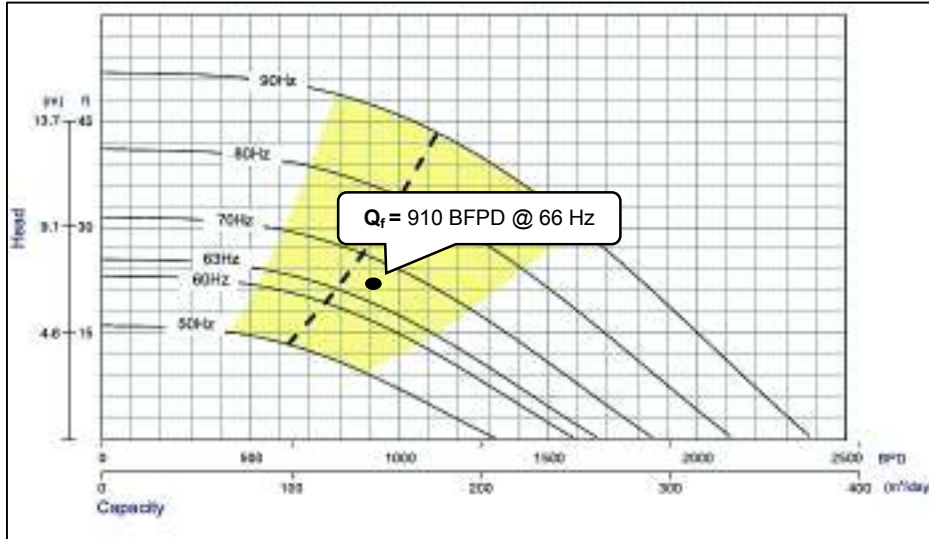
FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La figura 3.42 muestra el análisis de la curva de la bomba NHV(790-1000)H, la cual opera dentro del rango de producción recomendado por el fabricante, a la

frecuencia de 66 Hz, el punto mínimo y máximo de operación son de 580 BFPD a 2080 BFPD respectivamente.

FIGURA 3.42 ANÁLISIS DE LA BOMBA NHV(790-1000)H, POZO SACHA 441D



FUENTE: Manual, Novomet.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

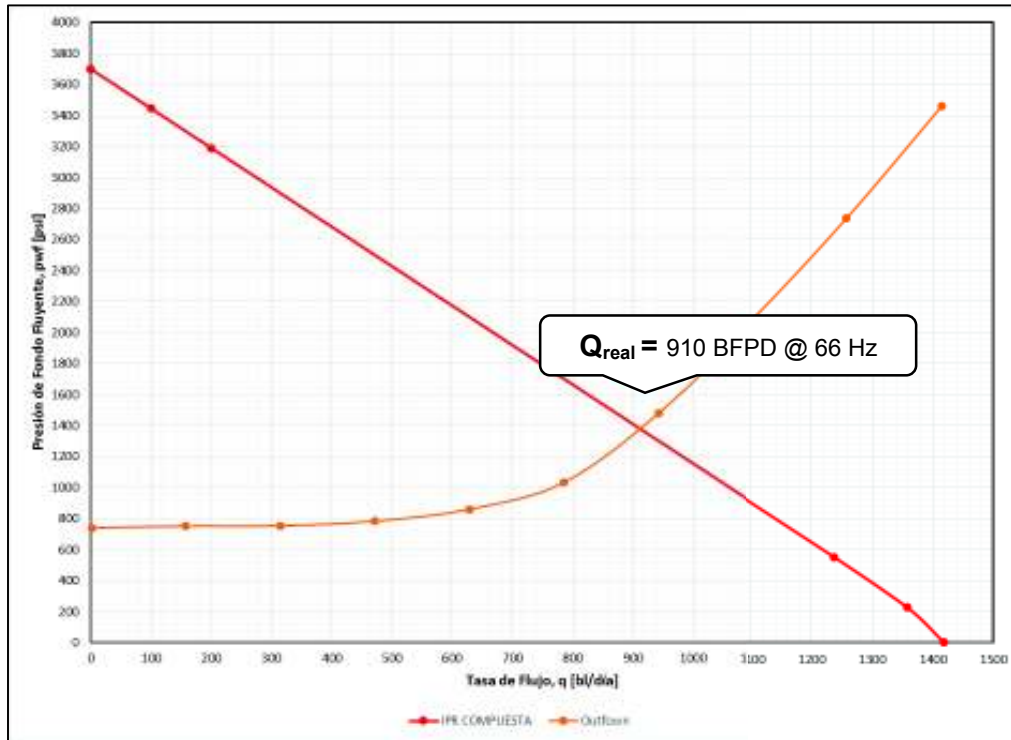
Las frecuencias adecuadas de producción para la bomba NHV(790-1000)H están entre 50Hz y 90 Hz.

3.1.20 ANÁLISIS NODAL DEL POZO SACHA 441D

El análisis nodal al fondo del pozo Sacha 441D, se muestra en la figura 3.43.

El pozo Sacha 441D, produce 910 BFPD a una frecuencia de 66 Hz. Este pozo produce el 64.15% de su potencial.

FIGURA 3.43 CURVA INFLOW Y OUTFLOW DEL POZO SACHA 441D

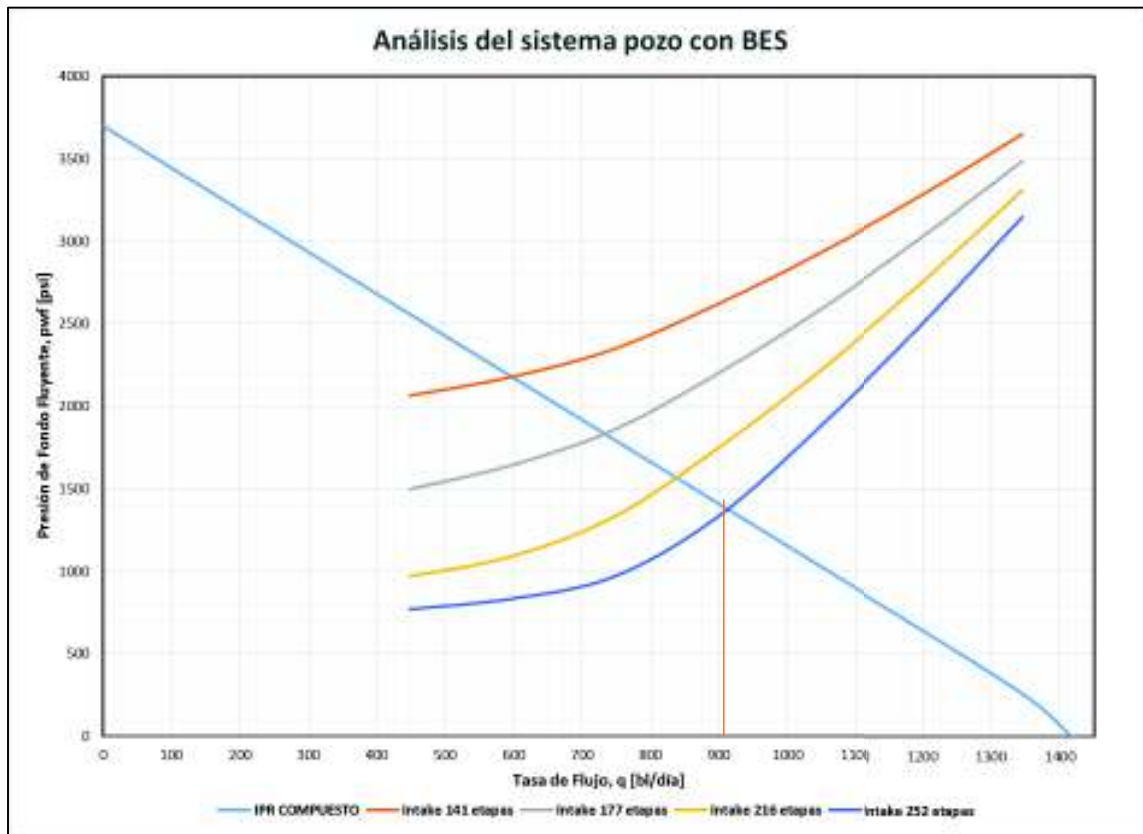


FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

A continuación se muestra un análisis del sistema pozo con bombeo electrosumergible a diferentes etapas de la bomba NHV(790-1000)H en la figura 3.44.

La bomba Novomet modelo NHV(790-1000)H de tres carcadas está disponible para 141, 177, 216 y 252 etapas.

FIGURA 3.44 ANÁLISIS DEL SISTEMA POZO CON BES A DIFERENTES ETAPAS POZO SACHA 441D

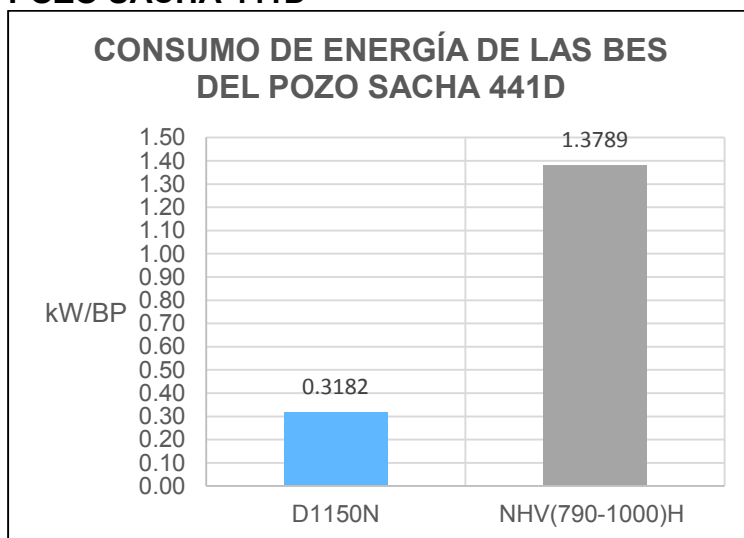


FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La figura 3.45 muestra el consumo de energía de las diferentes bombas electrosumergibles que fueron instaladas en el pozo Sacha 441D, desde el 26 de octubre del 2014 hasta el 1 de enero del 2018, de acuerdo con la información de Petroamazonas EP.

De la figura 3.45 se obtiene que el consumo de energía de la bomba NHV(790-1000)H es 76.92% mayor que el consumo energía de la bomba D1150N.

FIGURA 3.45 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LAS BOMBAS DEL POZO SACHA 441D



FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

En resumen, el pozo Sacha 441D, produce 910 BFPD con un BSW de 12.40% al 1 de enero del 2018, en la tabla 3.29 se observa que el pozo ha incrementado su producción en 436.95 BFPD, pero en el historial de producción se muestra que la bomba D1150N a 45 Hz y 56 Hz produjo un caudal menor al caudal actual de la bomba NHV(790-1000)H a 66 Hz, en el análisis de la figura 3.42 se muestra que la bomba Novomet modelo NHV(790-1000)H se encuentra dentro del rango de producción recomendado por el fabricante, sus frecuencias adecuadas de trabajo están entre 50 Hz y 90 Hz y está disponible para 141, 177, 216 y 252 etapas, por último se muestra que el consumo promedio de energía de la bomba NHV(790-1000)H es 76.92% más que el consumo de la bomba D1150N, concluyendo que la instalación de la bomba NHV(790-1000)H mejora la producción del pozo Sacha 441D, ya que el pozo con la bomba D1150N producía 439.44 BPPD y la bomba NHV(790-1000)H produce 810.74 BPPD.

3.1.21 POZO SACHA 457D

El pozo Sacha 457D, se encuentra en la estación Sacha Norte 2, es un pozo direccional que produce de la arena Hollín superior, los datos del pozo, producción y características del fluido se presentan en la tabla 3.31

TABLA 3.31
DATOS POZO SACHA 457D

POZO SACHA 457D, Arena Hs		
Pr	4000	psi
IP	0.37	(bl/d/psi)
BSW	60	%
GOR	124	PCS/BF
API	26	°
Pb	550	psi
Pc	130	psi
Q	1275	BFPD
Ty	225	°F

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

Este pozo trabaja con una bomba de la empresa Novomet de tipo Power Save modelo NF(1300-2000)H instalada el 27 de abril del 2016.

Las características de la bomba, motor y datos de operación para el pozo Sacha 457D se presentan en la tabla 3.32.

TABLA 3.32
PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LA BOMBA NF(1300-2000)H DEL POZO SACHA 457D

BOMBA			DATOS DE PLACA MOTOR				DATOS OPERACIÓN	
Carcasas	Etapas totales	Modelo	Cant.	HP	V	Amp.	HZ	AMP
4	352	NF(1300-2000)H	1	145	2340	35	58	32

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La bomba NF(1300-2000)H fue instalada el 9 de octubre del 2015, esta bomba lleva operando 815 días hasta el 1 de enero del 2018.

En la tabla 3.33 se presenta la producción promedia del pozo Sacha 457D, con la bombas P8 instalada anteriormente y la bomba NF(1300-2000)H.

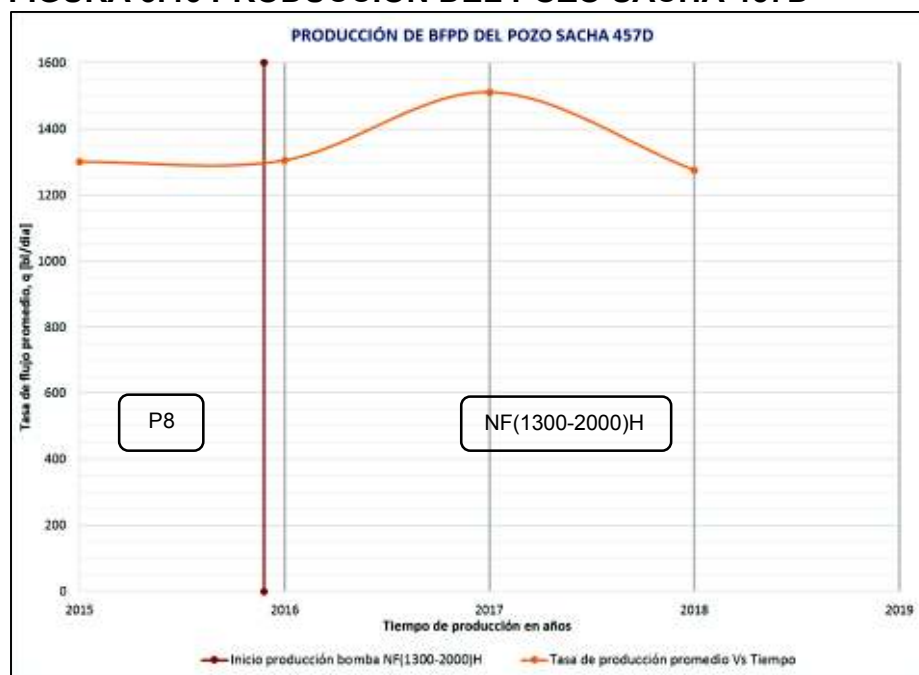
TABLA 3.33
PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 457D

PERIODO	PRODUCCIÓN PROMEDIO BFPD	PRODUCCIÓN PROMEDIO BPPD	TIPO DE BES
20/02/2015 - 14/09/2015	1072.00	980.93	P8
14/10/2015 - 01/01/2018	1446.04	1064.25	NF(1300-2000)H

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

En la figura 3.46 se muestra la producción promedio del pozo Sacha 457D con las diferentes bombas electrosumergibles instaladas desde el año 2015.

FIGURA 3.46 PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 457D



FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La tabla 3.34 detalla el historial de producción, BSW, tipo de BES y frecuencia de operación de las bombas del pozo Sacha 457D, desde el 28 de febrero del 2015 hasta el 01 de enero del 2018.

TABLA 3.34
HISTORIAL DE PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 457D

FECHA	PRODUCCIÓN BFPD	PRODUCCIÓN BPPD	PROMEDIO BPPD	BSW %	TIPO DE BES	FRECUENCIA Hz
28/02/2015	912	547.20	873.20	40.00	P8	46
03/03/2015	903	767.55		15.00	P8	46
11/06/2015	1265	1075.25		15.00	P8	46
20/07/2015	944	802.40		15.00	P8	46
29/08/2015	1245	1058.25		15.00	P8	46
14/09/2015	1163	988.55		15.00	P8	46.4
14/10/2015	1850	1295.00	1064.25	30.00	NF(1300-2000)H	57
21/11/2015	2120	2014.00		5.00	NF(1300-2000)H	57
20/01/2016	1941	1843.95		5.00	NF(1300-2000)H	57
24/02/2016	1751	1663.45		5.00	NF(1300-2000)H	57
28/03/2016	901	855.95		5.00	NF(1300-2000)H	57
19/04/2016	107	101.65		5.00	NF(1300-2000)H	57
31/05/2016	1290	1238.40		4.00	NF(1300-2000)H	57
30/06/2016	1300	1248.00		4.00	NF(1300-2000)H	57
31/07/2016	1363	1308.48		4.00	NF(1300-2000)H	57
31/08/2016	1459	1400.64		4.00	NF(1300-2000)H	57
30/09/2016	1477	1358.84		8.00	NF(1300-2000)H	57
31/10/2016	698	572.36		18.00	NF(1300-2000)H	57
30/11/2016	1687	1383.34		18.00	NF(1300-2000)H	57
31/12/2016	1687	1214.64		28.00	NF(1300-2000)H	57
31/01/2017	1682	1211.04		28.00	NF(1300-2000)H	58
29/02/2017	1670	1202.40		28.00	NF(1300-2000)H	58
31/03/2017	1872	1235.52		34.00	NF(1300-2000)H	58
30/04/2017	1663	1097.58		34.00	NF(1300-2000)H	58
31/05/2017	1525	1006.50		34.00	NF(1300-2000)H	58
30/06/2017	1525	1006.50		34.00	NF(1300-2000)H	58
31/07/2017	1525	1006.50		34.00	NF(1300-2000)H	58
31/08/2017	1450	870.00		40.00	NF(1300-2000)H	58
30/09/2017	1450	580.00		60.00	NF(1300-2000)H	58
31/10/2017	1250	500.00		60.00	NF(1300-2000)H	58
30/11/2017	1250	500.00	60.00	NF(1300-2000)H	58	
31/12/2017	1275	510.00	60.00	NF(1300-2000)H	58	
31/01/2018	1275	510.00	60.00	NF(1300-2000)H	58	

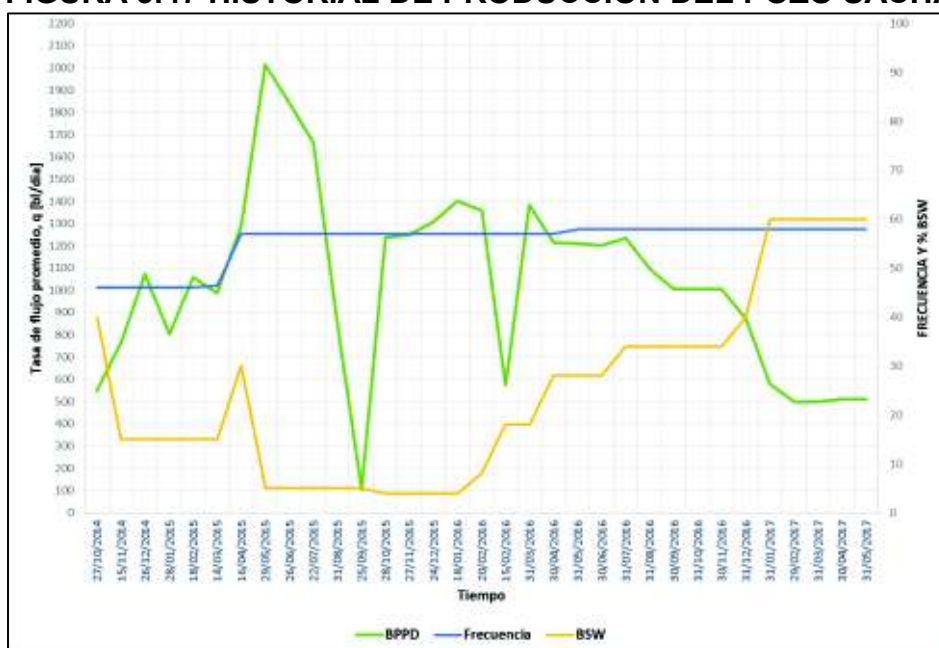
FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

De los datos presentados en la tabla 3.34 se obtiene que la bomba P8 producía un promedio de 873.20 BPPD a una frecuencia de 46 Hz y un BSW de 15%, mientras que la bomba NF(1300-2000)H produce un promedio de 1065.25 BPPD a una frecuencia de 58 Hz con un BSW que aumenta de 4% a 68%.

En la figura 3.47 se muestra gráficamente el historial de producción presentado en la tabla 3.34, correspondiente al pozo Sacha 457D.

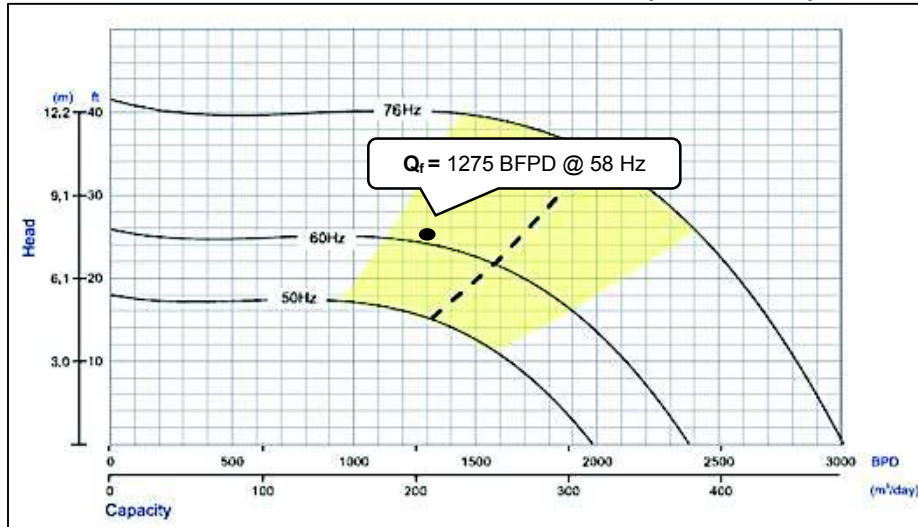
FIGURA 3.47 HISTORIAL DE PRODUCCIÓN DEL POZO SACHA 457D



FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La figura 3.48 muestra el análisis de la curva de la bomba NF(1300-2000)H, la cual opera dentro del rango de producción recomendado por el fabricante, a la frecuencia de 58 Hz, el punto mínimo y máximo de operación son de 1060 BFPD a 1850 BFPD respectivamente.

FIGURA 3.48 ANÁLISIS DE LA BOMBA NF(1300-2000)H, POZO SACHA 457D



FUENTE: Manual, Novomet.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

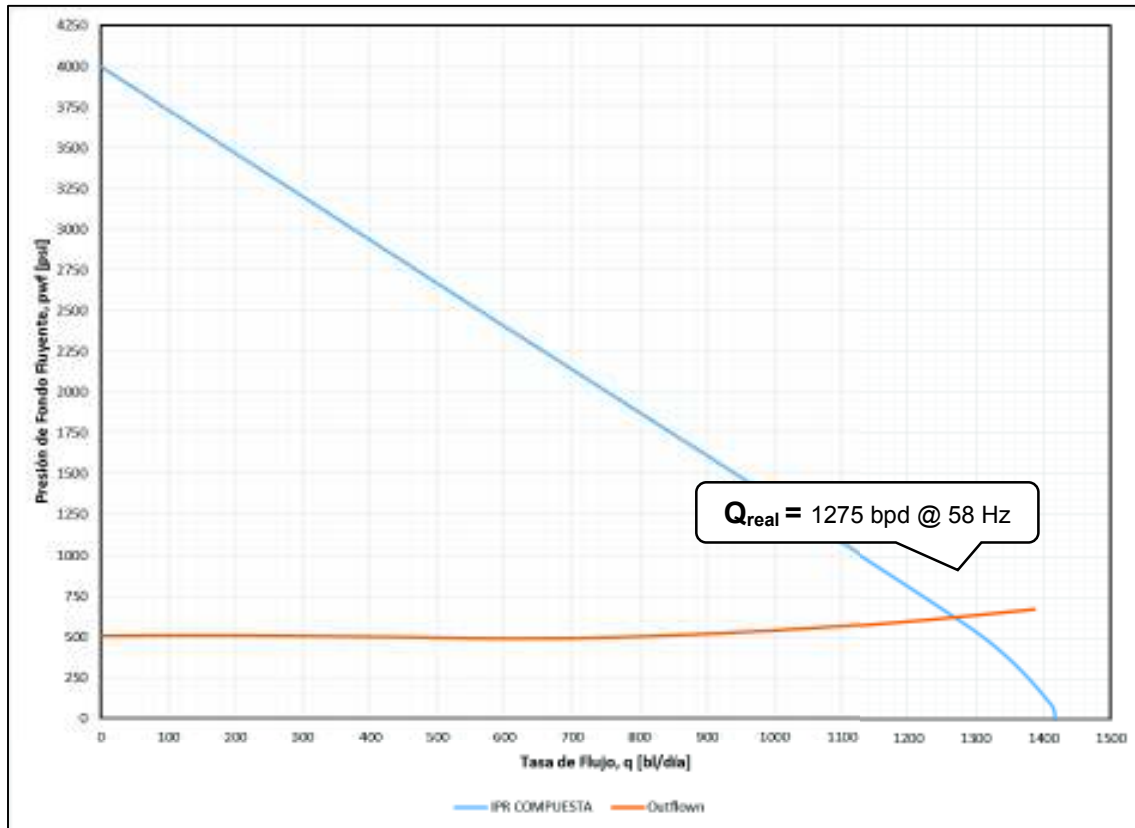
Las frecuencias adecuadas de producción para la bomba NF(1300-2000)H están entre 50Hz y 76 Hz.

3.1.22 ANÁLISIS NODAL DEL POZO SACHA 457D

El análisis nodal al fondo del pozo Sacha 457D, se muestra en la figura 3.49.

El pozo Sacha 457D, produce 1275 BFPD a una frecuencia de 58 Hz. Este pozo produce el 89.92% de su potencial.

FIGURA 3.49 CURVA INFLOW Y OUTFLOW DEL POZO SACHA 457D



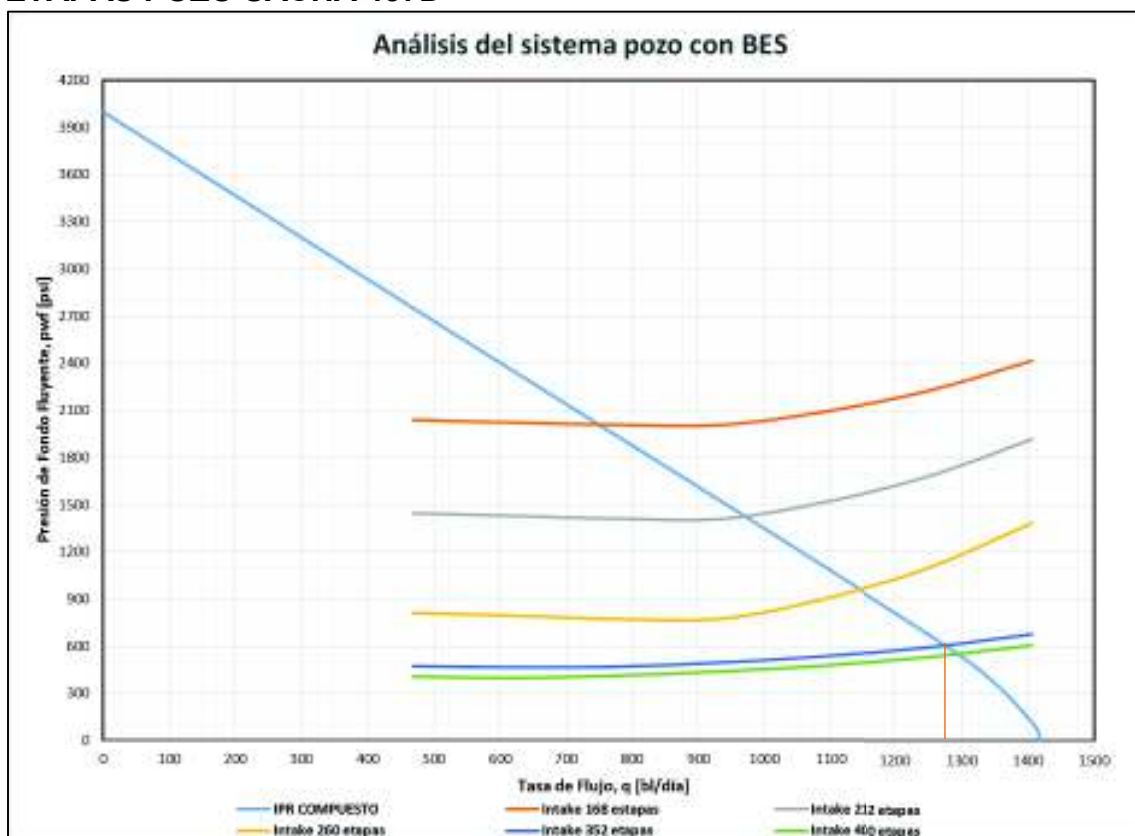
FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

A continuación se muestra un análisis del sistema pozo con bombeo electrosumergible a diferentes etapas de la bomba NF(1300-2000)H en la figura 3.50.

La bomba Novomet modelo NF(1300-2000)H de tres carcasas está disponible para 168, 212, 260, 352 y 400 etapas.

FIGURA 3.50 ANÁLISIS DEL SISTEMA POZO CON BES A DIFERENTES ETAPAS POZO SACHA 457D



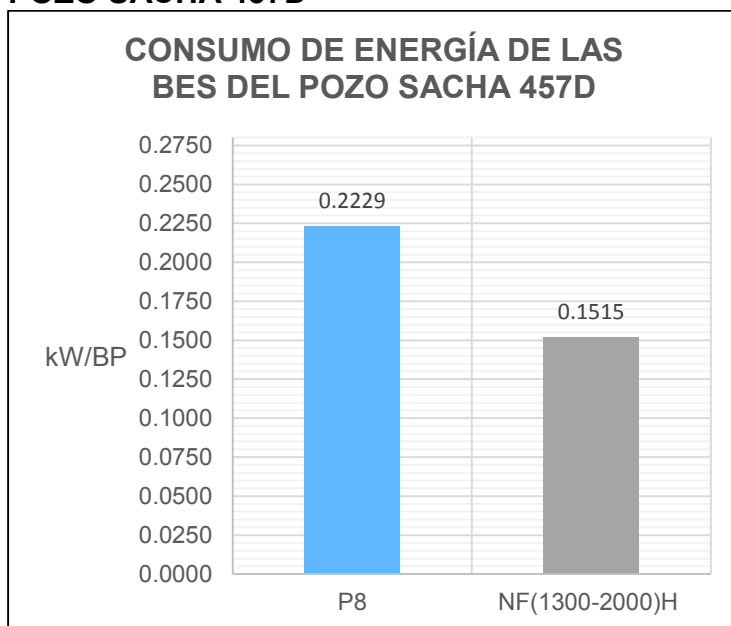
FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

La figura 3.51 muestra el consumo de energía de las diferentes bombas electrosumergibles que fueron instaladas en el pozo Sacha 457D, desde el 28 de febrero del 2015 hasta el 1 de enero del 2018, de acuerdo con la información de Petroamazonas EP.

De la figura 3.51 se obtiene que el consumo de energía de la bomba NF(1300-2000)H es 32.03% menor que el consumo energético de la bomba.

FIGURA 3.51 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LAS BOMBAS DEL POZO SACHA 457D



FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.
ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

En resumen, el pozo Sacha 457D, produce 1275 BFPD con un BSW de 60% al 1 de enero del 2018, en la tabla 3.33 se observa que el pozo ha incrementado su producción en 374.04 BFPD, del análisis de la figura 3.48 se tiene que la bomba Novomet modelo NF(1300-2000)H se encuentra dentro del rango de producción recomendado por el fabricante, sus frecuencias adecuadas de trabajo están entre 50 Hz y 76 Hz y está disponible para 168, 212, 260 352 y 400 etapas, por último se muestra que el consumo promedio de energía de la bomba NF(1300-2000)H es 32.03% menos que el consumo de la bomba P8, concluyendo que la instalación de la bomba NF(1300-2000)H mejora la producción de petróleo del pozo Sacha 457D, ya que el pozo con la bomba P8 producía 873.20 BPPD y la bomba NF(1300-2000)H produce 1064.25 BPPD.

3.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

La evaluación de un proyecto tiene como objetivo principal contribuir en la toma de decisiones acerca del beneficio que este puede aportar ya sea a corto plazo o largo plazo, mediante el uso de indicadores financieros como: valor actual neto (VAN),

tasa interno de retorno (TIR), relación beneficio-costo (B/C) y tiempo de recuperación de la inversión (TRI).

Con los resultados del análisis se podrá determinar si el proyecto es factible o no.

Algunas variables que se debe tomar en cuenta son:

- Precio de venta del petróleo
- Costo operativo de producción
- Declinación anual del campo Sacha

Se realizan dos tipos de análisis económicos el primer cálculo se hace basándose en la producción de los pozos desde la fecha de la implementación del sistema de bombeo electrosumergible con tecnología Power Save hasta el 31 de diciembre del 2017. Y el segundo análisis basándose en la optimización del sistema de levantamiento dependiendo de los resultados obtenidos del análisis nodal realizado.

3.2.1 TÉRMINOS GENERALES

3.2.1.1 Inversión

Es la aplicación de recursos económicos que se realiza en el presente con el fin de incrementar los activos fijos o financieros de una empresa.

3.2.1.2 Costo

En producción es el valor de un conjunto de bienes y servicios que se utiliza para obtener un producto terminado. En el proyecto es el valor en dólares que le cuesta a la empresa producir un barril de petróleo.

Los costos se clasifican por el comportamiento en su volumen de producción en:

3.2.1.2.1 Costo fijo

Son aquellos que no dependen de su volumen de producción, permanecen fijos o constantes, por ejemplo: sueldo de los empleados, alquiler de torres de perforación o de reacondicionamiento.

3.2.1.2.2 *Costo Variable*

Son aquellos que dependen de la producción, por ejemplo la energía eléctrica, mientras más se produce petróleo, más energía eléctrica se consume.

3.2.1.2.3 *Costos Totales*

Es la suma de los costos fijos y de los costos variables en un determinado periodo de tiempo.

3.2.1.3 *Valor actual neto (VAN)*

Es un indicador financiero que nos permite analizar la conveniencia de un proyecto mediante el cálculo de los diferentes flujos de fondo que se realizan en un tiempo descontados en la actualidad, a este valor se le llama valor actual neto del proyecto.

Para su cálculo se utiliza el flujo de fondos neto que es la diferencia entre los ingresos y los egresos periodo a periodo.

Utilizando una tasa de interés que permite actualizar el valor del dinero llamada tasa de descuento, esta tasa es fijada por la persona que evalúa el proyecto.

Para su cálculo se usa la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{k=0}^n \frac{F_k}{(1+d)^k} = F_0 + \frac{F_1}{(1+d)^1} + \frac{F_2}{(1+d)^2} + \frac{F_3}{(1+d)^3} + \dots + \frac{F_n}{(1+d)^n} \quad (3.1)$$

Donde:

VAN= Valor actual neto

n= periodo de análisis

F= Flujo de caja

d= tasa de actualización o tasa de descuento

Se considera que el proyecto es viable si el VAN es positivo.

Si VAN (+), se debe ejecutar el proyecto.

Si VAN (0), el proyecto es irrelevante puede ejecutarse o no.

Si VAN (-), no se debe ejecutar el proyecto.

3.2.1.4 Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno representa la máxima rentabilidad que se puede obtener en un proyecto, resultado de la reinversión de los flujos netos efectivos.

Es la tasa de la fórmula de valor actual neto igualada a cero, si el resultado es mayor a la tasa de descuento, el proyecto se debe ejecutar, caso contrario se debe rechazar.

Para obtener la tasa interna de retorno se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{k=0}^n \frac{F_k}{(1+d)^k} = F_0 + \frac{F_1}{(1+d)^1} + \frac{F_2}{(1+d)^2} + \frac{F_3}{(1+d)^3} + \dots + \frac{F_n}{(1+d)^n} = 0 \quad (3.2)$$

Donde:

d= tasa interna de retorno

F= flujo de fondos neto

Se debe considerar la primera respuesta real positiva.

3.2.1.5 Relación beneficio costo (B/C)

Es un método financiero que permite analizar el grado de desarrollo y bienestar que un proyecto puede generar a la comunidad, consiste en dividir el valor presente de los ingresos para el valor presente de los egresos.

Para esto se utiliza la siguiente fórmula:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum VP(+)}{\sum VP(-)} = \frac{\frac{F_2}{(1+d)^2} + \frac{F_3}{(1+d)^3} + \frac{F_4}{(1+d)^4}}{F_0 + \frac{F_1}{(1+d)^1}} \quad (3.3)$$

Donde:

VP (+)= Valor presente de los ingresos

VP (-)= Valor presente de los egresos

F= Flujo de fondos neto

d= tasa de descuento

Viabilidad del proyecto mediante el indicador beneficio-costo

Si $B/C > 1$; el proyecto es viable

Si $B/C = 1$; el proyecto es irrelevante

Si $B/C < 1$; el proyecto no es viable

3.2.1.6 *Tiempo de recuperación de la inversión*

El tiempo de recuperación de la inversión es el tiempo en el cual se empieza a generar ingresos suficientes para cubrir el valor de la inversión realizada por la empresa.

3.2.2 INVERSIÓN ESTIMADA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS EQUIPOS BES CON TECNOLOGÍA POWER SAVE

En un trabajo de cambio de bomba electrosumergible se realiza un trabajo de workover llamado Pulling BES, la recuperación de equipo BES para ser cambiado por un equipo reparado o un nuevo; definido como un trabajo OPEX (Operational Expenditures), costos y gastos incurridos para mantener las operaciones.

La inversión que la empresa Petroamazonas EP realiza para el cambio de equipo BES esta detallado en la tabla 3.35.

TABLA 3.35
TABLA DE COSTOS POR CAMBIO DE BOMBA

WORKOVER: PULLING BES	
DESCRIPCIÓN	COSTOS (USD)
Movimiento de la torre	10,000
Taladro de reacondicionamiento (3 días)	45,000
Químicos	8,000
Desinstalación equipo BES antiguo	8,000
Instalación equipo BES	20,000
Conector	2,500
Contingencias (+/- 20%)	18,700
Total	112,200

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

3.2.3 INGRESOS

Los ingresos de este proyecto se obtienen de la producción diaria de petróleo, dependiendo de la variación del costo por barril y de la declinación de producción anual del campo Sacha que en la actualidad es del 20,4 %.

3.2.4 EGRESOS

Se considera como egreso para este proyecto el costo operativo de producción por barril que en el año 2017 tiene un valor de \$19,87/barril y el costo de renta del equipo de bombeo electrosumergible a un valor de \$500 diarios.

3.2.5 ESCENARIOS PROPUESTOS PARA EL ANÁLISIS ECONÓMICO

Se ha establecido 3 escenarios hipotéticos para la elaboración del análisis económico, a continuación se detalla los mismos:

- Escenario 1, precio del petróleo de \$45
- Escenario 2, precio del petróleo de \$65
- Escenario 3, precio del petróleo de \$75

A continuación se presenta el análisis económico realizado para los pozos en los que existe un incremento en la producción de petróleo utilizando el sistema de bombeo electrosumergible con tecnología Power Save.

3.2.6 POZO SACHA 127

Para el análisis económico del sistema de bombeo electrosumergible con tecnología Power Save se considera el incremento de 21.53 BPPD, los resultados del análisis económico se detallan en la tabla 3.36.

TABLA 3.36
ANÁLISIS ECONÓMICO DEL POZO SACHA 127

INDICADOR FINANCIERO	PRECIO DEL BARRIL DEL PETRÓLEO		
	45 USD/BP	65 USD/BP	75 USD/BP
VAN	(\$ 48,701.67)	(\$ 51,912.23)	(\$ 58,012.29)
TIR	13%	25%	31%

CONTINUACIÓN TABLA 3.36

INDICADOR FINANCIERO	PRECIO DEL BARRIL DEL PETRÓLEO		
	45 USD/BP	65 USD/BP	75 USD/BP
B/C	0.53	0.46	0.32
TRI	43 días	32 días	30 días

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

En los diferentes escenarios los indicadores financieros son positivos y el tiempo de recuperación de la inversión son tiempos cortos, en los cuales se va a generar utilidades para la empresa. Por lo que el proyecto es rentable.

3.2.7 POZO SACHA 192

Para el análisis económico del sistema de bombeo electrosumergible con tecnología Power Save se considera un incremento de 695.27 BPPD, los resultados del análisis económico se detallan en la tabla 3.37.

TABLA 3.37
ANÁLISIS ECONÓMICO DEL POZO SACHA 192

INDICADOR FINANCIERO	PRECIO DEL BARRIL DEL PETRÓLEO		
	45 USD/BP	65 USD/BP	75 USD/BP
VAN	\$ 640,682.32	\$ 1,239,448.90	\$ 1,543,115.29
TIR	46%	83%	102%
B/C	1.9	2.75	3.18
TRI	11 días	8 días	6 días

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

En los diferentes escenarios los indicadores financieros presentan que el proyecto es rentable.

3.2.8 POZO SACHA 441D

Para el análisis económico una vez implementado el sistema de bombeo electrosumergible con tecnología Power Save se considera un incremento de 371.3 BPPD, los resultados del análisis económico se detallan en la tabla 3.39.

TABLA 3.39
ANÁLISIS ECONÓMICO DEL POZO SACHA 441D

INDICADOR FINANCIERO	PRECIO DEL BARRIL DEL PETRÓLEO		
	45 USD/BP	65 USD/BP	75 USD/BP
VAN	\$ 160,718.41	\$ 432,059.83	\$ 4,595,251.47
TIR	246%	445%	544%
B/C	1.65	2.75	3.10
TRI	19 días	13 días	8 días

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

En los diferentes escenarios los indicadores financieros son positivos y el tiempo de recuperación de la inversión son tiempos cortos, en los cuales se va a generar utilidades para la empresa. Por lo que el proyecto es rentable.

3.2.9 POZO SACHA 457D

Para el análisis económico una vez implementado el sistema de bombeo electrosumergible con tecnología Power Save se considera un incremento de 191.05 BPPD, los resultados del análisis económico se detallan en la tabla 3.38

TABLA 3.38
ANÁLISIS ECONÓMICO DEL POZO SACHA 457D

INDICADOR FINANCIERO	PRECIO DEL BARRIL DEL PETRÓLEO		
	45 USD/BP	65 USD/BP	75 USD/BP
VAN	\$ 507,700.64	\$ 912,800.97	\$ 1,115,092.42
TIR	100%	177%	215%
B/C	2.25	3.26	3.76
TRI	31 días	30 días	30 días

FUENTE: Gerencia Sacha, Petroamazonas EP.

ELABORACIÓN: Katherine Villarreal.

En los diferentes escenarios los indicadores financieros son positivos y el tiempo de recuperación de la inversión son tiempos cortos, en los cuales se va a generar utilidades para la empresa. Por lo que el proyecto es rentable.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Las características de fluido producido en el Campo Sacha son variadas, la gravedad API (American Petroleum Institute) van desde 16.1 hasta 33.1 grados y el promedio de BSW del área es de aproximadamente 70%.
- La tecnología de bombeo electrosumergible Power Save, consta de una bomba electrosumergible multietapas y un motor de imán permanente (PMM). El uso de esos motores permite cambiar la velocidad de la bomba en una gama más amplia y, de este modo reaccionar a los cambios en la tasa de flujo del pozo y el nivel dinámico tan pronto como sea posible sin detener la producción, permitiendo tener un menor consumo de energía.
- En el Campo Sacha existen 43 pozos que trabajan con bombas electrosumergibles de la empresa Novomet; de los cuales 8 pozos utilizan bombas electrosumergibles con tecnología Power Save.
- Para realizar la respectiva evaluación del sistema Power Save se escogió 8 pozos en los que ya está implementado el sistema, los pozos seleccionados fueron: SCH-11, SCH127, SCH-192, SCH-251D, SCH-232D, SCH-385D, SCH 441D, SCH 457D.
- El pozo Sacha 11, produce 1442 BFPD con un BSW de 90% al 1 de enero del 2018, el pozo ha incrementado su producción en 124.59 BFPD, pero en su historial de producción se muestra que la bomba DN1150N a 47 Hz produjo un caudal similar al caudal actual de la bomba NH(1600-2300)H a 52 Hz, la bomba Novomet modelo NH(1600-2300)H se encuentra dentro del

rango de producción recomendado por el fabricante, sus frecuencias adecuadas de trabajo están entre 50Hz y 89 Hz y está disponible para 68, 86, 106 y 126 etapas, el consumo promedio de kilovatios por barril de petróleo de la bomba NH(1600-2300)H es 6.95% menos que la bomba DN1150N, concluyendo que la instalación de la bomba NH(1600-2300) no mejora la producción del pozo Sacha 11, ya que el pozo con la bomba DN1150N producía 156.69 BPPD y la bomba NH(1600-2300)H produce 128.93 BPPD.

- El pozo Sacha 127, produce 693 BFPD con un BSW de 59% al 1 de enero del 2018, el pozo ha disminuido su producción en 25.17 BFPD, la bomba Novomet modelo NHV(790-1000)H se encuentra dentro del rango de producción recomendado por el fabricante, sus frecuencias adecuadas de trabajo están entre 50 Hz y 90 Hz y está disponible para 470, 590, 720 y 840 etapas, el consumo promedio de energía de la bomba NHV(790-1000)H es 9.46% más que el consumo de la bomba TD1000, teniendo como resultado que la instalación de la bomba NHV(790-1000)H mejora solo un 9.42% en la producción de petróleo del pozo Sacha 127, ya que el pozo con la bomba TD1000 producía 207.06 BPPD y la bomba NHV(790-1000)H produce 228.59 BPPD.

- El pozo Sacha 192, produce 700 BFPD con un BSW de 0.9% al 1 de enero del 2018, la bomba Novomet modelo NHV(790-1000)H se encuentra dentro del rango de producción recomendado por el fabricante, sus frecuencias adecuadas de trabajo están entre 50 Hz y 90 Hz y está disponible para 235, 295, 360 y 420 etapas, por último se muestra que el consumo promedio de energía de la bomba NHV(790-1000)H es 81.18% menor al consumo de la bomba P23, concluyendo que la instalación de la bomba NHV(790-1000)H produce 695.27 BPPD de la arena U inferior mientras que la bomba P23 producía 170.63 BPPD de la arena Hollín inferior, incrementando la producción de petróleo.

- El pozo Sacha 232D, produce 174 BFPD con un BSW de 10% al 1 de enero del 2018, el pozo ha disminuido su producción en 82.77 BFPD, pero en su historial de producción se muestra que la bomba NHV760 a 51 Hz produjo un caudal mayor al caudal de petróleo actual de la bomba NFV(130-250)H a 69 Hz, la bomba Novomet modelo NFV(130-250)H se encuentra dentro del rango de producción recomendado por el fabricante, sus frecuencias adecuadas de trabajo están entre 50 Hz y 88 Hz y está disponible para 256, 320, 380, 456 y 492 etapas, por último se presenta que el consumo promedio de energía de la bomba NFV(130-250)H es 9.46% más que el consumo de la bomba NHV760, concluyendo que la instalación de la bomba NFV(130-250)H no mejora la producción del pozo, ya que el pozo con la bomba NHV760 producía 195.63 BPPD y con la bomba NFV(130-250)H produce 132.95 BPPD.

- El pozo Sacha 251D, produce 1677.43 con un BSW de 84% al 1 de enero del 2018, el pozo ha disminuido su producción en 438.8 BFPD, en su historial de producción se muestra que la bomba P23 a 60 Hz produjo un caudal mayor al caudal actual de la bomba NH(1600-2300)H a 63Hz, la bomba Novomet tipo Power Save modelo NH(1600-2300)H se encuentra dentro del rango de producción recomendado por el fabricante, sus frecuencias adecuadas de trabajo están entre 50 Hz y 89 Hz y está disponible para 34, 43, 53 y 63 etapas, el consumo promedio de energía de la bomba NH(1600-2300)H es 40.86% más que el consumo de la bomba P23, concluyendo que la instalación de la bomba NH(1600-2300) no mejora la producción del pozo Sacha 251D, ya que el pozo con la bomba P23 producía 734.17 BPPD y con la bomba NH(1600-2300)H produce 295.37 BPPD.

- El pozo Sacha 385D, produce 143 BFPD con un BSW de 89% al 1 de enero del 2018, el pozo ha disminuido notablemente su producción con respecto a la producción de las bombas anteriormente instaladas, la bomba Novomet modelo NFV(130-250)H se encuentra fuera del rango de producción recomendado por el fabricante, operando en la región de Downthrust, frecuencias adecuadas de trabajo de la bomba NFV(130-250)H están entre

50 Hz y 90 Hz y está disponible para 320, 400, 475, 570 y 615 etapas, el consumo promedio de energía de la bomba NFV(130-250)H es 84.60% más que el consumo de las bombas instaladas anteriormente, concluyendo que la instalación de la bomba NFV(130-250)H no mejora la producción del pozo Sacha 385D, más bien este pozo genera un aumento en los costos operativos de producción.

- El pozo Sacha 441D, produce 910 BFPD con un BSW de 93% al 1 de enero del 2018, el pozo ha incrementado su producción en 436.95 BFPD, pero la bomba D1150N a 45 Hz y 56 Hz produjo un caudal menor al caudal actual de la bomba NHV(790-1000)H a 66 Hz, la bomba Novomet modelo NHV(790-1000) se encuentra dentro del rango de producción recomendado por el fabricante, sus frecuencias adecuadas de trabajo están entre 50 Hz y 90 Hz y está disponible para 141, 177, 216 y 252 etapas, el consumo promedio de energía de la bomba NHV(790-1000)H es 76.92% más que el consumo de la bomba D1150N, concluyendo que la instalación de la bomba NHV(790-1000)H mejora la producción del pozo Sacha 441D, ya que el pozo con la bomba D1150N producía 439.44 BPPD y la bomba NHV(790-1000)H produce 810.74 BPPD.

- El pozo Sacha 457D, produce 1275 BFPD con un BSW de 60% al 1 de enero del 2018, el pozo ha incrementado su producción en 374.04 BFPD, la bomba Novomet modelo NF(1300-2000)H se encuentra dentro del rango de producción recomendado por el fabricante, sus frecuencias adecuadas de trabajo están entre 50 Hz y 76 Hz y está disponible para 168, 212, 260 352 y 400 etapas, el consumo promedio de energía de la bomba NF(1300-2000)H es 32.03% menos que el consumo de la bomba P8, concluyendo que la instalación de la bomba NF(1300-2000)H mejora la producción de petróleo del pozo Sacha 457D, ya que el pozo con la bomba P8 producía 873.2 BPPD y la bomba NF(1300-2000)H produce 1064.25 BPPD.

- En la actualidad las bombas electrosumergibles que se utilizan en el Campo Sacha son rentadas a la compañía operadora, teniendo un costo de \$300 a \$600 diarios.
- El análisis económico realizado para ver la factibilidad del proyecto considerando tres escenarios permitió concluir que el proyecto es viable para los pozos SCH-127, SCH-192, SCH-441D y para el pozo SCH-457D, debido a que sus indicadores financieros indican que el proyecto es rentable.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las empresas encargadas del diseño y evaluación de los equipos de bombeo electrosumergibles del Campo Sacha, que realicen un análisis más completo y detallado del sistema pozo con BES con el fin de instalar equipos de bombeo que mejoren la producción de los pozos.
- Realizar una evaluación y monitoreo constante sobre el comportamiento de los pozos, para obtener todos los parámetros sobre el funcionamiento del equipo de bombeo electrosumergible, para obtener información actualizada que permita realizar un análisis completo con información confiada, mediante pruebas de B'UP y análisis PVT.
- Verificar el adecuado funcionamiento de los sensores de fondo, ya que la mayoría de los pozos se encuentra sin señal, si estos no funcionan se recomienda la instalación de nuevos sensores con una mayor capacidad de medición, para obtener datos confiables del pozo y yacimiento.
- Para aumentar la vida útil del equipo de bombeo electrosumergible se recomienda realizar el adecuado mantenimiento para un mejor funcionamiento.

- Aplicar trabajos que permitan disminuir o mantener la producción de agua, ya que BSW del Campo Sacha es alto, su control puede reducir costos y un aumento en la producción de hidrocarburos.
- Implementar un plan de eficiencia energética en el cual se genere electricidad mediante la producción de gas del mismo campo y de esta manera reducir el costo operativo de producción del barril de petróleo.

GLOSARIO

ANTICLINAL: Estructura de rocas que se pliegan y se inclinan en dos direcciones diferentes a partir de una cresta.

AXIAL: Uno de los tres ejes de vibración (radial, tangencial y axial); el plano axial es paralelo a la línea central de un eje o un eje giratorio de una pieza giratoria.

BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE: Conjunto de bomba y motor que se ubican en el fondo del pozo con la finalidad de producir fluido por medio de energía eléctrica. Tipo de levantamiento artificial.

CAMPO MAGNÉTICO: Es la región del espacio en la que se pone de manifiesto una fuerza magnética.

CAMPO: Área geográfica delimitada donde se lleva a cabo la explotación de yacimientos petrolíferos.

COJINETE: Pieza móvil de acero.

COLUMNA DINÁMICA TOTAL: Es la altura total requerida para bombear la capacidad de fluido deseada.

DEVANADO: Componente de un circuito eléctrico.

DOWNTHRUST: Zona en la cual produce una bomba electrosumergible provocando pérdida por empuje ascendente.

FLANCO: Parte lateral de un cuerpo estructural considerado de frente.

FRECUENCIA: Magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo.

GRAFITO: Mineral de carbono casi puro, buen conductor de electricidad.

HELITRANSPORTABLE: Tipo de transporte por helicóptero.

IMÁN PERMANENTE: Material del cual está fabricado el motor de la bomba electrosumergible, capaz de generar un campo magnético.

INFLOW: Curva de oferta de energía del yacimiento.

MOTOR ASÍNCRONO: Tipo de motor eléctrico de corriente alterna en el que la corriente eléctrica del rotor necesaria para producir torsión es inducida por inducción electromagnética del campo magnético de la bobina del estator.

MOTOR SÍNCRONO: Tipo de motor de corriente alterna en el que la rotación del eje está sincronizada.

OUTFLOW: Curva de capacidad de descarga de fluido.

PIPESIM: Programa computacional que permite realizar análisis de las condiciones en las que produce del pozo, permitiendo simular el mejoramiento del mismo.

POTENCIA: capacidad de trabajo efectuada por unidad de tiempo.

POWER SAVE: Tipo de tecnología en bombeo electrosumergible que permite ahorrar energía y mejorar la eficiencia en la producción de fluido.

PRESIÓN DE BURBUJA: Presión a la cual se produce la primera liberación de una burbuja de gas del petróleo.

PULVIMETALURGIA: proceso de fabricación que permite obtener piezas que no se pueden fabricar mediante otros procesos.

RADIAL: Uno de los tres ejes de vibración (radial, tangencial y axial); el plano radial representa la dirección desde el transductor al centro del eje del equipo giratorio. En el caso de las máquinas verticales típicas, el eje radial equivale al eje vertical. En el caso de las máquinas horizontales, el eje radial se refiere al eje horizontal al que el acelerómetro está fijado.

SLIM-LINE: Tubería flexible y delgada de producción.

TASA DE INFLACIÓN: Aumento general de los precios del mercado.

UPTHRUST: Zona en la cual produce una bomba electrosumergible provocando pérdida por empuje descendente.

VOLTAJE: Potencial eléctrico expresado en voltios.

YACIMIENTO: Acumulación de petróleo y/o gas en rocas porosas en el subsuelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bacón Giovanni. (Junio 2010). Estudio del Sistema de Bombeo Electrosumergible, del campo Lago Agrio, mediante el software Subpump 7.0 (Tesis de Grado). Escuela Politécnica Nacional.

Bánzer Carlos. (Enero 1996). Correlaciones numéricas PVT. Universidad de Zulia. Instituto de Investigaciones Petroleras.

Bernoulli Daniel. (1738). Hidrodinámica.

Brown Kermit. (1977). The Technology of Artificial Lift Methods. Petroleum Publishing Co. The Universidad of Tulsa. Vol. 2b.

Centeno, A. (Enero 2016). Estudio Técnico Económico para Optimizar la Producción en el Campo Sacha Norte 1 Mediante el Cambio de Sistema de Levantamiento Artificial de Bombeo Hidráulico a Bombeo Electrosumergible (Tesis de grado). Escuela Politécnica Nacional.

García, E., Sánchez, J., Baños, T., Molina, I., Valencia, F., ... Tapia, R., (Mayo 2015). Electric Submersible Pumping, First Application In A Mature Field In Mexico, Using The Unconventional Technology With Synchronous Permanent Magnet Motor (PMM) + Power Save Pump. Society of Petroleum Engineers.

González, S. y Gutiérrez, R., (Junio 2015). Análisis comparativo de las operaciones de perforación de los campos Auca, Sacha y Shushufindi del centro Oriente Ecuatoriano para definir los parámetros óptimos del proceso de perforación (Tesis de Grado). Escuela Politécnica Nacional.

Hirschfeldt, C. y Bertomeu, F. (Julio 2014). Análisis y revisión de las mejoras prácticas y nuevas tecnologías en ESP. Society of Petroleum Engineers.

Jaramillo, J. (Octubre 2011). Estudio de sistema de levantamiento artificial por bombeo electrosumergible del campo Parahuacu para incrementar su producción (Tesis de Grado). Escuela Politécnica Nacional.

Melo, V. (2014). Bombas Electrosumergibles. Escuela Politécnica Nacional.

Perelman, O. y Gabnasyrov. M., (Enero 2013). Innovation and Power Saving in Oil Production. Arsenal Novomet Solution. Rusia.

Pesántez Bladimir (Enero 2016). Análisis técnico económico del desempeño del sistema de levantamiento artificial electrosumergible para optimizar la producción en 8 pozos del campo Sacha (Tesis de Grado). Universidad Central del Ecuador.

Ramírez, M. (Julio 2014). Bombeo Electrosumergible: Análisis, Diseño, Optimización y Troblu Shooting. ESP OIL (Engineering Consultant).

Refaie, A., Abdou, H., Seleim, A., Biasin, G., ...Letunov, D. (Abril 2013). Permanent Magnet Motor Application for ESP Artificial Lift. Society of Petroleum Engineers.

Robles, F. y Sánchez, D. (Julio 2012). Optimización Del Bombeo Electrosumergible En La Producción De Petróleo En El Área Cuyabeno (Tesis de Grado). Escuela Politécnica Nacional.

Seczon, L. y Sagalovskiy, A. (Mayo 2013). Field Experience with the Application and Operation of Permanent Motors in the ESP Industry: Success Stories and Lessons Learned. Society of Petroleum Engineers. Colombia.

Takacs, G. (Ed.). (2010). Electrical Submersible Pumps Manual. Elsevier, USA.

Valenzuela Jonathan (Enero 2013). Manual de tipos de motores eléctricos, reconocimiento y sus aplicaciones en la industria. (Tesis de grado). Escuela Politécnica Nacional.

ANEXOS

ANEXO No 1
DIAGRAMAS DE COMPLETACIÓN

DIAGRAMA DE COMPLETACIÓN POZO SACHA 11

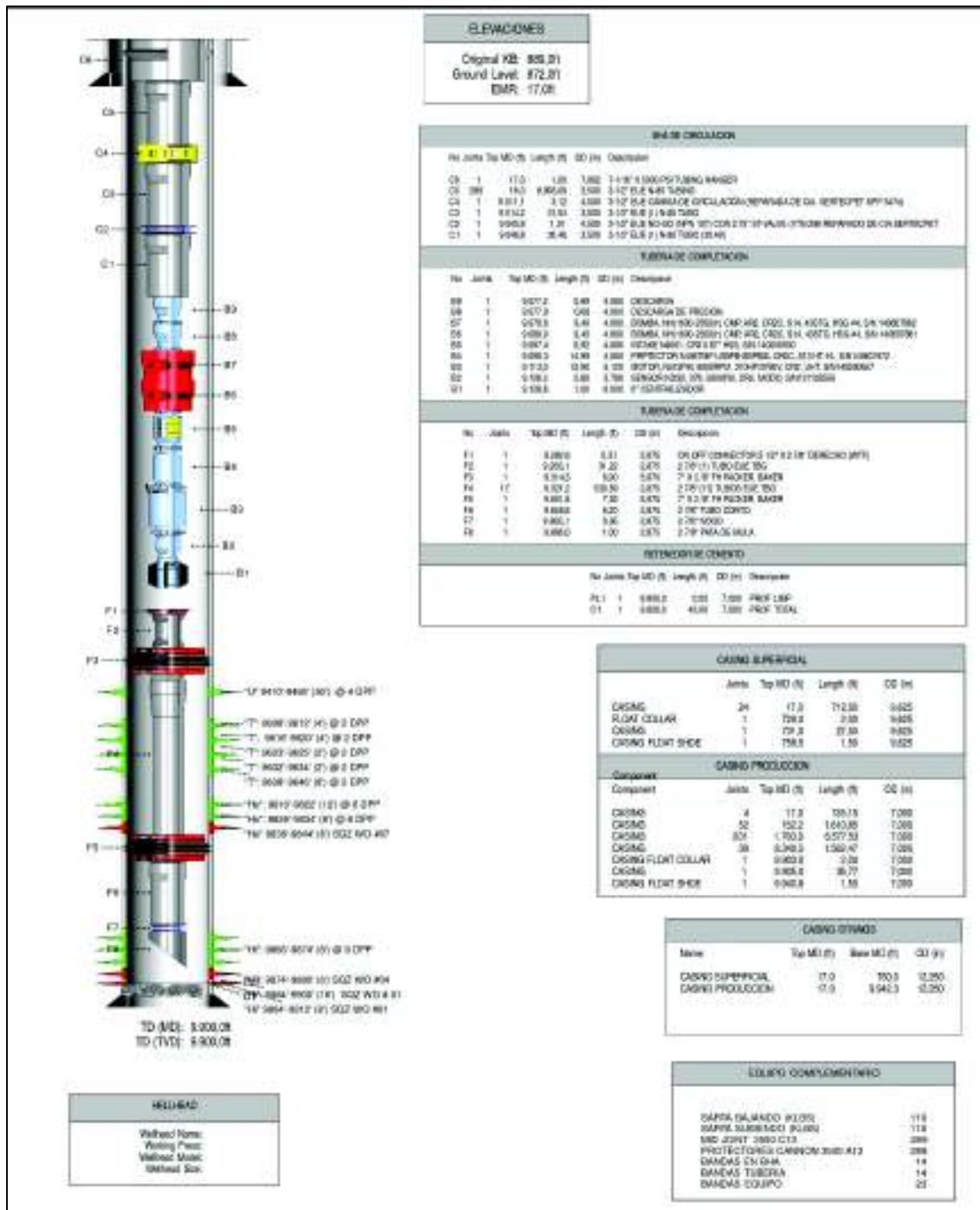


DIAGRAMA DE COMPLETACIÓN POZO SACHA 232D

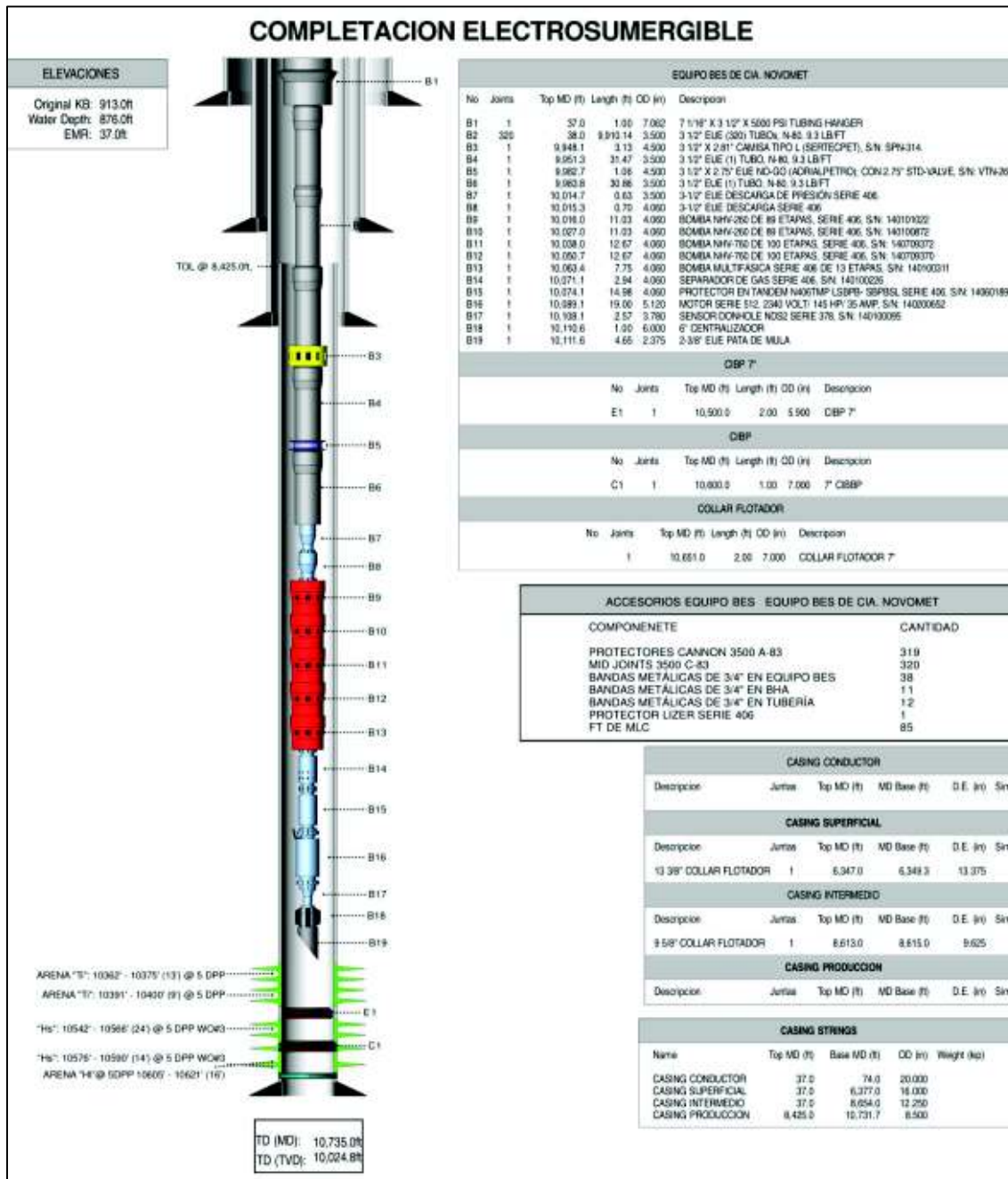


DIAGRAMA DE COMPLETACIÓN POZO SACHA 251D

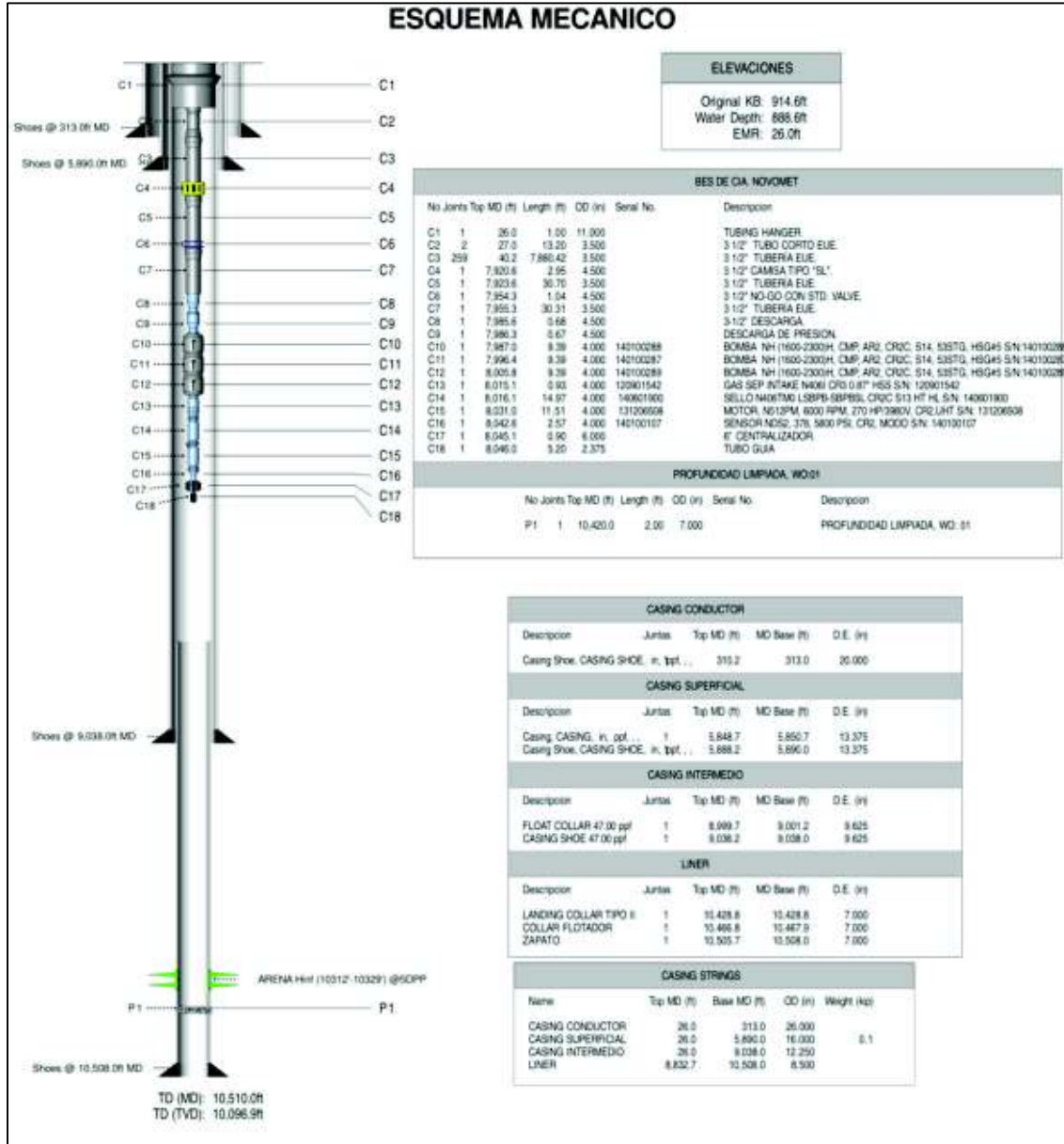


DIAGRAMA DE COMPLETACIÓN POZO SACHA 441D

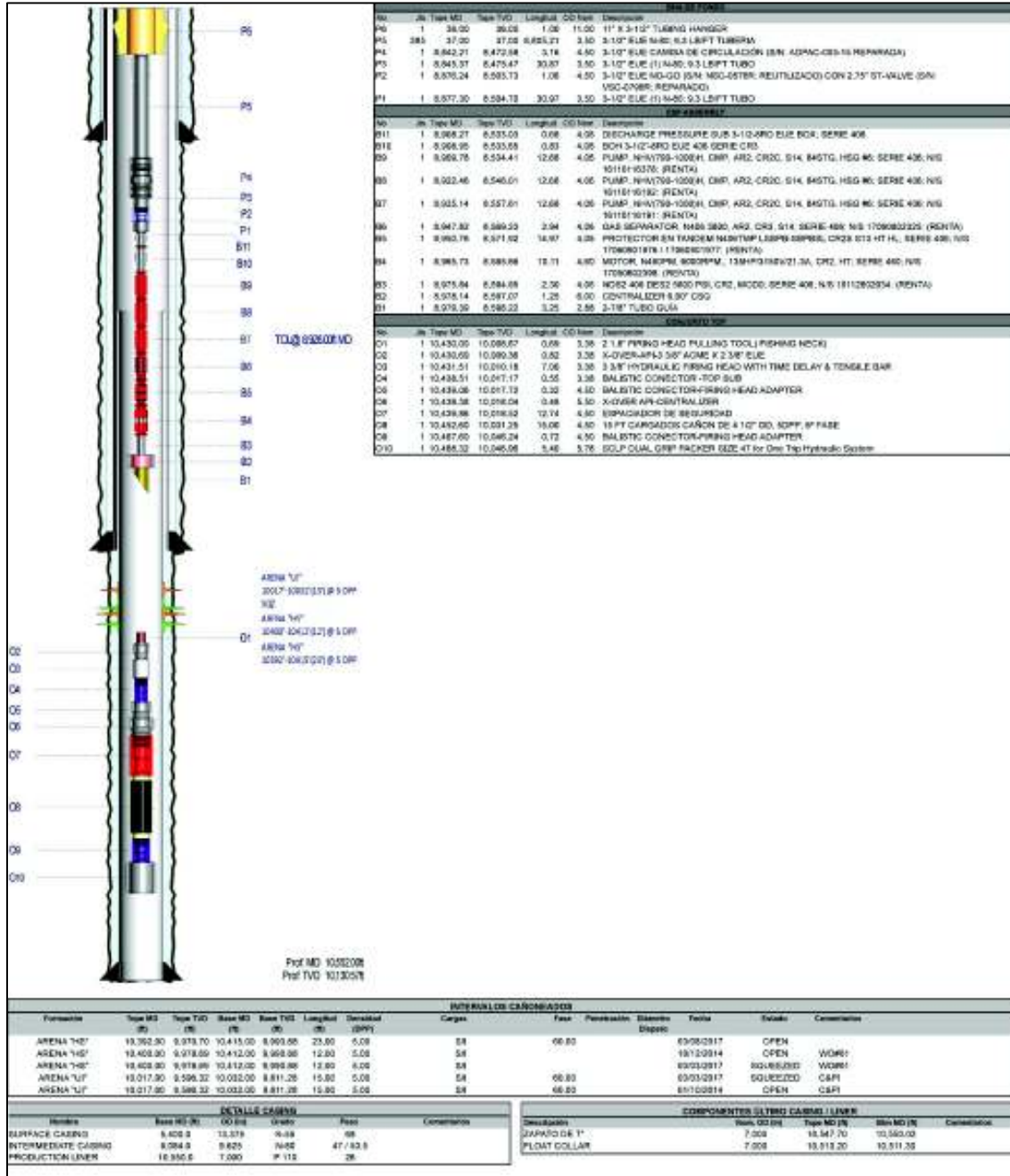
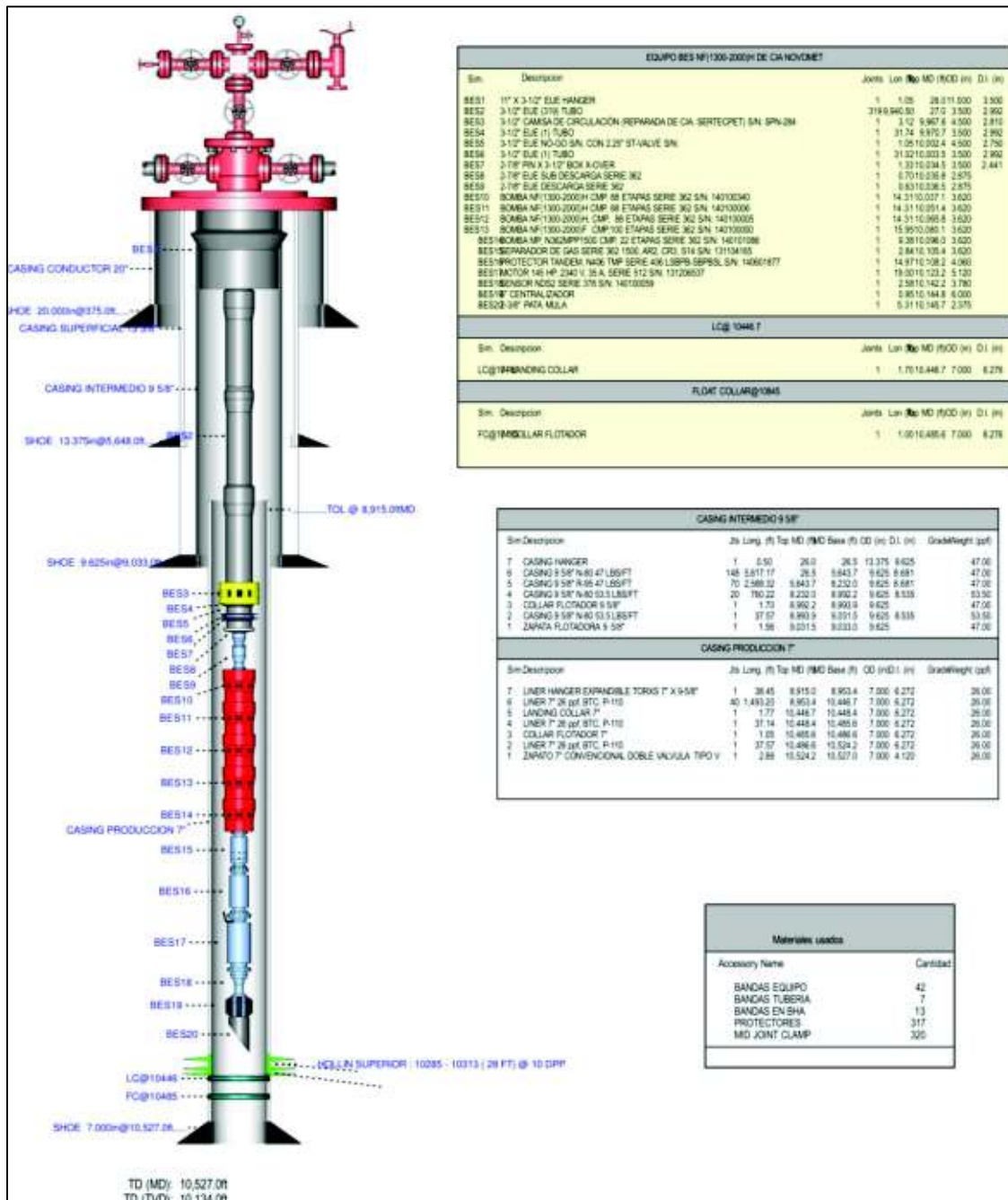


DIAGRAMA DE COMPLETACIÓN POZO SACHA 457D



ANEXO No 2
SURVEYS DE LOS POZOS

SURVEY POZO SACHA 251D

MD	Inclination	TVD
[ft]	[°]	[ft]
0	0	0
26	0	26
385	0.2	385
477	0.91	477
569	1.99	568.96
663	3.83	662.84
755	5.72	754.52
849	7.67	847.87
946	9.57	943.77
1044	11.67	1040.09
1140	13.16	1133.84
1235	15.01	1225.98
1332	16.35	1319.37
1429	17.7	1412.12
1526	19.52	1504.04
1623	21.01	1595.04
1721	22.23	1686.14
1818	23.11	1775.65
1915	24.04	1864.55
2012	25.6	1952.59
2109	26.89	2039.59
2205	27.86	2124.84
2302	27.37	2210.79
2399	27.52	2296.87
2496	29.09	2382.27
2593	29.76	2466.75
2690	27.91	2551.72
2787	27.08	2637.77
2884	27.26	2724.06
2981	27.4	2810.24
3078	27.56	2896.29
3175	27.42	2982.34
3272	27.72	3068.33
3369	27.87	3154.13
3466	27.7	3239.95
3562	28.46	3324.65

MD	Inclination	TVD
3659	28.85	3409.77
3756	29.21	3494.58
3853	28.52	3579.53
3950	27.67	3665.1
4046	27.63	3750.14
4143	27.22	3836.24
4240	26.36	3922.82
4337	25.7	4009.98
4434	25.07	4097.62
4531	25.01	4185.5
4628	24.46	4273.6
4725	23.36	4362.28
4821	22.03	4450.84
4918	20.79	4541.15
5015	19.64	4632.17
5112	18.25	4723.91
5209	17.02	4816.35
5306	15.35	4909.51
5403	14.67	5003.2
5500	13.97	5097.18
5597	12.11	5191.68
5694	10.92	5286.72
5790	9.29	5381.23
5924	7.64	5513.77
6021	7.04	5609.98
6118	6.84	5706.26
6215	5.89	5802.67
6311	4.08	5898.3
6408	2.48	5995.14
6505	2.32	6092.05
6602	1.11	6189.01
6699	0.28	6286
6796	0.37	6383
6893	0.62	6480
6990	0.73	6576.99
7050	0.56	6636.99
7146	0.58	6732.98

MD	Inclination	TVD
7243	0.47	6829.98
7340	0.28	6926.98
7437	0.41	7023.97
7534	0.15	7120.97
7631	0.1	7217.97
7727	0.31	7313.97
7824	0.22	7410.97
7921	0.31	7507.97
8018	0.32	7604.97
8115	0.34	7701.97
8212	0.19	7798.97
8309	0.42	7895.96
8405	0.29	7991.96
8502	0.17	8088.96
8599	0.22	8185.96
8696	0.36	8282.96
8793	0.25	8379.96
8890	0.22	8476.96
8980	0.19	8566.96
9078	0.62	8664.96
9175	0.49	8761.95
9272	0.26	8858.95
9369	0.2	8955.95
9466	0.07	9052.95
9563	0.17	9149.95
9660	0.37	9246.95
9757	0.33	9343.95
9853	0.35	9439.94
9950	0.37	9536.94
10047	0.56	9633.94
10144	0.61	9730.93
10241	0.75	9827.93
10338	0.52	9924.92
10452	0.54	10038.92
10510	0.54	10096.91

SURVEY POZO SACHA 422D

MD	Inclination	TVD
[ft]	[°]	[ft]
0	0	0
26	0	26
100	0.16	100
200	0.35	200
300	0.33	300
400	0.55	399.99
502	0.72	501.99
558	0.49	557.98
648	0.54	647.98
738	0.6	737.98
831	0.58	830.97
890	0.69	889.97
987	0.81	986.96
1083	0.96	1082.95
1177	1.33	1176.93
1273	1.28	1272.91
1368	1.35	1367.88
1461	1.59	1460.85
1556	0.92	1555.83
1653	0.43	1652.82
1748	0.66	1747.82
1844	0.9	1843.81
1941	0.98	1940.8
2035	2.13	2034.76
2132	3.53	2131.64
2226	4.45	2225.41
2321	5.46	2320.06
2418	6.3	2416.55
2514	7.13	2511.89
2611	8.75	2607.96
2707	10.21	2702.64
2803	11.58	2796.91
2897	12.98	2888.76
2992	14.6	2981.02
3089	16.21	3074.53
3184	17.61	3165.42
3279	18.92	3255.63
3376	20.07	3347.07
3471	21.45	3435.9
3566	22.97	3523.85

MD	Inclination	TVD
[ft]	[°]	[ft]
3660	24.41	3609.93
3756	25.6	3696.93
3853	25.82	3784.32
3949	26.97	3870.31
4044	28.95	3954.22
4141	30.65	4038.39
4238	31.86	4121.31
4335	33.02	4203.17
4430	33.3	4282.7
4526	33.54	4362.83
4622	33.7	4442.77
4719	33.14	4523.73
4814	33.61	4603.07
4910	33.63	4683.01
5007	33.92	4763.64
5103	32.92	4843.76
5198	32.55	4923.68
5294	32.52	5004.61
5389	32.74	5084.62
5484	32.91	5164.45
5580	32.78	5245.1
5676	33.29	5325.58
5772	33.48	5405.74
5920	32.93	5529.58
5984	32.9	5583.3
6079	33.19	5662.94
6174	33.14	5742.46
6269	32.86	5822.13
6362	32.68	5900.33
6457	32.4	5980.42
6553	32.08	6061.62
6650	31.89	6143.89
6746	32.05	6225.33
6843	31.36	6307.86
6939	31.78	6389.65
7035	32.61	6470.89
7133	32.95	6553.28
7230	32.71	6634.79
7326	32.99	6715.44
7423	33.12	6796.74

MD	Inclination	TVD
[ft]	[°]	[ft]
7519	33.21	6877.1
7615	33.35	6957.36
7711	33.38	7037.54
7806	33.51	7116.81
7901	33.93	7195.83
7997	33.93	7275.48
8093	34.3	7354.96
8188	34.21	7433.48
8282	34.18	7511.23
8379	34.3	7591.42
8475	34.59	7670.59
8572	34.8	7750.34
8668	35.26	7828.95
8764	34.57	7907.67
8861	35.69	7987
8957	36.13	8064.76
9054	35.56	8143.38
9150	35.48	8221.52
9246	35.02	8299.92
9343	33.97	8379.86
9439	33.67	8459.62
9536	33.49	8540.43
9682	31.52	8663.55
9778	31.21	8745.52
9873	29.95	8827.31
9967	28.32	8909.41
10060	25.79	8992.23
10155	24.09	9078.37
10252	22.82	9167.35
10348	21.09	9256.39
10445	19.9	9347.24
10541	19.23	9437.7
10636	18.44	9527.61
10732	17.18	9619.01
10828	16.84	9710.81
10923	16.28	9801.87
11020	13.88	9895.52
11116	13.46	9988.8
11170	13.244	10041.34

SURVEY POZO SACHA 441D

MD feet	Inclination	TVD feet
0	0	0
498	0.57	497.99
686	0.45	685.98
780	0.66	779.98
874	0.75	873.97
967	0.95	966.96
1061	1.04	1060.95
1154	0.31	1153.94
1249	0.22	1248.94
1343	0.2	1342.94
1437	0.14	1436.94
1532	0.25	1531.94
1626	0.35	1625.94
1721	0.31	1720.94
1815	0.69	1814.93
1909	0.67	1908.93
2004	1.41	2003.91
2098	1.73	2097.88
2192	3.02	2191.8
2287	4.3	2286.6
2381	5.63	2380.25
2476	6.89	2474.68
2570	8.28	2567.86
2664	9.39	2660.74
2759	10.86	2754.26
2853	12.2	2846.36
2947	13.68	2937.97
3041	14.79	3029.08
3135	16.3	3119.64
3230	17.98	3210.42
3328	19.84	3303.13
3423	21.62	3391.97
3516	21.66	3478.42
3609	22.05	3564.73
3702	22	3650.95
3796	22.34	3738

MD feet	Inclination	TVD feet
3889	21.15	3824.38
3982	20.88	3911.19
4077	21.05	3999.9
4171	20.98	4087.65
4266	21.15	4176.3
4360	19.88	4264.34
4454	19.68	4352.8
4548	19.97	4441.22
4643	19.94	4530.52
4736	20.11	4617.9
4830	20.54	4706.04
4925	20.63	4794.98
5019	19.77	4883.2
5114	19.47	4972.68
5208	19.63	5061.26
5303	19.75	5150.71
5431	20.1	5271.05
5526	19.91	5360.31
5620	19.9	5448.7
5714	18.74	5537.4
5809	18.23	5627.5
5903	20.01	5716.31
5997	20.64	5804.46
6092	20.12	5893.51
6186	21.33	5981.43
6281	20.76	6070.09
6375	20.13	6158.17
6469	20.93	6246.2
6564	21.18	6334.86
6658	21.2	6422.5
6752	21.31	6510.11
6846	21.61	6597.59
6940	21.69	6684.96
7035	21.59	6773.26
7129	20.02	6861.13
7223	19.83	6949.5

MD feet	Inclination	TVD feet
7317	19.75	7037.95
7411	19.63	7126.46
7505	19.58	7215.01
7599	19.43	7303.61
7694	19.41	7393.21
7788	19.5	7481.84
7882	18.99	7570.59
7976	18.33	7659.65
8071	17.54	7750.03
8165	17.45	7839.68
8258.98	17.8	7929.25
8352.98	18.89	8018.47
8446.98	20.12	8107.08
8540.98	21.67	8194.9
8634.98	22.46	8282.01
8728.98	23.12	8368.67
8823.98	23.61	8455.88
8918.98	23.91	8542.83
9012.98	22.68	8629.16
9227.98	22.61	8827.59
9322.98	20.39	8915.97
9416.98	17.55	9004.86
9510.98	13.6	9095.39
9605.98	10.34	9188.31
9699.98	8.34	9281.06
9793.98	6.38	9374.28
9887.98	5.43	9467.78
9981.98	4.69	9561.41
10075.98	3.73	9655.16
10170.98	3.35	9749.98
10264.98	3.13	9843.83
10359.98	2.47	9938.71
10453.98	2.37	10032.63
10551.98	2.25	10130.55

SURVEY POZO SACHA 457D

MD (ft)	Inc (°)	TVD (ft)
0.00	0.00	0.00
100.00	0.19	100.00
200.00	0.26	200.00
300.00	0.17	300.00
350.00	0.16	350.00
500.00	0.57	499.99
600.00	0.61	599.99
700.00	0.86	699.98
800.00	0.83	799.97
897.00	1.12	896.96
925.00	1.49	924.95
1,020.00	0.83	1,019.94
1,115.00	1.98	1,114.91
1,211.00	2.68	1,210.83
1,308.00	4.35	1,307.65
1,404.00	4.75	1,403.34
1,498.00	5.93	1,496.93
1,594.00	7.34	1,592.29
1,691.00	8.66	1,688.34
1,881.00	10.28	1,875.77
1,977.00	11.25	1,970.08
2,072.00	12.44	2,063.05
2,168.00	12.74	2,156.75
2,264.00	14.06	2,250.13
2,358.00	14.81	2,341.16
2,453.00	16.48	2,432.64
2,547.00	17.53	2,522.53
2,642.00	19.07	2,612.73
2,739.00	18.85	2,704.46
2,835.00	18.59	2,795.38
2,931.00	19.51	2,886.13
3,027.00	19.60	2,976.59
3,122.00	19.29	3,066.17
3,217.00	19.47	3,155.79
3,313.00	19.29	3,246.35
3,408.00	19.51	3,335.96
3,503.00	19.34	3,425.55

MD (ft)	Inc (°)	TVD (ft)
3,599.00	19.38	3,516.12
3,696.00	19.34	3,607.64
3,792.00	19.82	3,698.09
3,887.00	19.73	3,787.48
3,984.00	19.16	3,878.95
4,079.00	19.29	3,968.65
4,174.00	19.07	4,058.38
4,270.00	18.50	4,149.27
4,367.00	18.11	4,241.36
4,460.00	18.85	4,329.56
4,556.00	19.16	4,420.33
4,651.00	18.68	4,510.20
4,746.00	18.76	4,600.17
4,842.00	19.16	4,690.96
4,939.00	19.29	4,782.55
5,035.00	18.94	4,873.26
5,130.00	19.34	4,963.01
5,227.00	19.16	5,054.59
5,323.00	19.20	5,145.26
5,420.00	19.29	5,236.84
5,516.00	19.03	5,327.52
5,596.00	19.20	5,403.11
5,698.00	18.94	5,499.51
5,795.00	17.97	5,591.52
5,891.00	19.12	5,682.54
5,987.00	19.78	5,773.06
6,084.00	20.13	5,864.24
6,180.00	19.38	5,954.59
6,275.00	18.50	6,044.44
6,371.00	19.07	6,135.33
6,466.00	18.76	6,225.20
6,561.00	19.03	6,315.08
6,657.00	19.03	6,405.84
6,754.00	19.03	6,497.53
6,843.00	19.82	6,581.47
6,939.00	20.35	6,671.63
7,036.00	19.34	6,762.87

MD (ft)	Inc (°)	TVD (ft)
7,130.00	19.51	6,851.52
7,226.00	20.13	6,941.83
7,322.00	18.63	7,032.39
7,418.00	18.76	7,123.33
7,513.00	19.29	7,213.14
7,610.00	19.34	7,304.68
7,706.00	19.51	7,395.21
7,801.00	19.95	7,484.64
7,897.00	20.26	7,574.79
7,992.00	20.08	7,663.96
8,087.00	20.26	7,753.14
8,182.00	18.68	7,842.70
8,276.00	17.45	7,932.07
8,373.00	17.01	8,024.71
8,468.00	16.61	8,115.65
8,563.00	16.79	8,206.65
8,659.00	16.57	8,298.61
8,754.00	16.74	8,389.62
8,850.00	16.83	8,481.53
8,946.00	16.57	8,573.48
8,994.00	16.52	8,619.50
9,133.00	16.44	8,752.79
9,228.00	14.37	8,844.37
9,324.00	12.66	8,937.71
9,420.00	10.42	9,031.76
9,516.00	8.13	9,126.50
9,612.00	7.43	9,221.61
9,707.00	5.98	9,315.96
9,803.00	5.80	9,411.45
9,900.00	4.57	9,508.06
9,996.00	3.96	9,603.79
10,092.00	3.47	9,699.59
10,189.00	3.38	9,796.42
10,285.00	3.03	9,892.27
10,382.00	2.68	9,989.15
10,476.00	2.94	10,083.03
10,527.00	3.08	10,133.96

ANEXO No 3
FLUJO DE CAJA

FLUJO DE CAJA POZO SACHA 127 ESCENARIO 1: \$45													
MES	PERIODO	SACHA 127 RPD	RPM	INGRESOS	INGRESOS ACUMULADOS	COSTO DE INVERSION	COSTO OPERATIVO	COSTO RENTA EQUIPO	EGRESOS	EGRESOS ACUMULADOS	FLUJO DE CAJA NETO	FLUJO DE CAJA NETO ACTUALIZADO	FLUJO ACUMULADO
1	0	0	0	0	0	112200.00	0.00	0	0.000	0.00	112200.00	-112200.00	-112200.00
2	1	21.53	645.90	29065.90	29065.90	0	12188.13	500	12688.133	12688.133	16377.77	9655.60	-102544.10
3	2	21.46	643.83	28972.75	58038.65	0	12146.07	500	12646.073	25334.21	16332.28	9624.01	-92920.10
4	3	21.39	641.76	28879.20	86917.85	0	12110.01	500	12610.013	37944.22	16289.19	9592.11	-85527.99
5	4	21.32	639.69	28786.05	115703.90	0	12070.95	500	12570.953	50514.17	16245.10	9560.23	-77975.75
6	5	21.25	637.62	28692.90	144596.80	0	12031.89	500	12531.893	63046.06	16201.01	9528.34	-69594.41
7	6	21.19	635.55	28599.75	173496.55	0	11993.83	500	12493.833	75579.89	16156.92	9496.45	-61742.97
8	7	21.12	633.48	28506.60	202193.15	0	11955.77	500	12455.763	87995.65	16112.83	9464.56	-53278.41
9	8	21.05	631.41	28413.45	230891.60	0	11917.71	500	12417.703	100411.36	15968.74	9432.67	-45045.75
10	9	20.98	629.34	28320.30	259591.90	0	11879.65	500	12379.643	112787.00	15924.65	9400.77	-36944.98
11	10	20.91	627.27	28227.15	288293.05	0	11841.59	500	12341.583	125122.58	15880.57	9368.88	-29076.10
12	11	20.84	625.20	28134.00	316997.05	0	11803.53	500	12303.523	137421.11	15836.48	9336.99	-21391.10
13	12	20.77	623.13	28040.85	345703.90	0	11765.46	500	12265.463	149699.58	15792.39	9305.10	-13940.01
14	13	20.70	621.06	27947.70	374413.60	0	11727.40	500	12227.403	161898.98	15748.30	9273.21	-6989.22
15	14	20.63	618.99	27854.55	403128.15	0	11689.34	500	12189.343	174079.33	15704.21	9241.32	-2080.54
16	15	20.56	616.92	27761.40	431849.55	0	11651.28	500	12151.283	186230.61	15660.12	9209.43	2829.98
17	16	20.50	614.85	27668.25	460577.80	0	11613.22	500	12113.223	198322.83	15616.03	9177.54	3849.52
18	17	20.43	612.78	27575.10	489312.90	0	11575.16	500	12075.163	210385.98	15571.94	9145.65	4763.17
19	18	20.36	610.71	27481.95	518054.85	0	11537.10	500	12037.103	222410.08	15527.85	9113.76	5676.91
20	19	20.29	608.64	27388.80	546803.65	0	11499.04	500	12000.003	234395.11	15483.76	9081.87	6580.81
21	20	20.22	606.57	27295.65	575559.30	0	11460.98	500	11962.943	246381.05	15439.67	9049.98	7484.71
22	21	20.15	604.50	27202.50	604321.80	0	11422.92	500	11925.883	258368.93	15395.58	9018.09	8388.60

ELABORACIÓN: KATHERINE VILLARREAL

FLUJO DE CAJA POZO SACHA 127 ESCENARIO 2: \$65													
MES	PERIODO	SACHA 127 RPD	RPM	INGRESOS	INGRESOS ACUMULADOS	COSTO DE INVERSION	COSTO OPERATIVO	COSTO RENTA EQUIPO	EGRESOS	EGRESOS ACUMULADOS	FLUJO DE CAJA NETO	FLUJO DE CAJA NETO ACTUALIZADO	FLUJO ACUMULADO
1	0	0	0	0	0	112200.00	0.00	0	0.000	0.00	112200.00	-112200.00	-112200.00
2	1	21.53	645.90	41983.50	41983.50	0	12834.03	500	13334.033	13334.033	28649.47	16891.38	-95308.62
3	2	21.46	643.83	41848.95	83832.45	0	12792.90	500	13292.903	26626.94	28556.05	16836.30	-78472.32
4	3	21.39	641.76	41714.40	125546.85	0	12751.77	500	13251.773	39878.71	28462.63	16781.22	-61601.10
5	4	21.32	639.69	41579.85	167126.70	0	12710.64	500	13210.643	53089.35	28369.21	16726.14	-44964.96
6	5	21.25	637.62	41445.30	208572.00	0	12669.51	500	13169.503	66258.86	28275.79	16671.06	-28293.90
7	6	21.19	635.55	41310.75	249882.75	0	12628.38	500	13128.373	79387.23	28182.37	16615.98	-11677.01
8	7	21.12	633.48	41176.20	291058.95	0	12587.25	500	13087.243	92474.48	28088.95	16560.91	4893.00
9	8	21.05	631.41	41041.65	332100.60	0	12546.12	500	13046.113	105520.60	27995.53	16505.83	21388.82
10	9	20.98	629.34	40907.10	373007.70	0	12504.99	500	13004.983	118525.58	27902.11	16450.75	57939.57
11	10	20.91	627.27	40772.55	413780.25	0	12463.85	500	12963.853	131489.44	27808.70	16395.67	54235.24
12	11	20.84	625.20	40638.00	454418.25	0	12422.72	500	12922.723	144412.16	27715.28	16340.59	70575.83
13	12	20.77	623.13	40503.45	494921.70	0	12381.59	500	12881.593	157293.75	27621.86	16285.51	86861.34
14	13	20.70	621.06	40368.90	535290.60	0	12340.46	500	12840.463	170134.22	27528.44	16230.43	103091.78
15	14	20.63	618.99	40234.35	575524.95	0	12299.33	500	12799.333	182933.55	27435.02	16175.35	119267.13
16	15	20.56	616.92	40099.80	615624.75	0	12258.20	500	12758.203	195691.75	27341.60	16120.28	135387.41
17	16	20.50	614.85	39965.25	655590.00	0	12217.07	500	12717.073	208408.82	27248.18	16065.20	151452.60
18	17	20.43	612.78	39830.70	695420.70	0	12175.94	500	12675.943	221084.76	27154.76	16010.12	167462.72
19	18	20.36	610.71	39696.15	735116.85	0	12134.81	500	12634.813	233719.57	27061.34	15955.04	183417.76
20	19	20.29	608.64	39561.60	774678.45	0	12093.68	500	12593.673	246313.24	26967.92	15899.96	199317.72
21	20	20.22	606.57	39427.05	814105.50	0	12052.55	500	12552.543	258865.79	26874.50	15844.88	215162.60
22	21	20.15	604.50	39292.50	853398.00	0	12011.42	500	12511.413	271377.20	26781.09	15789.80	230952.41

ELABORACIÓN: KATHERINE VILLARREAL

FLUJO DE CAJA POZO SACHA 127 ESCENARIO 3: 575													
MES	PERIODO	SACHA 127 BPPD	BPPM	INGRESOS	INGRESOS ACUMULADOS	COSTO DE INVERSION	COSTO OPERATIVO	COSTO RENTA EQUIPO	EGRESOS	EGRESOS ACUMULADOS	FLUJO DE CAJA NETO	FLUJO DE CAJA NETO ACTUALIZADO	FLUJO ACUMULADO
1	0		0	0	0	112200.00	0.00	0	0.000	0.00	-112200.00	-112200.00	-112200.00
2	1	21.53	645.90	48462.50	48462.50	0	12834.03	500	13394.03	13394.03	35068.47	10689.51	-91201.47
3	2	21.46	643.83	48287.25	96749.75	0	12762.80	500	12962.80	26356.84	34994.25	14632.24	-76207.23
4	3	21.38	641.76	48112.00	144861.75	0	12751.77	500	13251.77	39608.61	34880.23	15644.96	-60327.27
5	4	21.32	639.69	47936.75	192798.50	0	12710.44	500	13210.44	52819.05	34766.31	14677.68	-45560.59
6	5	21.25	637.62	47761.50	240660.00	0	12669.51	500	13169.50	66038.56	34652.39	14430.36	-30752.20
7	6	21.18	635.55	47586.25	288521.25	0	12628.28	500	13128.27	79256.83	34537.87	14183.11	-15837.04
8	7	21.12	633.48	47411.00	336382.25	0	12587.25	500	13087.24	92474.08	34423.75	13935.25	-183.74
9	8	21.05	631.41	47235.75	384243.00	1	12546.32	500	13047.17	105691.25	34309.63	13687.95	5111.80
10	9	20.98	629.34	47060.50	432103.50	2	12504.99	500	13006.49	118907.74	34195.51	13440.08	17671.77
11	10	20.91	627.27	46885.25	479968.75	3	12463.85	500	12966.35	132124.09	34081.40	13192.21	31463.98
12	11	20.84	625.20	46710.00	527828.75	4	12422.72	500	12926.24	145340.34	33967.28	13004.34	45268.32
13	12	20.77	623.13	46534.75	575693.50	5	12381.59	500	12886.10	158556.44	33853.16	12816.46	59072.66
14	13	20.70	621.06	46359.50	623553.00	6	12340.46	500	12846.02	171772.46	33739.04	12628.59	72877.00
15	14	20.63	618.99	46184.25	671417.25	7	12299.33	500	12806.20	185011.55	33624.92	12440.71	86681.34
16	15	20.56	616.92	46009.00	719286.25	8	12258.20	500	12766.30	198277.85	33510.80	12252.84	100485.58
17	16	20.50	614.85	45833.75	767150.00	0	12217.07	500	12726.37	211544.22	33396.68	12064.97	114289.55
18	17	20.43	612.78	45658.50	815008.50	10	12175.94	500	12686.49	224810.71	33282.56	11877.10	128093.00
19	18	20.36	610.71	45483.25	862871.75	11	12134.81	500	12646.80	238077.51	33168.44	11689.23	141896.23
20	19	20.29	608.64	45308.00	910730.75	12	12093.68	500	12607.17	251344.68	33054.32	11501.35	155699.58
21	20	20.23	606.57	45132.75	958593.50	13	12052.55	500	12567.54	264612.22	32940.20	11313.48	169502.82
22	21	20.15	604.50	44957.50	1006461.00	14	12011.42	500	12527.45	277879.67	32826.08	11125.61	183306.07

LABORACION: KATHERINE VILLARREAL

FLUJO DE CAJA POZO SACHA 4410 ESCENARIO 3: 545													
MES	PERIODO	SACHA 4410 BPPD	BPPM	INGRESOS	INGRESOS ACUMULADOS	COSTO DE INVERSION	COSTO OPERATIVO	COSTO RENTA EQUIPO	EGRESOS	EGRESOS ACUMULADOS	FLUJO DE CAJA NETO	FLUJO DE CAJA NETO ACTUALIZADO	FLUJO ACUMULADO
1	0	0	0	0	0	112200.00	0.00	0	0.000	0.00	-112200.00	-112200.00	-112200.00
2	1	371.30	11139.00	501255.00	501255.00	0	22133.93	500	22183.93	22183.93	279421.07	164744.45	5544.45
3	2	362.16	10804.80	485712.25	986967.25	0	21484.97	500	21510.97	43702.90	271025.30	159783.28	21237.73
4	3	349.26	10480.60	471623.80	1458591.05	0	20875.21	500	20875.21	64577.12	262870.62	154992.94	37328.27
5	4	338.88	10166.28	457481.90	1916072.95	0	20203.88	500	20505.67	84872.79	254782.23	150332.07	51980.44
6	5	328.71	9861.28	443757.45	2360830.40	0	19594.57	500	19644.56	104472.36	247313.88	145853.27	66473.71
7	6	318.85	9565.44	430444.72	2790275.12	0	19005.20	500	19055.25	123520.62	238879.46	141492.02	81492.73
8	7	309.28	9270.48	417523.30	3207798.42	0	18462.30	500	18462.30	142015.00	232668.08	137178.28	96282.01
9	8	300.00	8983.32	405005.44	3612803.86	0	17892.40	500	17932.82	159948.82	225673.04	132543.09	110516.10
10	9	291.00	8701.32	392855.28	4005659.14	0	17346.74	500	17346.74	177345.56	218887.85	128514.67	124188.72
11	10	282.27	8428.23	381099.62	4386758.76	0	16823.41	500	16823.41	194221.16	212306.21	125171.37	138062.89
12	11	273.81	8164.57	369617.52	4756376.28	0	16325.51	500	16325.51	210526.66	205031.01	121494.52	152077.02
13	12	265.59	7907.74	358448.40	5114824.68	0	15853.04	500	15853.04	226379.70	197720.36	117758.01	166530.05
14	13	257.62	7728.71	347591.95	5462316.63	0	15399.47	500	15409.46	241818.17	191722.49	114216.43	181746.46
15	14	249.89	7466.85	337238.50	5809555.13	0	14962.30	500	14962.30	256800.56	185956.81	110783.00	197522.55
16	15	242.40	7211.94	327227.45	6126782.58	0	14448.21	500	14460.51	271324.07	182243.00	107448.81	214076.37
17	16	235.15	7053.78	317425.32	6440207.90	0	14018.71	500	14058.70	285392.78	176761.62	104261.51	231502.87
18	17	228.07	6892.57	307897.72	6758105.62	0	13593.95	500	13643.96	299096.73	171443.77	101982.57	249274.04
19	18	221.23	6636.93	298660.78	7056766.40	0	13185.33	500	13235.32	312292.05	166285.46	98809.89	268413.93
20	19	214.59	6437.85	289700.90	7346467.30	0	12792.07	500	12841.08	325118.12	161281.80	95880.35	288403.78
21	20	208.16	6244.67	281009.85	7627477.15	0	12402.30	500	12451.49	337592.62	156428.41	92228.31	308632.09
22	21	201.91	6057.33	272596.63	7899473.78	0	12019.95	500	12069.01	349661.63	151720.58	89452.62	329104.70

LABORACION: KATHERINE VILLARREAL

FLUJO DE CAJA POZO SACHA 4410 ESCENARIO 2: 565													
MES	PERIODO	SACHA 4410 BPPD	BPPM	INGRESOS	INGRESOS ACUMULADOS	COSTO DE INVERSION	COSTO OPERATIVO	COSTO RENTA EQUIPO	EGRESOS	EGRESOS ACUMULADOS	FLUJO DE CAJA NETO	FLUJO DE CAJA NETO ACTUALIZADO	FLUJO ACUMULADO
1	0	0	0	0	0	112200.00	0.00	0	0.000	0.00	-112200.00	-112200.00	-112200.00
2	1	371.30	11139.00	724055.00	724055.00	0	221331.89	500	221831.980	221831.98	502303.07	502303.07	390093.07
3	2	360.16	10804.80	702312.05	1426367.05	0	214691.07	500	215101.073	437033.00	487321.80	487121.00	877125.05
4	3	349.30	10480.80	681244.33	2307933.48	0	208251.21	500	208751.213	645775.32	472493.32	472493.32	1349018.37
5	4	338.88	10166.40	660807.30	2788400.68	0	202003.08	500	202503.077	848378.79	458303.32	458303.32	1807921.89
6	5	328.71	9861.28	640662.58	3429363.66	0	195943.57	500	196443.566	1044721.36	444539.41	444539.41	2352461.30
7	6	318.85	9565.44	621753.49	4051117.15	0	190005.26	500	190505.259	1235287.62	431188.23	431188.23	2883646.53
8	7	309.28	9278.48	603100.89	4654238.05	0	184903.30	500	184903.301	1420130.92	418257.38	418257.38	3401887.11
9	8	300.00	9000.12	585007.88	5239245.89	0	178852.40	500	179352.403	1594483.32	405675.46	405675.46	3907662.57
10	9	291.00	8730.12	567452.62	5796703.51	0	173967.40	500	173967.400	1773450.75	393490.29	393490.19	4401052.76
11	10	282.27	8468.21	550432.89	6337137.41	0	168263.41	500	168763.403	1942244.16	381670.40	381670.40	4882723.25
12	11	273.81	8214.17	533920.88	6871058.29	0	162715.51	500	163215.505	2109259.66	370305.37	370305.37	5352928.62
13	12	265.59	7967.74	517903.23	7388961.54	0	158319.04	500	158819.040	2264748.70	359384.21	359384.21	5812012.83
14	13	257.62	7728.71	502366.15	7891327.69	0	153969.47	500	154469.469	2418938.17	348266.88	348266.68	6260308.52
15	14	249.89	7498.85	487305.17	8378632.86	0	149662.38	500	149662.385	2568280.56	337321.78	337321.78	6698432.30
16	15	242.40	7271.94	472676.33	8851299.18	0	144993.51	500	144993.513	2713274.07	327082.80	327082.80	7125315.10
17	16	235.13	7053.78	458496.02	9309795.20	0	140158.71	500	140058.708	2853932.78	317337.32	317337.32	7543652.42
18	17	228.07	6842.17	444741.14	9754536.34	0	135633.95	500	136433.947	2990366.73	308287.20	308287.20	7951949.62
19	18	221.23	6636.91	431368.94	10185905.25	0	131875.33	500	132275.328	3122762.05	299023.58	299023.58	8350973.20
20	19	214.59	6437.80	418456.94	10604362.20	0	127919.07	500	128419.068	3251181.12	290337.87	290337.87	8741011.07
21	20	208.16	6244.67	405903.23	11010265.43	0	124081.30	500	124581.406	3375762.62	281321.74	281321.74	9122332.81
22	21	201.91	6057.33	393726.14	11404021.57	0	120359.05	500	120859.051	3496612.67	272867.09	272867.09	9495198.90

ELABORACION: KATHERINE VILLARREAL

FLUJO DE CAJA POZO SACHA 4410 ESCENARIO 3: 575													
MES	PERIODO	SACHA 4410 BPPD	BPPM	INGRESOS	INGRESOS ACUMULADOS	COSTO DE INVERSION	COSTO OPERATIVO	COSTO RENTA EQUIPO	EGRESOS	EGRESOS ACUMULADOS	FLUJO DE CAJA NETO	FLUJO DE CAJA NETO ACTUALIZADO	FLUJO ACUMULADO
1	0	0	0	0	0	112200.00	0.00	0	0.000	0.00	-112200.00	-112200.00	-112200.00
2	1	371.30	11139.00	895425.00	895425.00	0	221331.89	500	221831.980	221831.98	613593.07	613593.07	501399.07
3	2	360.16	10804.80	810362.25	1645787.25	0	214691.07	500	215101.073	437033.00	595170.28	595170.28	1096569.35
4	3	349.30	10480.80	786051.38	2431838.63	0	208251.21	500	208751.213	645775.32	577300.17	577300.17	1673869.52
5	4	338.88	10166.40	762469.84	3194308.47	0	202003.08	500	202503.077	848378.79	559966.16	559966.16	2333835.68
6	5	328.71	9861.28	739995.75	3934304.22	0	195943.57	500	196443.566	1044721.36	543151.18	543151.18	2776986.86
7	6	318.85	9565.44	717407.80	4651712.02	0	190005.26	500	190505.259	1235287.62	526842.61	526842.61	3303829.48
8	7	309.28	9278.48	695885.04	5347597.07	0	184903.30	500	184903.301	1420130.92	511022.34	511022.34	3714851.81
9	8	300.00	9000.12	675000.07	6022597.14	0	178852.40	500	179352.403	1594483.32	495676.67	495676.67	4110528.48
10	9	291.00	8730.12	654758.80	6677355.94	0	173967.40	500	173967.400	1773450.75	480791.37	480791.37	4591319.84
11	10	282.27	8468.21	635116.03	7312471.97	0	168263.41	500	168763.403	1942244.16	466252.62	466252.62	5157572.47
12	11	273.81	8214.17	616062.55	7928534.52	0	162715.51	500	163215.505	2109259.66	452347.05	452347.05	5709919.51
13	12	265.59	7967.74	597580.67	8526115.19	0	158319.04	500	158819.040	2264748.70	438761.63	438761.63	6148681.13
14	13	257.62	7728.71	579653.25	9105768.44	0	153969.47	500	154469.469	2418938.17	425583.78	425583.78	6574364.91
15	14	249.89	7498.85	562262.66	9668031.10	0	149662.38	500	149662.385	2568280.56	412801.27	412801.27	6987166.18
16	15	242.40	7271.94	545395.75	10213426.85	0	144993.51	500	144993.513	2713274.07	400402.23	400402.23	7387568.41
17	16	235.13	7053.78	529033.87	10742460.72	0	140158.71	500	140058.708	2853932.78	388375.17	388375.17	7775943.58
18	17	228.07	6842.17	513162.86	11255623.58	0	135633.95	500	136433.947	2990366.73	376708.91	376708.91	8152652.49
19	18	221.23	6636.91	497767.87	11753391.45	0	131875.33	500	132275.328	3122762.05	365392.64	365392.64	8518045.13
20	19	214.59	6437.80	482834.92	12236226.37	0	127919.07	500	128419.068	3251181.12	354415.87	354415.87	8872460.00
21	20	208.16	6244.67	468349.28	12704575.65	0	124081.30	500	124581.406	3375762.62	343788.38	343788.38	9216248.38
22	21	201.91	6057.33	454299.99	13158875.64	0	120359.05	500	120859.051	3496612.67	333480.34	333480.34	9550048.72

ELABORACION: KATHERINE VILLARREAL

FLUJO DE CAJA POZO SACHA 4570 ESCENARIO 1: 545													
MES	PERIODO	SACHA 4570 BPPD	BPPM	INGRESOS	INGRESOS ACUMULADOS	COSTO DE INVERSION	COSTO OPERATIVO	COSTO RENTA EQUIPO	EGRESOS	EGRESOS ACUMULADOS	FLUJO DE CAJA NETO	FLUJO DE CAJA NETO ACTUALIZADO	FLUJO ACUMULADO
1	0	0	0	0	0	112200.00	0.00	0	0.000	0.00	-112200.00	-112200.00	-112200.00
2	1	191.50	5745.00	258525.00	258525.00	0	114153.35	500	114603.150	114653.35	143871.85	143871.85	31671.85
3	2	185.76	5572.65	250788.25	509313.25	0	110738.56	500	111228.508	225881.71	130540.89	130540.89	171212.54
4	3	180.18	5405.47	243246.17	752560.42	0	107406.70	500	107906.699	333788.40	135559.47	135559.47	306851.02
5	4	174.78	5245.31	235948.79	988509.21	0	104184.50	500	104684.498	438472.90	131784.29	131784.29	438635.31
6	5	169.53	5086.01	228870.32	1217379.53	0	101068.96	500	101568.960	540031.87	127311.36	127311.36	565946.67
7	6	164.45	4932.43	222004.21	1439383.75	0	98027.34	500	98527.194	638559.06	123477.00	123477.00	689423.68
8	7	159.51	4785.42	215544.08	1654927.84	0	95086.38	500	95586.378	734145.44	119757.71	119757.71	809181.40
9	8	154.73	4641.86	209483.78	1865411.62	0	92233.79	500	92733.787	826879.22	116149.98	116149.98	925331.38
10	9	150.09	4502.61	203617.25	2069028.87	0	89466.77	500	89966.773	916846.00	112650.48	112650.48	1037981.85
11	10	145.58	4367.53	198338.73	2267367.60	0	86782.77	500	87282.770	1004555.96	109255.96	109255.96	1147237.82
12	11	141.22	4236.50	193642.57	2453310.18	0	84179.29	500	84679.287	1088808.05	105985.29	105985.29	1253223.10
13	12	136.98	4109.41	189433.50	2638543.68	0	81653.80	500	82153.808	1170961.96	102766.39	102766.39	1355989.49
14	13	132.87	3986.12	185756.60	2817680.28	0	79204.29	500	79704.291	1250666.25	99671.31	99671.31	1454860.80
15	14	128.88	3866.54	182604.33	2991684.61	0	76828.16	500	77328.162	1327994.42	96666.17	96666.17	1551486.96
16	15	125.02	3750.54	180004.50	3163489.11	0	74523.52	500	75023.528	1403017.73	93751.18	93751.18	1645240.14
17	16	121.27	3638.03	177711.28	3334100.39	0	72287.62	500	72787.628	1475805.35	90933.65	90933.65	1736173.79
18	17	117.63	3528.89	175799.93	3499900.32	0	70118.99	500	70618.989	1546424.34	88184.94	88184.94	1824358.73
19	18	114.10	3422.02	174205.69	3664105.91	0	68015.42	500	68515.420	1614940.76	85525.51	85525.51	1909884.23
20	19	110.68	3320.33	172914.80	3827020.71	0	65974.96	500	66474.957	1681414.72	82939.89	82939.89	1992824.13
21	20	107.38	3220.72	171952.40	3988973.11	0	63995.71	500	64495.708	1745910.43	80436.70	80436.70	2073260.82
22	21	104.14	3124.90	171368.43	4150341.54	0	62075.84	500	62575.837	1808486.26	78009.60	78009.60	2151250.42

ELABORACIÓN: KATHERINE VILLARREAL

FLUJO DE CAJA POZO SACHA 4570 ESCENARIO 2: 565													
MES	PERIODO	SACHA 4570 BPPD	BPPM	INGRESOS	INGRESOS ACUMULADOS	COSTO DE INVERSION	COSTO OPERATIVO	COSTO RENTA EQUIPO	EGRESOS	EGRESOS ACUMULADOS	FLUJO DE CAJA NETO	FLUJO DE CAJA NETO ACTUALIZADO	FLUJO ACUMULADO
1	0	0	0	0	0	112200.00	0.00	0	0.000	0.00	-112200.00	-112200.00	-112200.00
2	1	191.50	5745.00	373425.00	373425.00	0	114153.35	500	114653.150	114653.15	258771.85	258771.85	146571.85
3	2	185.76	5572.65	362222.25	735647.25	0	110738.56	500	111228.508	225881.71	250900.69	250900.69	397482.54
4	3	180.18	5405.47	351555.58	1087202.83	0	107406.70	500	107906.699	333788.40	243488.88	243488.88	641071.43
5	4	174.78	5245.31	340814.97	1428017.79	0	104184.50	500	104684.498	438472.90	236130.42	236130.42	877142.85
6	5	169.53	5086.01	330590.47	1758608.26	0	101068.96	500	101568.960	540031.87	229011.50	229011.50	1096176.35
7	6	164.45	4932.43	320671.75	2079280.01	0	98027.34	500	98527.194	638559.06	222455.56	222455.56	1318631.91
8	7	159.51	4785.42	311052.57	2390332.58	0	95086.38	500	95586.378	734145.44	215466.19	215466.19	1534098.10
9	8	154.73	4641.86	301710.99	2692043.57	0	92233.79	500	92733.787	826879.22	208987.21	208987.21	1752775.31
10	9	150.09	4502.61	292669.36	2984713.93	0	89466.77	500	89966.773	916846.00	202702.59	202702.59	1955477.90
11	10	145.58	4367.53	283888.28	3268602.21	0	86782.77	500	87282.770	1004555.96	196608.51	196608.51	2152086.41
12	11	141.22	4236.50	275572.80	3543775.01	0	84179.29	500	84679.287	1088808.05	190605.32	190605.32	2342777.73
13	12	136.98	4109.41	267711.41	3811486.42	0	81653.80	500	82153.808	1170961.96	184957.52	184957.52	2527735.25
14	13	132.87	3986.12	259988.08	4079474.50	0	79204.29	500	79704.291	1250666.25	179393.79	179393.79	2707129.04
15	14	128.88	3866.54	251125.14	4321064.44	0	76828.16	500	77328.162	1327994.42	173996.08	173996.08	2881125.02
16	15	125.02	3750.54	243085.39	4564149.83	0	74523.52	500	75023.528	1403017.73	168762.07	168762.07	3049887.09
17	16	121.27	3638.03	236471.80	4800621.63	0	72287.62	500	72787.628	1475805.35	163884.21	163884.21	3213765.30
18	17	117.63	3528.89	230373.62	5030995.25	0	70118.99	500	70618.989	1546424.34	158768.68	158768.68	3372533.98
19	18	114.10	3422.02	224686.34	5255681.59	0	68015.42	500	68515.420	1614940.76	153880.00	153880.00	3526413.98
20	19	110.68	3320.33	219345.40	5475027.00	0	65974.96	500	66474.957	1681414.72	149346.46	149346.46	3675760.44
21	20	107.38	3220.72	214346.80	5689373.80	0	63995.71	500	64495.708	1745910.43	144851.10	144851.10	3820651.54
22	21	104.14	3124.90	209668.43	5899042.23	0	62075.84	500	62575.837	1808486.26	140490.57	140490.57	3961141.01

ELABORACIÓN: KATHERINE VILLARREAL

FLUJO DE CAJA POND SACHA 4570 ESCENARIO 1: 575													
MES	PERIODO	SALIDA APTO BPTD	IPFM	INGRESOS	INGRESOS ACUMULADOS	COSTO DE INVERSION	COSTO OPERATIVO	COSTO RENTA EQUIPO	EGRESOS	EGRESOS ACUMULADOS	FLUJO DE CAJA NETO	FLUJO DE CAJA NETO ACTUALIZADO	FLUJO ACUMULADO
1	0	0	0	0	0	112200.00	0.00	0	0.000	0.00	-112200.00	-112200.00	-112200.00
2	1	191.05	5731.50	429862.50	429862.50	0	113884.90	500	114384.905	114384.90	315477.60	315477.60	203277.60
3	2	185.32	5558.56	430966.63	860829.13	0	110468.28	500	110968.280	225353.28	105006.27	305983.87	508375.86
4	3	178.26	5392.77	434457.83	1295286.75	0	107154.51	500	107654.507	333007.57	196853.52	296833.52	605229.18
5	4	174.57	5230.99	432323.90	1699610.65	0	103939.68	500	104439.678	437447.25	107884.22	287884.22	703193.40
6	5	169.14	5074.06	380554.98	2080164.63	0	100821.49	500	101321.486	538768.74	179232.69	279232.69	1371960.09
7	6	164.06	4921.82	369137.56	2369302.18	0	97795.84	500	98296.943	637065.58	270840.71	270840.71	1642801.80
8	7	159.24	4774.18	358261.43	2751563.61	0	94861.94	500	95362.938	732428.52	262700.49	262700.49	1905502.29
9	8	154.57	4630.93	347321.53	3228885.14	0	92017.05	500	92517.050	824945.57	254854.48	254854.48	2160356.77
10	9	149.73	4492.00	336901.89	3695586.22	0	89256.54	500	89756.538	914702.10	247145.14	247145.14	2407501.91
11	10	145.24	4357.26	326794.82	3762381.04	0	86578.84	500	87078.842	1001780.95	239715.88	239715.88	2647217.10
12	11	140.88	4226.33	316993.98	4079375.02	0	83981.48	500	84481.477	1089262.42	232509.50	232509.50	2889726.60
13	12	136.66	4099.75	307481.25	4386856.27	0	81462.00	500	81962.002	1182240.45	225519.22	225519.22	3104845.82
14	13	132.56	3976.76	298256.81	4685113.08	0	79018.17	500	79518.171	1277742.63	218738.64	218738.64	3323584.46
15	14	128.58	3857.45	289304.11	4974417.19	0	76647.63	500	77147.626	1324890.25	212161.48	212161.48	3535745.94
16	15	124.72	3741.71	280628.85	5255046.02	0	74348.20	500	74848.197	1397938.45	205781.64	205781.64	3741526.57
17	16	120.98	3629.48	272203.94	5527250.96	0	72117.75	500	72617.752	1472356.20	199593.13	199593.13	3941120.70
18	17	117.35	3520.59	264044.61	5791695.57	0	69954.22	500	70454.219	1548810.42	193590.18	193590.18	4134710.88
19	18	113.83	3414.98	256123.27	6047818.85	0	67855.58	500	68355.580	1611966.01	187767.68	187767.68	4322478.56
20	19	110.42	3312.33	248439.37	6298258.22	0	65829.02	500	66329.023	1677495.04	182118.65	182118.65	4504597.21
21	20	107.11	3213.23	240988.39	6538046.61	0	63845.19	500	64345.327	1745840.36	176641.08	176641.08	4681238.29
22	21	103.89	3116.76	233756.80	6770603.40	0	61929.67	500	62429.967	1804261.23	171326.83	171326.83	4852564.12

ELABORACIÓN: KATHERINE VILARREAL