

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

“Optimización de la metodología aplicada para la selección del sistema de levantamiento artificial en los campos petroleros del Ecuador: Caso ESPOL”

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

### **INGENIERO EN PETRÓLEO**

Presentado por:

Geannina Guadalupe Cherrez

Olmedo Sebastian Medina

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2020

## DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mis padres, Olmedo y Paula, a mis hermanos Yhaina, Jessika y Miguel, quienes siempre estuvieron en los momentos difíciles durante el transcurso de mi carrera estudiantil y fueron un apoyo incondicional.

A mis amigos que fueron mi segunda familia y siempre estaban ahí dándome ánimos. Y para terminar principalmente a mis abuelos Alberto y Maria Dolores, quienes están en el cielo y gracias a sus bendiciones cumplí esta meta de ser un profesional.

Olmedo Medina L.

El presente proyecto está dedicado a mis padres Angelita y Alfredo, a mis hermanas Margarita y Emily y a mi novio Luis, por ser mi apoyo fundamental y ayudarme a cumplir todos mis objetivos, enseñándome que todo lo que uno se proponga es capaz de alcanzar.

Geannina Cherrez

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la sabiduría y poder culminar esta meta, a mis padres por su amor y sacrificio para permitirme estudiar y ser un profesional, a mis hermanos por su motivación y a mis amigos por mantenerse constante a mi lado.

A nuestro tutor el Ing. Danilo Arcentales, a todos los profesores de la facultad que me brindaron el conocimiento pertinente para culminar este proyecto integrador.

También agradezco al Ing. Fernando Sagnay quien estuvo pendiente de cada detalle y gracias a su experiencia laboral en campo, se pudo finalizar con éxito este trabajo.

Olmedo Medina L

Agradezco a Dios, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral y a cada uno de los profesores por brindarnos sus enseñanzas tanto en temas académicos como personales a lo largo de esta carrera estudiantil.

Geannina Cherrez

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Medina Luna Olmedo Sebastián y Chérrez Quiñónez Geannina Guadalupe* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

---

Sebastian Medina

---

Geannina Chérrez

# EVALUADORES

**MSc. Fernando Sagnay**  
PROFESOR DE LA MATERIA

**MSc. Danilo Arcentales**  
PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

Los sistemas de levantamiento artificial actualmente representan un rol importante en el ámbito de producción petrolera. En especial si se tratan de campos que han sido explotados por años, es decir que los pozos no tienen un potencial de energía para producir por su propia cuenta. Por ende, el presente proyecto tuvo como finalidad fortalecer la metodología de selección de sistema de levantamiento artificial para optimizar la producción del campo ESPOL, mediante la gráfica de índice de presión de yacimiento vs. Índice de productividad. Debido a que no se realizaban estudios previos para evaluar los mecanismos de producción, se recopiló toda la información de pruebas de los pozos productores del campo ESPOL, para luego cumplir con la metodología que constó de dos etapas; preselección y selección. Se procedió a ejecutar una matriz donde se relacione el índice de presión del yacimiento vs índice de productividad, interpretando que, dependiendo del valor obtenido, se analizaron los diferentes criterios para la selección de un mecanismo óptimo para cada pozo. Actualmente con el análisis realizado para el campo ESPOL, se tiene que, de los 21 pozos productores existentes, 15 operan con bombeo hidráulico, 5 con bombeo electro sumergible y 1 con bombeo mecánico; obteniendo así una producción óptima para el campo en general con cada tipo de sistema de levantamiento artificial.

**Palabras clave:** *Sistema de levantamiento artificial, índice de presión del yacimiento, índice de productividad, mecanismo de producción, análisis nodal.*

## **ABSTRACT**

Artificial lift systems currently play an important role in the field of oil production. Especially if they are fields that have been exploited for years, that is to say that the wells do not have energy potential to produce on their own. Therefore, the purpose of this project was to strengthen the artificial lift system selection methodology to optimize the production of the ESPOL field, by means of the reservoir pressure index vs. productivity index graph. Due to the fact that there were no previous studies to evaluate the production mechanisms, all the test information of the ESPOL field producing wells was gathered, in order to comply with the methodology that consisted of two stages; pre-selection and selection. We proceeded to develop the graph of reservoir pressure index vs. productivity index, interpreting that, depending on the value obtained, we analyzed the different criteria for the selection of an optimal mechanism for each well. Currently, with the analysis carried out for the ESPOL field, we have that, of the 21 existing producing wells, 15 operate with hydraulic pumping, 5 with electro-submersible pumping and 1 with mechanical pumping; thus obtaining an optimal production for the field in general with each type of artificial lift system.

*Keywords: Artificial lift system, reservoir pressure index, productivity index, production mechanism, nodal analysis.*

# ÍNDICE GENERAL

<b>EVALUADORES</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	VII
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	VIII
<b>ABREVIATURAS</b> .....	X
<b>SIMBOLOGÍA</b> .....	XI
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	12
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	14
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	18
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	18
1.1. Descripción del problema .....	18
1.2. Justificación del problema.....	19
1.3. Objetivos.....	19
1.4. Objetivo General .....	19
1.5. Objetivos Específicos.....	20
1.6. Marco teórico.....	20
1.7. Introducción a sistemas de levantamiento artificial.....	20
1.8. Principios básicos para la selección integral de sistemas de levantamiento artificial.....	22
1.9. Selección de SLA en campos maduros de Ecuador.....	24
1.10. Economía en la selección de SLA óptimo .....	25
1.11. ESTUDIOS DE CASO .....	26
1.12. Selección del SLA – Distrito Oriente Ecuatoriano .....	26
1.13. Modelo Integrado de Activos para la selección de los SLA óptimos .....	27
1.14. Aplicación de inteligencia aumentada y análisis de borde en operaciones de producción ascendentes: un enfoque innovador para optimizar el rendimiento de los sistemas de levantamiento artificial. ....	28
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	30
<b>2. DESARROLLO</b> .....	30
2.1. Situación del campo .....	30
2.2. METODOLOGÍA.....	32
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	50

<b>3. RESULTADOS Y ANÁLISIS</b> .....	50
3.1. Datos del campo ESPOL.....	50
3.2. Análisis y evaluación del sistema de levantamiento artificial de cada pozo en producción del campo ESPOL.....	57
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	140
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	140
4.1. CONCLUSIONES.....	140
4.2. RECOMENDACIONES .....	141
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	142

## **ABREVIATURAS**

BFPD	Barriles de fluido por día
BPPD	Barriles de petróleo por día
BH	Bombeo hidráulico
BM	Bombeo mecánico
BES	Bombeo electro-sumergible
BCP	Bombeo de cavidades progresivas
IP	Índice de productividad
PVT	Presión, volumen y temperatura
SLA	Sistema de levantamiento artificial
TVD	Profundidad promedio de los disparos

## SIMBOLOGÍA

° API	Gravedad API
BSW	Contenido de agua libre y sedimentos
IPR	Curva de afluencia del pozo
°F	Grados Fahrenheit
Ft	Pies
Pi	Presión inicial
Pr	Presión de reservorio
Psi	Presión
Psia	Presión absoluta
SCF	Pies cúbicos estándar
STB	Stock tank barre

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Esquema de simulador de red (Eni, 2020).....	28
Figura 1.2 Marco de arquitectura para inteligencia aumentada.....	29
Figura 2.2 Gráfica del IPR .....	36
Figura 2.3 Gráfica de índice de presión del yacimiento vs índice de productividad.....	40
Figura 2.4 Gráfica de ubicación de los nodos mas comunes para realizar un análisis Nodal .....	46
Figura 2.5 Datos requeridos para un software de análisis Nodal .....	47
Figura 2.6 Gráfica de criterios de selección para SLA y modelo de gestión .....	48
Figura 2.7 Diagrama de flujo de la metodología para la selección de SLA óptimo . <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Figura 3.1 Gráfica de simulación de las curvas Inflow y outflow (BES).....	66
Figura 3.2 Gráfica de simulación de las curva Inflow y outflow (BM) .....	67
Figura 3.3 Gráfica de comparación de las curvas outflows y de la curva IPR del pozo - 044.....	69
Figura 3.4 Gráfica de simulación de las curvas Inflow y outflow (BES).....	73
Figura 3.5 Gráfica de simulación de las curvas Inflow y outflow (BM) .....	73
Figura 3.6 Gráfica de comparación de las curvas outflows y de la curva IPR del pozo - 027.....	75
Figura 3.7 Gráfica de simulación de las curvas Inflow y outflow (BES) <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Figura 3.8 Gráfica de simulación de las curvas Inflow y outflow (BM) .....	94
Figura 3.9 Gráfica de comparación de las curvas outflows y de la curva IPR del pozo - 027.....	96
Figura 3.10 Gráfica de simulación de las curvas Inflow y outflow (BES).....	130
Figura 3.11 Gráfica de simulación de las curvas Inflow y outflow (BM) .....	130

Figura 3.12 Gráfica de comparación de las curvas outflows y de la curva IPR del pozo - 042. .... 132

Figura 3.13 Representación en dispersión en función a las áreas de la gráfica de  $\nabla P$  vs IP ..... 139

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Consideración sobre el yacimiento y pozo al seleccionar un SLA .....	21
Tabla 1.2 Condiciones de aplicación óptima de los SLA .....	22
Tabla 1.3 Rango de aplicación del levantamiento por bombeo mecánico .....	27
Tabla 2.1 Descripción del Campo ESPOL.....	30
Tabla 2.2 SLA de la Estación Lago Central.....	31
Tabla 2.3 SLA de la Estación Lago Norte.....	31
Tabla 2.4 Rangos del índice de presión del yacimiento para instalar un sistema de levantamiento artificial .....	33
Tabla 2.5 Valores teóricos del índice de productividad.....	34
Tabla 2.6 Selección del sistema de levantamiento artificial; <b>Error! Marcador no definido.</b>	
Tabla 2.7 Criterios para la preselección de un SLA .....	41
Tabla 2.8 Preselección para un SLA respecto al índice de productividad .....	42
Tabla 2.9 Calificación según los SLA.....	43
Tabla 2.10 Valoración de los SLA.....	44
Tabla 3.1 Clasificación de pozos del campo ESPOL .....	50
Tabla 3.2 Pozos productores del campo ESPOL .....	52
Tabla 3.3 Pozos cerrados del campo ESPOL .....	53
Tabla 3.4 Pozos re-inyectores del campo ESPOL .....	54
Tabla 3.5 Pozos abandonados del campo ESPOL .....	55
Tabla 3.6 Pozos productores con parámetros actuales del campo ESPOL.....	55
Tabla 3.7 Parámetros del pozo ESPOL-013 .....	58
Tabla 3.8 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-013.....	59
Tabla 3.9 Variables del pozo ESPOL-013 .....	60
Tabla 3.10 Parámetros del pozo ESPOL-044 .....	63

Tabla 3.11 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-044.....	64
Tabla 3.12 Variables del pozo ESPOL-044 .....	64
Tabla 3.13 Data de simulación para el pozo ESPOL-044.....	67
Tabla 3.14 Parámetros del pozo ESPOL-027 .....	70
Tabla 3.15 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-027.....	70
Tabla 3.16 Variables del pozo ESPOL-027 .....	71
Tabla 3.17 Data de simulación para el pozo ESPOL-027.....	73
Tabla 3.18 Parámetros del pozo ESPOL-039 .....	76
Tabla 3.19 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-039.....	76
Tabla 3.20 Variables del pozo ESPOL-039 .....	77
Tabla 3.21 Parámetros del pozo ESPOL-009A.....	79
Tabla 3.22 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-009A .....	79
Tabla 3.23 Variables del pozo ESPOL-009 .....	80
Tabla 3.24 Parámetros del pozo ESPOL-022 .....	82
Tabla 3.25 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-022.....	82
Tabla 3.26 Variables del pozo ESPOL-022 .....	83
Tabla 3.27 Parámetros del pozo ESPOL-038 .....	85
Tabla 3.28 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-038.....	85
Tabla 3.29 Variables del pozo ESPOL-038.....	86
Tabla 3.30 Parámetros del pozo ESPOL-045 .....	88
Tabla 3.31 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-045.....	88
Tabla 3.32 Variables del pozo ESPOL-045 .....	89
Tabla 3.33 Parámetros del pozo ESPOL-011 .....	91
Tabla 3.34 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-011 .....	91
Tabla 3.35 Variables del pozo ESPOL-011 .....	92
Tabla 3.36 Data de simulación para el pozo ESPOL-027.....	94
Tabla 3.37 Parámetros del pozo ESPOL-024 .....	97

Tabla 3.38 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-024.....	97
Tabla 3.39 Variables del pozo ESPOL-024 .....	98
Tabla 3.40 Parámetros del pozo ESPOL-040 .....	99
Tabla 3.41 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-040.....	100
Tabla 3.42 Variables del pozo ESPOL-040 .....	101
Tabla 3.43 Parámetros del pozo ESPOL-049 .....	102
Tabla 3.44 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-049.....	103
Tabla 3.45 Variables del pozo ESPOL-049.....	104
Tabla 3.46 Parámetros del pozo ESPOL-064 .....	106
Tabla 3.47 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-064.....	106
Tabla 3.48 Variables del pozo ESPOL-064 .....	107
Tabla 3.49 Parámetros del pozo ESPOL-018 .....	109
Tabla 3.50 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-018.....	109
Tabla 3.51 Variables del pozo ESPOL-018 .....	110
Tabla 3.52 Parámetros del pozo ESPOL-034 .....	112
Tabla 3.53 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-034.....	112
Tabla 3.54 Variables del pozo ESPOL-034 .....	113
Tabla 3.55 Parámetros del pozo ESPOL-035 .....	115
Tabla 3.56 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-035.....	115
Tabla 3.57 Variables del pozo ESPOL-035 .....	116
Tabla 3.58 Parámetros del pozo ESPOL-036 .....	118
Tabla 3.59 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-036.....	118
Tabla 3.60 Variables del pozo ESPOL-038.....	119
Tabla 3.61 Parámetros del pozo ESPOL-037 .....	121
Tabla 3.62 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-037.....	121
Tabla 3.63 Variables del pozo ESPOL-037.....	122
Tabla 3.64 Parámetros del pozo ESPOL-047 .....	124

Tabla 3.65 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-036.....	124
Tabla 3.66 Variables del pozo ESPOL-047 .....	125
Tabla 3.67 Parámetros del pozo ESPOL-042 .....	127
Tabla 3.68 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-042.....	127
Tabla 3.69 Variables del pozo ESPOL-042 .....	128
Tabla 3.70 Data de simulación para el pozo ESPOL-042.....	131
Tabla 3.71 Parámetros del pozo ESPOL-048 .....	132
Tabla 3.72 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-048.....	133
Tabla 3.73 Variables del pozo ESPOL-048 .....	134
Tabla 3.74 Resultados de análisis de pozos para sus respectivos SLA óptimos ... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Tabla 7.75 Representación de la condición actual de los pozos con sus SLA .....	138

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

La extracción de petróleo en el Ecuador es considerada una de las actividades más importantes del país por su gran aporte económico, esta actividad mantiene en constante crecimiento al Estado para diseñar y optimizar diversas metodologías de producción donde puedan ser más eficaces y menos costosas. Los pozos petroleros en la Cuenca del Oriente Ecuatoriano son maduros, se clasifican con este término debido al prolongado tiempo de vida útil extrayendo fluidos (petróleo, gas y/o agua). A medida que avanza esta producción pierden su condición natural para poder transportar fluidos desde el yacimiento hacia la superficie, y es por esta razón que los pozos necesitan una energía adicional para seguir produciendo el fluido principal, en este caso el petróleo. Las energías adicionales que se estudiarán en este proyecto son conocidas como Sistemas de Levantamiento Artificial (SLA) y estarán enfocados para los pozos petroleros de la Cuenca Oriente, específicamente en el campo ESPOL. Existen diversos SLA, pero se reducirán a los cuatro más utilizados en el Ecuador, los cuales son: Bombeo electro sumergible, Bombas de cavidades progresivas, Bombeo hidráulico y Bombeo mecánico. Cada uno de estos mecanismos se estudiarán para realizar una optimización de producción en los diferentes pozos que se analizarán en el respectivo campo.

El presente proyecto propone mejorar la optimización de la metodología aplicada para la selección de los SLA en el campo ESPOL, abarcando factores que no se han tomado en cuenta en los años anteriores. Este enfoque se basará reconociendo los elementos claves que inciden en el correcto funcionamiento de los SLA para mantener y conservar la integridad del pozo como el yacimiento; teniendo en cuenta siempre el aspecto financiero como factor principal.

### 1.1. Descripción del problema

En los campos petroleros de Ecuador la selección de los SLA a utilizar se ve reflejado solo en dos variables; factor económico y aumentar producción, pero no

se ha verificado que se realice de la manera más eficiente, las empresas no consideran diversos factores como la aparición de daños debido a la acción de la bomba, gasificación del pozo y que los pozos lleguen a la etapa de depletación en un menor tiempo, esto sucede por no aplicar una metodología para la selección de un SLA óptimo, en el que basados a diferentes parámetros se escoja el ideal para el pozo.

## **1.2. Justificación del problema**

La selección de SLA óptimo está estrechamente relacionado a la producción a obtener en un campo y como es de conocimiento en nuestro país, actualmente no se realiza un estudio previo para escoger con qué sistema se trabajará, sino que se lo hace empíricamente, es decir, basados en la práctica y la experiencia. Se debe recalcar que la mayoría de campos en Ecuador son maduros, esto significa que su energía se ha ido agotando con el pasar del tiempo y que la economía del país aún depende en gran porcentaje de la producción de petróleo. Por este motivo en el presente proyecto verificaremos que mediante una metodología planteada, es posible seleccionar el mejor SLA de acuerdo con las características del campo en estudio, en nuestro caso el campo Lago Agrio, que contiene distintas características petrofísicas, diferentes presiones, así también como distintas arenas, esto con el fin de reducir tiempo y costos de producción que es el principal objetivo en la industria petrolera, pero considerando que existen muchos otros factores a examinar.

## **1.3. Objetivos**

### **1.4. Objetivo General**

Fortalecer la metodología de la selección del sistema de levantamiento artificial mediante la gráfica de índice de presión del yacimiento vs. índice de productividad para la optimización y crecimiento económico del campo ESPOL.

### **1.5. Objetivos Específicos**

- Identificar los sistemas de levantamiento artificial de los pozos del campo ESPOL utilizados actualmente con la finalidad de un análisis previo a la metodología de selección planteada.
- Examinar los diferentes factores que permitan la selección de un sistema de levantamiento artificial óptimo para la producción y que sea amigable con el medio en el que se encuentran.
- Proponer el sistema de levantamiento artificial adecuado para cada tipo de pozo en el campo ESPOL, utilizando la metodología planteada en nuestro proyecto.

### **1.6. Marco teórico**

#### **1.7. Introducción a sistemas de levantamiento artificial**

Los SLA son métodos en los cuales se pretende superar la presión de fondo del pozo para que el mismo pueda producir a una tasa previamente planificada. Esto puede ocurrir por diferentes factores como; inyección de gas en la columna de fluidos, reducción de la presión hidrostática, o mediante una bomba ubicada en el fondo del pozo.

Generalmente se utiliza SLA en campos maduros y agotados, esto porque la presión promedio ha disminuido a tal punto que no tiene la suficiente energía para producir naturalmente, se espera que al utilizar estos métodos se obtenga incremento en las tasas de producción y que la rentabilidad del proyecto sea mejorada.

Del estudio Weatherford. (2010). *INTRODUCTION TO ARTIFICIAL LIFT*. (B. Lane, Ed.) pudimos obtener una serie de criterios de detección inicial, los cuales nos ayudan a seleccionar el sistema de levantamiento artificial más conveniente de acuerdo con las características de nuestro yacimiento. Encontrando lo siguiente:

**Tabla 1.1 Consideración sobre el yacimiento y pozo al seleccionar un SLA  
[(Brown, 1980)]**

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>CRITERIO</b>
IPR	El IPR define el potencial de un pozo.
Tasa de producción líquida	Es un parámetro de selección de SLA.
Corte de agua	Cuando mayor sea el corte de agua, el SLA requiere mover mayores volúmenes de líquido.
Relación Gas-Líquido	Un GLR alto reduce la eficiencia del SLA
Viscosidad	Los fluidos de viscosidad alta pueden causar dificultades.
Volumen de formación	La relación entre volumen de yacimiento y superficie está directamente relacionada a la tasa de producción deseada en superficie.
Mecanismo de depósito	Dependiendo el mecanismo de depósito se presentan variables en la selección de SLA.
Otros problemas del reservorio	La arena puede causar obstrucción o abrasión. Presencia de agua salada puede causar corrosión. Emulsiones pueden reducir la eficiencia del levantamiento. Altas temperaturas pueden afectar a equipos de fondo del pozo.
Profundidad	La profundidad determina cuánta energía se va a necesitar para levantar los fluidos a superficie.
Tipo de finalización	Afectan el rendimiento del flujo de entrada.
Tamaño de tubería	La tubería de diámetro pequeño limita las tasas de producción mientras que las de diámetro grande permite caída excesiva del fluido.
Desviación del pozo	Los pozos muy desviados limitan la selección de un SLA.

Brown inicialmente dio una visión general de los sistemas de levantamiento artificial y propuso que para seleccionar el mejor, es necesario realizar un análisis nodal al diseño en interés, además recomienda que se maneje inicialmente como

si se tratara de un pozo que fluye; es decir, un sistema de producción gráfico debe estar preparado para ver si el pozo es capaz de fluir y, en caso de que así fuese, a qué ritmo. Manifestó que el propósito de cualquier SLA es crear una presión de admisión de tubería predeterminada tal que el yacimiento puede responder y producir el caudal objetivo.

Según sus estudios, el diseño y análisis de cualquier SLA se puede dividir en dos componentes principales. El primero es el componente del depósito (rendimiento de entrada) que representa la capacidad del pozo de producir fluidos. El segundo componente representa toda la tubería y SLA. Esto incluye el separador, línea de flujo, restricciones de la línea de flujo tales como estranguladores, tubería. Finalmente, se analiza la relación entre las presiones y caudales en la curva IPR.

### **1.8. Principios básicos para la selección integral de sistemas de levantamiento artificial**

El estudio del siguiente artículo de la Universidad Industrial de Santander generalizo los diferentes factores que se deben tener en cuenta al momento de escoger un SLA, basándose en las metodologías de selección más aplicadas en la actualidad. Los SLA mencionados para su discretización son los siguientes: levantamiento artificial con gas o gas lift (GL), bombeo electro sumergible (BES), bombeo hidráulico tipo pistón (BHP), bombeo hidráulico tipo jet (BHJ), bombeo de cavidades progresivas (PCP) y bombeo mecánico (BM). También tomaron en cuenta la eficiencia energética considerando un uso racional de la energía para no generar un impacto ambiental en el país utilizado, en este caso Colombia. Finalmente obtuvieron una tabla en donde detallan todas las condiciones de aplicación óptima de los SLA. (Useche-narvaez & Montes-paez, 2018)

**Tabla 1.2 Condiciones de aplicación óptima de los SLA  
[(Useche-narvaez & Montes-paez, 2018)]**

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>BM</b>	<b>PCP</b>	<b>BHJ</b>	<b>BHP</b>	<b>BES</b>	<b>GL</b>
Numero de pozos	>1	>5	>2	>2	>10	>25
Tasas de producción (Bls/día)	10 a 300	>500	<600	<600	>1000	>1000

Profundidad de aplicación (ft)	<3000	<2500	>5000	>5000	>5000	<5000
Diámetro de revestimiento (in)	>4-1/2	>4-1/2	>4-1/2	>4-1/2	>7	>7
Inclinación del pozo (grados)	<5	<5	<10	<20	<40	<45
Severidad del dogleg (ft/100ft)	<5	<5	<3	<3	<5	<50
Temperatura (°F)	<250	<150	<150	<150	<300	<150
Presión de fondo fluyente (psi)	<300	<500	<500	<800	>500	<1000
Tipo de completamiento	Sencillo	Sencillo	Sencillo	Sencillo	Sencillo	Sencillo
Corte de agua (%)	<25	<10	<10	<10	<90	<10
Viscosidad del fluido (cp)	<500	<500	<10	<50	<50	<200
Contenido de arena (ppm)	<50	<200	<2	<2	<5	<200
Relación gas aceite (scf/STB)	<100	<50	<100	<30	<50	<1000
Tratamientos aplicados	Ninguno	Ninguno	Solventes	Inhibidores	Ninguno	Ninguno
Tipo de locación	Onshore	Onshore	Onshore	Onshore	Cualquiera	Cualquiera
Energía eléctrica	Comprada	Comprada	Generada	Generada	Comprada	Cualquiera
Espacio disponible	Amplio	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera

Estas condiciones mostradas en la tabla 1.2 fueron escogidas de las metodologías que contienen mayor influencia en la aplicabilidad y el desempeño de las tecnologías para el rendimiento de los SLA. A continuación, se enlistarán las metodologías aplicadas:

- Metodología Simple Additive Weighting (SAW): este proceso se basa en dimensiones cualitativas como cuantitativas, no solo es mediante la ponderación aditiva simple (SAW), también intervienen el sistema de clasificación de factores y la teoría de conjuntos difusos. Todos estos elementos generan un proceso numérico que señalan alternativas para la ubicación de los SLA en los diferentes pozos del campo estudiado. (CHOU, CHANG, & SHEN, 2008)

- Metodología Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS): es método se basa matemáticamente en distancias cortas, es decir que se generan matrices donde los datos puedan ser similares geométricamente y arrojar la mejor alternativa posible para el problema en el ámbito real. En este caso para la industria petrolera, se utiliza para la selección de los SLA. (LEMKE, 2014)
- Metodología Francesa ELimination Et Choix Traduisant la REalite (ELECTRE): su función principal es la eliminación de alternativas pocos probables y distintos criterios que no tengan correspondencia con los factores ya establecidos. Esta metodología es netamente numérica y solo utiliza una matriz con escala de interés para la selección de los procesos a estudiar, es decir los SLA. (Napitupulu & Hasibuan, 2017)
- Metodología Weighted Product Model (WPM): este método es muy similar al TOPSIS, con la diferencia que no considera distancias cortas. Su enfoque principal es toma de decisiones multicriterio, es decir, donde existan más alternativas para estudiar; podrá arrojar más criterios de selección al momento de escoger los SLA. (TRIAN TAPHYLLOU, 2000)
- Metodología VIKOR: este tipo de metodología empieza definiendo el problema, luego construye una jerarquía de criterios con matrices de juicios y finalmente calcula de forma normalizada los elementos que se encuentran en el juicio. Se basa en una relación de multicriterio con datos cualitativos y cuantitativos. (MOEINZADEH & HAJFATHALIHA, 2009)

### **1.9. Selección de SLA en campos maduros de Ecuador**

La industria de forma muy rigurosa concentra grandes esfuerzos en aplicar métodos con mayor eficiencia y con menos esfuerzo, es decir, hacer más con menos. En nuestro país no es la excepción, ya que para la selección del SLA en campos maduros se ha aplicado esa premisa que se enfoca en tres factores:

1. Conocimiento y confianza en tecnologías
2. Capacidad de levantamiento
3. Inversión inicial

Lo que se hace actualmente es un estudio previo que considere el ciclo completo de vida del proyecto el cual nos permitirá definir un costo real en el que incurrimos por cada barril de petróleo producido.

La producción petrolera en Ecuador a lo largo de los años se ha caracterizado por la aplicación de sistemas de Bombeo Electro Sumergible (BES) y Bombeo Hidráulico Jet (BHJ). La realidad de nuestro país con respecto a la madurez de los campos ha obligado a la industria a buscar alternativas para la selección de un SLA; con el fin de alcanzar la máxima producción de pozos de forma rentable y amigable por lo que se ha considerado el uso de Bombeo Mecánico (BM) y Bombeo de Cavidades Progresivas (PCP) que están más relacionados con las características actuales de los campos. Lo que se hace en nuestro país para seleccionar el método a utilizar es que se realiza un análisis completo denominado LCC o Costo de Vida del Proyecto que es una herramienta de toma de decisiones en la que sin obviar ningún dato solicitado ayuda a la selección del SLA que va con las características planteadas.

#### **1.10. Economía en la selección de SLA óptimo**

Para determinar un SLA como eficiente es necesario evaluarlo desde el punto de vista económico además de sus características, beneficios y limitaciones, por esto se ha fijado seis factores a comparar, los cuales son:

1. Costo inicial
2. Gastos operativos mensuales
3. Vida útil del equipo
4. Numero de pozos a levantar
5. Disponibilidad de equipo excedente
6. Vida útil esperada del pozo.

A lo anterior expuesta debemos agregarle la confiabilidad del sistema y el fácil acceso a los equipos y servicio de reparación, esto es importante aclarar porque muchas veces prevalece el mismo tipo de SLA, pero sin que este sea el más atractivo o beneficioso para el yacimiento.

Estas consideraciones favorecen a un sistema más que a otro y ayudan a la elección adecuada de un SLA.

## 1.11. ESTUDIOS DE CASO

### 1.12. Selección del SLA – Distrito Oriente Ecuatoriano

Este artículo abarca el área principal de estudio para el proyecto presente que es el Oriente Ecuatoriano, consideran solo cuatro SLA: BH, BM, BES y PCP.

La metodología se basa en tres etapas:

- Primera etapa: selección del campo de estudio, establecer los criterios que influyen en la selección SLA y un análisis de los métodos de selección de un SLA
- Segunda etapa: definir los rangos operativos de cada SLA, selección de pozos petroleros para el análisis y el ordenamiento de datos según la arena productora.
- Tercera etapa: discriminación de criterios mediante la comparación de estos con los valores reales del campo, clasificación de criterios en cuantitativos, cualitativos y de discernimiento y un desarrollo de herramienta (Data Sheet).

La discretización para la selección de los SLA es determinada con las siguientes características:

- Costos operativos
- Temperatura de yacimiento
- Eficiencia del sistema
- Presión de reservorio
- Manejo de sólidos
- Grados API
- Relación Gas-Líquido
- Perfil de pozo
- Profundidad de levantamiento
- Fuente de energía disponible
- Tasa de producción
- Mecanismos naturales de producción

Se puede denotar que se diferencia del estudio anterior realizado en la Universidad de Santander, pues aquí son menos parámetros para la selección y puede ser por su zona de estudio específica. También destacan un análisis para

cada pozo y realizan un rango de aplicación del levantamiento por bombeo mecánico. (Anchundia et al., 2018)

**Tabla 1.3 Rango de aplicación del levantamiento por bombeo mecánico**

[(Anchundia et al., 2018)]

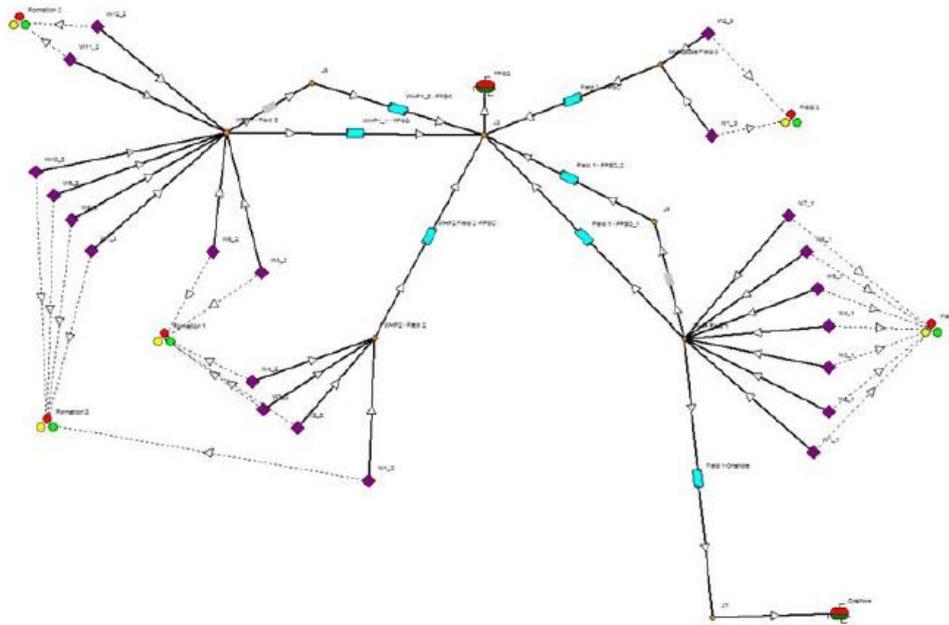
<b>Parámetros</b>	<b>BM</b>	<b>BES</b>	<b>BHJ</b>	<b>BHP</b>	<b>PCP</b>
Tasa de flujo (STB/d)	5 a 5000	200 a 3000	50 a 4000	300 a 15000	5 a 5000
GLR (Scf/BBL)	Bajo a moderado	Bajo	Moderado	Moderado	Moderado
Gravedad API °API	≥8°	>10°	≥8°	≥8°	≤ 35°
Profundidad de levantamiento (pies)	100 a 15000	1000 a 15000	3900 a 16000	4900 a 15000	2000 a 10000
Migración de finos	Bajo a Moderado	Bajo	Bajo	Moderado	Alto
Perfil del pozo	Verticales o con leve desviación	Indiferente	Indiferente	Indiferente	Verticales o Ligera desviación
Temperatura (°F)	100 a 550	100 a 460	100 a 500	100 a 500	75 a 350

### 1.13. Modelo Integrado de Activos para la selección de los SLA óptimos

El siguiente trabajo se compone de la aplicación del Modelo Integrado de Activos (IAM) con la combinación de una simulación para detallar el comportamiento de producción de los pozos. Esta metodología de selección se especializo en los SLA de BES, bombas multifase (MMP), manejo de inyección de agua y diferentes dimensionamientos de instalaciones para el área que fue aplicada en el país de México.

El IAM en este estudio fue mejorado para relacionar las diferentes configuraciones de red, comparando así diversas tecnologías para analizar una mejor solución al momento de maximizar la producción del campo estudiado. Ya que se implementó un simulador, pudieron analizar también los 5 diferentes tipos de yacimientos que se encontraban en la zona; y así crear un modelo de red único que adoptaba el reservorio, instalaciones de superficie y los pozos.

Una de las innovaciones que tuvo este trabajo fue que el simulador mediante el control BHGLR, permitía controlar la relación gas líquido que atraviesa por el sistema BES, con esta información se puede tener un pronóstico de que capacidad de producción tiene ese SLA para los pozos.



**Figura 1.1 Esquema de simulador de red (Eni, 2020)**

Fuente: IPTC-20100-MS Integrated Asset Model as Decision-Making Tool to Design Surface Network and Optimal Artificial Lift System

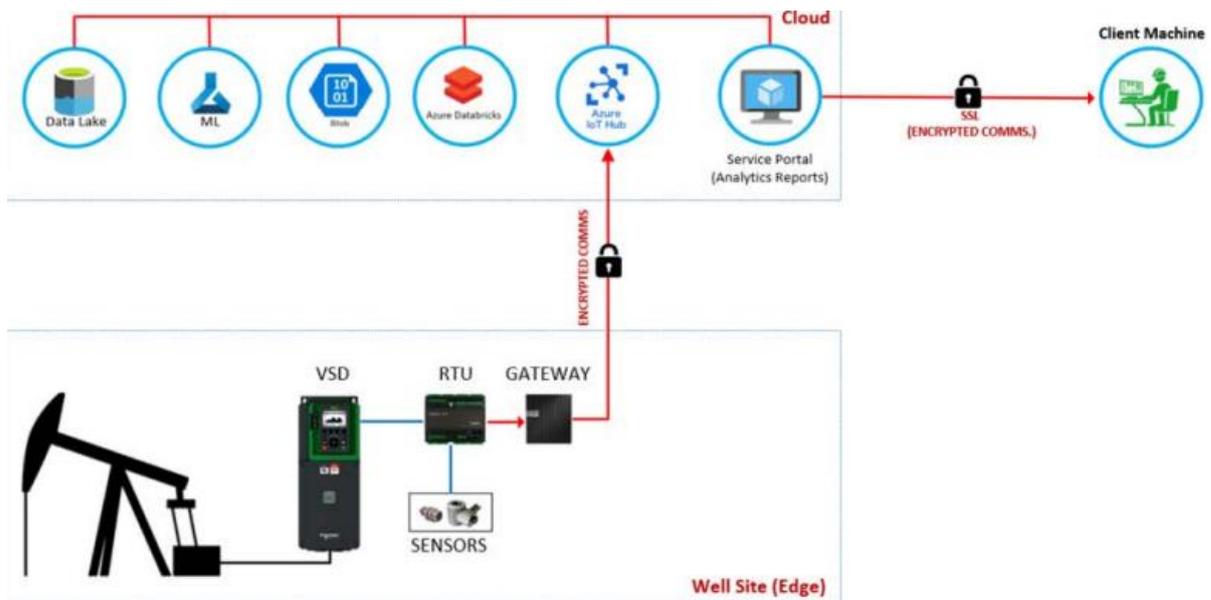
Como se puede observar en la figura 1. IAM mediante un simulador está capacitado para analizar los diferentes activos que se encuentran en el campo. Su función principal es controlar y simular la producción general del campo, tomando en cuenta las limitaciones e interacciones entre los componentes reales del sistema. (Eni, 2020)

#### **1.14. Aplicación de inteligencia aumentada y análisis de borde en operaciones de producción ascendentes: un enfoque innovador para optimizar el rendimiento de los sistemas de levantamiento artificial.**

Mediante el presente estudio se propone implementar modelos de aprendizajes automáticos en los límites de una red de producción, es decir, utilizar nodos inteligentes directamente en la boca del pozo para que se ejecute un análisis lo mas parecido a tiempo real. La característica principal de los nodos es que cuentan con capacidades de inteligencia aumentada y permiten a los expertos en la materia interactuar con modelos de aprendizaje automático con el fin de mejorar

su precisión con el tiempo. Esto, a su vez, ayuda a aumentar la confianza en los resultados y a los operadores en la toma de decisiones.

Edge Analytics es un monitoreo actualmente utilizado en las áreas de upstream de petróleo y gas y es ampliamente aceptado, tiene como objetivo monitorear datos en tiempo real de forma flexible a través de aplicaciones basadas en la nube. (Saghir et al., 2020)



**Figura 1.2 Marco de arquitectura para inteligencia aumentada (Eni, 2020)**

Fuente: Application of Augmented Intelligence and Edge Analytics In Upstream Production Operations: An Innovative Approach for Optimizing Artificial Lift Systems Performance

En la figura se muestra la infraestructura de automatización inteligente de cualquier dispositivo industrial que pueda proporcionar datos para ejecutar análisis en tiempo real lo importante del estudio es que muestra que cuando se trate de producción se puede aplicar a varios SLA como ESP, PCP.

# CAPÍTULO 2

## 2. DESARROLLO

El presente proyecto se desarrollará en el activo ESPOL que es un campo perteneciente al Bloque FICT de ESPOL EC ubicado en la cuenca amazónica en la provincia de Sucumbíos y está enfocado en la evaluación de un sistema de levantamiento artificial óptimo para este campo. Es necesario contar con una serie de datos que influyen en la selección de los SLA, los mismos pueden ser obtenidos por medio de pruebas de pozos o evaluaciones.

Este capítulo tiene como finalidad principal hacer una recopilación de los levantamientos artificiales que son más utilizados en la industria y además explicar brevemente como se desarrollará la selección del mejor SLA, para esto se contará con curvas de Índice de presión vs. Índice de productividad y se verificará por medio de análisis nodal que los resultados son los correctos.

### 2.1. Situación del campo

El campo ESPOL fue descubierto en 1967 y 53 años después se ha perforado un total de 63 pozos y como datos generales del campo se encuentra que:

**Tabla 2.1 Descripción del Campo ESPOL [ (PETROAMAZONAS EP)]**

DESCRIPCIÓN GENERAL	
<b>N° pozos perforados</b>	63
<b>Pozos productores</b>	21
<b>Pozos No productores</b>	40
<b>Pozos inyectores</b>	0
<b>Pozos Re-inyectores</b>	2
<b>BSW promedio del campo (%)</b>	26.13
<b>API ponderado</b>	27.82
<b>Acumulado de Petróleo (bppd)</b>	167391.975

De la tabla podemos analizar que el campo dispone de 63 pozos perforados de los cuales 21 se encuentran produciendo actualmente, no hay ningún pozo inyector, pero si nos encontramos con la presencia de 2 pozos re-inyectores y la mayoría de sus pozos son no productores.

Como característica de su litología encontramos que está conformada por las areniscas Hollín superior e inferior, Napo "U", Napo "T" y Tena Basal.

Actualmente la producción del campo se divide en dos estaciones a las que direccionan toda su producción las cuales son ESPOL Central y ESPOL Norte.

A continuación, se describe la estación, pozos y el sistema de levantamiento artificial que posee:

### **ESPOL Central**

**Tabla 2.2 SLA de la Estación Lago Central [ (PETROAMAZONAS EP)]**

<b>SLA</b>	<b>N° de POZOS</b>
Bombeo hidráulico	4
Bombeo electrosumergible	3
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>

### **ESPOL Norte**

**Tabla 2.3 SLA de la Estación Lago Norte [ (PETROAMAZONAS EP)]**

<b>SLA</b>	<b>N° de POZOS</b>
Bombeo hidráulico	9
Bombeo electrosumergible	8
Bombeo mecánico	1
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>

Una vez identificados los sistemas de levantamiento artificial utilizados en el campo Lago Agrío es posible aplicar una metodología de selección para optimizar procesos.

## 2.2. METODOLOGÍA

El formato metodológico en la presentación de este proyecto consta de diferentes criterios para la selección de los SLA, los cuales son parámetros principales y complementarios.

Los parámetros principales son los más importantes al momento de dar un análisis para la selección de un SLA, este tipo de variables no tiene un cambio, son únicos y su base de información debe ser verídica para no cometer errores en la preselección. Estos parámetros son los siguientes:

- Tasa de producción (STB/d)
- Profundidad de levantamiento (TVD)-(Pies)
- Manejo de GLR (Scf/BBL)
- % BSW.

Los parámetros complementarios son datos del yacimiento y propiedades del fluido que servirán para dar una selección más específica del SLA, se consideran complementarios debido a que nos podrán delimitar el funcionamiento y la eficiencia de los tipos de SLA disponibles para el campo en específico. Estos parámetros son los siguientes:

- Arena productora
- Presión de reservorio
- Temperatura del yacimiento
- Fuente de energía disponible
- Grados API
- Perfil del pozo
- Eficiencia del sistema
- Manejo de solidos
- Costos operativos
- OD tubería de revestimiento
- OD tubería de producción
- Tipo de completación
- Tipo de recuperación
- Información del campo: qué tipo de SLA utiliza más.

Este tipo de metodología consta de dos etapas para su ejecución, la primera es una preselección de los SLA a través de la matriz de índice de presión del yacimiento vs índice de productividad y, la segunda etapa es como tal la selección óptima del SLA para el pozo, en esta etapa se realiza una revisión de los parámetros principales y complementarios antes mencionados.

Para la realización de la primera etapa, se empieza determinando los diferentes índices de presiones del yacimiento por medio de la relación del gradiente de presión y la profundidad del levantamiento, obteniendo la siguiente ecuación:

$$\nabla P = \frac{Pr}{Prof (TVD)_{yac}} \quad (2.1)$$

Donde:

$\nabla P$ : índice de presión del yacimiento

$Pr$ : presión de reservorio

$Prof (TVD)_{yac}$ : profundidad del levantamiento

Dependiendo del resultado que se obtenga en el índice de presión del yacimiento, se puede dar una aseveración para saber si se necesita o no un tipo de SLA en ese pozo determinado. A continuación, se presentará una tabla con un rango de valores y su respectivo posible mecanismo de producción que pueda tener el pozo analizado.

**Tabla 2.4 Rangos del índice de presión del yacimiento para instalar un sistema de levantamiento artificial [ (Maggiolo M. R., 2008)]**

$\nabla P$		
Rango de valores	Posible mecanismo de producción	¿Qué se pudiera necesitar?
0.35-0.45	Estrangular	Se necesita un estrangulador en superficie para controlar la producción (Energía virgen del yacimiento)
0.25-0.45	Flujo natural	No es necesario un SLA (Energía alta del yacimiento)
0.15-0.35	SLA	Requiere de un SLA (Energía media del yacimiento)
0-0.15	Bombas mecánicas	Requiere de un SLA (Energía baja del yacimiento)

Prosiguiendo con la primera etapa, se procede a determinar el índice de productividad de cada pozo que esté en el campo. El índice de productividad es una relación donde interviene la tasa de producción del fluido explotado y el draw-down; que se denomina la resta de la presión de yacimiento y la presión de fondo fluyente del pozo. (Marquez, 2017)

Este valor se lo puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$J \left( \frac{bpd}{lpc} \right) = \frac{q_o}{(P_{ws} - P_{wfs})} \quad (2.2)$$

Donde:

$q_o$ : tasa de producción

$P_{ws}$ : presión del yacimiento

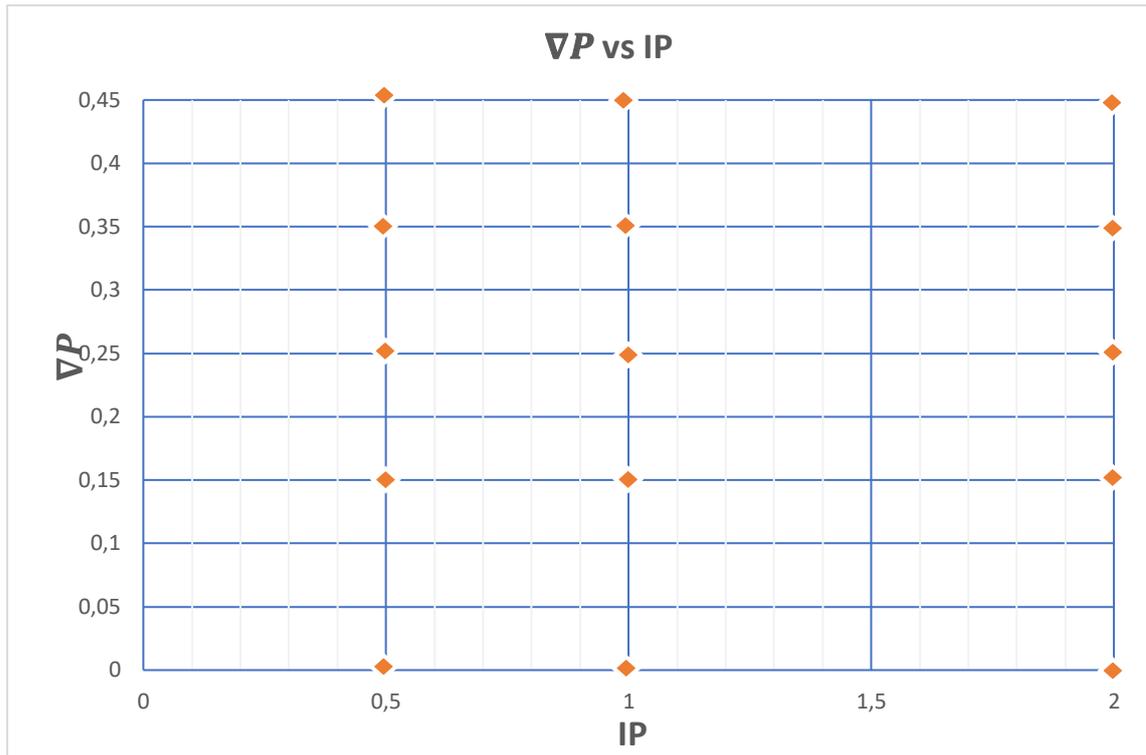
$P_{wfs}$ : presión de fondo fluyente

Finalmente, con los rangos de los valores de índice de productividad que se presentarán en la siguiente tabla, se podrá realizar la gráfica para finiquitar la etapa uno de esta metodología para la selección de los SLA.

**Tabla 2.5 Valores teóricos del índice de productividad [ (Brown, 1977)]**

Rango de valores	IP
>2.0	EXCELENTE PRODUCTIVIDAD
1.0-2.0	ALTA PRODUCTIVIDAD
0.5-1.0	MEDIA PRODUCTIVIDAD
0-0.5	BAJA PRODUCTIVIDAD

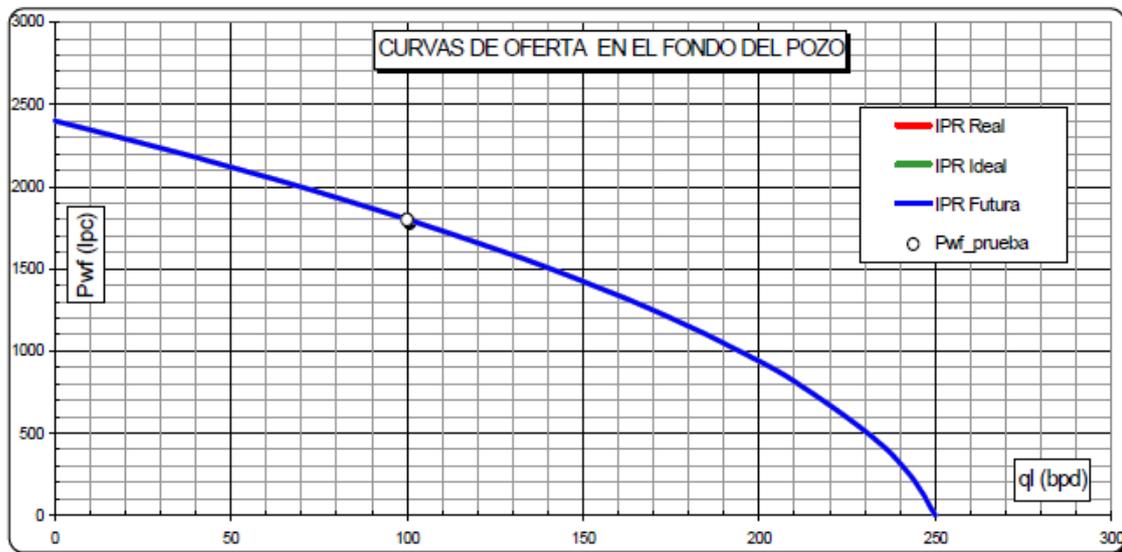
A continuación, se presentará una simulación de la gráfica de índice de presión del yacimiento vs índice de productividad para el criterio de selección de los SLA



**Figura 2.1 Simulación de la gráfica de presión del yacimiento vs índice de productividad**

Fuente: Apolo & Manrique, 2018

En esta primera etapa como dato adicional, se podría determinar la gráfica del IPR (Inflow Performance Relationship) para observar cómo sería la oferta que brindará el yacimiento. Este tipo de gráfica es simplemente la representación de diferentes presiones fluyentes y las tasas de producción del pozo, obtenidas del yacimiento para cada una de las presiones de fondo fluyente. (Maggiolo R. , 2008)



**Figura 2.2 Gráfica del IPR [ (Maggiolo R. , 2008)]**

Fuente: Optimización de la Producción mediante Análisis Nodal – ESP OIL

Una vez culminada la etapa de preselección, continua la selección mediante la recolección de datos operativos de cada sistema de levantamiento artificial considerando los parámetros principales y complementarios, esto con el fin de obtener un mejor criterio y que comprenda el SLA que más se asemeje.

Por este motivo empresas han creado su matriz de criterios para la selección del SLA, como observamos a continuación:

	BOMBEO MECANICO			BOMBEO HIDRAULICO			BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE			BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS		
VARIABLE	MINIMO	PROMEDIO	MÁXIMO	MINIMO	PROMEDIO	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO	MAXIMO
Tasa de producción deseada, bppd	5	752,5	1500	50	2025	4000	100	15050	30000	5	1102,5	2200
Profundidad de levantamiento, TVD	100	8050	16000	5000	10000	15000	5000	10000	15000	2000	6000	10000
Gravedad API	>8	>8	>8	>8	>8	>8	>10	>10	>10	<35	<35	<35
Temperatura del Yacimiento, °F	100	225	350	100	300	500	100	250	400	75	162,5	250
Dogleg limita la profundidad de levantamiento	0	10	20	0	30	60	0	40	80	0	5	10
Grado de inclinación del pozo	0	10	20	0	45	90	0	40	80	0	45	90
Manejo de corrosión	BUENO-EXCELENTE			EXCELENTE			BUENO- EXCELENTE			POCO		
Manejo de gas	POCO- BUENO			BUENO			POCO- BUENO			BUENO		
Manejo de solidos	POCO- BUENO			BUENO			POCO- BUENO			EXCELENTE		

Servicio-mantenimiento	WORKOVER-PULLING	HIDRAULICA- WIRELINE	WORKOVER- PULLING	WORKOVER- PULLING
Tipo de Ubicación	On shore	On shore	On shore	On shore
Disponibilidad de energía eléctrica	SI	SI	SI	SI
Disponibilidad de gas comprimido	SI	SI	SI	SI
Disponibilidad de fluido motriz	SI	SI	SI	SI

**Tabla 2.6 Selección del sistema de levantamiento artificial [ (Weatherford, 2010)**

La tabla refleja un compendio entre los diferentes SLA con respecto a las características del yacimiento, características de los fluidos de producción y la infraestructura, obteniendo así un resumen breve de aplicabilidad.

Prosiguiendo con la primera etapa de la selección de los SLA, se utilizará la gráfica de simulación de índice de presión del yacimiento vs índice de productividad para la preselección de los SLA, añadiendo diferentes esquemas y formas para diferenciar los rangos y valores teóricos de IP con la variación de presión.

Esta gráfica se presentará de forma generalizada, ya que su uso se basa en datos de presión de reservorio, profundidad de la formación y el índice de productividad. Este tipo de información es de manera independiente para cada pozo, por lo cual se generarán diferentes matches que posibilitan de manera fácil el criterio de preselección de los SLA indicados y así obtener un mejor entendimiento.

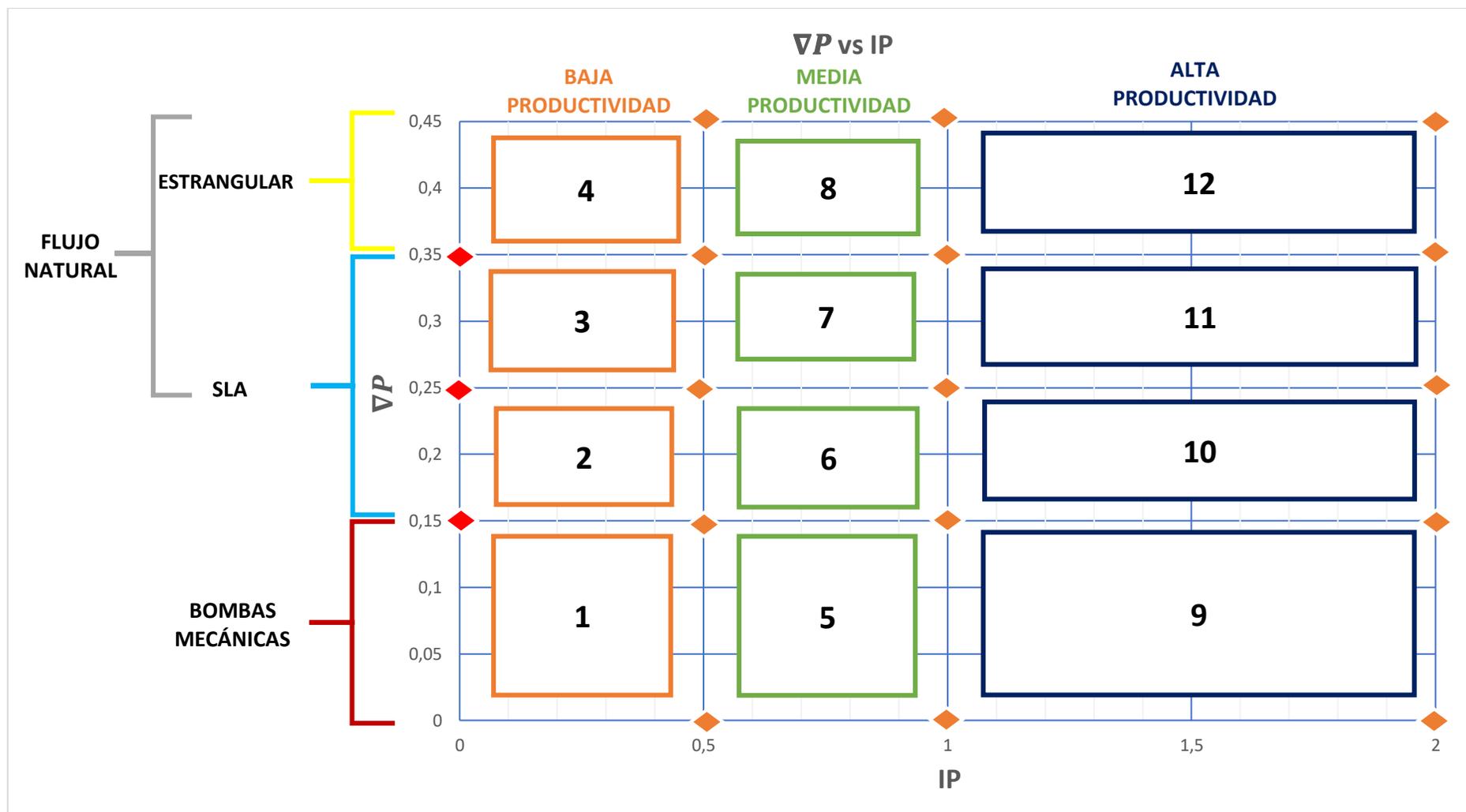


Figura 2.3 Gráfica de índice de presión del yacimiento vs índice de productividad

Fuente: Apolo & Manrique, 2018

Una vez obtenida la gráfica del índice de presión del yacimiento vs índice de productividad con todos los esquemas para diferenciar el proceso de preselección, se puede realizar una tabla con los diferentes matches,

**Tabla 2.7 Criterios para la preselección de un SLA [ (Apolo & Manrique, 2018)]**

Grupo	Área	Criterio para la preselección del SLA
<u>Baja productividad</u>	1-2-3-4	En el área 1 y 2 se necesita un tipo de SLA. En el área 3 y 4 existe la posibilidad de que no se necesite un SLA.
<u>Mediana productividad</u>	5-6	Necesariamente se necesita un SLA
	7-8	Podría producir a flujo natural o se utilizaría un SLA
<u>Alta productividad</u>	9-10	Necesariamente se necesita un SLA
	11-12	La probabilidad de utilizar un SLA es baja, ya que su flujo es de manera natural y tiene una alta productividad.

Como se puede denotar, la tabla fue realizada de manera ascendente en todos los matches, esto con el fin de una mejor comprensión al momento de analizar la preselección de un SLA. Por ejemplo: se observa que en las áreas 1 y 2 están en la zona donde existe **baja productividad** y con un **índice de presión** muy bajo; mientras que las áreas 11 y 12 es todo el caso contrario, alta productividad e índice de presión alto. El objetivo es tener una relación con el uso de los números, conforme van ascendiendo los números vemos mayor productividad y un posible ascenso de índice de presión del yacimiento.

Respecto a los valores teóricos del índice de productividad, se pudo realizar una tabla de valoración para cada tipo de SLA, observando cual era el más indicado respecto al valor obtenido.

**Tabla 2.8 Preselección para un SLA respecto al índice de productividad [ (Apolo & Manrique, 2018)]**

<b>IP</b>	<b>CONSIDERACIONES PARA APLICAR LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL</b>	<b>BOMBEO MECÁNICO</b>	<b>BOMBEO HIDRÁULICO</b>	<b>BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE</b>	<b>BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS</b>
>2.0	EXCELENTE PRODUCTIVIDAD	3	2	1	1
1.0-2.0	ALTA PRODUCTIVIDAD	3	2	1	1
0.5-1.0	MEDIA PRODUCTIVIDAD	2	1	2	1
0-0.5	BAJA PRODUCTIVIDAD	1	1	3	3

La valoración de cada número representa lo siguiente:

- 1: SLA más apropiado.
- 2: SLA opcional.
- 3: SLA menos apropiado.

Finalizada la etapa uno de la metodología para la preselección de los SLA para nuestro campo de estudio, se procede a realizar la etapa dos. Esta etapa consta de los diferentes criterios a tomar en cuenta, los cuales los determinamos como principales y complementarios anteriormente.

Para los criterios cualitativos de manejo de corrosión, de gas y de sólidos. Se realizó una tabla para considerarlos de una manera cuantitativa con respecto a su clasificación, catalogando su manejo como: leve, medio o severo.

- Severo: 3
- Medio: 2
- Leve: 1

**Tabla 2.9 Calificación según los SLA [ (Apolo & Manrique, 2018)]**

Clasificación según los SLA	Valor	Tipo de manejo
Excelente	3	Severo
Bueno	2	Medio
Malo	1	Leve

Una vez cambiado estos tres criterios de forma cualitativa a cuantitativa, se comprende mejor al momento de realizar un estudio general de todos los SLA que serán utilizados en el campo de estudio para su valoración.

Prosiguiendo con la etapa dos de la metodología, se procedió a realizar una tabla de valoración en base a la tabla de selección de SLA de Weatherford.

**Tabla 2.10 Valoración de los SLA [ (Apolo & Manrique, 2018)] Modificado por autores**

Valoración	BOMBEO MECANICO	BOMBEO HIDRAULICO	BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE	BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS
Tasa de producción deseada, bppd	1	1	1	1
Profundidad de levantamiento, TVD	1	1	1	1
Gravedad API	1	1	1	1
Temperatura del Yacimiento, °F	1	1	1	1
Dogleg limita la profundidad de levantamiento	1	1	1	1
Grado de inclinación del pozo	1	1	1	1
Manejo de corrosión	3	3	3	1
Manejo de gas	2	2	2	2
Manejo de solidos	2	2	2	3
Servicio-mantenimiento	WORKOVER-PULLING	HIDRAULICA- WIRELINE	WORKOVER- PULLING	WORKOVER- PULLING
Tipo de Ubicación	On shore	On shore	On shore	On shore
Disponibilidad de energía eléctrica	SI	SI	SI	SI
Disponibilidad de gas comprimido	SI	SI	SI	SI
Disponibilidad de fluido motriz	SI	SI	SI	SI
<b>VALORACIÓN</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>12</b>

Esta tabla de valoración representa los valores máximos de aceptación para un SLA, es decir, conforme se vaya realizando un análisis para cada pozo, la valoración va a cambiar dependiendo de las características que ese represente. Otro punto importante luego de culminar las dos etapas de la metodología, es considerar realizar un análisis nodal y un análisis económico, de los cuales en el proyecto se efectuará un análisis nodal cuando los resultados de la metodología presente dos opciones de SLA para un pozo determinado.

Por medio de un análisis Nodal se pueden determinar diferentes problemas en los pozos de petróleo y gas. El objetivo principal de este análisis para el proyecto realizado, son para pozos surgentes que contienen un SLA y, con el procedimiento adecuado analizar el rendimiento del sistema del pozo.

Las aplicaciones que brinda este tipo de análisis son las siguientes:

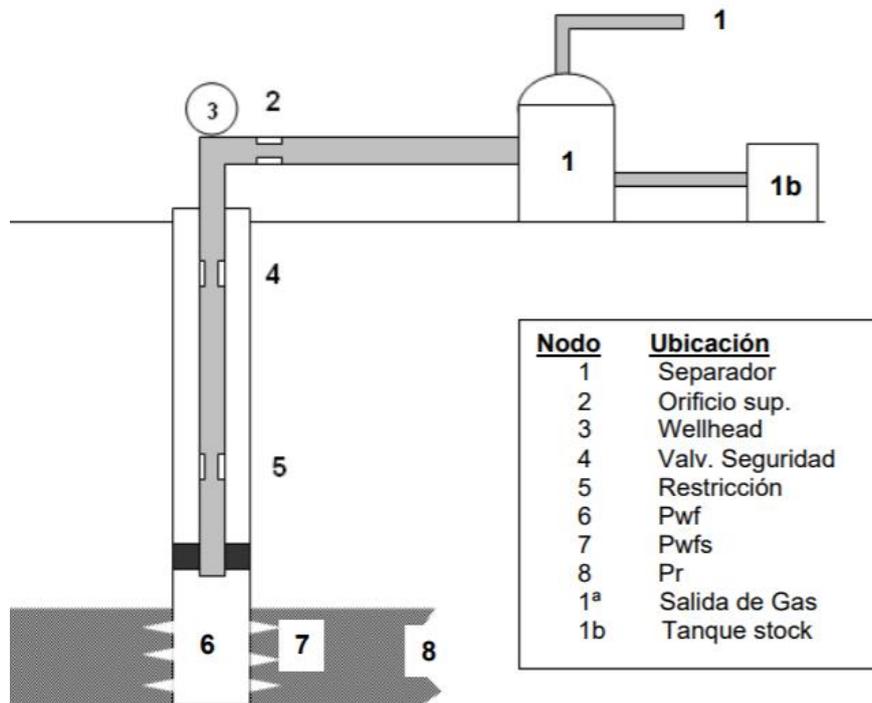
- Selección de diámetros de tubings.
- Selección de líneas de conducción.
- Evaluación de estimulación de pozos.
- Diseño de sistemas de levantamiento artificial.
- Predecir los efectos de la depleción de reservorios

Estas y muchas mas aplicaciones son las que se pueden presentar, realizando un análisis nodal para un pozo.

Los componentes de Upstream y Downstream que se encuentran en un determinado pozo para generar un sistema de producción, deben estar bien elegidos para satisfacer las curvas de oferta y demanda. La relación entre el caudal y la caída de presión son favorables para este tipo de análisis y así, el sistema puede ser determinado siempre y cuando se cumpla las siguientes situaciones:

- El flujo a la entrada y a la salida del nodo es el mismo
- En el nodo tiene que existir una sola presión

Los nodos mas comunes a estudiar en un análisis Nodal son los que se presentan en la siguiente figura:



**Figura 2.4 Gráfica de ubicación de los nodos mas comunes para realizar un análisis Nodal**

Fuente: Hirschfeldt & Lea, 2009

Este es un ejemplo en el cual se puede identificar diferentes sesiones dependiendo del punto en el queramos tomar el análisis de presiones.

Se considera que en un pozo siempre existirá dos presiones fijas teóricamente que no dependen del caudal, la presión promedio de reservorio y la presión de salida del sistema (Hirschfeldt & Lea, 2009). Teniendo en cuenta las presiones fijas, los compones de Upstream y Downstream se podrá analizar un nodo en específico, generando las siguientes ecuaciones:

Ingreso al Nodo (Inflow)

$$\bar{P}_R - \Delta p (\text{upstream componentes}) = P_{nodo}$$

Salida del Nodo (Outflow)

$$P_{sep} - \Delta p (\text{downstream componentes}) = P_{nodo}$$

Este análisis se podrá realizar mediante ecuaciones o por un software, en donde se necesitarán los siguientes datos:

POZO	YACIMIENTO	FLUIDO	SUPERFICIE
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado mecánico</li> <li>• Intervalo Cañoneado</li> <li>• Temperatura de cabeza</li> <li>• Presión de cabeza</li> <li>• Puntos de prueba</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión</li> <li>• Temperatura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• API</li> <li>• Gravedad específica del gas</li> <li>• Presión de Burbuja</li> <li>• Viscosidad del petróleo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura del separador</li> <li>• Presión del separador</li> <li>• Diametro interno de la línea de recolección</li> </ul>

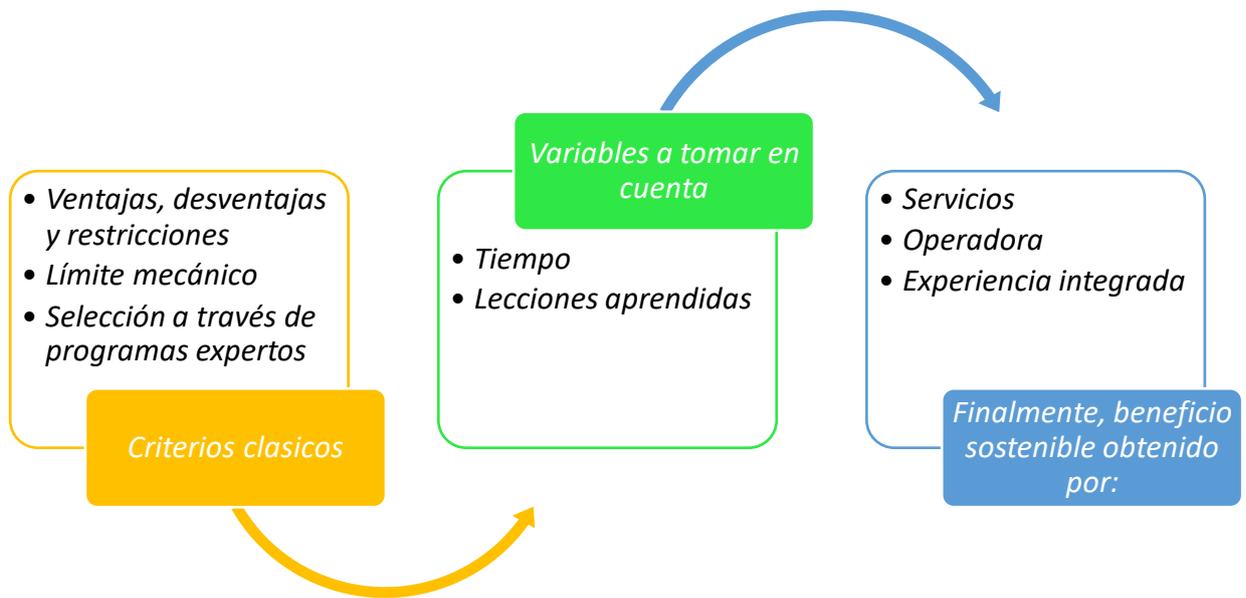
**Figura 2.5 Datos requeridos para un software de análisis Nodal**

Fuente: [ (Valle, Romero, & Cabarca, 2017)]

Una vez terminado el análisis, se efectuará la correcta selección del SLA más óptimo para ese pozo determinado.

Por otra parte, un análisis económico es el estudio de cuanta producción se obtiene de un pozo con su determinado SLA, es decir, si tenemos dos opciones de SLA para ese determinado pozo, se escogerá el que obtenga una mayor producción y pueda recuperar la inversión en menor tiempo.

Como dato adicional, un campo puede requerir más de un tipo de SLA, y a su vez ser distinto a lo largo de la vida del campo. Este modelo de criterio es basado en la experiencia, tiempo y lecciones aprendidas, ya que como cualquier tipo de metodología es de manera teórica, pero al momento de aplicarla habrá cualquier tipo de incertidumbres y es allí donde interviene la ingeniería producción, reservorios y perforación, dicho de otra manera, profesionales capacitados para dar criterios personales basados en su experiencia y en el conocimiento del campo. (Hirschfeld & Bertomeu, 2016)



**Figura 2.6 Gráfica de criterios de selección para SLA y modelo de gestión**

[ (Hirschfeldt & Bertomeu, 2016)]

A continuación, se presenta el diagrama de flujo con la finalidad de presentar la metodología expuesta de una forma más clara, paso a paso para la selección de los diferentes SLA presentados en el proyecto para el campo de estudio.

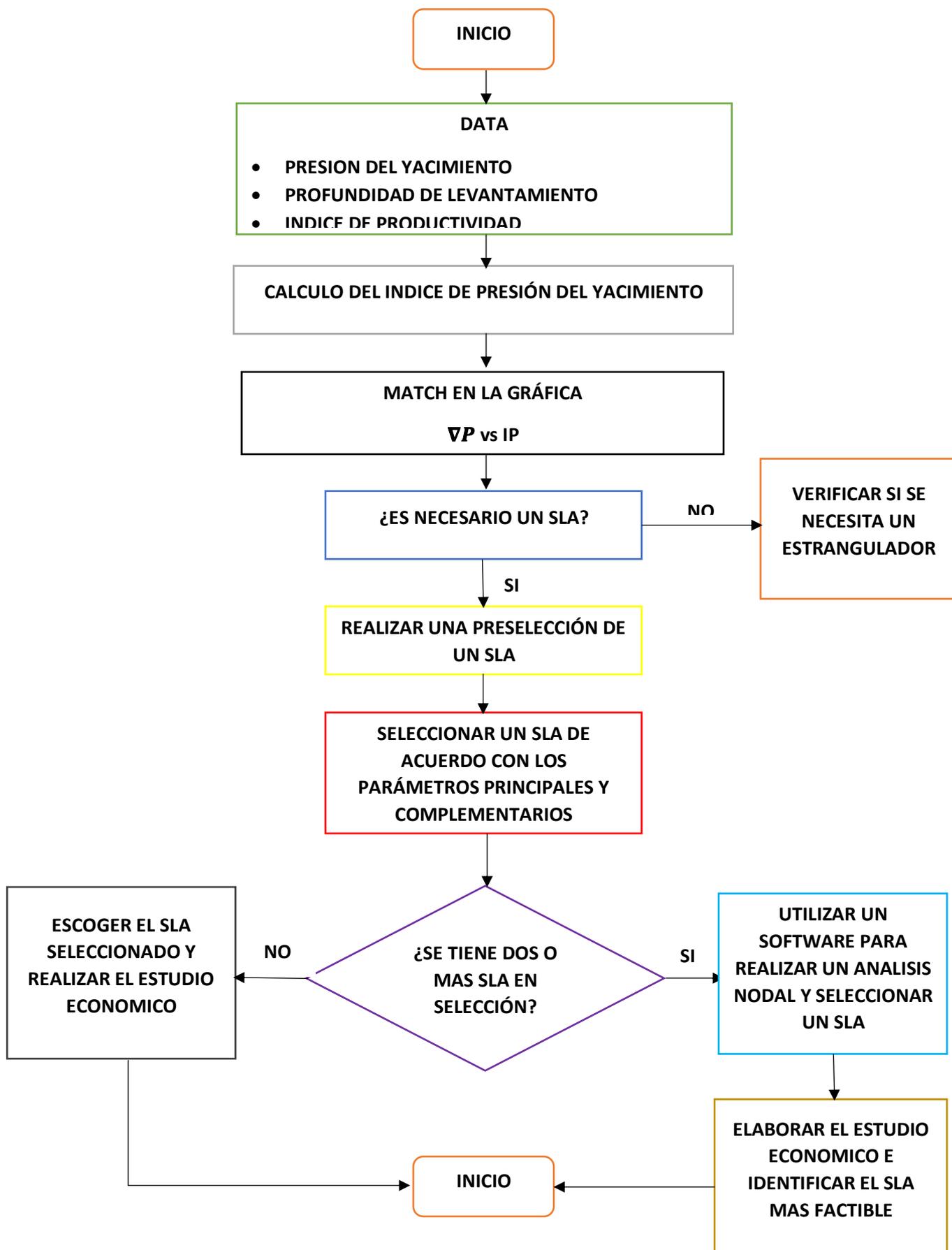


Figura 2.7 Diagrama de flujo de la metodología para la selección de SLA óptimo

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1. Datos del campo ESPOL

Basándonos en información proporcionada hasta diciembre del 2020, se encuentra que el campo ESPOL tiene un total de 63 pozos de los cuales 32 pozos cerrados, 21 pozos en producción, 5 pozos abandonados y 2 pozos re-inyectores. A continuación, presentaremos tabulada la información de la condición actual de los pozos del campo ESPOL:

**Tabla 3.1 Clasificación de pozos del campo ESPOL**

POZO	CONDICIÓN ACTUAL	ARENA PRODUCTORA	TIPO DE LEVANTAMIENTO
ESPOL-004	CERRADO	Hs	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE
ESPOL-005	CERRADO	-	-
ESPOL-006	CERRADO	-	-
ESPOL-009 A	PRODUCCIÓN	T INFERIOR	BOMBEO HIDRÁULICO JET
ESPOL-009 B	CERRADO	-	-
ESPOL-013	PRODUCCIÓN	Hs	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE
ESPOL-015	ABANDONADO	-	-
ESPOL-015R1	CERRADO	-	-
ESPOL-021	CERRADO	-	-
ESPOL-022	PRODUCCIÓN	BASAL TENA	BOMBEO HIDRÁULICO JET
ESPOL-025	CERRADO	-	-
ESPOL-026	CERRADO	-	-
ESPOL-027	PRODUCCIÓN	Hs	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE
ESPOL-038	PRODUCCIÓN	Hs	BOMBEO HIDRÁULICO
ESPOL-38	CERRADO	-	-
ESPOL-039	PRODUCCIÓN	Hs	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE
ESPOL-045	PRODUCCIÓN	Hs	BOMBEO HIDRÁULICO JET
ESPOL-064	PRODUCCIÓN	HI	BOMBEO HIDRAULICO JET
ESPOL-046R1	CERRADO	-	-

<b>ESPOL-052</b>	CERRADO	-	-
<b>ESPOL-001</b>	CERRADO	-	-
<b>ESPOL-002</b>	CERRADO	-	-
<b>ESPOL-003</b>	CERRADO	-	-
<b>ESPOL-007</b>	ABANDONADO	-	-
<b>ESPOL-008</b>	CERRADO	-	-
<b>ESPOL-010</b>	CERRADO	-	-
<b>ESPOL-011</b>	PRODUCCIÓN	HS	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE
<b>ESPOL-011BS1</b>	CERRADO	-	-
<b>ESPOL-012</b>	CERRADO	-	-
<b>ESPOL-014</b>	CERRADO	-	-
<b>ESPOL-016</b>	ABANDONADO	-	-
<b>ESPOL-016B</b>	RE- INYECTOR	-	-
<b>ESPOL-017</b>	CERRADO	HS	BOMBEO HIDRAULICO JET
<b>ESPOL 17</b>	CERRADO	T INFERIOR	-
<b>ESPOL-018</b>	PRODUCCION	HI	BOMBEO HIDRAULICO JET
<b>ESPOL-019</b>	ABANDONADO	-	-
<b>ESPOL-020</b>	RE- INYECTOR	-	-
<b>ESPOL-023</b>	CERRADO	-	BOMBEO HIDRAULICO JET
<b>ESPOL-024</b>	PRODUCCIÓN	HI	BOMBEO HIDRAULICO JET
<b>ESPOL-028</b>	CERRADO	-	-
<b>ESPOL-029</b>	ABANDONADO	-	-
<b>ESPOL-029R1</b>	CERRADO	-	-
<b>ESPOL-030</b>	CERRADO	-	-
<b>ESPOL-031</b>	CERRADO	TI	BOMBEO HIDRAULICO JET
<b>ESPOL-032</b>	PRODUCCIÓN	HS	BOMBEO HIDRAULICO JET
<b>ESPOL-033</b>	CERRADO	-	-
<b>ESPOL-034</b>	PRODUCCIÓN	US	BOMBEO MECÁNICO
<b>ESPOL-035</b>	PRODUCCIÓN	HI	BOMBEO HIDRAULICO JET
<b>ESPOL- 35</b>	CERRADO	HS	BOMBEO HIDRAULICO JET
<b>ESPOL-036</b>	PRODUCCIÓN	HS	BOMBEO HIDRAULICO JET
<b>ESPOL-037</b>	PRODUCCIÓN	HS	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE
<b>ESPOL-041</b>	CERRADO	T INFERIOR	BOMBEO HIDRAULICO JET
<b>ESPOL-042</b>	PRODUCCIÓN	HS	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE
<b>ESPOL-040</b>	PRODUCCIÓN	HS	BOMBEO HIDRAULICO JET

<b>ESPOL-043</b>	PRODUCCIÓN	HS	BOMBEO HIDRAULICO JET
<b>ESPOL-044</b>	PRODUCCIÓN	U INFERIOR	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE
<b>ESPOL-047</b>	PRODUCCIÓN	HOLLIN	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE
<b>ESPOL 47D</b>	CERRADO	Hs	-
<b>ESPOL-048</b>	CERRADO	Hs	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE
<b>ESPOL-049</b>	PRODUCCIÓN	U INFERIOR	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE
<b>ESPOL-050</b>	CERRADO	-	-
<b>ESPOL-051</b>	CERRADO	-	-
<b>ESPOL-054</b>	CERRADO	-	-
<b>ESPOL-055</b>	CERRADO	-	-
<b>ESPOL-063</b>	CERRADO	U INFERIOR	-

Para mejor entendimiento y desarrollo del capítulo hemos dividido los pozos según su condición actual ya que para objeto de estudio nos centraremos en los pozos que se encuentran en producción.

**Tabla 3.2 Pozos productores del campo ESPOL**

<b>N°</b>	<b>POZO</b>	<b>CONDICIÓN ACTUAL</b>	<b>ARENA PRODUCTORA</b>	<b>TIPO DE LEVANTAMIENTO</b>
1	ESPOL-009 A	PRODUCCIÓN	T INFERIOR	BOMBEO HIDRÁULICO JET
2	ESPOL-013	PRODUCCIÓN	H SUPERIOR	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE
3	ESPOL-022	PRODUCCIÓN	BASAL TENA	BOMBEO HIDRÁULICO JET
4	ESPOL-027	PRODUCCIÓN	H SUPERIOR	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE
5	ESPOL-038	PRODUCCIÓN	H SUPERIOR	BOMBEO HIDRAULICO JET
6	ESPOL-039	PRODUCCIÓN	H SUPERIOR	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE

7	ESPOL-045	PRODUCCIÓN	H SUPERIOR	BOMBEO HIDRAULICO JET
8	ESPOL-064	PRODUCCIÓN	H INFERIOR	BOMBEO HIDRAULICO JET
9	ESPOL-011	PRODUCCIÓN	H SUPERIOR	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE
10	ESPOL-018	PRODUCCIÓN	H INFERIOR	BOMBEO HIDRAULICO JET
11	ESPOL-032	PRODUCCIÓN	H SUPERIOR	BOMBEO HIDRAULICO JET
12	ESPOL-034	PRODUCCION	U SUPERIOR	BOMBEO MECÁNICO
13	ESPOL-035	PRODUCCIÓN	H INFERIOR	BOMBEO HIDRAULICO JET
14	ESPOL-036	PRODUCCIÓN	H SUPERIOR	BOMBEO HIDRAULICO JET
15	ESPOL-037	PRODUCCIÓN	H SUPERIOR	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE
16	ESPOL-042	PRODUCCIÓN	H SUPERIOR	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE
17	ESPOL-040	PRODUCCIÓN	H SUPERIOR	BOMBEO HIDRAULICO JET
18	ESPOL-044	PRODUCCIÓN	U INFERIOR	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE
19	ESPOL-047	PRODUCCIÓN	H	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE
20	ESPOL-024	RODUCCIÓN	HI	BOMBEO HIDRAULICO JET
21	ESPOL-049	PRODUCCIÓN	U INFERIOR	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE

**Tabla 3.3 Pozos cerrados del campo ESPOL**

<b>N°</b>	<b>POZO</b>	<b>CONDICIÓN ACTUAL</b>	<b>ARENA PRODUCTORA</b>	<b>TIPO DE LEVANTAMIENTO</b>
1	ESPOL-004	CERRADO	H SUPERIOR	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE

2	ESPOL-005	CERRADO	-	-
3	ESPOL-006	CERRADO	-	-
4	ESPOL-009 B	CERRADO	-	-
5	ESPOL-015R1	CERRADO	-	-
6	ESPOL-021	CERRADO	-	-
7	ESPOL-025	CERRADO	-	-
8	ESPOL-026	CERRADO	-	-
9	ESPOL-38	CERRADO	-	-
10	ESPOL-046R1	CERRADO	-	-
11	ESPOL-052	CERRADO	-	-
12	ESPOL-001	CERRADO	-	-
13	ESPOL-002	CERRADO	-	-
14	ESPOL-003	CERRADO	-	-
15	ESPOL-008	CERRADO	-	-
16	ESPOL-010	CERRADO	-	-
17	ESPOL-011BS1	CERRADO	-	-
18	ESPOL-012	CERRADO	-	-
19	ESPOL-014	CERRADO	-	-
20	ESPOL-017	CERRADO	H SUPERIOR	BOMBEO HIDRAULICO JET
21	ESPOL-023	CERRADO	-	BOMBEO HIDRAULICO JET
22	ESPOL-028	CERRADO	-	-
23	ESPOL-029R1	CERRADO	-	-
24	ESPOL-033	CERRADO	-	-
25	ESPOL-050	CERRADO	-	-
26	ESPOL-051	CERRADO	-	-
27	ESPOL-054	CERRADO	-	-
28	ESPOL-055	CERRADO	-	-

**Tabla 3.4 Pozos re-inyectores del campo ESPOL**

<b>N°</b>	<b>POZO</b>	<b>CONDICIÓN ACTUAL</b>	<b>ARENA PRODUCTORA</b>	<b>TIPO DE LEVANTAMIENTO</b>
1	ESPOL-016B	RE- INYECTOR	-	-
2	ESPOL-020	RE- INYECTOR	-	-

**Tabla 3.5 Pozos abandonados del campo ESPOL**

N°	POZO	CONDICIÓN ACTUAL	ARENA PRODUCTORA	TIPO DE LEVANTAMIENTO
1	ESPOL-015	ABANDONADO	-	-
2	ESPOL-007	ABANDONADO	-	-
3	ESPOL-016	ABANDONADO	-	-
4	ESPOL-019	ABANDONADO	-	-
5	ESPOL-029	ABANDONADO	-	-

Una vez tabulada la información proporcionada, seguimos con la caracterización de parámetros actuales de producción, obteniendo la siguiente tabla:

**Tabla 3.6 Pozos productores con parámetros actuales del campo ESPOL**

POZO	ARENA	BFPD	BPPD	BAPD	MSCF	BSW	GOR (scf/STB)	API	SAL IN.
ESPOL-009 A	T INFERIOR	210,00 0	<b>190,89</b> <b>0</b>	19,110	62	9,100	325	28,2	205 00
ESPOL-013	H SUPERIO R	324,90 0	<b>129,96</b> <b>0</b>	194,94 0	58	60,0	446	27,5	412 50
ESPOL-022	BASAL TENA	215,66 0	<b>207,24</b> <b>9</b>	8,411	58	3,900	280	28,4	0
ESPOL-027	H SUPERIO R	490,20 0	<b>117,64</b> <b>8</b>	372,55 2	42	76,00 0	357,00	26,4	890 0
ESPOL-038	H SUPERIO R	109,06 0	<b>85,067</b>	23,993	58	22,00 0	681,82	28,4	106 00
ESPOL-039	H SUPERIO R	463,60 0	<b>431,14</b> <b>8</b>	32,452	120	7	278	28,8	348 00
ESPOL-045	H SUPERIO R	158,41 8	<b>136,55</b> <b>6</b>	21,862	43	13,80 0	315	29,0	116 00

ESPOL-064	H INFERIOR	296,899	<b>129,151</b>	167,748	32	56,500	248	26,3	8000
ESPOL-011	H SUPERIOR	225,150	<b>126,084</b>	99,066	81	44,0	642	24,8	5800
ESPOL-018	H INFERIOR	852,000	<b>77,532</b>	774,468	56	90,900	3372	27,6	24,00
ESPOL-024	H INFERIOR	1290,690	<b>207,801</b>	1082,889	43	83,900	207	28,0	7600
ESPOL-031	T INFERIOR	119,040	<b>107,255</b>	11,7850	42	9,900	392	29,3	10600
ESPOL-032	H SUPERIOR	0,000	<b>0,000</b>	0,000	0	-	-	27,6	22900
ESPOL-034	U SUPERIOR	58,000	<b>57,420</b>	0,580	28	1,0	488	31,8	7600
ESPOL-035	H INFERIOR	235,571	<b>218,375</b>	17,197	21	7,300	96	28,2	19400
ESPOL-036	H SUPERIOR	102,600	<b>67,716</b>	34,884	41	34,000	605	28,9	15800
ESPOL-037	H SUPERIOR	135,850	<b>97,812</b>	38,038	55	28,000	562	29,2	22250
ESPOL-042	H SUPERIOR	424,650	<b>118,902</b>	305,748	62	72,0	521	24,5	12900
ESPOL-040	H SUPERIOR	227,900	<b>68,598</b>	159,302	58	69,90	846	28,8	9950
ESPOL-043	H SUPERIOR	605,860	<b>90,273</b>	515,587	32	85,10	354	28,8	12800

ESPOL-044	U INFERIOR	136,32 3	<b>130,87</b> <b>0</b>	5,453	60	4,00	458	29,6	355 00
ESPOL-047	H	304,12 2	<b>267,62</b> <b>7</b>	36,495	42	12,0	157	29,3	280 00
ESPOL-47D	H SUPERIOR	69,948	<b>61,554</b>	8,394	10	12,0	157	29,3	280 00
ESPOL-048	H SUPERIOR	330,60 0	<b>89,262</b>	241,33 8	59	73,0	661	24,7	750 0
ESPOL-049	U INFERIOR	68,255	<b>43,683</b>	24,572	56	36,0	1282	26,7	750 0
PRODUCCIÓN TOTAL									

### 3.2. Análisis y evaluación del sistema de levantamiento artificial de cada pozo en producción del campo ESPOL

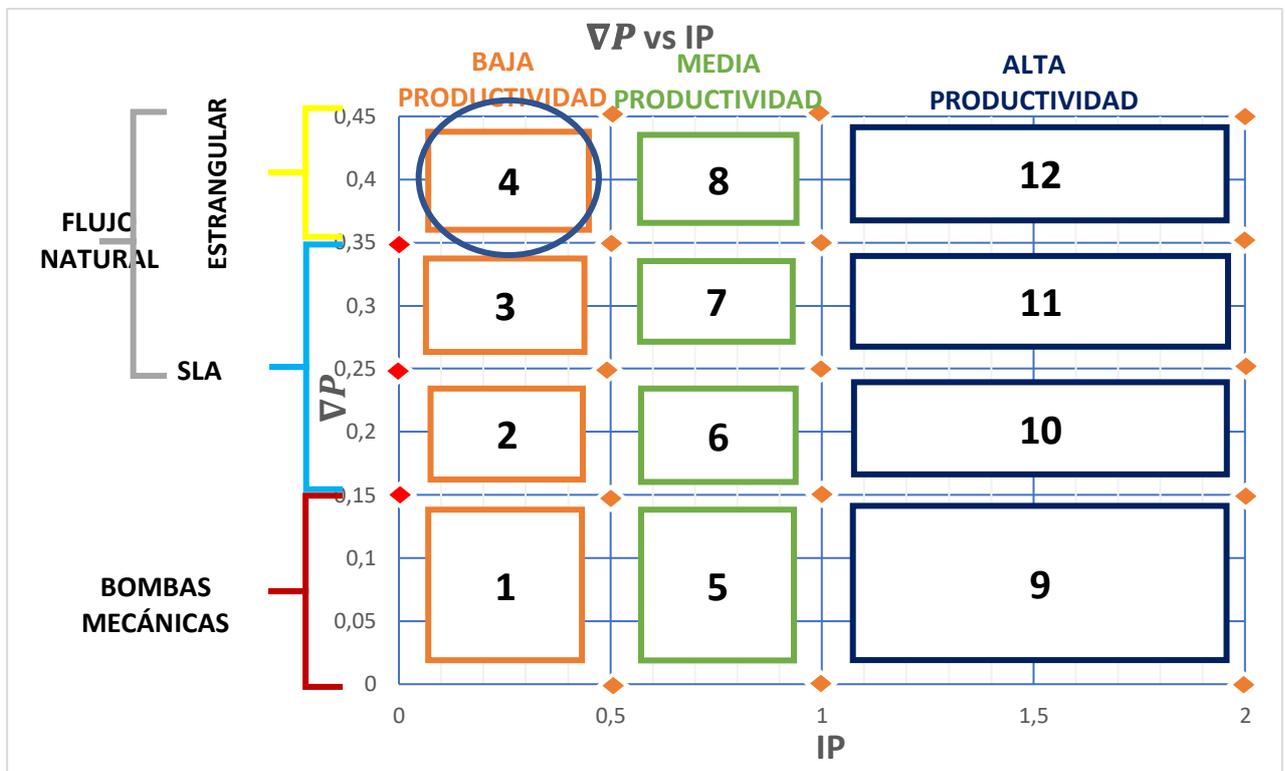
A continuación, se presentarán los análisis individuales de los pozos para su respectiva selección del SLA. Se mostrará un ejemplo generalizado con el pozo ESPOL-013 utilizando las gráficas y tablas proporcionadas del capítulo 2 del presente proyecto para su mejor comprensión; en cuestión a los demás pozos, sus resultados finales serán detallados de manera directa para cada análisis.

#### ESPOL-013

En primera instancia se requieren los datos más actuales de presión de yacimiento, arena y profundidad de la arena (TVD) del pozo ESPOL-013, proporcionados por ESPOL para el respectivo análisis. Iniciando la primera etapa de preselección se procede a calcular el índice de presión de yacimiento, para luego analizar en la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, en que zona delimita el match.

**Tabla 3.7 Parámetros del pozo ESPOL-013**

POZO	ESPOL-013
ARENA	H SUPERIOR
PRESIÓN DE RESERVORIO (psi)	3733
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	10047
ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.37
IP (bbl/d/psi)	0.07
ÁREA DEL GRÁFICO	4



Ya que este es un ejemplo generalizado, utilizaremos la tabla 2.7 del capítulo 2 y por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 4. El criterio que representa esta área es el siguiente:

Grupo	Área	Criterio para la preselección del SLA

<u>Baja productividad</u>	1-2-3-4	En el área 1 y 2 se necesita un tipo de SLA. En el área 3 y 4 existe la posibilidad de que no se necesite un SLA.
<u>Mediana productividad</u>	5-6	Necesariamente se necesita un SLA
	7-8	Podría producir a flujo natural o se utilizaría un SLA
<u>Alta productividad</u>	9-10	Necesariamente se necesita un SLA
	11-12	La probabilidad de utilizar un SLA es baja, ya que su flujo es de manera natural y tiene una alta productividad.

Dándole una clasificación más detallada, el criterio presente sería:

**Tabla 3.8 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-013**

<u>Baja productividad</u>	1-2-3-4	En el área 1 y 2 se necesita un tipo de SLA. En el área 3 y 4 existe la posibilidad de que no se necesite un SLA.
---------------------------	---------	---

Según el criterio de preselección, en el pozo analizado existe la posibilidad de que no necesite un SLA, pero como en un principio se recalcó, los pozos estudiados son maduros y tienden a utilizar un SLA.

Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más apropiado para el pozo con la tabla 2.8 del capítulo 2 de preselección para un SLA respecto al índice de productividad.

IP	CONSIDERACIONES PARA APLICAR LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL	BOMBEO MECÁNICO	BOMBEO HIDRÁULICO	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE	BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS
>2.0	EXCELENTE PRODUCTIVIDAD	3	2	1	1
1.0-2.0	ALTA PRODUCTIVIDAD	3	2	1	1
0.5-1.0	MEDIA PRODUCTIVIDAD	2	1	2	1
0-0.5	BAJA PRODUCTIVIDAD	1	1	3	3

Considerando que el índice de productividad del pozo es 0.07 bbl/d/psi, se encuentra en la fila de baja productividad. Por lo tanto, podemos elegir cuál de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

BOMBEO MECÁNICO	BOMBEO HIDRÁULICO	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE	BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS
1	1	3	3

Para el pozo ESPOL-013 con el índice de productividad de 0.07 bbl/d/psi, tiene 2 posibles candidatos de SLA, los cuales son: bombeo mecánico y bombeo hidráulico.

Debemos tener en cuenta que el pozo ESPOL-013 ya produce con un SLA, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos, recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.9 Variables del pozo ESPOL-013**

ESPOL-013 BES	
VARIABLES	VALORES ACTUALES
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	121.36

TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bfpd)	346.75
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	220 °F
GRAVEDAD API	27.5
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	0
GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	0
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	10047
TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERFICIE?
¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	
¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	NO
¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ
MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO
MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos.

Valoración	<b>BOMBEO MECANICO</b>	<b>BOMBEO HIDRAULICO</b>	<b>BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE</b>	<b>BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS</b>
Tasa de producción deseada, bppd	1	1	1	1

Profundidad de levantamiento, TVD	1	1	1	1
Gravedad API	1	1	1	1
Temperatura del Yacimiento, °F	1	1	1	1
Dogleg limita la profundidad de levantamiento	1	1	1	1
Grado de inclinación del pozo	1	1	1	1
Manejo de corrosión	3	3	3	1
Manejo de gas	2	2	2	2
Manejo de solidos	2	2	2	3
Servicio-mantenimiento	WORKOVER-PULLING	HIDRAULICA-WIRELINE	WORKOVER-PULLING	WORKOVER-PULLING
Tipo de Ubicación	On shore	On shore	On shore	On shore
Disponibilidad de energía eléctrica	SI	SI	SI	SI
Disponibilidad de gas comprimido	SI	SI	SI	SI
Disponibilidad de fluido motriz	SI	SI	SI	SI
<b>VALORACIÓN</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>12</b>

Puesto que el análisis de preselección denoto dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en cuenta cual sistema más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

SLA	BM	BH	BES	PCP
VALORACION	13	13	13	12

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, resulto que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico, denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede ser utilizados. Por lo tanto, se concluye que:

- Se debería realizar un análisis nodal para determinar si los dos principales candidatos de SLA son efectivos para este pozo, ya que está produciendo con BES.
- El pozo ESPOL-013 tendría una producción más óptima con BH, puesto que tiene un índice de productividad actualmente bajo y una relación Q/Q<sub>máx</sub> es del 0.25% de la capacidad máxima productiva del pozo.
- Lograría producir de una forma eficiente con el SLA actualmente utilizado, si se realizara una acidificación al pozo o un reacondicionamiento para aumentar su índice de productividad.

## ESPOL – 044

**Tabla 3.10 Parámetros del pozo ESPOL-044**

POZO	ESPOL-044
ARENA	U INFERIOR
PRESIÓN DE RESERVORIO (psi)	1400
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	9583
ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.15
IP (bbl/d/psi)	0.13
ÁREA DEL GRÁFICO	2

Por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 2. El criterio que representa esta área es el siguiente:

**Tabla 3.11 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-044**

<u>Baja productividad</u>	2	En el área 2 se necesita un tipo de SLA
---------------------------	---	---

Según el criterio de preselección, en el pozo analizado necesita un SLA. Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más apropiado para el pozo con la tabla 2.8 del capítulo 2 de preselección para un SLA respecto al índice de productividad. Considerando que el índice de productividad del pozo es 0.13 bbl/d/psi, se encuentra en la columna de baja productividad.

Por lo tanto, podemos elegir cuál de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

<b>BOMBEO MECÁNICO</b>	<b>BOMBEO HIDRÁULICO</b>	<b>BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE</b>	<b>BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS</b>
1	1	3	3

Para el pozo ESPOL-044 con el índice de productividad de 0.13 bbl/d/psi, tiene 2 posibles candidatos de SLA, los cuales son: **bombeo mecánico** y **bombeo hidráulico**.

Debemos tener en cuenta que el pozo ESPOL-044 ya produce con un SLA, el cual es bombeo electro sumergible, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos, recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.12 Variables del pozo ESPOL-044**

ESPOL-044 BES	
VARIABLES	VALORES ACTUALES
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	<b>129.25</b>
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bfpd)	<b>134.64</b>
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	

GRAVEDAD API	<b>29.6</b>
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	<b>0</b>
GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	<b>0</b>
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	<b>9583</b>
TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERFICIE?
¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	
¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	NO
¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ
MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO
MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos. Puesto que el análisis de preselección denotó dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en cuenta también cual sistema es el más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

SLA	BM	BH	BES	PCP
<b>VALORACION</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>12</b>

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad resulto que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico. Denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede ser utilizados. En este caso como el pozo ya trabaja con bombeo electro sumergible, es recomendable realizar un análisis nodal, tomando como nodo Pwf.

Se procedió a realizar las gráficas de Outflow de los dos SLA, el sistema de BES el cual es el actual SLA y por otro lado uno de los candidatos que fue el BM, mediante el programa de simulación PIPESIM.

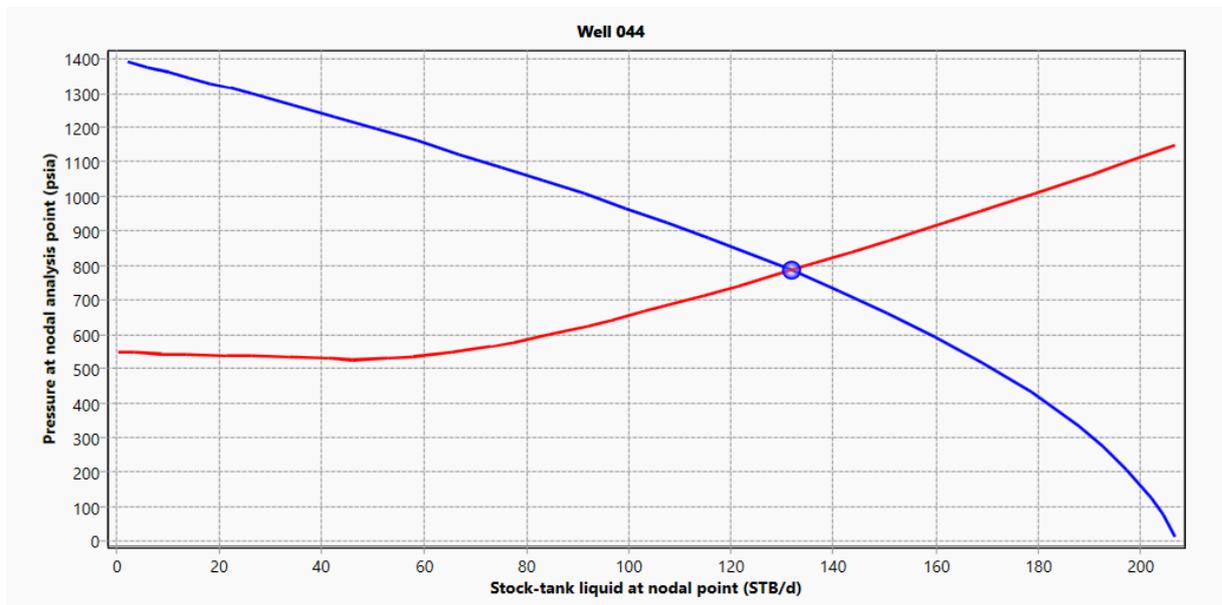
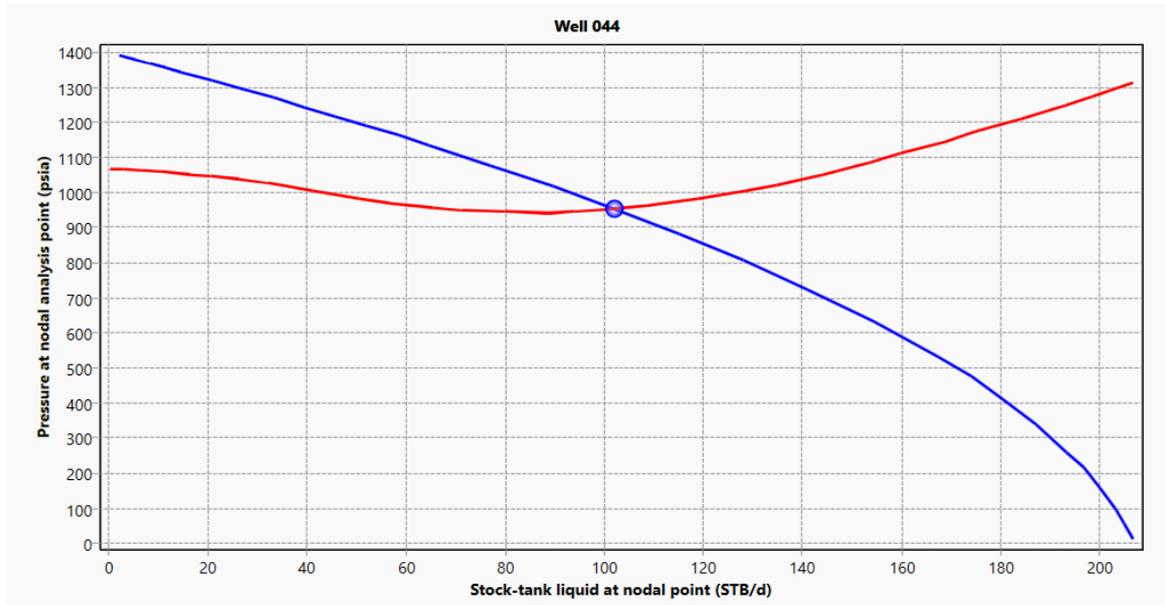


Figura 3.1 Gráfica de simulación de las curvas Inflow y outflow (BES)

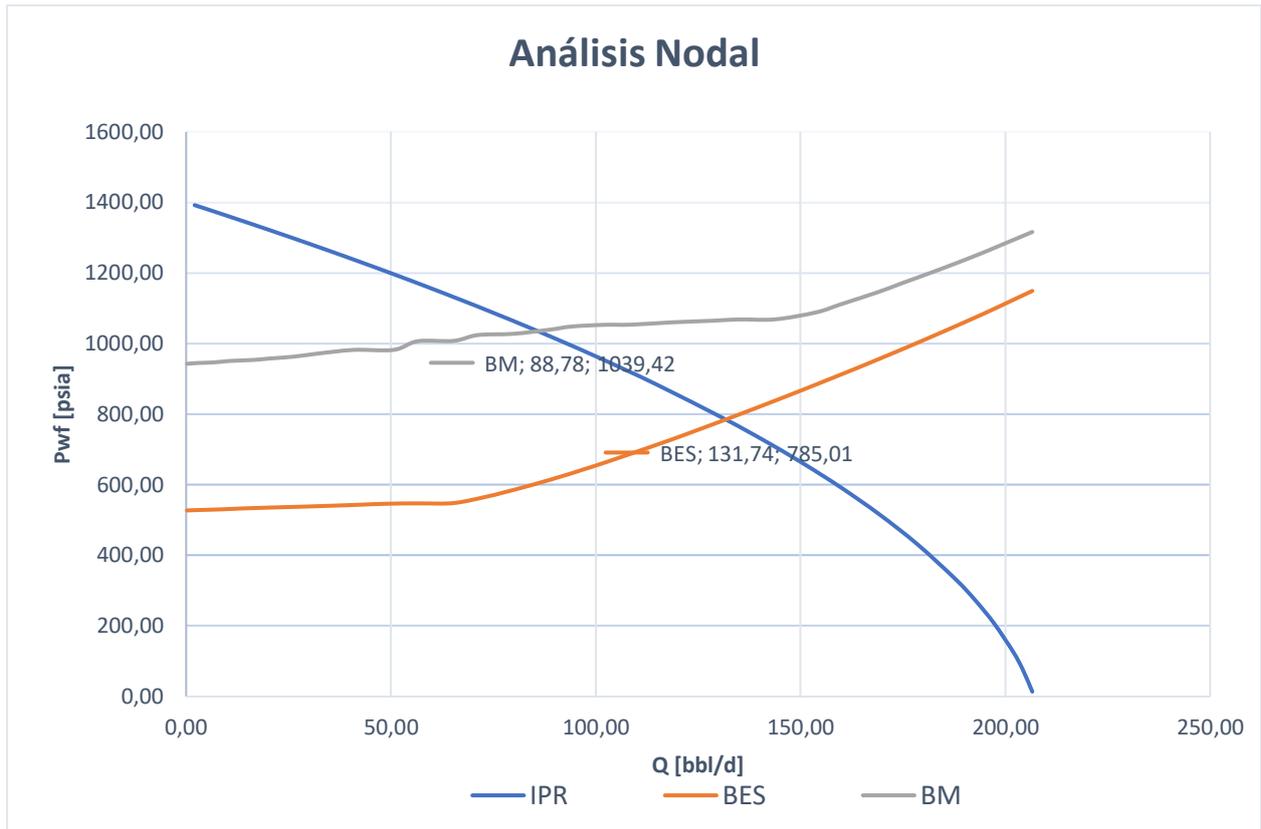


**Figura 3.2 Gráfica de simulación de las curva Inflow y outflow (BM)**

**Tabla 3.13 Data de simulación para el pozo ESPOL-044**

IPR		BES		BM	
Q [bbl/d]	Pwf [psia]	Q [bbl/d]	Pwf [psia]	Q [bbl/d]	Pwf [psia]
206.59	14.02				
204.25	76.82	206.59	1149.31	206.59	1316.26
201.91	126.82	196.89	1096.41	198.45	1276.71
197.23	207.71	190.42	1062.51	193.03	1250.59
192.55	274.27	179.64	1007.80	183.99	1210.15
187.87	332.16	168.86	954.99	174.95	1171.90
178.52	431.59	161.68	920.80	168.92	1145.84
169.16	516.87	150.90	870.65	159.88	1111.58
159.81	592.74	143.72	838.03	153.86	1088.62
150.45	661.75	136.53	805.96	143.81	1068.77
141.10	725.49	131.74	785.01	134.77	1068.46
131.74	785.01	121.51	740.78	128.75	1064.82
115.53	880.21	114.69	712.58	118.70	1060.32
107.43	924.72	103.33	667.25	108.66	1053.65
99.32	967.50	96.51	641.59	101.96	1053.23

91.22	1008.74	91.97	625.00	94.05	1048.33
83.11	1048.58	84.39	599.38	88.78	1039.42
75.01	1087.17	77.57	578.41	79.98	1027.80
66.90	1124.62	73.02	565.48	71.19	1024.16
58.80	1161.01	65.45	548.36	65.33	1007.78
50.69	1196.44	57.87	547.15	56.54	1006.83
42.59	1230.98	52.82	547.13	50.68	982.26
34.48	1264.68	46.00	545.20	40.91	982.16
26.38	1297.62	41.46	543.03	32.12	971.72
22.33	1313.82	33.88	540.01	26.26	962.96
18.28	1329.84	26.30	537.33	20.40	957.80
14.22	1345.69	21.25	535.72	16.49	953.74
10.17	1361.38	13.68	532.89	10.63	950.80
6.12	1376.91	8.62	530.31	6.72	946.68
2.07	1392.28	3.57	528.66	2.81	944.99
		0.21	527.29	0.21	942.82



**Figura 3.3 Gráfica de comparación de las curvas outflows y de la curva IPR del pozo - 044.**

Por lo tanto, se concluye que:

- El bombeo electro sumergible es el sistema de levantamiento artificial óptimo para este tipo de pozo debido a su eficiencia; considerando que su índice de productividad es bajo pero la relación  $Q/Q_{m\acute{a}x}$  es del 73% de la capacidad máxima productiva del pozo.
- El match realizado en la grafica de comparación, se observa que con el SLA tipo BES se obtiene una mayor producción a comparación del SLA tipo BM.

### **ESPOL-027**

En primera instancia se requieren los datos más actuales de presión de yacimiento, arena y profundidad de la arena (TVD) del pozo ESPOL-027, proporcionados por ESPOL para el respectivo análisis. Iniciando la primera etapa de preselección se procede a calcular el índice de presión de yacimiento, para

luego analizar en la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, en que zona delimita el match.

**Tabla 3.14 Parámetros del pozo ESPOL-027**

POZO	ESPOL-027
ARENA	H SUPERIOR
PRESIÓN DE RESERVORIO (psi)	3596
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	10021
ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.36
IP (bbl/d/psi)	0.18
ÁREA DEL GRÁFICO	4

Por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 4. El criterio que representa esta área es el siguiente:

**Tabla 3.15 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-027**

<u>Baja productividad</u>	1-2-3-4	En el área 1 y 2 se necesita un tipo de SLA. En el área 3 y 4 existe la posibilidad de que no se necesite un SLA.
---------------------------	---------	---

Según el criterio de preselección, en el pozo analizado existe la posibilidad de que no necesite un SLA, pero como en un principio se recalcó, los pozos estudiados son maduros y tienden a utilizar un SLA.

Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más apropiado para el pozo con la tabla 2.8 del capítulo 2 de preselección para un SLA respecto al índice de productividad. Considerando que el índice de productividad del pozo es 0.18 bbl/d/psi, se encuentra en la columna de baja productividad.

Por lo tanto, podemos elegir cuál de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

<b>BOMBEO MECÁNICO</b>	<b>BOMBEO HIDRÁULICO</b>	<b>BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE</b>	<b>BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS</b>
1	1	3	3

Para el pozo ESPOL-027 con el índice de productividad de 0.18 bbl/d/psi, tiene 2 posibles candidatos de SLA, los cuales son: bombeo mecánico y bombeo hidráulico.

Debemos tener en cuenta que el pozo ESPOL-027 ya produce con un SLA, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos, recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.16 Variables del pozo ESPOL-027**

<b>ESPOL-027</b>	
<b>VARIABLES</b>	<b>VALORES ACTUALES</b>
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	<b>117.00</b>
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bfpd)	<b>487.52</b>
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	<b>220 °F</b>
GRAVEDAD API	<b>26.4</b>
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	<b>0</b>
GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	<b>0</b>
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	<b>10021</b>

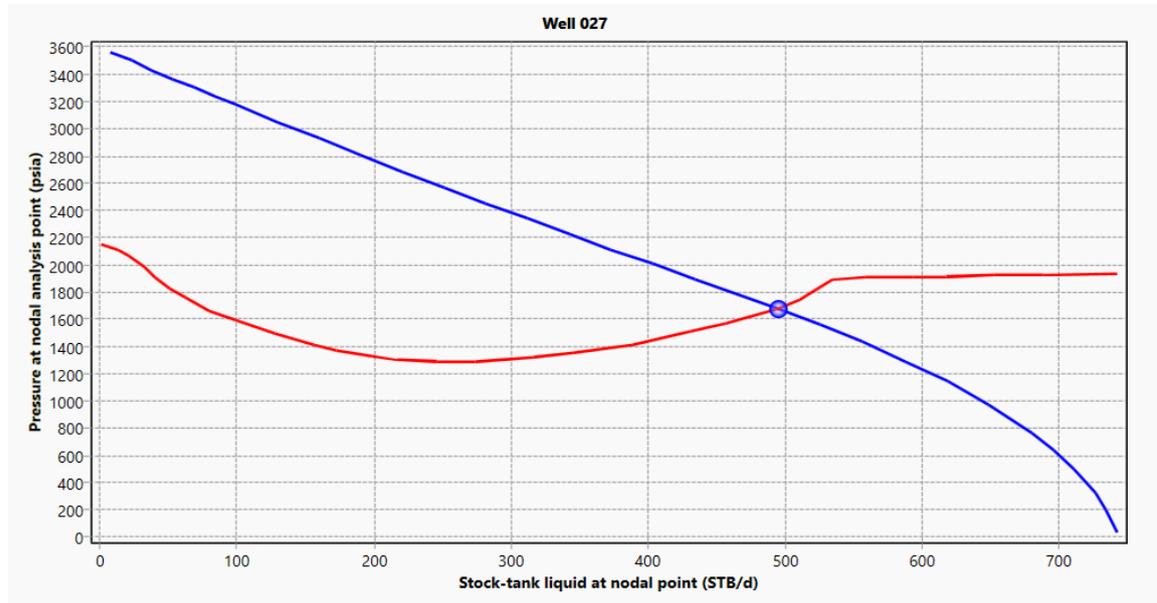
TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERFICIE?
¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	
¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	NO
¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ
MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO
MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos. Puesto que el análisis de preselección denotó dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en cuenta también cual sistema es el más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

SLA	BM	BH	BES	PCP
VALORACION	13	13	13	12

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad resultó que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico. Denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede ser utilizados. En este caso como el pozo ya trabaja con bombeo electrosumergible, es recomendable realizar un análisis nodal, tomando como nodo Pwf.

Se procedió a realizar las gráficas de Outflow de los dos SLA, el sistema de BES el cual es el actual SLA y por otro lado uno de los candidatos que fue el BM, mediante el programa de simulación PIPESIM.



**Figura 3.4 Gráfica de simulación de las curvas Inflow y outflow (BES)**

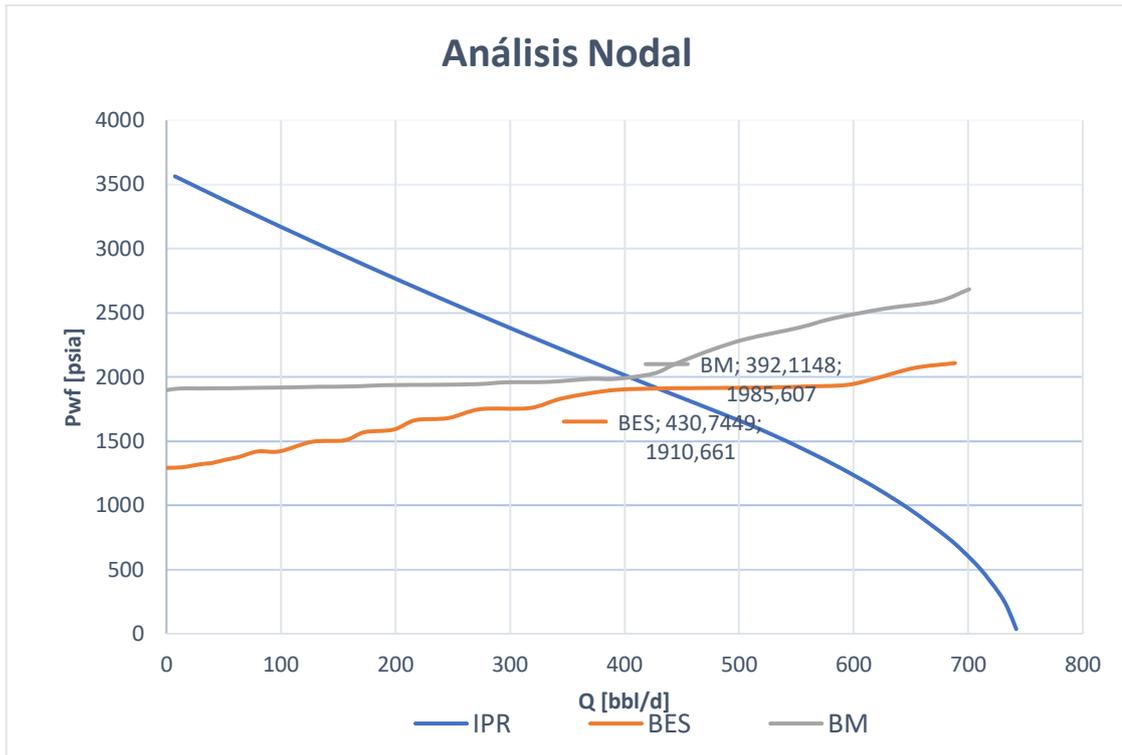


**Figura 3.5 Gráfica de simulación de las curvas Inflow y outflow (BM)**

**Tabla 3.17 Data de simulación para el pozo ESPOL-027**

IPR	BES	BM
-----	-----	----

Q [bbl/d]	Pwf [psia]	Q [bbl/d]	Pwf [psia]	Q [bbl/d]	Pwf [psia]
741.9331	36.03981	741.9331	2147.89	741.934	2714.585
734.2093	204.9023	688.5461	2108.266	700.8741	2683.582
726.4855	322.1082	652.9548	2070.381	673.5009	2589.873
711.0379	500.2587	617.3635	1984.754	627.8788	2533.679
695.5903	641.6864	593.6359	1937.971	582.2567	2456.828
680.1426	762.6414	558.0446	1925.91	551.8419	2383.908
649.2474	967.6657	534.317	1919.887	506.2199	2296.108
618.3521	1141.807	510.5895	1916.882	475.8051	2211.104
587.4569	1295.864	494.7711	1915.91	445.3904	2106.353
556.5616	1435.509	456.3554	1912.76	425.1139	2026.509
525.6664	1564.158	430.7449	1910.661	392.1148	1985.607
494.7711	1679.54	388.0608	1896.013	370.1153	1985.245
433.8521	1893.585	345.3767	1832.95	333.4496	1962.154
403.3926	2002.313	316.9206	1757.795	296.7838	1958.672
372.9332	2112.476	274.2365	1749.672	272.34	1944.923
342.4737	2223.952	245.7804	1679.54	235.6743	1939.4
312.0142	2336.99	217.3243	1663.887	211.2304	1938.339
281.5547	2451.491	198.3536	1590.168	186.7866	1935.489
251.0952	2567.545	172.7431	1569.786	170.4907	1928.99
220.6357	2685.246	155.6695	1506.987	148.4913	1924.587
190.1762	2804.688	127.2134	1495.317	133.825	1924.269
159.7168	2926.06	98.75732	1420.366	109.3812	1919.139
129.2573	3049.264	79.7866	1420.3	84.93734	1916.754
98.79779	3174.509	62.71295	1375.74	68.64145	1914.424
83.56805	3237.923	51.33052	1355.183	53.97516	1912.574
68.3383	3301.939	39.94809	1330.205	44.19763	1912.4
53.10856	3366.443	32.3598	1323.515	34.42009	1911.263
37.87882	3431.562	20.97737	1306.97	27.90174	1910.831
22.64907	3497.25	13.38908	1296.307	11.60586	1910.748
7.419331	3563.545	0.741933	1292.072	0.741934	1898.644



**Figura 3.6 Gráfica de comparación de las curvas outflows y de la curva IPR del pozo - 027.**

Por lo tanto, se concluye que:

- El bombeo electro sumergible es el sistema de levantamiento artificial óptimo para este tipo de pozo debido a su eficiencia; considerando que su índice de productividad es bajo pero la relación  $Q/Q_{m\acute{a}x}$  es del 73% de la capacidad máxima productiva del pozo.
- El match realizado en la grafica de comparación, se observa que con el SLA tipo BES se obtiene una mayor producción a comparación del SLA tipo BM.

### ESPOL-039

En primera instancia se requieren los datos más actuales de presión de yacimiento, arena y profundidad de la arena (TVD) del pozo ESPOL-039, proporcionados por ESPOL para el respectivo análisis. Iniciando la primera etapa de preselección se procede a calcular el índice de presión de yacimiento, para

luego analizar en la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, en que zona delimita el match.

**Tabla 3.18 Parámetros del pozo ESPOL-039**

POZO	ESPOL-039
ARENA	H SUPERIOR
PRESIÓN DE RESERVORIO (psi)	2400
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	10047
ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.24
IP (bbl/d/psi)	0.27
ÁREA DEL GRÁFICO	2

Por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 2. El criterio que representa esta área es el siguiente:

**Tabla 3.19 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-039**

<u>Baja productividad</u>	1-2-3-4	En el área 1 y 2 se necesita un tipo de SLA. En el área 3 y 4 existe la posibilidad de que no se necesite un SLA.
---------------------------	---------	---

Según el criterio de preselección, en el pozo analizado necesita un SLA. Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más apropiado para el pozo con la tabla 2.8 del capítulo 2 de preselección para un SLA respecto al índice de productividad. Considerando que el índice de productividad del pozo es 0.27 bbl/d/psi, se encuentra en la columna de baja productividad .

Por lo tanto, podemos elegir cuál de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

<b>BOMBEO MECÁNICO</b>	<b>BOMBEO HIDRÁULICO</b>	<b>BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE</b>	<b>BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS</b>
1	1	3	3

Para el pozo LGAJ-039 con el índice de productividad de 0.27 bbl/d/psi, tiene 2 posibles candidatos de SLA, los cuales son: bombeo mecánico y bombeo hidráulico.

Debemos tener en cuenta que el pozo ESPOL-039 ya produce con un SLA, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos, recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.20 Variables del pozo ESPOL-039**

<b>ESPOL-039 BES</b>	
<b>VARIABLES</b>	<b>VALORES ACTUALES</b>
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	<b>465.07</b>
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bfpd)	<b>500.08</b>
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	
GRAVEDAD API	<b>28.8</b>
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	<b>0</b>
GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	<b>0</b>
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	<b>10047</b>
TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERFICIE?
¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	
¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	<b>NO</b>

¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ
MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO
MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos. Puesto que el análisis de preselección denotó dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en cuenta también cual sistema es el más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

SLA	BM	BH	BES	PCP
VALORACION	13	13	13	12

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad resultó que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico, denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede ser utilizados. Por lo tanto, se concluye que:

- Se debería realizar un análisis nodal para determinar si los dos principales candidatos de SLA son efectivos para este pozo, ya que está produciendo con BES.
- El pozo ESPOL-039 tendría una producción más óptima con BH, puesto que tiene un índice de productividad actualmente bajo y una relación Q/Q<sub>máx</sub> es del 77% de la capacidad máxima productiva del pozo.
- Lograría producir de una forma eficiente con el SLA actualmente utilizado, si se realizara una acidificación al pozo o un reacondicionamiento para aumentar su índice de productividad

## ESPOL-009A

En primera instancia se requieren los datos más actuales de presión de yacimiento, arena y profundidad de la arena (TVD) del pozo ESPOL-009A, proporcionados por Petroecuador para el respectivo análisis. Iniciando la primera etapa de preselección se procede a calcular el índice de presión de yacimiento, para luego analizar en la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, en que zona delimita el match.

**Tabla 3.21 Parámetros del pozo ESPOL-009A**

POZO	ESPOL-009A
ARENA	T INFERIOR
PRESIÓN DE RESERVORIO (psi)	2076
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	9890
ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.21
IP (bbl/d/psi)	0.17
ÁREA DEL GRÁFICO	2

Por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 2. El criterio que representa esta área es el siguiente:

**Tabla 3.22 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-009A**

<u>Baja productividad</u>	1-2-3-4	En el área 1 y 2 se necesita un tipo de SLA. En el área 3 y 4 existe la posibilidad de que no se necesite un SLA.
---------------------------	---------	---

Según el criterio de preselección, en el pozo analizado necesita un SLA. Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más apropiado para el pozo con la tabla 2.8 del capítulo 2 de preselección para un SLA respecto al índice de productividad. Considerando que el índice de productividad del pozo es 0.17 bbl/d/psi, se encuentra en la columna de baja productividad .

Por lo tanto, podemos elegir cuál de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

<b>BOMBEO MECÁNICO</b>	<b>BOMBEO HIDRÁULICO</b>	<b>BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE</b>	<b>BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS</b>
1	1	3	3

Para el pozo ESPOL-009A con el índice de productividad de 0.17 bbl/d/psi, tiene 2 posibles candidatos de SLA, los cuales son: bombeo mecánico y bombeo hidráulico.

Debemos tener en cuenta que el pozo ESPOL-009A ya produce con un SLA, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos, recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.23 Variables del pozo ESPOL-009**

<b>ESPOL-009A BH</b>	
<b>VARIABLES</b>	<b>VALORES ACTUALES</b>
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	<b>202.50</b>
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bfpd)	<b>221.80</b>
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	
GRAVEDAD API	<b>28.2</b>
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	<b>0</b>
GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	<b>0</b>
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	<b>9890</b>
TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERFICIE?
¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	

¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	NO
¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ
MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO
MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos. Puesto que el análisis de preselección denotó dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en cuenta también cual sistema es el más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

SLA	BM	BH	BES	PCP
VALORACION	13	13	13	12

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad resultó que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico, denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede ser utilizados. Por lo tanto, se concluye que:

- El bombeo hidráulico es el sistema de levantamiento artificial mas optimo para este tipo de pozo debido a su eficiencia; considerando que su índice de productividad es bajo y la relación  $Q/Q_{\text{máx}}$  es del 63% de la capacidad máxima productiva del pozo.

## ESPOL-022

En primera instancia se requieren los datos más actuales de presión de yacimiento, arena y profundidad de la arena (TVD) del pozo ESPOL-022,

proporcionados por ESPOL para el respectivo análisis. Iniciando la primera etapa de preselección se procede a calcular el índice de presión de yacimiento, para luego analizar en la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, en que zona delimita el match.

**Tabla 3.24 Parámetros del pozo ESPOL-022**

POZO	ESPOL-022
ARENA	BT
PRESIÓN DE RESERVORIO (psi)	1679
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	8953
ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.19
IP (bbl/d/psi)	0.26
ÁREA DEL GRÁFICO	2

Por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 2. El criterio que representa esta área es el siguiente:

**Tabla 3.25 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-022**

<u>Baja productividad</u>	1-2-3-4	En el área 1 y 2 se necesita un tipo de SLA. En el área 3 y 4 existe la posibilidad de que no se necesite un SLA.
---------------------------	---------	---

Según el criterio de preselección, en el pozo analizado necesita un SLA. Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más apropiado para el pozo con la tabla 2.8 del capítulo 2 de preselección para un SLA respecto al índice de productividad. Considerando que el índice de productividad del pozo es 0.26 bbl/d/psi, se encuentra en la columna de baja productividad.

Por lo tanto, podemos elegir cuál de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

<b>BOMBEO MECÁNICO</b>	<b>BOMBEO HIDRÁULICO</b>	<b>BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE</b>	<b>BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS</b>
1	1	3	3

Para el pozo ESPOL-022 con el índice de productividad de 0.26 bbl/d/psi, tiene 2 posibles candidatos de SLA, los cuales son: bombeo mecánico y bombeo hidráulico.

Debemos tener en cuenta que el pozo ESPOL-022 ya produce con un SLA, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos, recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.26 Variables del pozo ESPOL-022**

ESPOL-022 BH	
VARIABLES	VALORES ACTUALES
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	<b>206.52</b>
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bfpd)	<b>214.90</b>
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	<b>220 °F</b>
GRAVEDAD API	<b>28.4</b>
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	<b>0</b>
GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	<b>0</b>
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	<b>8953</b>
TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERFICIE?
¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	
¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	NO
¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ

MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO
MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos. Puesto que el análisis de preselección denotó dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en cuenta también cual sistema es el más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

SLA	BM	BH	BES	PCP
VALORACION	13	13	13	12

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad resultó que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico, denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede ser utilizados. Por lo tanto, se concluye que:

- El bombeo hidráulico es el sistema de levantamiento artificial más óptimo para este tipo de pozo debido a su eficiencia; considerando que su índice de productividad es bajo y la relación  $Q/Q_{m\acute{a}x}$  es del 49% de la capacidad máxima productiva del pozo.

### **ESPOL-038**

En primera instancia se requieren los datos más actuales de presión de yacimiento, arena y profundidad de la arena (TVD) del pozo ESPOL-038, proporcionados por Petroecuador para el respectivo análisis. Iniciando la primera etapa de preselección se procede a calcular el índice de presión de yacimiento,

para luego analizar en la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, en que zona delimita el match.

**Tabla 3.27 Parámetros del pozo ESPOL-038**

POZO	ESPOL-038
ARENA	H SUPERIOR
PRESIÓN DE RESERVOIRIO (psi)	3354
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	10051
ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.33
IP (bbl/d/psi)	0.18
ÁREA DEL GRÁFICO	3

Por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 3. El criterio que representa esta área es el siguiente:

**Tabla 3.28 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-038**

<u>Baja productividad</u>	1-2-3-4	En el área 1 y 2 se necesita un tipo de SLA. En el área 3 y 4 existe la posibilidad de que no se necesite un SLA.
---------------------------	---------	---

Según el criterio de preselección, en el pozo analizado existe la posibilidad de que no necesite un SLA, pero como en un principio se recalcó, los pozos estudiados son maduros y tienden a utilizar un SLA.

Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más apropiado para el pozo con la tabla 2.8 del capítulo 2 de preselección para un SLA respecto al índice de productividad. Considerando que el índice de productividad del pozo es 0.18 bbl/d/psi, se encuentra en la columna de baja productividad.

Por lo tanto, podemos elegir cuál de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

<b>BOMBEO MECÁNICO</b>	<b>BOMBEO HIDRÁULICO</b>	<b>BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE</b>	<b>BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS</b>
1	1	3	3

Para el pozo ESPOL-038 con el índice de productividad de 0.18 bbl/d/psi, tiene 2 posibles candidatos de SLA, los cuales son: bombeo mecánico y bombeo hidráulico.

Debemos tener en cuenta que el pozo ESPOL-038 ya produce con un SLA, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos, recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.29 Variables del pozo ESPOL-038**

ESPOL-038 BH	
VARIABLES	VALORES ACTUALES
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	<b>85.067</b>
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bfpd)	<b>109.06</b>
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	
GRAVEDAD API	<b>28.4</b>
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	<b>0</b>
GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	<b>0</b>
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	<b>10051</b>
TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERFICIE?
¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	
¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	NO
¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ

MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO
MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos. Puesto que el análisis de preselección denotó dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en cuenta también cual sistema es el más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

SLA	BM	BH	BES	PCP
VALORACION	13	13	13	12

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad resultó que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico, denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede ser utilizados. Por lo tanto, se concluye que:

- El bombeo hidráulico es el sistema de levantamiento artificial más óptimo para este tipo de pozo debido a su eficiencia; considerando que su índice de productividad es bajo y la relación  $Q/Q_{\text{máx}}$  es del 18% de la capacidad máxima productiva del pozo.

#### **ESPOL-045**

En primera instancia se requieren los datos más actuales de presión de yacimiento, arena y profundidad de la arena (TVD) del pozo ESPOL-045, proporcionados por ESPOL para el respectivo análisis. Iniciando la primera etapa de preselección se procede a calcular el índice de presión de yacimiento, para

luego analizar en la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, en que zona delimita el match.

**Tabla 3.30 Parámetros del pozo ESPOL-045**

POZO	ESPOL-045
ARENA	H SUPERIOR
PRESIÓN DE RESERVORIO (psi)	3300
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	10030
ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.33
IP (bbl/d/psi)	0.05
ÁREA DEL GRÁFICO	3

Por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 3. El criterio que representa esta área es el siguiente:

**Tabla 3.31 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-045**

<u>Baja productividad</u>	1-2-3-4	En el área 1 y 2 se necesita un tipo de SLA. En el área 3 y 4 existe la posibilidad de que no se necesite un SLA.
---------------------------	---------	---

Según el criterio de preselección, en el pozo analizado existe la posibilidad de que no necesite un SLA, pero como en un principio se recalcó, los pozos estudiados son maduros y tienden a utilizar un SLA.

Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más apropiado para el pozo con la tabla 2.8 del capítulo 2 de preselección para un SLA respecto al índice de productividad. Considerando que el índice de productividad del pozo es 0.05 bbl/d/psi, se encuentra en la columna de baja productividad.

Por lo tanto, podemos elegir cuál de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

<b>BOMBEO MECÁNICO</b>	<b>BOMBEO HIDRÁULICO</b>	<b>BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE</b>	<b>BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS</b>
1	1	3	3

Para el pozo ESPOL-045 con el índice de productividad de 0.05 bbl/d/psi, tiene 2 posibles candidatos de SLA, los cuales son: bombeo mecánico y bombeo hidráulico.

Debemos tener en cuenta que el pozo ESPOL-045 ya produce con un SLA, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos, recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.32 Variables del pozo ESPOL-045**

ESPOL-045 BH	
VARIABLES	VALORES ACTUALES
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	<b>137.13</b>
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bfpd)	<b>158.90</b>
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	
GRAVEDAD API	<b>26.4</b>
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	<b>0</b>
GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	<b>0</b>
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	<b>10030</b>
TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERFICIE?
¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	
¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	<b>NO</b>

¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ
MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO
MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos. Puesto que el análisis de preselección denotó dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en cuenta también cual sistema es el más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

SLA	BM	BH	BES	PCP
VALORACION	13	13	13	12

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad resultó que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico, denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede ser utilizados. Por lo tanto, se concluye que:

- El bombeo hidráulico es el sistema de levantamiento artificial más óptimo para este tipo de pozo debido a su eficiencia; considerando que su índice de productividad es bajo y la relación  $Q/Q_{\text{máx}}$  es del 96% de la capacidad máxima productiva del pozo.

### **ESPOL-011**

En primera instancia se requieren los datos más actuales de presión de yacimiento, arena y profundidad de la arena (TVD) del pozo ESPOL-011, proporcionados por ESPOL para el respectivo análisis. Iniciando la primera etapa de preselección se procede a calcular el índice de presión de yacimiento, para

luego analizar en la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, en que zona delimita el match.

**Tabla 3.33 Parámetros del pozo ESPOL-011**

POZO	ESPOL-011
ARENA	H SUPERIOR
PRESIÓN DE RESERVORIO (psi)	3500
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	9948
ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.35
IP (bbl/d/psi)	0.09
ÁREA DEL GRÁFICO	3

Por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 3. El criterio que representa esta área es el siguiente:

**Tabla 3.34 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-011**

<u>Baja productividad</u>	1-2-3-4	En el área 1 y 2 se necesita un tipo de SLA. En el área 3 y 4 existe la posibilidad de que no se necesite un SLA.
---------------------------	---------	---

Según el criterio de preselección, en el pozo analizado existe la posibilidad de que no necesite un SLA, pero como en un principio se recalcó, los pozos estudiados son maduros y tienden a utilizar un SLA.

Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más apropiado para el pozo con la tabla 2.8 del capítulo 2 de preselección para un SLA respecto al índice de productividad. Considerando que el índice de productividad del pozo es 0.09 bbl/d/psi, se encuentra en la columna de baja productividad.

Por lo tanto, podemos elegir cuál de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

<b>BOMBEO MECÁNICO</b>	<b>BOMBEO HIDRÁULICO</b>	<b>BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE</b>	<b>BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS</b>
1	1	3	3

Para el pozo ESPOL-011 con el índice de productividad de 0.09 bbl/d/psi, tiene 2 posibles candidatos de SLA, los cuales son: bombeo mecánico y bombeo hidráulico.

Debemos tener en cuenta que el pozo ESPOL-011 ya produce con un SLA, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos, recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.35 Variables del pozo ESPOL-011**

ESPOL-011 BES	
VARIABLES	VALORES ACTUALES
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	<b>126.77</b>
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bfpd)	<b>226.37</b>
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	
GRAVEDAD API	<b>24.8</b>
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	<b>0</b>
GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	<b>0</b>
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	<b>9948</b>
TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERFICIE?
¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	

¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	NO
¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ
MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO
MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos. Puesto que el análisis de preselección denotó dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en cuenta también cual sistema es el más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

SLA	BM	BH	BES	PCP
VALORACION	13	13	13	12

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad resultó que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico. Denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede ser utilizados. En este caso como el pozo ya trabaja con bombeo electro sumergible, es recomendable realizar un análisis nodal, tomando como nodo Pwf.

Se procedió a realizar las gráficas de Outflow de los dos SLA, el sistema de BES el cual es el actual SLA y por otro lado uno de los candidatos que fue el BM, mediante el programa de simulación PIPESIM.

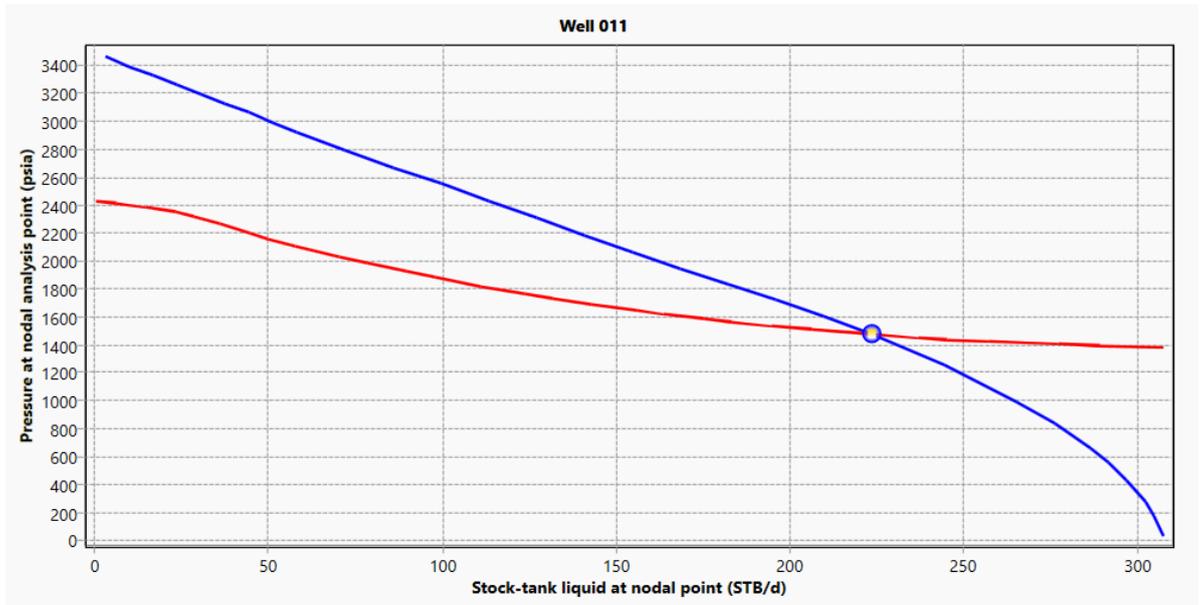


Figura 3.7 Gráfica de simulación de las curvas Inflow y outflow (BES)

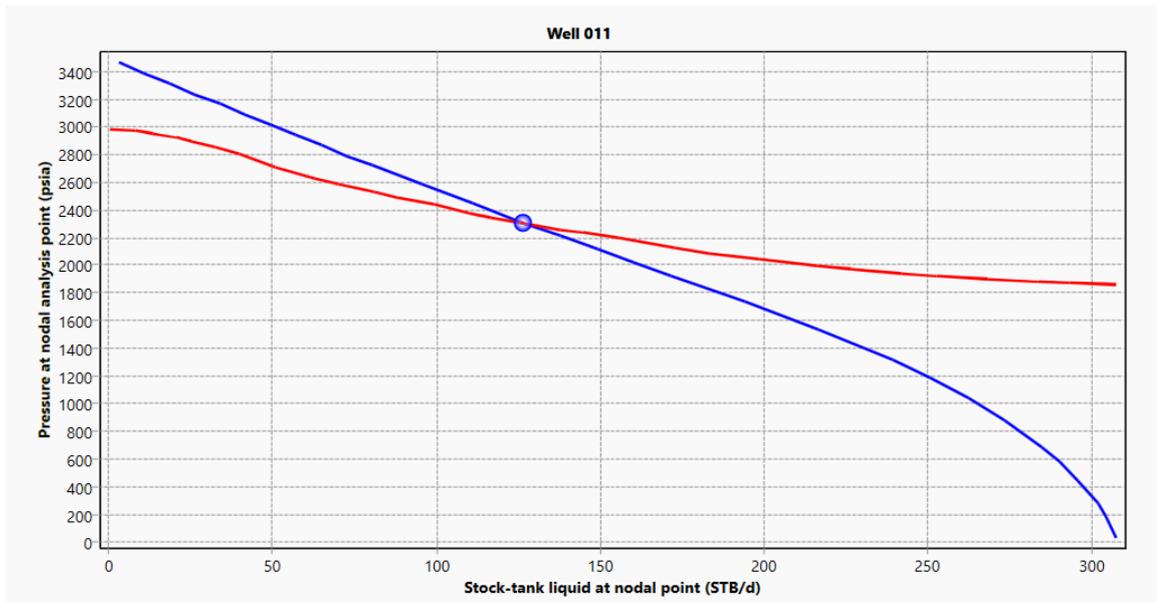
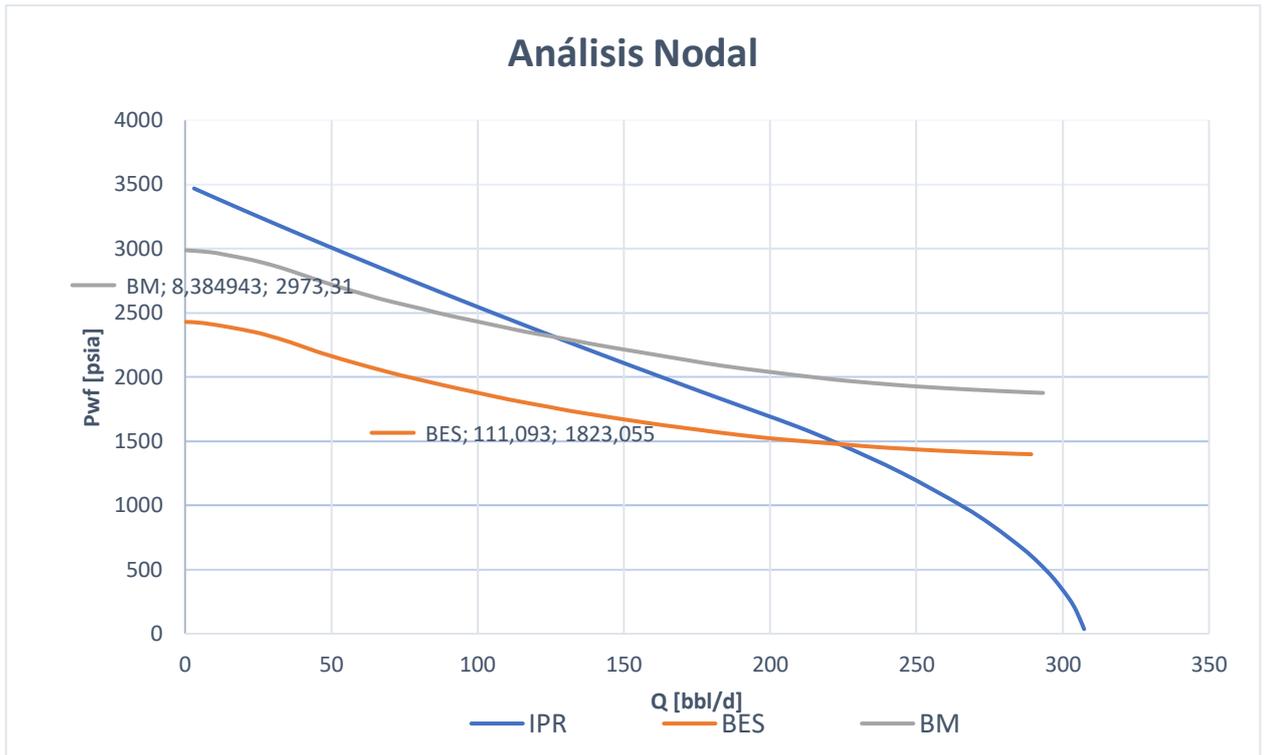


Figura 3.8 Gráfica de simulación de las curvas Inflow y outflow (BM)

Tabla 3.36 Data de simulación para el pozo ESPOL-027

IPR		BES		BM	
Q	Pwf	Q	Pwf	Q	Pwf
307.294	36.26997	307.294	1385.623	307.312	1863.068
304.6806	175.8029	289.2303	1398.258	293.2537	1875.762
302.0672	276.3965	277.1878	1406.88	283.8814	1885.064
296.8404	431.4982	257.117	1426.805	268.261	1902.272

291.6137	555.5609	245.0745	1442.588	252.6406	1922.803
286.3869	662.0293	237.0462	1453.12	242.227	1939.725
275.9333	842.9697	223.6656	1477.316	226.6066	1969.6
265.4798	996.9504	206.2973	1509.538	216.193	1994.769
244.5727	1257.011	194.7184	1534.878	198.837	2042.398
223.6656	1477.316	183.1395	1565.894	183.2166	2088.811
209.8786	1607.998	175.4202	1589.145	172.803	2127.165
196.0915	1723.046	163.8413	1623.351	155.447	2193.68
182.3045	1836.691	156.1221	1648.638	145.0334	2233.388
168.5175	1951.814	143.2566	1693.336	138.091	2261.609
154.7304	2068.118	131.6777	1735.812	126.5203	2311.252
140.9434	2186.07	123.9585	1768.959	116.706	2351.037
127.1563	2305.731	111.093	1823.055	110.1631	2382.385
113.3693	2426.886	98.22759	1886.218	99.2583	2435.193
99.58224	2549.927	89.65063	1928.823	88.35349	2488.496
85.7952	2674.698	78.07173	1990.221	81.08363	2530.318
72.00816	2801.54	70.35247	2033.031	70.17882	2588.908
58.22111	2930.363	57.48703	2112.882	62.90895	2633.71
51.32759	2995.653	49.76776	2164.899	50.79251	2714.184
44.43407	3061.449	44.62159	2201.36	39.88771	2797.361
37.54055	3127.835	36.04463	2270.306	32.61784	2852.519
30.64703	3194.778	28.32536	2323.408	25.34797	2897.959
23.7535	3262.345	23.17919	2352.87	20.50139	2922.92
16.85998	3330.545	14.60223	2390.024	13.23152	2954.796
9.966461	3399.386	6.025267	2420.892	8.384943	2973.31
3.07294	3468.871	0.307294	2429.181	0.307312	2987.37



**Figura 3.9 Gráfica de comparación de las curvas outflows y de la curva IPR del pozo - 027.**

Por lo tanto, se concluye que:

- El bombeo electro sumergible es el sistema de levantamiento artificial óptimo para este tipo de pozo debido a su eficiencia; considerando que su índice de productividad es bajo pero la relación  $Q/Q_{m\acute{a}x}$  es del 73% de la capacidad máxima productiva del pozo.
- El match realizado en la grafica de comparación, se observa que con el SLA tipo BES se obtiene una mayor producción a comparación del SLA tipo BM.

### **ESPOL-024**

En primera instancia se requieren los datos más actuales de presión de yacimiento, arena y profundidad de la arena (TVD) del pozo ESPOL-024, proporcionados por ESPOL para el respectivo análisis. Iniciando la primera etapa de preselección se procede a calcular el índice de presión de yacimiento, para

luego analizar en la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, en que zona delimita el match.

**Tabla 3.37 Parámetros del pozo ESPOL-024**

POZO	ESPOL-024
ARENA	H SUPERIOR
PRESIÓN DE RESERVORIO (psi)	3800
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	9956
ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.38
IP (bbl/d/psi)	0.58
ÁREA DEL GRÁFICO	8

Por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 8. El criterio que representa esta área es el siguiente:

**Tabla 3.38 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-024**

<u>Mediana productividad</u>	7-8	Podría producir a flujo natural o se utilizaría un SLA
------------------------------	-----	--

Según el criterio de preselección, en el pozo analizado existe la posibilidad de produzca a flujo natural o necesite un SLA, pero como en un principio se recalcó, los pozos estudiados son maduros y tienden a utilizar un SLA.

Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más apropiado para el pozo con la tabla 2.8 del capítulo 2 de preselección para un SLA respecto al índice de productividad. Considerando que el índice de productividad del pozo es 0.58 bbl/d/psi, se encuentra en la columna de baja productividad.

Por lo tanto, podemos elegir cuál de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

BOMBEO MECÁNICO	BOMBEO HIDRÁULICO	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE	BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS
2	1	2	1

Para el pozo ESPOL-024 con el índice de productividad de 0.58 bbl/d/psi, tiene 2 posibles candidatos de SLA, los cuales son: bombeo hidráulico y bombeo de cavidades progresivas.

Debemos tener en cuenta que el pozo ESPOL-024 ya produce con un SLA, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos, recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.39 Variables del pozo ESPOL-024**

ESPOL-0.24 BH	
VARIABLES	VALORES ACTUALES
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	<b>205.84</b>
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bfpd)	<b>1302.77</b>
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	
GRAVEDAD API	<b>27.9</b>
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	<b>0</b>
GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	<b>0</b>
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	<b>9956</b>
TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERFICIE?
¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	
¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	NO
¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ
MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO
MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos. Puesto que el análisis de preselección denotó dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en cuenta también cual sistema es el más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

SLA	BM	BH	BES	PCP
VALORACION	13	13	13	12

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad resultó que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico, denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede ser utilizados. Por lo tanto, se concluye que:

- El bombeo hidráulico es el sistema de levantamiento artificial óptimo para este tipo de pozo debido a su eficiencia; considerando que su índice de productividad es bajo y la relación  $Q/Q_{m\acute{a}x}$  es del 59% de la capacidad máxima productiva del pozo.

### ESPOL-040

En primera instancia se requieren los datos más actuales de presión de yacimiento, arena y profundidad de la arena (TVD) del pozo ESPOL-040, proporcionados por Petroecuador para el respectivo análisis. Iniciando la primera etapa de preselección se procede a calcular el índice de presión de yacimiento, para luego analizar en la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, en que zona delimita el match.

**Tabla 3.40 Parámetros del pozo ESPOL-040**

POZO	ESPOL-040
ARENA	H SUPERIOR

PRESIÓN DE RESERVORIO (psi)	3100
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	10181
ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.30
IP (bbl/d/psi)	0.16
ÁREA DEL GRÁFICO	3

Por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 3. El criterio que representa esta área es el siguiente:

**Tabla 3.41 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-040**

<u>Baja productividad</u>	1-2-3-4	En el área 1 y 2 se necesita un tipo de SLA. En el área 3 y 4 existe la posibilidad de que no se necesite un SLA.
---------------------------	---------	---

Según el criterio de preselección, en el pozo analizado existe la posibilidad de que no necesite un SLA, pero como en un principio se recalcó, los pozos estudiados son maduros y tienden a utilizar un SLA.

Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más apropiado para el pozo con la tabla 2.8 del capítulo 2 de preselección para un SLA respecto al índice de productividad. Considerando que el índice de productividad del pozo es 0.16 bbl/d/psi, se encuentra en la columna de baja productividad.

Por lo tanto, podemos elegir cuál de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

<b>BOMBEO MECÁNICO</b>	<b>BOMBEO HIDRÁULICO</b>	<b>BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE</b>	<b>BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS</b>
1	1	3	3

Para el pozo ESPOL-040 con el índice de productividad de 0.16 bbl/d/psi, tiene 2 posibles candidatos de SLA, los cuales son: bombeo mecánico y bombeo hidráulico.

Debemos tener en cuenta que el pozo ESPOL-040 ya produce con un SLA, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos, recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.42 Variables del pozo ESPOL-040**

ESPOL-040 BH	
VARIABLES	VALORES ACTUALES
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	<b>68.97</b>
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bfpd)	<b>228.38</b>
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	
GRAVEDAD API	<b>28.8</b>
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	<b>0</b>
GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	<b>0</b>
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	<b>10181</b>
TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERFICIE?
¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	
¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	NO
¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ
MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO
MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de

Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos. Puesto que el análisis de preselección denotó dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en cuenta también cual sistema es el más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

SLA	BM	BH	BES	PCP
VALORACION	13	13	13	12

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad resultó que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico, denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede ser utilizados. Por lo tanto, se concluye que:

- El bombeo hidráulico es el sistema de levantamiento artificial más óptimo para este tipo de pozo debido a su eficiencia; considerando que su índice de productividad es bajo y la relación  $Q/Q_{\text{máx}}$  es del 46% de la capacidad máxima productiva del pozo.

### ESPOL-049

En primera instancia se requieren los datos más actuales de presión de yacimiento, arena y profundidad de la arena (TVD) del pozo ESPOL-049, proporcionados por ESPOL para el respectivo análisis. Iniciando la primera etapa de preselección se procede a calcular el índice de presión de yacimiento, para luego analizar en la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, en que zona delimita el match.

**Tabla 3.43 Parámetros del pozo ESPOL-049**

POZO	ESPOL-049
ARENA	U INFERIOR
PRESIÓN DE RESERVORIO (psi)	1400
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	9579

ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.15
IP (bbl/d/psi)	0.10
ÁREA DEL GRÁFICO	1

Por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 1. El criterio que representa esta área es el siguiente:

**Tabla 3.44 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-049**

<u>Baja productividad</u>	1-2-3-4	En el área 1 y 2 se necesita un tipo de SLA. En el área 3 y 4 existe la posibilidad de que no se necesite un SLA.
---------------------------	---------	---

Según el criterio de preselección, en el pozo analizado se necesita un SLA. Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más apropiado para el pozo con la tabla 2.8 del capítulo 2 de preselección para un SLA respecto al índice de productividad. Considerando que el índice de productividad del pozo es 0.10 bbl/d/psi, se encuentra en la columna de baja productividad.

Por lo tanto, podemos elegir cuál de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

<b>BOMBEO MECÁNICO</b>	<b>BOMBEO HIDRÁULICO</b>	<b>BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE</b>	<b>BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS</b>
1	1	3	3

Para el pozo ESPOL-049 con el índice de productividad de 0.10 bbl/d/psi, tiene 2 posibles candidatos de SLA, los cuales son: bombeo mecánico y bombeo hidráulico.

Debemos tener en cuenta que el pozo ESPOL-049 ya produce con un SLA, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos, recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.45 Variables del pozo ESPOL-049**

ESPOL-049 BES	
VARIABLES	VALORES ACTUALES
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	48.11
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bfpd)	75.17
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	
GRAVEDAD API	26.7
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	0
GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	0
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	9579
TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERFICIE?
¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	
¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	NO
¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ
MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO
MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos. Puesto que el análisis de preselección denotó dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en cuenta también cual sistema es el más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

SLA	BM	BH	BES	PCP
VALORACION	13	13	13	12

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad resulto que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico, denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede ser utilizados. Por lo tanto, se concluye que:

- Se debería realizar un análisis nodal para determinar si los dos principales candidatos de SLA son efectivos para este pozo, ya que está produciendo con BES.
- El pozo ESPOL-049 tendría una producción más óptima con BH, puesto que tiene un índice de productividad actualmente bajo y una relación Q/Q<sub>máx</sub> es del 54% de la capacidad máxima productiva del pozo.
- Lograría producir de una forma eficiente con el SLA actualmente utilizado, si se realizara una acidificación al pozo o un reacondicionamiento para aumentar su índice de productividad

### **ESPOL-064**

En primera instancia se requieren los datos más actuales de presión de yacimiento, arena y profundidad de la arena (TVD) del pozo ESPOL-064, proporcionados por ESPOL para el respectivo análisis. Iniciando la primera etapa de preselección se procede a calcular el índice de presión de yacimiento, para luego analizar en la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, en que zona delimita el match.

**Tabla 3.46 Parámetros del pozo ESPOL-064**

POZO	ESPOL-064
ARENA	H INFERIOR
PRESIÓN DE RESERVORIO (psi)	4140
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	10044
ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.41
IP (bbl/d/psi)	0.10
ÁREA DEL GRÁFICO	4

Por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 4. El criterio que representa esta área es el siguiente:

**Tabla 3.47 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-064**

BAJA PRODUCTIVIDAD	3-4	Existe la posibilidad de que no se necesite un SLA
--------------------	-----	--

Según el criterio de preselección, en el pozo analizado existe la posibilidad de que no necesite un SLA, pero como en un principio se recalcó, los pozos estudiados son maduros y tienden a utilizar un SLA.

Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más apropiado para el pozo con la tabla 2.8 del capítulo 2 de preselección para un SLA respecto al índice de productividad. Considerando que el índice de productividad del pozo es 0.10 bbl/d/psi, se encuentra en la columna de baja productividad.

Por lo tanto, podemos elegir cuál de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

<b>BOMBEO MECÁNICO</b>	<b>BOMBEO HIDRAULICO</b>	<b>BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE</b>	<b>BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS</b>
1	1	3	3

Para el pozo ESPOL-064 con el índice de productividad de 0.10 bbl/d/psi, tiene 2 posibles candidatos de SLA, los cuales son bombeo mecánico y bombeo hidráulico.

Debemos tener en cuenta que el pozo ESPOL-064 ya produce con un SLA, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos, recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.48 Variables del pozo ESPOL-064**

ESPOL-064 BH	
VARIABLES	VALORES ACTUALES
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	152.08
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bfpd)	314.21
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	
GRAVEDAD API	24.6
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	0
GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	0
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	10044
TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERFICIE?
¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	

¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	NO
¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ
MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO
MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos. Puesto que el análisis de preselección denotó dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en cuenta también cual sistema es el más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

SLA	BM	BH	BES	PCP
VALORACION	13	13	13	12

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad resultó que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico, denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede ser utilizados. Por lo tanto, se concluye que:

- El bombeo hidráulico es el sistema de levantamiento artificial óptimo para este tipo de pozo debido a su eficiencia; considerando que su índice de productividad es bajo y la relación  $Q/Q_{\text{máx}}$  es del 76% de la capacidad máxima productiva del pozo.

## ESPOL-018

En primera instancia se requieren los datos más actuales de presión de yacimiento, arena y profundidad de la arena (TVD) del pozo ESPOL-018, proporcionados por Petroecuador para el respectivo análisis. Iniciando la primera etapa de preselección se procede a calcular el índice de presión de yacimiento, para luego analizar en la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, en que zona delimita el match.

**Tabla 3.49 Parámetros del pozo ESPOL-018**

POZO	ESPOL-018
ARENA	H INFERIOR
PRESIÓN DE RESERVORIO (psi)	4151
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	10010
ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.41
IP (bbl/d/psi)	1.43
ÁREA DEL GRÁFICO	12

Por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 12. El criterio que representa esta área es el siguiente:

**Tabla 3.50 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-018**

ALTA PRODUCTIVIDAD	11-12	La probabilidad de utilizar un SLA es baja, ya que su flujo es de manera natural y tiene una alta productividad.
--------------------	-------	--

Según el criterio de preselección, el pozo analizado la probabilidad de utilizar un SLA es baja pero como en un principio se recalcó que los pozos estudiados son maduros, tienden a utilizar un SLA.

Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más apropiado para el pozo con la tabla 2.8 de Preselección para un SLA respecto al índice de productividad. Considerando que el índice de productividad del pozo es 1.43 bbl/d/psi, se encuentra en la fila de alta productividad. Por lo tanto, podemos elegir cual de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

BOMBEO MECÁNICO	BOMBEO HIDRAULICO	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE	BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS
3	2	1	1

Para el pozo ESPOL-018 con el índice de productividad de 1.43 bbl/d/psi, tiene como mejor candidato el **bombeo electro sumergible y bombeo de cavidades progresivas**.

El pozo ESPOL-018 ya produce con un SLA el cual es **bombeo hidráulico tipo Jet**, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos y recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.51 Variables del pozo ESPOL-018**

ESPOL-018BH	
VARIABLES	VALORES ACTUALES
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	77,532
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bfpd)	852.00
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	
GRAVEDAD API	27.5
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	0

GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	0
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	10010
TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERCIE?
¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	
¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	NO
¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ
MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO
MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos. Puesto que el análisis de preselección denoto dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en cuenta también cual sistema es el más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

SLA	BM	BH	BES	PCP
VALORACION	13	13	13	12

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad resulto que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico, denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede ser utilizados. Por lo tanto, se concluye que:

- El bombeo electro sumergible es el sistema de levantamiento artificial más óptimo para este tipo de pozo debido a su eficiencia; considerando que su índice de productividad es alto.
- La relación  $Q/Q_{\text{máx}}$  es del 15% de la capacidad máxima productiva del pozo, denotando que, si tuviera un SLA tipo BES, el pozo podría producir a un mayor porcentaje de su capacidad máxima.

### ESPOL-034

En primera instancia se requieren los datos más actuales de presión de yacimiento, arena y profundidad de la arena (TVD) del pozo ESPOL-034, proporcionados por Petroecuador para el respectivo análisis. Iniciando la primera etapa de preselección se procede a calcular el índice de presión de yacimiento, para luego analizar en la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, en que zona delimita el match.

**Tabla 3.52 Parámetros del pozo ESPOL-034**

POZO	ESPOL-034
ARENA	U SUPERIOR
PRESIÓN DE RESERVORIO (psi)	1500
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	9632
ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.16
IP (bbl/d/psi)	0.05
ÁREA DEL GRÁFICO	2

Por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 2. El criterio que representa esta área es el siguiente:

**Tabla 3.53 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-034**

<u>Baja productividad</u>	2	En el área 2 se necesita un tipo de SLA.
---------------------------	---	--

Según el criterio de preselección, en el pozo analizado necesita un SLA. Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más

apropiado para el pozo con la tabla 2.8 del capítulo 2 de preselección para un SLA respecto al índice de productividad. Considerando que el índice de productividad del pozo es 0.05 bbl/d/psi, se encuentra en la columna de baja productividad.

Por lo tanto, podemos elegir cuál de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

BOMBEO MECÁNICO	BOMBEO HIDRÁULICO	BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE	BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS
1	1	3	3

Para el pozo LGA-034 con el índice de productividad de 0.05 bbl/d/psi, tiene 2 posibles candidatos de SLA, los cuales son: **bombeo mecánico** y **bombeo hidráulico**.

Debemos tener en cuenta que el pozo ESPOL-034 ya produce con un SLA, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos, recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.54 Variables del pozo ESPOL-034**

ESPOL-034BM	
VARIABLES	VALORES ACTUALES
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	<b>31,8</b>
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bfpd)	<b>56.51</b>
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	
GRAVEDAD API	<b>31,8</b>
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	<b>0</b>
GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	<b>0</b>
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	<b>9632</b>

TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERFICIE?
¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	
¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	NO
¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ
MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO
MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos. Puesto que el análisis de preselección denotó dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en cuenta también cual sistema es el más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

SLA	BM	BH	BES	PCP
VALORACION	13	13	13	12

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad resultó que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico, denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede ser utilizados. Por lo tanto, se concluye que:

- El bombeo mecánico es el sistema de levantamiento artificial más óptimo para este tipo de pozo debido a su eficiencia; considerando que su índice de productividad es bajo y la relación  $Q/Q_{\text{máx}}$  es del 75% de la capacidad máxima productiva del pozo.

## ESPOL-035

En primera instancia se requieren los datos más actuales de presión de yacimiento, arena y profundidad de la arena (TVD) del pozo ESPOL-035, proporcionados por ESPOL para el respectivo análisis. Iniciando la primera etapa de preselección se procede a calcular el índice de presión de yacimiento, para luego analizar en la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, en que zona delimita el match.

**Tabla 3.55 Parámetros del pozo ESPOL-035**

POZO	ESPOL-035
ARENA	H SUPERIOR
PRESIÓN DE RESERVOIRIO (psi)	3291
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	9947
ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.33
IP (bbl/d/psi)	0.10
ÁREA DEL GRÁFICO	3

Por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 3. El criterio que representa esta área es el siguiente:

**Tabla 3.56 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-035**

<u>Baja productividad</u>	3	En el área 3 existe la posibilidad de que no se necesite un SLA.
---------------------------	---	--

Según el criterio de preselección, en el pozo analizado necesita un SLA. Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más apropiado para el pozo con la tabla 2.8 del capítulo 2 de preselección para un SLA respecto al índice de productividad. Considerando que el índice de productividad del pozo es 0.10 bbl/d/psi, se encuentra en la columna de baja productividad.

Por lo tanto, podemos elegir cuál de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

<b>BOMBEO MECÁNICO</b>	<b>BOMBEO HIDRÁULICO</b>	<b>BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE</b>	<b>BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS</b>
1	1	3	3

Para el pozo ESPOL-035 con el índice de productividad de 0.10 bbl/d/psi, tiene 2 posibles candidatos de SLA, los cuales son: **bombeo mecánico** y **bombeo hidráulico**.

Debemos tener en cuenta que el pozo ESPOL-035 ya produce con un SLA, el cual es bombeo hidráulico, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos, recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.57 Variables del pozo ESPOL-035**

ESPOL-035 BH	
VARIABLES	VALORES ACTUALES
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	<b>196.19</b>
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bfpd)	<b>251.20</b>
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	
GRAVEDAD API	<b>28.3</b>
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	<b>0</b>
GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	<b>0</b>
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	<b>9947</b>
TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERFICIE?
¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	

¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	NO
¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ
MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO
MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos. Puesto que el análisis de preselección denotó dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en cuenta también cual sistema es el más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

SLA	BM	BH	BES	PCP
VALORACION	13	13	13	12

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad resultó que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico, denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede ser utilizados. Por lo tanto, se concluye que:

- El bombeo hidráulico es el sistema de levantamiento artificial óptimo para este tipo de pozo debido a su eficiencia; considerando que su índice de productividad es bajo y la relación  $Q/Q_{\text{máx}}$  es del 76% de la capacidad máxima productiva del pozo.

### ESPOL-036

En primera instancia se requieren los datos más actuales de presión de yacimiento, arena y profundidad de la arena (TVD) del pozo ESPOL-036,

proporcionados por Petroecuador para el respectivo análisis. Iniciando la primera etapa de preselección se procede a calcular el índice de presión de yacimiento, para luego analizar en la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, en que zona delimita el match.

**Tabla 3.58 Parámetros del pozo ESPOL-036**

POZO	ESPOL-036
ARENA	H SUPERIOR
PRESIÓN DE RESERVORIO (psi)	1479
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	9966
ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.15
IP (bbl/d/psi)	0.10
ÁREA DEL GRÁFICO	1

Por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 1. El criterio que representa esta área es el siguiente:

**Tabla 3.59 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-036**

<u>Baja productividad</u>	1	En el área 1 se necesita un tipo de SLA
---------------------------	---	---

Según el criterio de preselección, en el pozo analizado necesita un SLA. Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más apropiado para el pozo con la tabla 2.8 del capítulo 2 de preselección para un SLA respecto al índice de productividad. Considerando que el índice de productividad del pozo es 0.10 bbl/d/psi, se encuentra en la columna de baja productividad.

Por lo tanto, podemos elegir cuál de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

<b>BOMBEO MECÁNICO</b>	<b>BOMBEO HIDRÁULICO</b>	<b>BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE</b>	<b>BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS</b>
1	1	3	3

Para el pozo ESPOL-036 con el índice de productividad de 0.10 bbl/d/psi, tiene 2 posibles candidatos de SLA, los cuales son: **bombeo mecánico** y **bombeo hidráulico**.

Debemos tener en cuenta que el pozo ESPOL-036 ya produce con un SLA, el cual es bombeo hidráulico, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos, recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.60 Variables del pozo ESPOL-038**

ESPOL-036BH	
VARIABLES	VALORES ACTUALES
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	<b>67.72</b>
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bfpd)	<b>102.60</b>
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	
GRAVEDAD API	<b>28.9</b>
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	<b>0</b>
GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	<b>0</b>
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	<b>9966</b>
TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERFICIE?
¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	
¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	NO
¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ
MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO

MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos. Puesto que el análisis de preselección denotó dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en cuenta también cual sistema es el más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

SLA	BM	BH	BES	PCP
VALORACION	13	13	13	12

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad resultó que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico, denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede ser utilizados. Por lo tanto, se concluye que:

- El bombeo hidráulico es el sistema de levantamiento artificial más óptimo para este tipo de pozo debido a su eficiencia; considerando que su índice de productividad es bajo y la relación  $Q/Q_{\text{máx}}$  es del 69% de la capacidad máxima productiva del pozo.

### **ESPOL-037**

En primera instancia se requieren los datos más actuales de presión de yacimiento, arena y profundidad de la arena (TVD) del pozo ESPOL-037, proporcionados por Petroecuador para el respectivo análisis. Iniciando la primera etapa de preselección se procede a calcular el índice de presión de yacimiento, para luego analizar en la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, en que zona delimita el match.

**Tabla 3.61 Parámetros del pozo ESPOL-037**

POZO	ESPOL-037
ARENA	H SUPERIOR
PRESIÓN DE RESERVORIO (psi)	3100
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	9939
ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.31
IP (bbl/d/psi)	0.09
ÁREA DEL GRÁFICO	3

Por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 3. El criterio que representa esta área es el siguiente:

**Tabla 3.62 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-037**

<u>Baja productividad</u>	3	En el área 3 existe la posibilidad que no necesite un SLA
---------------------------	---	---

Según el criterio de preselección, en el pozo analizado existe la posibilidad de que no necesite un SLA, pero como en un principio se recalcó, los pozos estudiados son maduros y tienden a utilizar un SLA.

Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más apropiado para el pozo con la tabla 2.8 del capítulo 2 de preselección para un SLA respecto al índice de productividad. Considerando que el índice de productividad del pozo es 0.09 bbl/d/psi, se encuentra en la columna de baja productividad.

Por lo tanto, podemos elegir cuál de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

<b>BOMBEO MECÁNICO</b>	<b>BOMBEO HIDRÁULICO</b>	<b>BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE</b>	<b>BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS</b>
1	1	3	3

Para el pozo ESPOL-037 con el índice de productividad de 0.09 bbl/d/psi, tiene 2 posibles candidatos de SLA, los cuales son: **bombeo mecánico** y **bombeo hidráulico**.

Debemos tener en cuenta que el pozo ESPOL-037 ya produce con un SLA, el cual es bombeo electro sumergible, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos, recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.63 Variables del pozo ESPOL-037**

ESPOL-037BES	
VARIABLES	VALORES ACTUALES
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	<b>97.81</b>
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	<b>135.85</b>
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	
GRAVEDAD API	<b>29.2</b>
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	<b>0</b>
GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	<b>0</b>
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	<b>9939</b>
TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERFICIE?
¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	
¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	NO
¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ
MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO
MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos. Puesto que el análisis de preselección denotó dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en cuenta también cual sistema es el más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

<b>SLA</b>	<b>BM</b>	<b>BH</b>	<b>BES</b>	<b>PCP</b>
<b>VALORACION</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>12</b>

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad resultó que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico, denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede ser utilizados.

Por lo tanto, concluye que:

- Se debería realizar un análisis nodal para determinar si los dos principales candidatos de SLA son efectivos para este pozo, ya que está produciendo con BES.
- El pozo ESPOL -037 tiene hasta la actualidad el SLA óptimo para su producción, ya que el índice de productividad es alto considerando el promedio de todo el campo ESPOL.
- Es importante destacar que, a largo plazo, si no se realiza un reacondicionamiento al pozo, el SLA no estaría siendo eficiente a su máxima capacidad debido a que trabaja con altos índices de productividad mayores a los que tendría este determinado pozo.

## ESPOL-047

En primera instancia se requieren los datos más actuales de presión de yacimiento, arena y profundidad de la arena (TVD) del pozo ESPOL-047, proporcionados por Petroecuador para el respectivo análisis. Iniciando la primera etapa de preselección se procede a calcular el índice de presión de yacimiento, para luego analizar en la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, en que zona delimita el match.

**Tabla 3.64 Parámetros del pozo ESPOL-047**

POZO	ESPOL-047
ARENA	H SUPERIOR
PRESIÓN DE RESERVORIO (psi)	3850
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	10077
ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.38
IP (bbl/d/psi)	0.10
ÁREA DEL GRÁFICO	4

Por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 4. El criterio que representa esta área es el siguiente:

**Tabla 3.65 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-036**

<u>Baja productividad</u>	4	En el área 4 existe la posibilidad de que no necesite un SLA
---------------------------	---	--

Según el criterio de preselección, en el pozo analizado existe la posibilidad de que no necesite un SLA, pero como en un principio se recaló, los pozos estudiados son maduros y tienden a utilizar un SLA.

Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más apropiado para el pozo con la tabla 2.8 del capítulo 2 de preselección para un SLA respecto al índice de productividad. Considerando que el índice de productividad del pozo es 0.10 bbl/d/psi, se encuentra en la columna de baja productividad.

Por lo tanto, podemos elegir cuál de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

<b>BOMBEO MECÁNICO</b>	<b>BOMBEO HIDRÁULICO</b>	<b>BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE</b>	<b>BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS</b>
1	1	3	3

Para el pozo ESPOL-047 con el índice de productividad de 0.10 bbl/d/psi, tiene 2 posibles candidatos de SLA, los cuales son: **bombeo mecánico** y **bombeo hidráulico**.

Debemos tener en cuenta que el pozo ESPOL-047 ya produce con un SLA, el cual es bombeo electro sumergible, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos, recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.66 Variables del pozo ESPOL-047**

ESPOL-047BES	
VARIABLES	VALORES ACTUALES
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	<b>267.2</b>
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bfpd)	<b>303.64</b>
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	
GRAVEDAD API	<b>29.3</b>
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	<b>0</b>
GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	<b>0</b>
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	<b>10077</b>
TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERFICIE?

¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	
¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	NO
¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ
MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO
MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos. Puesto que el análisis de preselección denotó dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en cuenta también cual sistema es el más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

SLA	BM	BH	BES	PCP
VALORACION	13	13	13	12

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad resultó que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico, denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede ser utilizados.

Por lo tanto, se concluye que:

- Se debería realizar un análisis nodal para determinar si los dos principales candidatos de SLA son efectivos para este pozo, ya que está produciendo con BES.
- El pozo ESPOL -047 tiene hasta la actualidad el SLA óptimo para su producción, ya que el índice de productividad es alto considerando el promedio de todo el campo ESPOL.

- Es importante destacar que, a largo plazo, si no se realiza un reacondicionamiento al pozo, el SLA no estaría siendo eficiente a su máxima capacidad debido a que trabaja con altos índices de productividad mayores a los que tendría este determinado pozo.

## ESPOL-042

En primera instancia se requieren los datos más actuales de presión de yacimiento, arena y profundidad de la arena (TVD) del pozo ESPOL-042, proporcionados por Petroecuador para el respectivo análisis. Iniciando la primera etapa de preselección se procede a calcular el índice de presión de yacimiento, para luego analizar en la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, en que zona delimita el match.

**Tabla 3.67 Parámetros del pozo ESPOL-042**

POZO	ESPOL-042
ARENA	H SUPERIOR
PRESIÓN DE RESERVORIO (psi)	3100
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	9982
ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.31
IP (bbl/d/psi)	0.17
ÁREA DEL GRÁFICO	3

Por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 3. El criterio que representa esta área es el siguiente:

**Tabla 3.68 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-042**

<u>Baja productividad</u>	3	En el área 3 existe la posibilidad de que no se necesite un SLA
---------------------------	---	---

Según el criterio de preselección, en el pozo analizado existe la posibilidad de que no necesite un SLA, pero como en un principio se recalcó, los pozos estudiados son maduros y tienden a utilizar un SLA.

Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más apropiado para el pozo con la tabla 2.8 del capítulo 2 de preselección para un SLA respecto al índice de productividad. Considerando que el índice de productividad del pozo es 0.17 bbl/d/psi, se encuentra en la columna de baja productividad.

Por lo tanto, podemos elegir cuál de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

<b>BOMBEO MECÁNICO</b>	<b>BOMBEO HIDRÁULICO</b>	<b>BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE</b>	<b>BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS</b>
1	1	3	3

Para el pozo ESPOL-036 con el índice de productividad de 0.17 bbl/d/psi, tiene 2 posibles candidatos de SLA, los cuales son: **bombeo mecánico** y **bombeo hidráulico**.

Debemos tener en cuenta que el pozo ESPOL-042 ya produce con un SLA, el cual es bombeo electro sumergible, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos, recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.69 Variables del pozo ESPOL-042**

ESPOL-042BES	
VARIABLES	VALORES ACTUALES
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	<b>118.64</b>
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bfpd)	<b>423.70</b>
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	
GRAVEDAD API	<b>24.5</b>
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	<b>0</b>

GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	<b>0</b>
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	<b>9982</b>
TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERFICIE?
¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	
¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	NO
¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ
MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO
MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos. Puesto que el análisis de preselección denotó dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en cuenta también cual sistema es el más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

SLA	BM	BH	BES	PCP
VALORACION	13	13	13	12

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad resultó que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico. Denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede

ser utilizados. En este caso como el pozo ya trabaja con bombeo electro sumergible, es recomendable realizar un análisis nodal, tomando como nodo Pwf.

Se procedió a realizar las gráficas de Outflow de los dos SLA, el sistema de BES el cual es el actual SLA y por otro lado uno de los candidatos que fue el BM, mediante el programa de simulación PIPESIM.

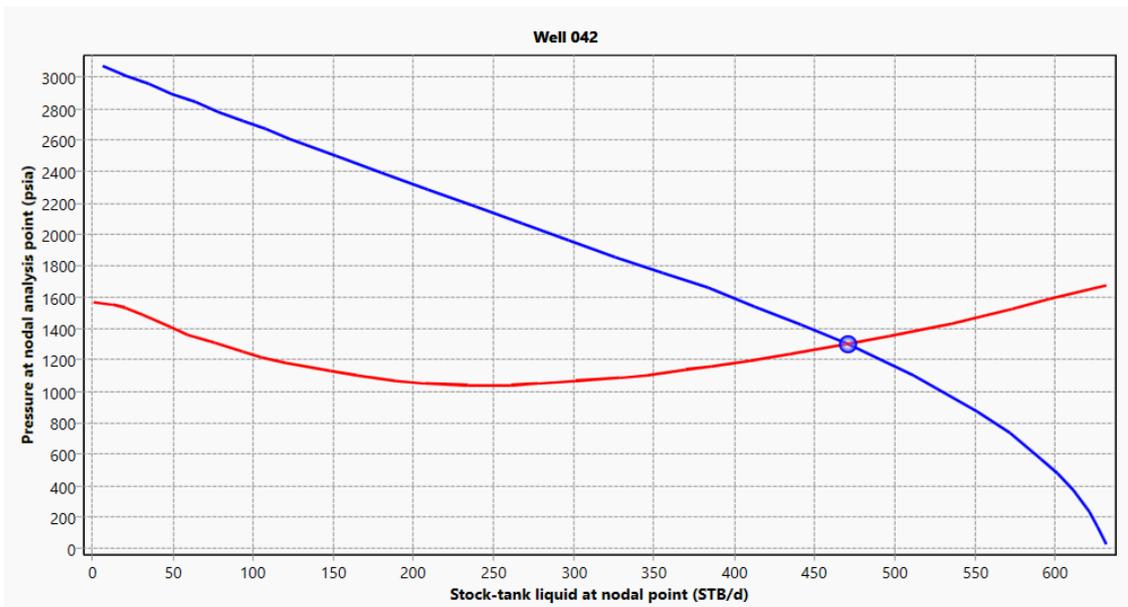


Figura 3.10 Gráfica de simulación de las curvas Inflow y outflow (BES)

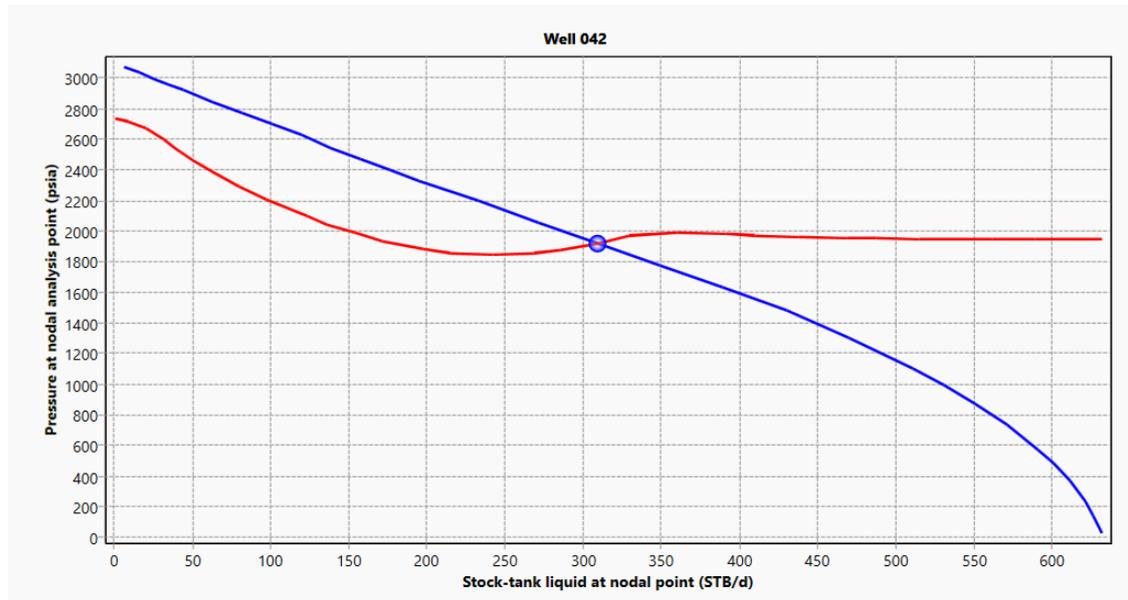
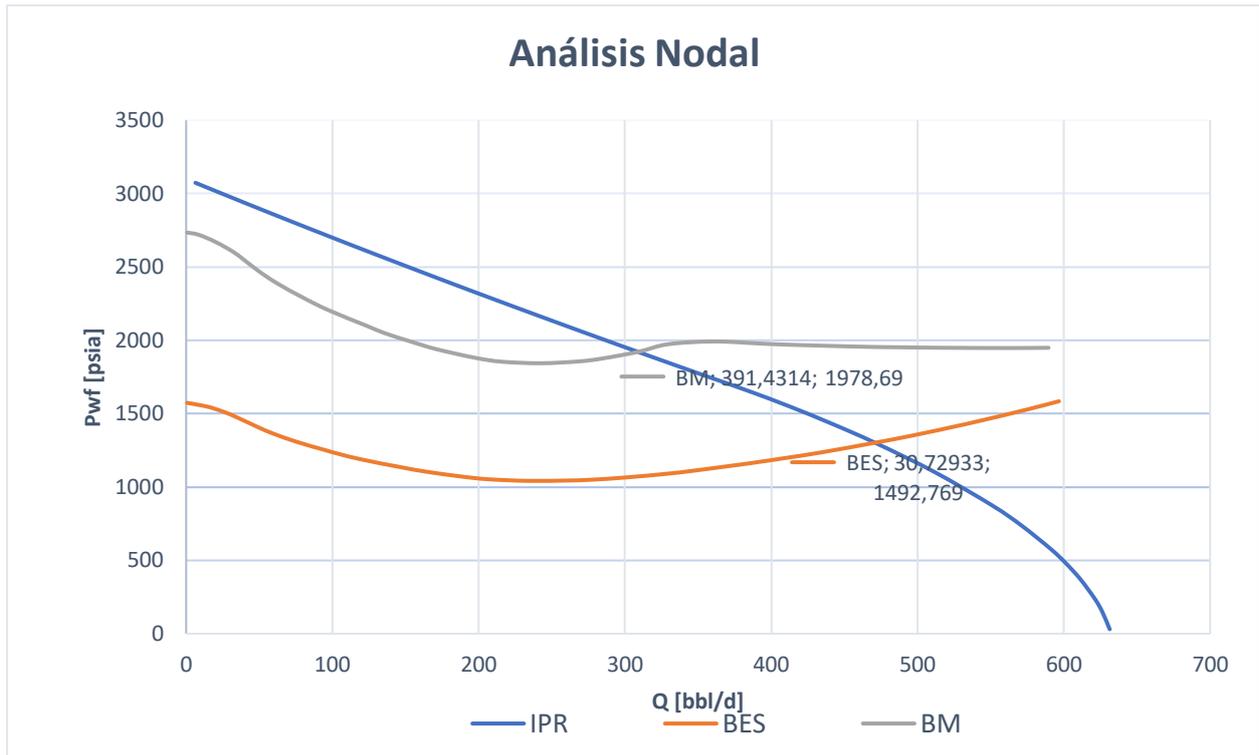


Figura 3.11 Gráfica de simulación de las curvas Inflow y outflow (BM)

**Tabla 3.70 Data de simulación para el pozo ESPOL-042**

IPR		BES		BM	
Q	Pwf	Q	Pwf	Q	Pwf
631.3426	30.70153	631.3426	1681.125	631.3316	1950.514
626.3292	148.4578	596.6897	1584.784	589.5425	1949.357
621.3158	235.7389	573.5878	1525.15	561.6832	1947.552
611.2889	371.9053	535.0845	1433.897	515.2509	1949.548
601.262	481.5426	496.5812	1351.219	487.3915	1952.696
591.2351	575.9262	470.9124	1301.98	468.8186	1955.138
571.1813	736.6969	434.3433	1236.151	437.8637	1962.661
551.1275	873.7422	409.964	1198.264	410.0043	1970.847
511.02	1105.486	385.5846	1162.316	391.4314	1978.69
470.9124	1301.98	369.3317	1140.525	360.4766	1992.308
441.875	1429.556	344.9523	1108.913	329.5217	1973.602
412.8375	1547.865	328.6994	1090.284	308.8851	1921.27
383.8001	1656.962	301.6112	1065.993	284.9153	1876.915
354.7627	1758.579	277.2318	1049.664	268.9354	1856.783
325.7252	1861.265	260.9789	1044.424	242.3023	1843.838
296.6878	1964.94	233.8907	1041.901	215.6692	1854.418
267.6503	2069.8	206.8026	1052.772	197.9138	1880.274
238.6129	2175.783	188.7438	1070.727	171.2806	1939.211
209.5755	2282.969	164.3644	1104.171	153.5252	1991.702
180.538	2391.527	148.1115	1132.374	135.7698	2048.643
151.5006	2501.43	121.0233	1185.324	123.9329	2096.72
122.4632	2612.763	104.7704	1224.314	97.29973	2205.357
107.9445	2669.013	93.9351	1254.653	79.54431	2292.854
93.42573	2725.661	75.87631	1306.849	61.78889	2391.005
78.90702	2782.67	59.6234	1363.716	49.95194	2469.361
64.3883	2840.103	48.78812	1409.445	39.29869	2550.386
49.86958	2897.991	30.72933	1492.769	32.19652	2602.812
35.35086	2956.262	19.89405	1532.107	20.35958	2669.35
20.83214	3015.001	12.67054	1551.849	8.522629	2719.74
6.313426	3074.183	0.631343	1573.869	0.631332	2734.851



**Figura 3.12 Gráfica de comparación de las curvas outflows y de la curva IPR del pozo - 042.**

### ESPOL-048

En primera instancia se requieren los datos más actuales de presión de yacimiento, arena y profundidad de la arena (TVD) del pozo ESPOL-048, proporcionados por Petroecuador para el respectivo análisis. Iniciando la primera etapa de preselección se procede a calcular el índice de presión de yacimiento, para luego analizar en la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, en que zona delimita el match.

**Tabla 3.71 Parámetros del pozo ESPOL-048**

POZO	ESPOL-048
ARENA	T INFERIOR
PRESIÓN DE RESERVORIO (psi)	2000
PROFUNDIDAD DE LA ARENA (TVD) (ft)	9826
ÍNDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)	0.20
IP (bbl/d/psi)	0.03
ÁREA DEL GRÁFICO	2

Por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad, se pudo obtener que el pozo se encuentra ubicado en el área 2. El criterio que representa esta área es el siguiente:

**Tabla 3.72 Criterio de la preselección del pozo ESPOL-048**

<u>Baja productividad</u>	2	En el área 2 se necesita un tipo de SLA
---------------------------	---	---

Según el criterio de preselección, en el pozo analizado necesita un SLA. Por consiguiente, se procede a dar el análisis de valoración de cuál sería el SLA más apropiado para el pozo con la tabla 2.8 del capítulo 2 de preselección para un SLA respecto al índice de productividad. Considerando que el índice de productividad del pozo es 0.03 bbl/d/psi, se encuentra en la columna de baja productividad.

Por lo tanto, podemos elegir cuál de los SLA son los candidatos para el pozo en específico.

<b>BOMBEO MECÁNICO</b>	<b>BOMBEO HIDRÁULICO</b>	<b>BOMBEO ELECTRO SUMERGIBLE</b>	<b>BOMBEO DE CAVIDADES PROGRESIVAS</b>
1	1	3	3

Para el pozo ESPOL-048 con el índice de productividad de 0.03 bbl/d/psi, tiene 2 posibles candidatos de SLA, los cuales son: **bombeo mecánico** y **bombeo hidráulico**.

Debemos tener en cuenta que el pozo ESPOL-048 ya produce con un SLA, el cual es bombeo electro sumergible, por tal motivo que se deben analizar los datos de producción, perforación, insumos, recursos energéticos disponibles, tratamiento de corrosión y sólidos actuales para posteriormente comparar con los sistemas que resultan idóneos para el pozo.

**Tabla 3.73 Variables del pozo ESPOL-048**

ESPOL-048BES	
VARIABLES	VALORES ACTUALES
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bppd)	<b>77.7</b>
TASA DE PRODUCCIÓN DESEADA (bfpd)	<b>323.76</b>
TEMPERATURA DE YACIMIENTO °F	
GRAVEDAD API	<b>24.7</b>
DOGLEG LIMITA LA PROF. DE LEVANTAMIENTO	<b>0</b>
GRADO DE INCLINACIÓN DEL POZO	<b>0</b>
PROFUNDIDAD PROMEDIA DE DISPAROS TVD, pies	<b>9826</b>
TIPO DE UBICACIÓN	¿CUENTA CON VÍAS DE ACCESO, SE DISPONE DE FACILIDADES DE SUPERFICIE?
¿DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA?	
¿DISPONIBILIDAD DE GAS COMPRIMIDO?	NO
¿DISPONIBILIDAD DE FLUIDO MOTRIZ?	SÍ
MANEJO DE CORROSIÓN	ALTO
MANEJO DE GAS	MEDIO
MANEJO DE SÓLIDOS	MEDIO

Después de haber realizado una observación del SLA actual, mediante la comparación de los valores para cada sistema, teniendo como base la matriz de Weatherford presentada en el capítulo 2, obteniendo la valoración y la disponibilidad de todos los recursos. Puesto que el análisis de preselección denoto dos posibles candidatos como es el bombeo hidráulico y el bombeo mecánico, se realiza la selección con la valoración más alta del SLA según la tabla, teniendo en

cuenta también cual sistema es el más factible operativamente y viable por los insumos y recursos disponibles.

<b>SLA</b>	<b>BM</b>	<b>BH</b>	<b>BES</b>	<b>PCP</b>
<b>VALORACION</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>12</b>

Según la preselección por medio de la gráfica de índice de presión vs índice de productividad resulto que, si necesitaba un SLA, de los cuales los dos principales a utilizar eran: bombeo mecánico y bombeo hidráulico, denotando que los dos tienen la misma valoración, es decir que cualquiera de los dos candidatos puede ser utilizados. Por lo tanto, se concluye que:

- Se debería realizar un análisis nodal para determinar si los dos principales candidatos de SLA son efectivos para este pozo, ya que está produciendo con BES.
- El pozo ESPOL -048 tiene hasta la actualidad el SLA óptimo para su producción, ya que el índice de productividad es alto considerando el promedio de todo el campo ESPOL.
- Es importante destacar que, a largo plazo, si no se realiza un reacondicionamiento al pozo, el SLA no estaría siendo eficiente a su máxima capacidad debido a que trabaja con altos índices de productividad mayores a los que tendría este determinado pozo.

Finalmente, se presentarán todos los pozos analizados con sus respectivos datos y su SLA optimo obtenido del análisis con la metodología aplicada, como también la representación de la condición actual de los pozos.

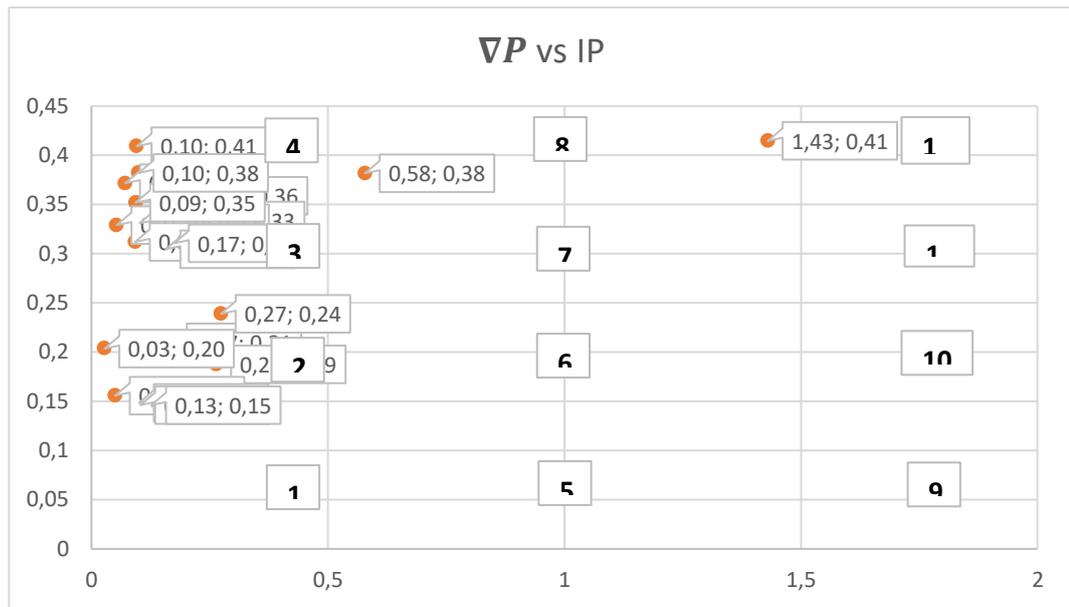
**Tabla 3.74 Resultados de análisis de pozos para sus respectivos SLA óptimos**

<b>POZOS</b>	<b>ESPOL-009A</b>	<b>ESPOL-013</b>	<b>ESPOL-022</b>	<b>ESPOL-027</b>	<b>ESPOL-038</b>	<b>ESPOL-045</b>	<b>ESPOL-039</b>	<b>ESPOL-064</b>	<b>ESPOL-018</b>	<b>ESPOL-034</b>
<b>Formación</b>	Ti	Hs	BT	Hs	Hs	Hs	Hs	Hi	Hi	Us
<b>Pr (psi)</b>	2076	3733	1679	3596	3354	3300	2400	4110	4151	1500
<b>Prof TVD (ft)</b>	9890	10047	8953	10021	10051	10030	10047	10044	10010	9632
<b>IP (bbl/d/psi)</b>	0.17	0.07	0.26	0.18	0.18	0.05	0.27	0.10	1.43	0.05
<b>INDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)</b>	0.21	0.37	0.19	0.36	0.33	0.33	0.24	0.41	0.41	0.16
<b>ÁREA DE LA GRÁFICA</b>	2	4	2	4	3	3	2	4	12	2
<b>SLA ÓPTIMO</b>	BH	BH	BH	BES	BH	BH	BH	BH	BES	BM

<b>POZOS</b>	<b>ESPOL-035</b>	<b>ESPOL-036</b>	<b>ESPOL-037</b>	<b>ESPOL-011</b>	<b>ESPOL-024</b>	<b>ESPOL-040</b>	<b>ESPOL-049</b>	<b>ESPOL-047</b>	<b>ESPOL-044</b>	<b>ESPOL-042</b>	<b>ESPOL-048</b>
<b>Formación</b>	HS+HI	Hs	Hs	Hs	Hi	Hs	Ui	Hs+Hi	Ui	Hs	TI
<b>Pr (psi)</b>	3291	1479	3100	3500	3800	3100	1400	3850	1400	3100	2000
<b>Prof TVD (ft)</b>	9947	9966	9939	9948	9956	10181	9579	10077	9583	9982	9826
<b>IP (bbl/d/psi)</b>	0.10	0.10	0.09	0.09	0.58	0.16	0.10	0.10	0.13	0.17	0.03
<b>INDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)</b>	0.33	0.15	0.31	0.35	0.38	0.30	0.15	0.38	0.15	0.31	0.20
<b>ÁREA DE LA GRÁFICA</b>	3	1	3	3	8	3	1	4	2	3	2
<b>SLA ÓPTIMO</b>	BH	BH	BES	BES	BH	BH	BH	BES	BH	BES	BES

**Tabla 7.75 Representación de la condición actual de los pozos con sus SLA**

	<b>POZO</b>	<b>IP (bbl/d/psi)</b>	<b>INDICE DE PRESIÓN DEL YACIMIENTO (psi/ft)</b>	<b>ÁREA DE LA GRÁFICA</b>	<b>SLA ACTUAL</b>	<b>CONDICIÓN</b>
<b>1</b>	ESPOL-009A	0.17	0.21	2	BH	SE MANTIENE
<b>2</b>	ESPOL-013	0.07	0.37	4	BES	CAMBIA
<b>3</b>	ESPOL-022	0.26	0.19	2	BH	SE MANTIENE
<b>4</b>	ESPOL-027	0.18	0.36	4	BES	SE MANTIENE
<b>5</b>	ESPOL-038	0.18	0.33	3	BH	SE MANTIENE
<b>6</b>	ESPOL-045	0.05	0.33	3	BH	SE MANTIENE
<b>7</b>	ESPOL-039	0.27	0.24	2	BES	CAMBIA
<b>8</b>	ESPOL-064	0.10	0.41	4	BH	SE MANTIENE
<b>9</b>	ESPOL-018	1.43	0.41	12	BH	CAMBIA
<b>10</b>	ESPOL-034	0.05	0.16	2	BM	SE MANTIENE
<b>11</b>	ESPOL-035	0.10	0.33	3	BH	SE MANTIENE
<b>12</b>	ESPOL-036	0.10	0.15	1	BH	SE MANTIENE
<b>13</b>	ESPOL-037	0.09	0.31	3	BES	SE MANTIENE
<b>14</b>	ESPOL-011	0.09	0.35	3	BES	SE MANTIENE
<b>15</b>	ESPOL-024	0.58	0.38	8	BH	SE MANTIENE
<b>16</b>	ESPOL-040	0.16	0.30	3	BH	SE MANTIENE
<b>17</b>	ESPOL-049	0.10	0.15	1	BES	CAMBIA
<b>18</b>	ESPOL-047	0.10	0.38	4	BES	SE MANTIENE
<b>19</b>	ESPOL-044	0.13	0.15	2	BES	CAMBIA
<b>20</b>	ESPOL-042	0.17	0.31	3	BES	SE MANTIENE
<b>21</b>	ESPOL-048	0.03	0.20	2	BES	SE MANTIENE



**Figura 3.13 Representación en dispersión en función a las áreas de la gráfica de  $\nabla P$  vs IP**

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

- El mecanismo de levantamiento artificial hidráulico es conveniente para 11 pozos, de los 21 productores que existen actualmente en el campo ESPOL.
- De acuerdo con el análisis realizado de los 9 pozos que utilizaban el SLA tipo BES, se concluyó que 6 mantienen un SLA óptimo, y 3 necesitan cambiar el tipo de SLA.
- La gráfica generada de índice de presión del yacimiento vs índice de productividad permite una mejor comprensión al momento de realizar una nueva metodología de preselección y selección del tipo de SLA de un campo en específico.
- La data proporcionada del campo ESPOL nos permitió comparar los tipos de SLA, con el fin de seleccionar el óptimo para cada pozo.
- Acorde con los parámetros más importantes de índice de presión del yacimiento e índice de productividad, se logra visibilizar la optimización del SLA a usar.
- El SLA más eficiente para el pozo ESPOL-027 y ESPOL-042 es el bombeo electro-sumergible, debido a su gran valor de índice de productividad y de producción.
- El SLA más eficiente de los pozos ESPOL-045, ESPOL-035 y ESPOL-048 es el bombeo hidráulico tipo Jet, debido a que optimiza su producción; aunque contenga un bajo índice de productividad de acuerdo con la tabla de resultados.
- El bombeo electro-sumergible es el SLA más conveniente para pozos que tengan un índice de productividad en el rango de 0.03 a 0.27 bbl/d/psi particularmente para el caso ESPOL, ya que poseen un bajo índice de presión de yacimiento (energía) y un alto índice de productividad con producciones elevadas mayores a los 200 bbl/d aproximadamente.
- El bombeo hidráulico tipo jet es el SLA más adecuado para pozos que posea un índice de productividad mayores a 0.27 bbl/d/psi particularmente para el

caso ESPOL, ya que se encuentran los pozos entre un bajo y alto índice de productividad, con un bajo índice de presión de yacimiento a una producción considerable mayores a 270 bbl/d aproximadamente.

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

- Aplicar la gráfica generada de índice de presión del yacimiento vs índice de productividad, para la preselección del SLA óptimo a futuros proyectos de producción en el campo ESPOL.
- Se recomienda utilizar la metodología presentada en diferentes campos que contengan parámetros similares al estudiado.
- Es recomendable usar bombas de desplazamiento horizontales con la finalidad de incrementar la capacidad de inyección del sistema power oil en el campo.
- Emplear un software de ingeniería de producción para elaborar un análisis nodal y poder comparar dos tipos de SLA posibles a utilizar en un pozo en particular, para de esta manera determinar el más apropiado.
- Debido a su ubicación geográfica se recomienda implementar generación de energía hidráulica a los pozos ESPOL – 034, 037 y 011.

# BIBLIOGRAFÍA

- Brown, K. B. (1977). *THE TECHNOLOGY OF ARTIFICIAL LIFT METHODS*. Tulsa, United States of America: PennWell Books.
- CHOU, S.-Y., CHANG, Y.-H., & SHEN, C.-Y. (2008). *A fuzzy simple additive weighting system under group decision-making for facility location selection with objective attributes* (Vol. 189). *European Journal of Operational Research*.
- EP, P. (s.f.).
- Hirschfeld, M., & Bertomeu, F. (2016). *Gestión de Sistemas de Levantamiento Artificial (SLA), como estrategia para el desarrollo de campos maduros*. Comodoro. (2016). *Hirschfeldt & Bertomeu*.
- LEMKE, A. (2014). *Technique for order preference by similarity to ideal solution* .
- Maggiolo, M. R. (2008). *Optimización de la Producción mediante Análisis Nodal*. Lima.
- Maggiolo, R. (2008). *Optimización de la Producción mediante Análisis Nodal*. Lima.
- Marquez, R. (2017). *Optimización de la producción mediante análisis nodal*. Obtenido de <http://www.carec.com.pe/biblioteca/biblio/6/74/4.%20M%C3%A9todos.pdf>
- MOEINZADEH, P., & HAJFATHALIHA, A. (2009). *A combined fuzzy decision making approach to supply chain risk assessment* . World Academy of Science.
- TRANTAPHYLLOU, E. (2000). *Multi-criteria decision making methods: A comparative study*. Boston: Springer.
- Valle, G., Romero, F., & Cabarca, M. (2017). Predicción de flujo multifásico en sistemas de recolección de crudo: descripción de requerimientos. *Uis*, 15.
- Anchundia, J. Z., Saltos, M. S., & Sares, F. S. (2018). Selección del Sistema de levantamiento artificial en el Campo Joma- Distrito oriente ecuatoriano. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2018-July(March)*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.315>
- Eni, S. A. (2020). *and Optimal Artificial Lift System*. 1–12.
- Hirschfeldt, M., & Lea, J. F. (2009). *Nota Técnica Nota Técnica*. 1–9.

- Napitupulu, J., & Hasibuan, D. (2017). Study Approach ELimination Et Choix Traduisant la REalite ( ELECTRE ) for Dynamic Multi-Criteria Decision. *Ijsrst*, 3(3), 460–465.
- Saghir, F., Gilabert, H., & Mancuso, B. (2020). *Aplicación de inteligencia aumentada y análisis de borde en operaciones de producción ascendentes un enfoque innovador para optimizar el rendimiento.pdf*.
- Useche-narvaez, C., & Montes-paez, M. M. E. (2018). *artificial Principios b ´asicos para la selecci ´on integral de sistemas de levantamiento artificial. November*.