



**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA APLICACIÓN DEL MODELO DE
CONTRATACIÓN “LUMP SUM” EN EL DESARROLLO DE OPERACIONES
DE WORKOVER EN CAMPO CASTILLA.**

JOHANNA BLANCO SIMBAQUEBA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS
BUCARAMANGA
2016**



**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA APLICACIÓN DEL MODELO DE
CONTRATACIÓN “LUMP SUM” EN EL DESARROLLO DE OPERACIONES
DE WORKOVER EN CAMPO CASTILLA.**

JOHANNA BLANCO SIMBAQUEBA

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

**Director
LUIS JOSE ABAUNZA SEPULVEDA
M.S. Petroleum Engineering**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS
BUCARAMANGA
2016**



DEDICATORIA

Aquí debería estar tu nombre, ya que aún no lo he decidido.



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis agradecimientos a quienes de otra manera me impulsaron y son mi fortaleza día a día en mi vida:

A Dios, quien me acompaña en cada instante de mi vida.

A mis padres, Florangela y Deubaldid, por darme la vida e inspirarme con su amor y paciencia.

A mi hermano y mi sobrina, por enseñarme el valor y la importancia de la familia.

A Alejandro José, por enseñarme el cariño y amor a la vida.

A mi Universidad Industrial de Santander y sus profesores, quienes con su ejemplo inspiran e infunden deseos de seguir progresando.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	13
PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LAS ACTIVIDADES DE INTERVENCIÓN A POZOS EN CAMPO CASTILLA	17
1.1. GENERALIDADES CAMPO CASTILLA	17
1.2. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA	19
1.3. ÍNDICE DE FALLA DEL SISTEMA DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL DE BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE	21
2. GESTIÓN DE OPERACIONES DE INTERVENCIÓN A POZO	22
2.1. PROCESO PARA INTERVENCIÓN A POZO	22
2.2. EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS DE WORKOVER	24
2.2.1. KPI's	24
2.2.2. INTERVENCIÓN DE WORKOVER	26
2.2.3. EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS DE WORKOVER	29
3. METODOLOGÍA SUGERIDA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN INTERVENCIONES A POZO EN CAMPO CASTILLA	33
4. CONTRATACIÓN PETROLERA	38
4.1. TIPOS DE CONTRATOS EN OPERACIONES PETROLERAS	38
4.2. SUMINISTRO DE EQUIPOS DE WORKOVER EN CAMPO CASTILLA	41
5. CONTRATACIÓN EN CAMPO CASTILLA	42
5.1. OPERACIONES DE INTERVENCIÓN A POZO	42
5.2. CONTRATACIÓN POR SERVICIO DE INTERVENCIÓN	45
5.3. RECOMENDACIONES PARA FUTUROS TRABAJOS	49
6. CONCLUSIONES	51
7. RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1. HISTÓRICO MODO DE FALLA SISTEMAS DE BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE CAMPO CASTILLA.....	21
TABLA 2. EFICIENCIA DE EQUIPOS DE WORKOVER EN CAMPO CASTILLA.....	31
TABLA 3. COSTOS DE INTERVENCIÓN E IMPACTO POR NPT CON EQUIPOS DE WORKOVER EN CAMPO CASTILLA.....	32
TABLA 4. PLANTEAMIENTO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE EQUIPOS DE WORKOVER EN CAMPO CASTILLA.....	33
TABLA 5. EFICIENCIA DE EQUIPOS DE WORKOVER EN CAMPO CASTILLA.....	37
TABLA 6. DISTRIBUCIÓN DE COSTOS OPERACIONES DE INTERVENCIÓN A POZOS GDT.....	41

LISTADO DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. UBICACIÓN CAMPO CASTILLA.....	18
ILUSTRACIÓN 2. GESTIÓN DE INTERVENCIONES DE WORKOVER EN CAMPO CASTILLA.....	23
ILUSTRACIÓN 3. PRINCIPALES ETAPAS DE UNA INTERVENCIÓN A POZO CON EQUIPO DE WORKOVER.....	24
ILUSTRACIÓN 4. DIAGRAMA DE PROCESO MEJORAMIENTO EN OPERACIONES DE WORKOVER.....	35
ILUSTRACIÓN 5. EFICIENCIA OPERACIONAL PARA LOS EQUIPOS DE WORKOVER EN CAMPO CASTILLA 2014 Y 2015.....	37
ILUSTRACIÓN 6. CRONOGRAMA PROPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DE UN CONTRATO BAJO MODALIDAD LUMP SUM PARA INTERVENCIÓN EN POZOS CON EQUIPOS DE WORKOVER EN CAMPO CASTILLA.....	50

RESUMEN

TITULO: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA APLICACIÓN DEL MODELO DE CONTRATACIÓN “LUMP SUM” EN EL DESARROLLO DE OPERACIONES DE WORKOVER EN CAMPO CASTILLA¹.

AUTOR: JOHANNA BLANCO SIMBAQUEBA²

PALABRAS CLAVE: Intervención a Pozos, Workover, Lump Sum, mejoramiento continuo, desempeño, NPT

DESCRIPCIÓN: El documento presentará un diagnóstico y la solución a los problemas que se presentan en las operaciones de intervención a pozo con equipos de Workover en el Campo Castilla, respecto de los costos asociados a pérdidas económicas por tiempos no productivos, así como las razones por las cuales es necesario ingresar con un equipo de Workover para realizar una intervención de pozo.

Teniendo en cuenta la experiencia obtenida por la autora, se recopiló información para un análisis estadístico de los tiempos y costos asociados a las intervenciones de pozos durante las campañas de Workover desarrolladas en 2014 y 2015, así se logró determinar el impacto económico que representa los tiempos no productivos dentro del desarrollo de una intervención a pozo.

De esta manera, fue posible identificar la condición para realizar la medición efectiva del desempeño de un equipo de Workover durante una intervención a pozo, adelantado por medio de la definición, medición y monitoreo de KPI's,

¹ Monografía

² Facultad de Ciencias Físico – Químicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos, Especialización en Producción de Hidrocarburos, Director MSc Luis Jose Abaúnza S.

permitiendo establecer una metodología y un diagrama de flujo con los pasos a implementar para mejorar los valores de los KPI's, a través de la identificación de brechas, con oportunidades de mejoramiento.

Dentro de los puntos a mejorar se establece que el contrato por medio del cual se realiza el suministro de los equipos de workover, corresponde al rubro más representativo dentro del AFE para el servicio de intervención a pozos, por cuanto se realiza una exploración de la modalidad de contratación, que permita obtener beneficios a nivel operativo y económico para la modalidad de operaciones de subsuelo en Campo Castilla.

Se realizó una revisión al modelo actual de contratación y del modelo propuesto, Lump Sum, para garantizar el suministro de equipos de Workover a través de este, resaltando los beneficios que se tendría para la implementación dentro del desarrollo de un Campo.

ABSTRACT

TITLE: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA APLICACIÓN DEL MODELO DE CONTRATACIÓN “LUMP SUM” EN EL DESARROLLO DE OPERACIONES DE WORKOVER EN CAMPO CASTILLA³.

AUTOR: JOHANNA BLANCO SIMBAQUEBA⁴

KEYWORDS: Wells Intervention, Workover, Lump Sum, continuous improvement, performance, NPT.

DESCRIPTION: This thesis will present a diagnosis and solution of problems encountered in intervention operations well workover equipment in the Castilla Field, for costs associated with economic losses to non-productive times, performing an initial description of the history of the field, then the description of equipment failures background installed as artificial lift system and the reasons why it is necessary to enter a team for a workover well intervention.

Given the experience of the author, a statistical analysis of time and costs associated interventions wells was carried out in Campo Castilla Workover during campaigns carried out in 2014 and 2015, so it was possible to identify the economic impact that represents non-productive in the development of a well intervention times.

In this way it was possible to identify the best way for effective performance measurement equipment Workover during an intervention well, this by definition, measurement and monitoring of KPI's, this allowed to establish a procedure and a

³ Monograph

⁴ Faculty of Physicist – Chemistry Sciences, School Of Petroleum Engineering, Major in Hydrocarbon Production, Director MSc Luis José Abaúnza S.

flow diagram to implement the necessary order to best values KPI's through gaps with identifying opportunities for improvement steps.

Among the points to improve stipulates that the contract by which the supply of equipment Workover performed corresponds to the most representative item within the AFE for the well intervention service therefore deserves special attention, as an exploration of the type of contract that allows to receive benefits and profit for operational and economic level for the operating mode in Castilla Field.

A view finally takes the current model of recruitment and proposed to ensure the supply of equipment Workover model through Lump Sum contract under modality, highlighting the benefits that would have to implement in the development of a field.

INTRODUCCIÓN

Las actividades de intervención a pozos con equipos de Workover corresponden a uno de los objetivos básicos para una compañía operadora, dentro del desarrollo de un campo de producción de hidrocarburos, ya que es el eje de sostenibilidad en los volúmenes de producción básica y en ciertos casos la contribución de reservas probadas e incrementales a la producción.

La industria de los hidrocarburos ha sido impactada negativamente por los aspectos económicos que regulan el precio de crudo en el mundo, estos efectos desmejoran las condiciones de inversión y de sostenimiento de la curva básica de producción en un Campo, tal como Campo Castilla, en esta medida es interés de la compañía operadora desarrollar alternativas que permitan sostenibilidad y rentabilidad dentro del ambiente adverso.

Es así como nace la necesidad de evaluar el desempeño de los equipos de workover durante la intervención a pozos, esto por medio de la definición de Indicadores Clave de Desempeño (Key Performance Indicators - KPI's), estos son establecidos por medio del conocimiento de las operaciones, los análisis estadísticos de tendencias relacionadas, la continuidad de las operaciones con una misma compañía de servicios, las comparaciones que puedan establecerse con otras compañías de servicios. El análisis de los mismos permite establecer una línea base, con la cual sea posible mejorar una futura intervención a un pozo, de condiciones y características similares.

Existen varias características y beneficios que pueden obtenerse al definir un proceso sistemático y continuo que permita evaluar los parámetros que determinan la eficiencia de una intervención a pozo, es así como para el caso de

un campo en producción, es posible determinar los parámetros llamados, “**malos actores**”, que desmejoran el proceso de intervención a pozo, requieren costos adicionales y no traen un beneficio para un determinado proyecto. Tal es el caso de los tiempos no productivos, en cuyo caso, el pago puede representar un 30 % del costo total de la intervención.

Dicho valor merece especial atención, por cuanto define la viabilidad de un proyecto de intervención a pozos; dentro de los procesos técnicos es posible aplicar ciertas buenas prácticas de la industria y optimizaciones de acuerdo a la experiencia, tendientes a reducir los tiempos no productivos, sin embargo por su naturaleza de una u otra manera, la compañía operadora siempre pagará este valor adicional a la empresa contratista. Dentro de las alternativas que se manejaron en los años 2014 y 2015, se destacó los procesos de negociación de tarifas con la empresa contratista que suministra los equipos de workover, esto fundamentado en la posibilidad de estructuras esquemas operativos diferentes a los convencionales, menor número de cargas en el equipo de workover, definir roles y responsabilidades, entre otros.

Realizar una revisión del histórico de las falencias técnicas, económicas y administrativas asociadas al desarrollo de operaciones de workover y una revisión de la experiencia en el uso de modelos de contratación que pueden aplicarse a las condiciones de operación, en la **Gerencia de Desarrollo de Operaciones y Producción Castilla**, esto con el fin de establecer, de acuerdo a los nuevos modelos de contratación, las mejores opciones para el desarrollo de Contratos en el suministro de equipos de Workover garantizando un desempeño óptimo y adecuado a nivel operativo, una reducción en los riesgos aplicables para la compañía operadora, así como la disminución de costos que pueda ser percibida dentro de los ahorros corporativos, que se puedan tener, en la vida productiva del campo.

El modelo de contratación tradicional utilizado para pago por suministro de equipos de workover, “Pago por Tarifa”, aunque es el más común, carece de elementos administrativos, técnicos y de gestión que permitan a la compañía operadora controlar parámetros fundamentales en el desarrollo y análisis de las operaciones de intervención a pozos. La compañía operadora asume responsabilidades traducidas en costos por eventos que no controla durante el desarrollo de una operación de intervención a pozos, en esta medida la gestión asociada debe corresponder a la empresa contratista.

El presente trabajo, logrará mostrar las ventajas de la aplicación del modelo de contratación “Lump Sum” en el desarrollo de operaciones de Workover en Campo Castilla de la Vicepresidencia Regional Orinoquía de Ecopetrol S.A.

1. PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LAS ACTIVIDADES DE INTERVENCIÓN A POZOS EN CAMPO CASTILLA

1.1. GENERALIDADES CAMPO CASTILLA

El campo Castilla fue descubierto por Chevron en el año de 1,969 con la perforación del pozo Castilla 1, comprobando la extensión del campo hacia el extremo nororiental de la estructura, inició producción en el año de 1,977 con el contrato Cubarral firmado con la compañía Chevron. Dicho contrato terminó el 30 de enero del 2000 tras lo cual ECOPETROL S.A. suscribió un nuevo contrato con Chevron por seis meses, para su administración. Terminado este contrato, la Superintendencia de Operaciones Apiay entró a operar directamente los campos Castilla y Chichimene.

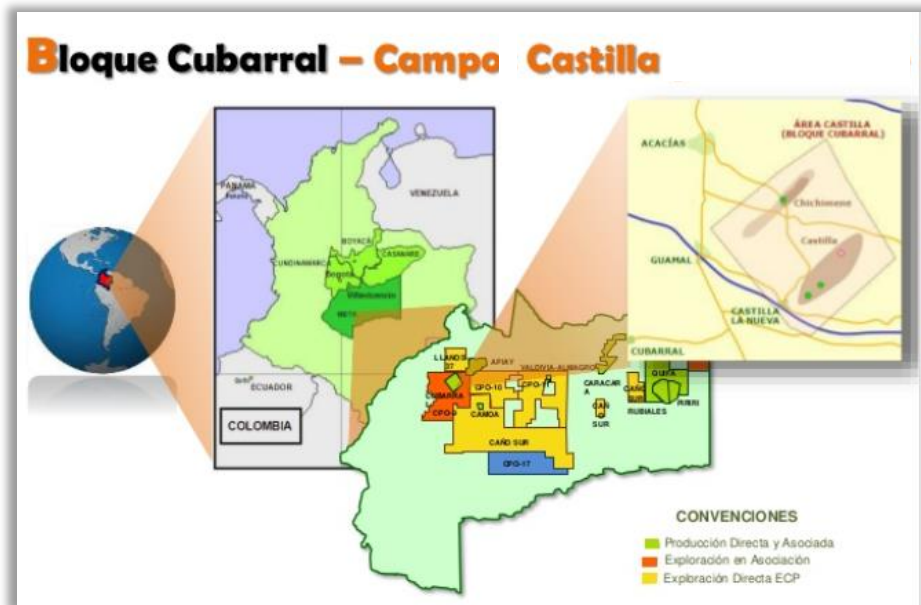
Geográficamente el Campo Castilla se encuentra localizado en el Departamento del Meta, aproximadamente a 54 km. al sur de la ciudad de Villavicencio, en el Departamento del Meta, en las inmediaciones del municipio de Castilla La Nueva. La vía de acceso principal, es la vía que desde la ciudad de Villavicencio conduce al Municipio de Granada.

Geológicamente se encuentra localizado en el Sector Suroccidental de la Cuenca de los Llanos Orientales. Al tope de la Formación Guadalupe corresponde una estructura anticlinal con dirección Noreste Suroeste, la cual tiene mayor inclinación en su parte más Oriental. Una serie de fallas inversas con esfuerzos en dirección Noreste Suroeste cortan a través de la estructura, dichas fallas tienen un desplazamiento de 50 a 150 pies en promedio. Las presiones estimadas para los pozos a través de todo el campo muestran una relativa uniformidad áreal de la

presión, lo cual sugiere que las fallas no son de carácter sellante (Ecopetrol, 2013).

Ilustración 1. Ubicación Campo Castilla.

Tomado de: Ecopetrol S.A. Piloto de Inyección de Agua, GDT 2015.



El área inicial del contrato de asociación corresponde al bloque Cubarral, el cual está definido como un polígono de treinta mil ochocientos (30,800) hectáreas con dos mil setecientos diez (2,710) metros cuadrados, y se encuentra ubicado dentro de las jurisdicciones municipales de Acacias, Guamal, Castilla La Nueva y San Martín en el Departamento del Meta.

En 1988 Ecopetrol S.A. perforó el pozo Castilla Norte-1, comprobando la extensión del campo hacia el extremo nororiental de la estructura. El contrato de asociación

con Chevrón finalizó el 30 de Enero de 2000, tras lo cual Ecopetrol S.A. suscribió un contrato por seis meses con la misma compañía para su administración.

El yacimiento de Castilla aporta su producción principalmente de la Formación Guadalupe con sus unidades K1 y K2 y la Formación San Fernando con su unidad T2. Ya que su crudo tiene una baja gravedad API, una alta viscosidad dinámica y cuenta con un alto contenido de fracciones pesadas se cuenta con un fluido que requiere alta energía y un reto técnico para ser producido.

El Campo Castilla se encuentra dividido en tres áreas operacionales llamadas; Campo Castilla, Castilla Norte y Castilla Este que pertenecen a la misma estructura geológica.

En la actualidad (2016) la producción de la Gerencia de Desarrollo de Producción Castilla (GDT) que hace parte de la Vicepresidencia Regional Orinoquía (VRO) corresponde al doce por ciento (12 %) de la producción de crudo para Colombia y el veintiuno por ciento (21 %) de la producción directa de Ecopetrol S.A.⁵ Cuenta con 485 pozos productores activos distribuidos en 106 localizaciones, los cuales tienen instalados sistemas de levantamiento artificial de Bombeo Electrosumergible, además de 15 pozos para descarga de agua (Water Disposal) y 4 pozos que hacen parte del piloto de inyección de agua como método secundario de producción. La producción promedio actual del campo es 128.894 barriles de aceite por día (BOPD), con un corte de agua promedio del 85 %. (Ecopetrol, 2016).

1.2. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA

⁵ <http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/sala-de-prensa/boletines-de-prensa/Boletines%202015/Boletines%202015/campo-produccion-Castilla-alcanzo-nuevo-record-produccion>

El actual modelo de contratación, “Pago por Tarifas”, para operaciones de intervención a pozos cuenta con falencias a nivel técnico, administrativo y de gestión, en donde no se controlan parámetros fundamentales tales como desarrollo controlado de operaciones y análisis de la eficiencia. La compañía operadora asume responsabilidades innecesarias por los eventos que suceden en un área operativa que no controla en su totalidad, así mismo, se realiza una mayor inversión en el desarrollo de las intervenciones a pozos, esto por el pago de rubros adicionales asociados a pérdidas de tiempo imputables tanto el contratista que suministra el equipo de workover, como a otros contratistas intervinientes. Todos estos costos adicionales traen consigo menor rentabilidad en un determinado proyecto y en la inversión que la compañía realiza, para garantizar la sostenibilidad de la producción.

Teniendo en cuenta la disminución incontrolada en los precios del crudo que se ha presentado a nivel mundial, es necesario realizar planes de choque de coadyuven en el mantenimiento de la producción de Campo Castilla con recursos económicos más limitados, así mismo en la viabilidad de proyectos tendientes a incrementar producción y a adicionar reservas probadas.

En los años 2014 y 2015 se realizaron, para el caso del Campo Castilla, ciertas rondas de negociación con el contratista que suministra los equipos de Workover para el área, dicha condición permitió establecer la posibilidad de realizar mejoras a nivel operativo en aras de disminuir costos durante las intervenciones de pozo.

La investigación acerca de nuevas opciones de modelos de contratación permitirá contar con un ahorro económico significativo en los costos asociados a la intervención de pozos con equipos de Workover. El uso de otras alternativas contractuales diferentes a las utilizadas actualmente, pago por tarifas, puede

contribuir de manera adecuada en la administración de los recursos económicos destinados para el mantenimiento de pozos por fallas de los equipos de fondo de los mismos, así como las inversiones asociadas a trabajos de reacondicionamiento de pozos.

1.3. ÍNDICE DE FALLA DE SISTEMA DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE

Para realizar el sostenimiento de los valores de producción de hidrocarburos, se realiza la atención o servicios a pozos, con sistemas de levantamiento fallados, el índice de falla de equipos de bombeo electrosumergible; el cual se define como la relación que existe en el número de fallas por año de acuerdo a un número total de pozos activos promedio durante dicho año.

$$\text{Índice de Falla Anual} = \frac{\text{Número de Fallas}}{\text{Pozos Activos Promedio}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Tabla 1. Histórico modo de falla sistemas de Bombeo Electrosumergible Campo Castilla.

Categoría de la Falla	Cantidad de Pozos Fallados por Año Castilla					Total
	2012	2013	2014	2015	2016	
Desconocido	3					3
Eléctrico	10	29	18	17		74
Externo	10	9	13	12	1	44
Material		1	3	5	1	9
Mecánico	6	15	12	13	1	46
No Clasificadas	41				1	41
Pendiente Pulling				3	5	3
Total	70	54	46	50	9	220

En Campo Castilla se tiene a la fecha un índice de falla anual de 12 %, es decir que para los 485 pozos corriendo en un año se tendrá una falla de fondo de 58 pozos. (Ecopetrol, 2016).

De acuerdo al modo de falla, se establece el correctivo que debe ser aplicado con el fin de reestablecer la producción de cada pozo fallado, en la siguiente tabla se observa los diferentes modos de falla por año en Campo Castilla

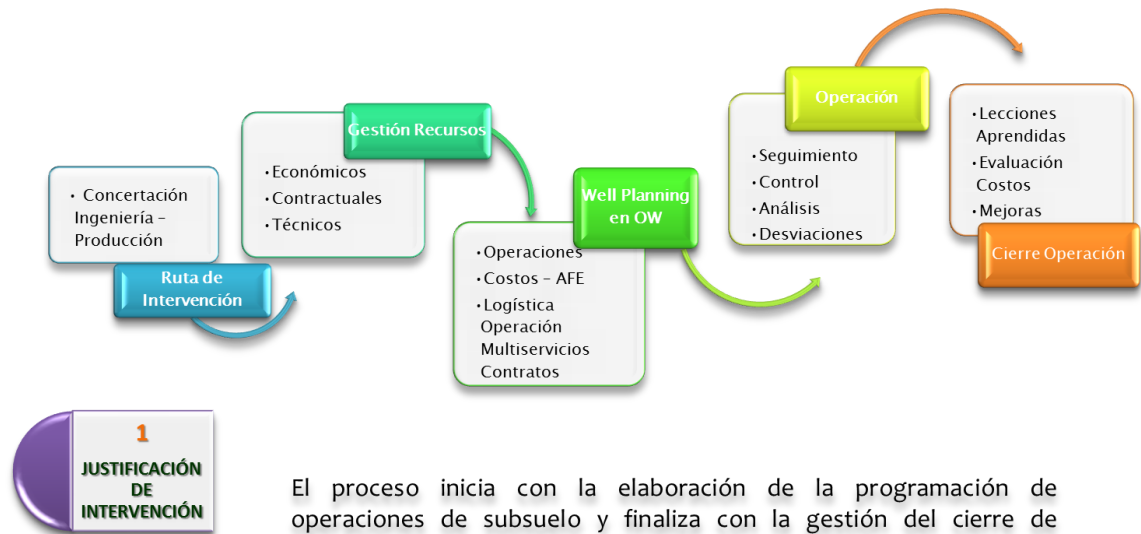
2. GESTIÓN DE OPERACIONES DE INTERVENCIÓN A POZO

2.1. PROCESO PARA INTERVENCIÓN A POZO

Con el fin de realizar la normalización en los sistemas de bombeo electrosumergible y que los pozos produzcan los barriles de crudo asociados, es necesario realizar intervenciones de pozo con equipo de Workover. Las actividades de reacondicionamiento en un pozo son de vital importancia para sostener la curva de producción en un Campo en Desarrollo, tal como lo es Campo Castilla, ya que, definitivamente representa el soporte de su contribución diaria a las metas de producción de la empresa operadora, en este caso de Ecopetrol S.A.

Las operaciones donde interviene un equipo de Workover son desarrolladas bajo una metodología, en donde se contemplan varios parámetros trascendentales, necesarios para garantizar la eficiencia del trabajo, esto se puede observar en la ilustración No. 2.

Ilustración 2. Gestión de Intervenciones de Workover en Campo Castilla.



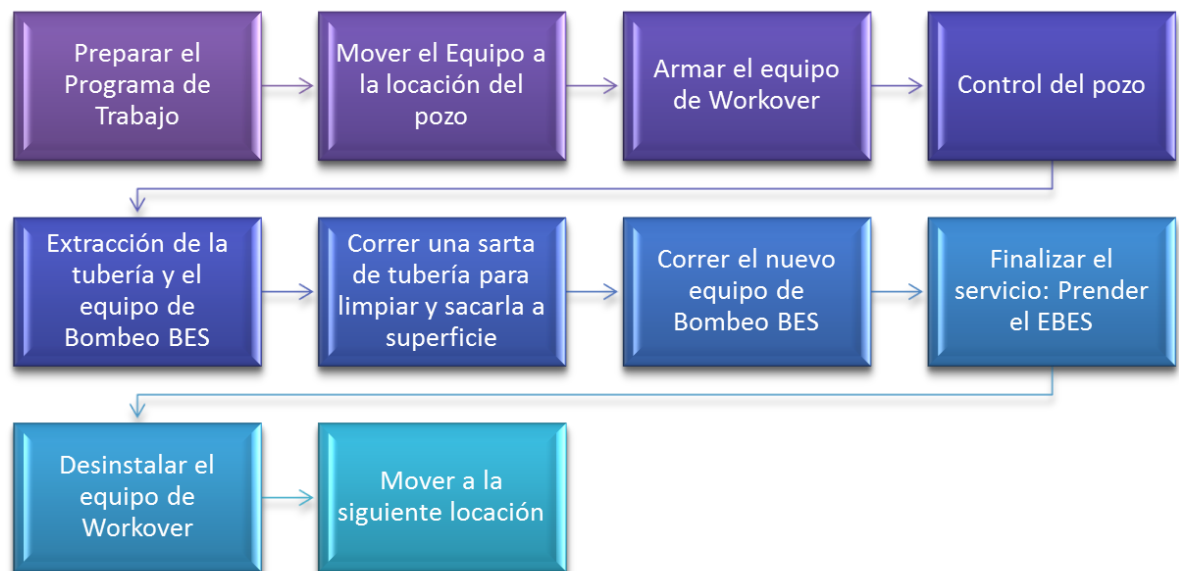
Dentro del proceso de intervención a pozo, cada uno de los pasos citados debe desarrollarse en pro de garantizar la eficiencia, oportunidad y calidad de la intervención. En este punto se deben controlar todas las variables que hacen parte del proceso en general. En cabeza de la Coordinación de Operaciones de Subsuelo se debe contar con recursos económicos para desarrollar la intervención, así como contar con los respectivos contratos que harán parte de las actividades: suministro de equipo de Workover, Company Man, unidad de guaya fina (Slick line), suministro de Equipo Electrosumergible con sus accesorios, entre otros.

La planeación de las actividades a desarrollar es fundamental, puesto que establecer todos los requerimientos de manera organizada y secuencial permite tener un mejor control en la eficiencia de los pasos a desarrollar, toda vez que la intervención a pozo representa un rubro importante y cualquier desviación del plan original significa pérdidas económicas para la compañía operadora. En la siguiente

ilustración se observa de manera esquemática el desarrollo en sí de un programa de trabajo para una intervención a pozo.

Ilustración 3. Principales etapas de una intervención a pozo con equipo de Workover.

Tomado de: MANSOUR, H. and AHMAD, M.; Framework for Evaluation and Improvement of Work over Rigs in Oilfields. En American Journal of Engineering Research (AJER), 2015.



2.2. EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS DE WORKOVER

Realizar un análisis detallado del avance de la operación en tiempo y consumo de recursos hace que las acciones correctivas que deban implementarse sean adoptadas de manera inmediata.

2.2.1. KPI's

Mejorar el desempeño de los equipos de intervención a pozo genera valor, para establecer un método de comparación entre el desempeño de un equipo u otro en la industria, se generan una serie de parámetros que permiten evaluar de igual manera cada equipo, esto por medio de KPI's⁶ (Key Performance Indicators), las claves que indican el desempeño se establecen a lo largo de un proyecto determinado y su justificación radica en los impactos que representa a nivel financiero.

Existen varias características y beneficios que pueden obtenerse al definir un proceso sistemático y continuo que permita evaluar los parámetros que determinan la eficiencia de una intervención a pozo. Los KPI's son establecidos por medio del conocimiento de las operaciones, los análisis estadísticos de tendencias relacionados, la continuidad de las operaciones con una misma compañía de servicios, las comparaciones que puedan establecerse con otras compañías de servicios.

Todos estos análisis deben ser compilados en una base de datos que permita ser un instrumento de consulta para quienes realizan planeaciones de intervenciones a pozo, con este suministro informático es posible establecer los AFE's (Authorizations for expenditures), requisito mínimo necesario para que se pueda ingresar con un equipo de workover o perforación a un pozo determinado.

El manejo del seguimiento al desempeño de las intervenciones a pozo ha mejorado desde varios niveles; de manera tradicional al finalizar un servicio de intervención, básicamente se realizaba la comparación entre los tiempos, costos y objetivos planteados al inicio y allí se trazaba la curva de diferencias y se establecía las desviaciones, motivos y lecciones aprendidas por establecer en la

⁶ Zafar, S, Akinniranye, G. Kpi bench marking – a system approach, En American Association of Drilling Engineers, 2009.

siguiente intervención. Con las mejoras tecnológicas ya no es necesario esperar hasta el final del pozo, pues con seguimiento en tiempo real, a través de sistemas de captura de información es posible obtener la información de manera inmediata, permitiendo con esto una aplicación de las acciones a mejorar de manera inmediata, esto ayuda a mejorar los tiempos de intervención y así mismo es posible percibir más ahorros económicos para un determinado proyecto minimizando al máximo las desviaciones.

Luego de un análisis de información es posible establecer una tabla de KPI's asociada para un tipo de intervención a pozo determinado, esta tabla es aplicada a trabajos similares en donde sea posible establecer una tendencia y sea posible realizar una evaluación de la eficiencia de las intervenciones, así como un análisis que permita en futuras intervenciones reducir tiempos y de esta manera costos de intervención.

El análisis de KPI's permite establecer una línea base con la cual sea posible mejorar una intervención futura a pozo, de condiciones y características similares.

2.2.2. INTERVENCIÓN DE WORKOVER

Un programa de Workover corresponde a una secuencia ordenada en donde se establece un procedimiento paso a paso hasta que se realiza la intervención con el objetivo definido para el pozo. El primer paso corresponde al movimiento del equipo desde su ubicación hasta el pozo a intervenir, luego suceden una serie de pasos que permiten al final dejarlo en producción de acuerdo a los objetivos trazados, tal como se explicó en la ilustración 3. El programa también debe contemplar además del equipo de workover, el personal que ejecutará, supervisará y controlará el proceso, los servicios adicionales requeridos, las condiciones y equipos de seguridad que se deberán tener con el fin de realizar un

trabajo sano, seguro y limpio, todo esto enlazado con el presupuesto definido y autorizado para dicha intervención.

Los trabajos de workover suceden luego que un pozo ha sido perforado y completado, en estos se busca mejorar la condición de producción y parámetros que solo pueden modificarse con una intervención intrusiva, tales como recompletamiento, remediación de cementación primaria, fracturamiento hidráulico, estimulaciones matriciales, apertura de nuevas zonas o reapertura de zonas abiertas, aislamientos, entre otros.

En la industria de los hidrocarburos, cada pozo en un campo exploratorio o en desarrollo corresponde a una línea de producto que produce hidrocarburo; cada pozo es una pequeña planta manufacturera y cada planta requiere diferentes equipos que son únicos para sus condiciones específicas.

La eficiencia del equipo de workover incluye parámetros tales como disponibilidad, desempeño y relación de entrega con calidad, estos se encuentran inmersos dentro del concepto Eficiencia General de los Equipos (OEE: Overall Equipment Efficiency)⁷ y matemáticamente se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Desempeño} \times \text{Calidad} \qquad \text{Ecuación 2}$$

El primer elemento de la eficiencia general del equipo corresponde a la relación que existe entre el tiempo trabajado por el equipo y el tiempo planeado para realizar la intervención.

⁷ MANSOUR, H. and AHMAD, M.; Framework for Evaluation and Improvement of Work over Rigs in Oilfields. En American Journal of Engineering Research (AJER), 2015.

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \frac{\text{Tiempo real de operación}}{\text{Tiempo planeado de operación}}$$

Ecuación 3

El tiempo real de operación corresponde al tiempo de las operaciones realizadas menos los tiempos no productivos (NPT, por sus siglas en ingles).

$$\text{Tiempo real de operación} = \text{Tiempo planeado de operación} - \text{NPT}$$

Ecuación 4

El segundo elemento corresponde al desempeño, este mide la relación entre el mejor tiempo alcanzado históricamente respecto del tiempo alcanzado en la operación actual y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Desempeño (\%)} = \frac{\text{Meta de Tiempo Historico}}{\text{Tiempo actual de operación}}$$

Ecuación 5

Donde,

Meta de tiempo histórico (horas) = Mejor tiempo alcanzado históricamente durante operaciones de Workover = Mejores Tiempos de movilización, más instalación de equipo, más extracción equipo EBES, más corrida y sacada de tubería de limpieza, más corrida de EBES, más arranque de pozo, más desinstalación del equipo de Workover.

Tiempo actual de operación (horas) = Tiempo de movilización, más instalación de equipo, más extracción equipo EBES, más corrida y sacada de tubería de limpieza, más corrida de EBES, más arranque de pozo, más desinstalación del equipo de Workover.

El tercer elemento de la eficiencia general del equipo corresponde a la calidad, la cual se define como:

$$\text{Calidad (\%)} = \frac{\text{Tiempo para un buen workover}}{\text{Tiempo total para workover}}$$

Ecuación 6

Medir estos parámetros durante una intervención de Workover permite evidentemente observar causas de desviaciones y así mismo las posibles soluciones que ayuden a mejorar el desarrollo de una operación. De esta información es posible identificar planes de acción encaminados a reducir los parámetros que generen sobrecostos para la operación.

2.2.3. EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS DE WORKOVER

Para un número determinado de equipos y luego de realizar una comparación entre sus valores de Disponibilidad, Desempeño y Calidad, es posible determinar los rangos en los cuales deben mejorar unos respecto de otros, tomando como base un histórico de tiempos de intervención promedio. La variación en la eficiencia identifica el potencial de mejoramiento, toda vez que las mejores prácticas de un equipo determinado pueden ser aplicables a otro equipo, redundando en mejores resultados en la intervención; del mismo modo, las prácticas no tan eficientes pueden ser retiradas de un equipo determinado.

Para un proyecto específico, analizar y caracterizar los tiempos no productivos (NPT, non productive time), corresponde al primer paso en las estrategias de mejora continua de las operaciones, puesto que identificarlos a tiempo, trae consigo la aplicación de mejores prácticas para evitar que sigan sucediendo y de igual manera permiten percibir ahorros en costo de equipo y personal de workover, así como en la disminución de diferida de producción del pozo intervenido. El costo de los NPT's, determina el primer impacto en la eficiencia de un equipo de workover, solo con la identificación de este aspecto, es posible mejorar los

tiempos de intervención, los presupuestos asignados, la erradicación de procedimientos erróneos, el mejoramiento en estándares de seguridad en el trabajo y cuidado del medio ambiente, así como las rutinas de mantenimientos preventivos y correctivos que se realicen al equipo de Workover por parte de la compañía de servicios.

2.2.4. EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS DE WORKOVER EN CAMPO CASTILLA

Al realizar un análisis de los tiempos históricos de intervenciones de Workover para Campo Castilla durante los años 2014 y 2015, es posible determinar las oportunidades de mejora que se pueden plantear y aplicar en aras de realizar una intervención más efectiva y menos onerosa, alineada con los intereses económicos de la compañía: productividad, innovación y eficiencia.

Para realizar el análisis al respecto de la eficiencia de los equipos de workover en las intervenciones del campo Castilla, se tomó una muestra de 115 intervenciones realizadas durante dos (2) años, 2014 y 2015, en este periodo trabajaron 10 equipos de una misma compañía.

De la tabla número 2, es posible identificar las brechas por mejorar en cada uno de los equipos que hicieron parte del piloto, allí se observan el número de trabajos realizados, los valores de eficiencia promedio, el valor más alto obtenido y el más bajo por cada equipo.

La variación en eficiencias identifica las brechas que tienen potencial de mejorar, el método práctico para evaluar el desempeño operacional de las actividades de workover en Campo Castilla es muy variado, con rangos que van desde el 62 % al 92 %. La tabla 2 muestra el efecto combinado de la eficiencia de cada uno de los

equipos y la combinación de las eficiencias de todos los equipos que trabajan para un proyecto, bajo las mismas condiciones, estos valores de eficiencias permiten de manera preliminar medir el costo diario efectivo de cada intervención realizada a los pozos, así como los costos que se están pagando demás.

De acuerdo a los datos de la tabla 2, por ejemplo el Equipo J, cuenta con el valor más alto de eficiencia, la cual corresponde al 100 %, sin embargo el mismo equipo presentó el sexto menor valor de eficiencia con 23 %, para las mismas condiciones de Campo, por lo anterior, es posible que en la práctica cualquier equipo tenga un potencial de contar con una eficiencia de 100 %, dado que los procedimientos adoptados en cada intervención solo presentan una pequeña variación y con una meta alta, es posible que los demás equipos también puedan llegar a esos valores.

Tabla 2. Eficiencia de Equipos de Workover en Campo Castilla

No.	Equipo	No. Trabajos	Eficiencia Promedio (%)	Mayor Eficiencia Obtenida (%)	Menor Eficiencia Obtenida (%)	Brecha por Mejorar (%)
1	Equipo A	5	55%	71%	11%	60%
2	Equipo B	4	61%	69%	54%	14%
3	Equipo C	7	50%	72%	21%	50%
4	Equipo D	7	35%	53%	15%	37%
5	Equipo E	2	54%	61%	48%	12%
6	Equipo F	10	49%	76%	17%	60%
7	Equipo G	11	46%	72%	12%	60%
8	Equipo H	17	53%	63%	30%	33%
9	Equipo I	33	54%	69%	26%	42%
10	Equipo J	19	53%	100%	23%	76%

Bajo este análisis el ingeniero de workover puede identificar los equipos y las condiciones bajo las cuales se logra una mejor eficiencia en las operaciones, seleccionar un equipo determinado para realizar trabajos de alta complejidad, identificar los llamados “malos actores” en el ahorro de costos, evaluar al contratista por el desempeño de equipos y generar las metas de cumplimiento durante la ejecución de los trabajos de intervención a pozos.

Año tras año el tiempo no productivo (NPT) durante las intervenciones a pozo con equipo en la industria de los hidrocarburos genera pérdidas importantes de dinero que ascienden a varios billones de dólares; están equivalentes a una tercera parte del presupuesto promedio anual de una compañía de petróleo y gas. Estos costos asociados, definitivamente afectan de manera importante la eficiencia de la intervención. Para el caso de Campo Castilla, se realiza un análisis de los costos asociados a tiempos no productivos, los cuales se muestran en la tabla número 3.

Tabla 3. Costos de Intervención e Impacto por NPT con Equipos de Workover en Campo Castilla

No.	Equipo	No. Trabajos	Eficiencia Promedio (%)	Tiempo Real Promedio (hr)	Tiempo No Productivo Promedio (hr)	Costo Promedio Tiempo No Productivo (USD)	Impacto por costo Tiempo No Productivo (%)
1	Equipo A	5	55%	176	18	21.960	10%
2	Equipo B	4	61%	151	32	38.100	21%
3	Equipo C	7	50%	175	39	46.200	22%
4	Equipo D	7	35%	222	35	42.257	16%
5	Equipo E	2	54%	165	28	33.900	17%
6	Equipo F	10	49%	173	25	29.940	14%
7	Equipo G	11	46%	181	23	27.000	12%
8	Equipo H	17	53%	142	24	28.271	17%
9	Equipo I	33	54%	155	31	37.382	20%
10	Equipo J	19	53%	149	30	36.284	20%

El impacto negativo del tiempo no productivo vislumbra la problemática asociada a la no medición de la eficiencia de la intervención; es así que se puede asegurar que si las compañías fijarán sus indicadores en la Eficiencia de sus equipos no se tendrían altas pérdidas de dinero y serían más rentables los proyectos efectuados, mejorando la utilidad de una determinada compañía.

El mejoramiento en el proceso de Workover infiere la reducción, de manera inmediata, de los tiempos no productivos, causados por la realización de procedimientos incorrectos y mal implementados. La variación en la pérdida de tiempo y su impacto en los diferentes equipos de intervención refleja la condición del equipo, la calidad de los accesorios, herramientas y personal, la calidad del programa de workover, así como la calidad de las instrucciones impartidas por el Jefe de Pozo (Company Man), la ubicación del pozo, y por supuesto, la naturaleza del trabajo.

El uso de los recursos corresponde al factor principal que afecta el desempeño y la ganancia de una compañía, esto significa que disminuyendo los tiempos perdidos y realizando una operación sin falencias, la utilidad y reputación de la compañía tienden a mejorar.

3. PROCEDIMIENTO SUGERIDO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN INTERVENCIONES A POZO EN CAMPO CASTILLA

Los pasos que constituyen el marco teórico respecto del mejoramiento de la eficiencia operacional de intervención a pozos inicialmente corresponden a los citados en la siguiente tabla.

Tabla 4. Planteamiento para Mejorar la Eficiencia de Equipos de Workover en Campo Castilla

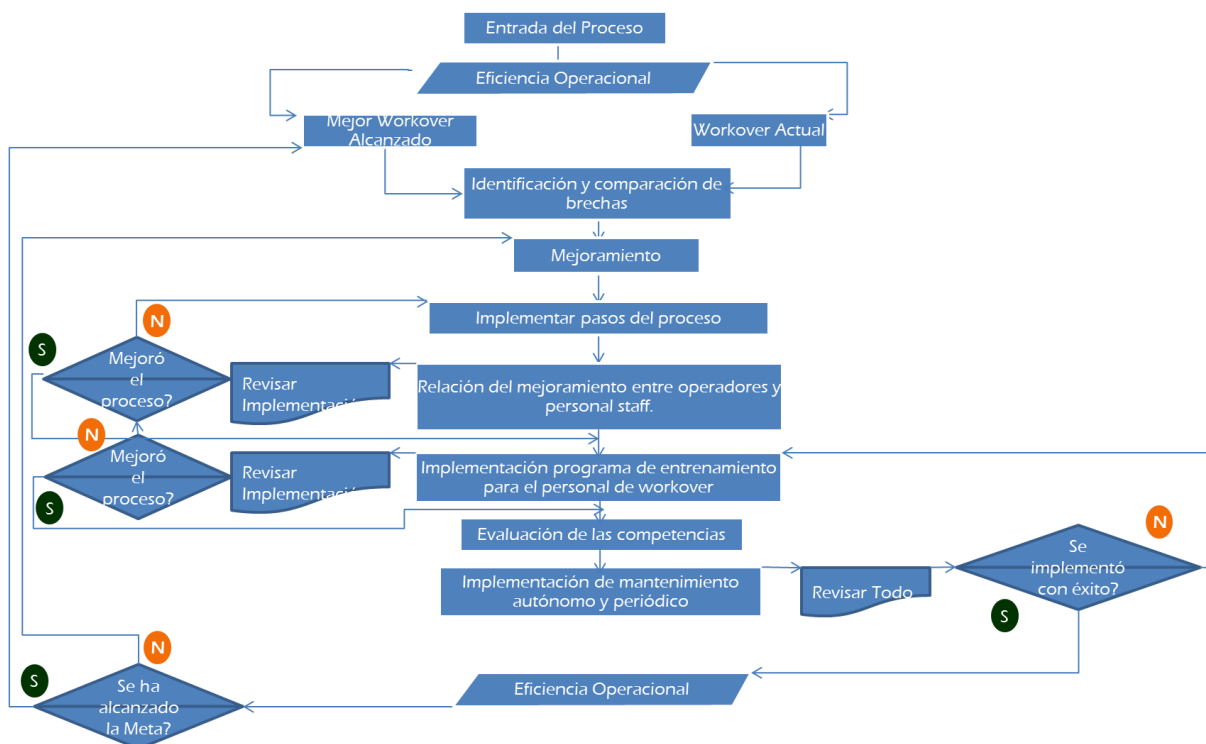
Paso	Descripción
1	Determinar la diferencia entre la meta y la eficiencia actual de las actividades de workover
2	Hacer conocer este procedimiento a todo el equipo de trabajo que participa en el desarrollo de los trabajos de workover
3	Realizar acercamientos entre el personal de operaciones y el personal de mantenimiento
4	Realizar planes de entrenamiento y programas de capacitación para mejorar las habilidades de los trabajadores
5	Monitorear el proceso de desempeño, tomando como base la eficiencia meta
6	Implementar procesos de mantenimiento autónomos
7	Implementar programas periódicos de mantenimiento

Las compañías operadoras de campos petrolíferos normalmente implementan procedimientos realizados a nivel interno sin necesidad de estudios o especialistas externos. Los pasos expuestos en la tabla No. 4 son flexibles y pueden ser adaptados a la tecnología y administración, en consecuencia con la capacidad de cada compañía, sus planes de desarrollo y las necesidades específicas aplicables, tales como sistema de levantamiento artificial, gravedad API del crudo, condición y tipo de facilidades de producción, así como los equipos de workover que realizan las intervenciones.

El procedimiento provee un práctico sistema de mantenimiento para equipos de workover, el mismo envuelve todos los participantes en el desarrollo de un trabajo, incluyendo empresa operadora, técnicos y especialistas en sistemas de bombeo artificial, para este caso, Bombeo Electrosumergible, quienes participan activamente en el desarrollo de una intervención de pozo, razón por la cual hacen parte del proceso de monitoreo a las operaciones de instalación (running) y desinstalación (pulling).

Para desarrollar la evaluación del procedimiento implementado es posible utilizar un diagrama de flujo como el que se muestra a continuación en la ilustración 4,

Ilustración 4. Diagrama de Proceso Mejoramiento en Operaciones de Workover
Tomado de: MANSOUR, H. and AHMAD, M.; Framework for Evaluation and Improvement of Work over Rigs in Oilfields. En American Journal of Engineering Research (AJER), 2015.



El cálculo de la eficiencia operacional de intervención tiene un gran valor y provee el direccionamiento requerido para mejorar los procesos dentro de una determinada organización. La ilustración 4 es un claro ejemplo de la simplicidad con la cual es posible realizar la evaluación luego de la implementación de un procedimiento en aras de mejorar la eficiencia de los equipos de workover durante la intervención a pozo. Los pasos descritos no requieren una alta inversión en

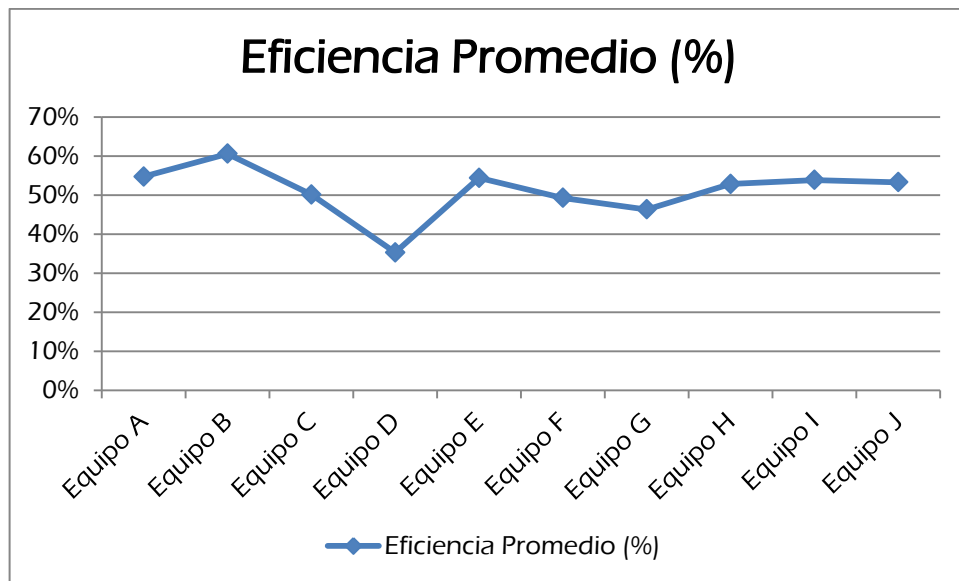
comparación con el logro de los objetivos trazados, y su implementación es básica y puede iniciarse con la evaluación de los operadores de cuadrilla, seguido por los ingenieros supervisores, en esta medida es alcanzable si se traza un esquema de capacitaciones razonable.

Es importante, además, reconocer la importancia del equipo de mantenimiento, el cual tiene la responsabilidad de mantener los equipos operativos durante la mayor parte del tiempo de intervención, en razón a los procedimientos de mantenimiento y las rutinas aplicadas, las cuales se tienen al interior de las compañías que suministran equipos de workover, los estándares y las técnicas que debe emplearse de acuerdo a la tecnología con la que se cuenta en los equipos.

La implementación, aplicación y evaluación del procedimiento trazado permite a una determinada compañía realizar una sorprendente reducción en pérdidas de tiempo sin realizar una amplia inversión y con el menor esfuerzo aplicable, es así como para el caso de Campo Castilla, será posible reducir las pérdidas de dinero que se tienen en la actualidad por tiempos no productivos, es decir alrededor de 34.000 usd por pozo intervenido. El propósito de este caso de estudio corresponde a la necesidad de la compañía de realizar una menor inversión y obtener una misma o mejor producción de hidrocarburo, toda vez que las condiciones del mercado mundial son desfavorables por la alta oferta y bajos precios del barril de crudo.

Un análisis gráfico permite ver de una manera más amplia el efecto que tiene la eficiencia de intervención de pozos, así mismo es posible determinar las brechas e implementar un plan de disminución certero y eficaz de los tiempos perdidos.

Ilustración 5. Eficiencia operacional para los equipos de Workover en Campo Castilla 2014 y 2015.



De la misma manera, es posible identificar los parámetros o factores que afectan negativamente la eficiencia de cada equipo de workover dentro de un determinado proyecto. En la siguiente tabla se resume los promedios de cada parámetro que hizo parte de la eficiencia general por equipo:

Dentro de los parámetros con mayor trascendencia, hablando a nivel económico, que se encuentran involucrados en la realización de intervenciones de Workover, se tiene el contrato para suministro de equipos, el cual representa un costo muy alto dentro de la ejecución de las actividades en pozo.

Tabla 5. Eficiencia de Equipos de Workover en Campo Castilla



No.	Equipo	No. Trabajos	Disponibilidad Promedio (%)	Desempeño Promedio (%)	Calidad Promedio (%)	Eficiencia Promedio (%)
1	Equipo A	5	81%	82%	80%	55%
2	Equipo B	4	88%	91%	77%	61%
3	Equipo C	7	86%	83%	70%	50%
4	Equipo D	7	85%	74%	56%	35%
5	Equipo E	2	87%	89%	72%	54%
6	Equipo F	10	84%	81%	74%	49%
7	Equipo G	11	83%	81%	70%	46%
8	Equipo H	17	78%	87%	80%	53%
9	Equipo I	33	83%	87%	75%	54%
10	Equipo J	19	80%	87%	78%	53%
Total		115				

Es así como en el capítulo 4 se tratará las opciones con las cuales se cuenta a fin de tener un contrato para suministro de equipos de workover de adecuado a las necesidades propias de cada campo.

4. CONTRATACIÓN PETROLERA

4.1. TIPOS DE CONTRATO EN OPERACIONES PETROLERAS

Para garantizar la atención oportuna y efectiva de los pozos donde se presenta falla del sistema de levantamiento artificial es indispensable contar un contrato que permita el suministro de taladros adecuados para intervenciones a pozo, la falta de disponibilidad de equipos de reacondicionamiento atenta directamente en la atención de los pozos, generando un impacto negativo muy alto (VH), teniendo en cuenta que la producción de la Gerencia de Desarrollo Castilla (GDT) y Chichimene (GCH) que hacen parte de la Vicepresidencia Regional Orinoquía (VRO) corresponde al dieciséis por ciento (16 %) de la producción de crudo para

el país y el 24 % de la producción directa de Ecopetrol S.A., generando una afectación directa en la sostenibilidad de la compañía, los cumplimientos gubernamentales, rentabilidad para los socios y sostenimiento en las bolsas de valores internacionales.

En el ámbito petrolero existen diversos modelos de contratación que permiten contar con los servicios que requiere una determinada compañía para realizar las actividades en pozo.

Hay diferentes tipos principales de contratos en el ámbito petrolero⁸, que pueden ser caracterizados de forma general como:

- **Concesión:** El contratista es propietario del petróleo en el subsuelo.
- **Contrato de producción compartida:** El contratista es propietario de una parte del petróleo una vez que éste sale del subsuelo.
- **Contrato de servicios:** El contratista recibe una cuota por obtener el petróleo.
- **PSC y contratos de servicios:** Los contratos de producción compartida, o PSC, son diferentes de las concesiones, ya que estos no otorgan el derecho de propiedad sobre el petróleo en el subsuelo. Esto implica que el Estado, siendo propietario del recurso en el subsuelo, debe contratar a una compañía para explorar. Se le puede dar crédito a Indonesia por la introducción de los contratos de producción compartida en 1966. El gobierno indonesio decidió, como parte de un movimiento “nacionalista”, retirar la concesión de la contratación. Esto fue hecho para que el Estado retuviera la propiedad del petróleo producido, y sólo diera a la compañía internacional los derechos de exploración y de propiedad (o – legalmente hablando– el «título») del mismo una vez que el petróleo estuviera fuera del subsuelo.

⁸ FLORES E. y VEGA DEL VALLE, I. Open Oil UG, Oil Contracts – How to Read and Understand them, First edition, 2012.

- **Empresas conjuntas y otras combinaciones:** Otro tipo de arreglo, a veces considerado el cuarto tipo de contrato petrolero, es la empresa conjunta (o Joint Venture). Este involucra al Estado, a través de una compañía petrolera nacional, entrando en asociación y trabajando junto con una o varias compañías petroleras. En este arreglo, es a la empresa conjunta en sí misma a la que le son concedidos los derechos para explorar, desarrollar, producir y vender petróleo.

- **Contratos de obras⁹:** A través de los contratos de obras o servicios específicos, se contratan los servicios de compañías privadas para que ejecuten actividades puntuales en los bloques petroleros. Las contratistas aportan con tecnología, capital y los equipos necesarios para el cumplimiento de las condiciones contractuales, a cambio de lo cual la compañía operadora cancela el valor de los servicios recibidos. Como derivaciones de este tipo de contratos se pueden implementar las alianzas estratégicas y operativas, así como los convenios de exploración unificada entre el Estado y las contratistas.

- **Contratos de servicios específicos:** Cuando la Empresa de Ingeniería actúa únicamente como "contratista de servicios", parciales o completos (puede llegar hasta los servicios "llave en mano"), los contratos pueden ser, básicamente, de precio fijo o de precio variable, y en este último caso por porcentaje fijo o por administración.

Los tipos más frecuentes son:

⁹ BUSTAMENTE, T. y ZAPATA, O. Características de los Contratos Petroleros. FLACSO, 2004.

- ☆ Precio fijo o tanto alzado (“Lump Sum”)¹⁰: En este tipo de contrato se establece un precio fijo y determinado, que podrá ser o no revisable, para todos los servicios incluidos en el contrato y que serán tan completos como la Propiedad solicite. El contratista es autónomo y responsable por la conducción de las operaciones, a su propio riesgo y costo. Hay una amplia flexibilidad para todos los asuntos operativos tales como selección de subcontratistas, presupuesto, programación, personal y otros. Se debe cumplir con los requisitos legales y seguir las buenas prácticas de la industria del petróleo, para todos los programas de trabajo y operaciones, incluyendo el abandono.

- ☆ Porcentaje fijo sobre la inversión: En este contrato se valoran las prestaciones de los servicios solicitados en función del volumen de la inversión a la cual se van a aplicar dichos servicios. La valoración se efectúa mediante un porcentaje de dicha inversión, que incluye tanto el coste como beneficio de la Empresa de Ingeniería.

4.2. SUMINISTRO DE EQUIPOS DE WORKOVER EN CAMPO CASTILLA

Dentro de las operaciones de intervención a pozo realizadas en Campo Castilla, para el año 2014 se realizó el pago de 29.3 Millones de USD y para 2015 se realizó un pago por 27.2 Millones de USD en pago de Equipos de Workover, dichos costo corresponden al 33 % del costo total del servicio, el valor más alto dentro de todos los ítem que competen al desarrollo de las actividades de intervención a pozo, tal como se observa en la tabla 5.

Los valores asociados al suministro de equipo de workover corresponden a un rubro importante dentro del desarrollo de las actividades de intervención a pozos para la Gerencia de Operaciones de Desarrollo Castilla (GDT), por esta razón es necesario realizar la evaluación de los tiempos no productivos (NPT por sus siglas en ingles) que pudieron ocasionar un costo adicional en el pago de dichos valores,

¹⁰ <http://www.ehu.es/asignaturasKO/organizacion/organi09.pdf>

ya que dentro del análisis individual existen opciones de mejora que pueden coadyuvar al proceso del ahorro de costos.

Tabla 6. Distribución de costos operaciones de Intervención a Pozos GDT.

OPERACIÓN	Porcentaje Costo (%)
<i>CEMENTACIÓN</i>	0.36%
<i>COILED TUBING</i>	1.36%
<i>COMPRA Y/O ALQUILER DE EMPAQUES</i>	1.78%
<i>EQUIPO DE WORKOVER</i>	33.12%
<i>FRACTURAMIENTO Y/O ESTIMULACIONES</i>	11.21%
<i>REGISTROS ELECTRICOS Y CAÑONEO</i>	14.67%
<i>REPARACIÓN Y/O ALQUILER DE HERRAMIENTAS</i>	1.77%
<i>SERVICIO DE TOMA DE PRESIONES, PLT Y SLICK LINE</i>	0.67%
<i>SERVICIO Y/O EQUIPO DE CABEZA DE POZO</i>	0.39%
<i>SERVICIOS PROFESIONALES</i>	1.80%
<i>SISTEMA BOMBEO ELECTROSUMERGIBLE</i>	24.13%
<i>TUBERIA - ACCESORIOS</i>	3.86%
<i>WELL TESTING</i>	0.57%
<i>SISTEMA BOMBEO MECÁNICO</i>	0.06%
<i>LOGISTICA</i>	0.61%
<i>DISPOSICIÓN DE FLUIDOS</i>	3.22%
<i>ACCESORIOS DE SUBSUELO</i>	0.12%
<i>FLUIDO DE COMPLETAMIENTO/CONTROL</i>	0.05%
<i>DISPOSICIÓN DE SÓLIDOS</i>	0.25%
<i>COMPRA MATERIALES</i>	0.00%
TOTAL	100.00%

Dentro de la gestión correspondiente dirigida por la respectiva coordinación de operaciones de Subsuelo, se debe contar con un contrato vigente, que permita prestar atención al costo más alto dentro del desarrollo de una operación de intervención a pozo.

5. CONTRATACIÓN EN CAMPO CASTILLA

5.1. OPERACIONES DE INTERVENCIÓN A POZO

Un primer elemento para analizar la situación de cada uno de los contratos de servicios petroleros, asociados al suministro de equipos de workover, es analizar cuáles son las falencias y los beneficios de los actuales, en función de las condiciones particulares de cada uno de los campos, es decir si el contrato ha traído beneficios o desventajas para la compañía operadora toda vez que sus tarifas económicas se encuentran o no acordes al servicio prestado, las cláusulas de responsabilidad son suficientes y exactas que permiten exigir de manera acertada el cumplimiento hacia el contratista.

En este sentido, es trascendental identificar dentro de la ejecución de un contrato de suministro de equipos de workover, las opciones que permitan menores costos para la empresa operadora y aumentar las consideraciones de responsabilidad para las empresas contratistas.

Dentro de un modelo de abastecimiento estratégico los análisis del riesgo y el gasto se fundamentan en identificar el grupo de actividades, bienes o servicios que consumen o generan la mayoría del gasto en la compañía y en analizar las amenazas, barreras y oportunidades de dicho grupo de actividades. Esto implica que el equipo constituido para este estudio, generalmente multidisciplinario, debe contar con un alto conocimiento del negocio de los procesos de intervención a pozo, conocimiento del mercado de proveedores y un adecuado manejo de la perspectiva de oportunidades, retos y barreras.

Los costos asociados al suministro de equipos de Workover corresponde al más alto dentro de la intervención a pozos, lo cual presume que un elemento clave

corresponde a una adecuada gestión de abastecimiento para mejorar la oportunidad y productividad, la optimización de los procesos y el control de los riesgos asociados.

Dentro del análisis histórico de las especificaciones técnicas con las cuales se han desarrollado contratos para suministro de equipos de Workover en Campo Castilla, se ha podido identificar que las mismas no han tenido un cambio apreciable, por cuanto los requerimientos de equipos, personal y funciones se mantienen desde hace más de 10 años.

Los costos en los que incurre la compañía operadora por pago de tiempos muertos, tiempos no productivos son lo suficientemente altos para poder pensar en una nueva forma de contratación, ya que desde el punto de vista operativo se ha realizado un gran esfuerzo por disminuir estos tiempos al máximo, sin embargo la única opción que queda en el momento es cambiar la forma de contratación.

Durante la ejecución de los trabajos y previo al inicio de cada campaña dentro del área de operaciones en pozo, se desarrollan las siguientes actividades tendientes a mejorar la oportunidad, eficiencia y calidad de las intervenciones con los equipos de Workover, evidenciando e implementando los siguientes esquemas¹¹:

- Optimización en las tarifas de equipos de Workover, modificando la estructura organizacional de los equipos de trabajo de Workover / Well services.
- Talleres para revisar lecciones aprendidas y programas de trabajo para intervenciones, logrando con esto menores tiempos de intervención.

¹¹ SCHLUMBERGER, IPM Catalog, 2013.

- Seguimiento y monitoreo de las principales causas de Not Productive Time (NPT), identificando las brechas presentes y así mismo las acciones preventivas y correctivas para evitar su futura ocurrencia.
- Asignación de servicios por Campaña, logrando descuentos por agregación de demanda o por cantidad de trabajos.
- Seguimiento al funcionamiento y determinación de RCA para los equipos de bombeo instalados en los pozos, a fin de determinar mejores prácticas con el fin de incrementar el run life y así mismo disminuir el índice de falla.

Las estrategias de intervención implican un gran reto operacional, teniendo en cuenta el número de pozos a intervenir, los tipos de trabajos y los recursos disponibles; es así como el trabajo en equipo, la implementación de nuevas tecnologías, la aplicación de las lecciones aprendidas en las campañas de intervención anteriores, así como el monitoreo y seguimiento continuo permitieron lograr los objetivos trazados.

La innovación en la estrategia operativa (Modelo operativo, reducción de tarifas de contratos, contratación por campaña, talleres multidisciplinarios, entre otros) permiten lograr ahorros económicos y de esfuerzo en el desarrollo de la campaña de intervención de pozos en la Gerencia de Operaciones, la realización de talleres de trabajo al interior del área de operaciones en alianza con el grupo de administradores, grupo de servicios especializados de subsuelo y empresas Contratistas, permiten desarrollar estrategias para intervención de pozos en operaciones de Workover de manera eficiente y disciplinada.

5.2. CONTRATACIÓN POR SERVICIO DE INTERVENCIÓN

Mediante los contratos “Lump sum” o de precio fijo en donde se establece un único valor para el pago de una intervención a pozo, se define que el contratista es autónomo y responsable por la ejecución de las operaciones de intervención a su propio riesgo y costo.

Mediante este tipo de contratos, las compañías de servicios deben asumir todas las actividades que envuelven el desarrollo de una operación de intervención a pozo, es así como se delegan las facultades que en el tipo de contratación tradicional, corresponden a la compañía operadora, dicha delegación se debe encontrar regulada bajo un marco de responsabilidad, por cuanto los pozos corresponden al bien capital más importante de una compañía operadora y es imprescindible realizar los esfuerzos que se requieran para salvaguardar su integridad y vigencia.

Existen algunas modalidades de este tipo de contratación en otros proyectos de exploración, explotación y desarrollo en campos petroleros en el mundo, específicamente en Colombia, para el caso de Ecopetrol S.A., no se ha desarrollado a la fecha un contrato de este tipo, específicamente para intervención a pozos, por cuanto vale la pena realizar un esfuerzo en la construcción y aplicación del mismo, empezando por el Campo Castilla, mayor activo con alta oportunidad de ahorro y de investigación por el tipo de condiciones de trabajo.

Las principales características de esta modalidad contractual son las siguientes:

- Participación en una estrategia de intervención acorde a las condiciones actuales del negocio.
- Ser pioneros en Colombia en la implementación de una contratación Lump Sum para el desarrollo de intervenciones a pozo.

- Ahorros económicos asociados para la compañía operadora asociados a la no asunción de tiempos no productivos.
- Menor carga administrativa para la compañía operadora, por cuanto el contratista realizará la administración y gestión asociada a la intervención a pozo.
- El ahorro económico permitirá realizar un mayor número de intervenciones, trayendo esto consigo volúmenes de petróleo incrementales más altos y menores diferidas de producción por intervención.
- Elaboración de KPI's acordes al monitoreo que se desea realizar, esto permitirá mejorar el desempeño del contratista en las intervenciones a pozo y a la compañía operadora un seguimiento más exhaustivo y eficaz.
- El contratista es responsable por sus equipos, su personal y el desarrollo de sus intervenciones, en esta medida cualquier incidente operacional, de salud ocupacional o medio ambiental corresponde directamente a su gestión y no afecta la gestión del área de operaciones de la compañía operadora.
- El contratista puede realizar descuentos adicionales por agregación de demanda en el número de intervenciones realizadas en un periodo determinado, trayendo mayores beneficios para el proyecto.

Para el caso de Campo Castilla existen dos modalidades bajo las cuales se puede elaborar el contrato, en el primero caso se asume un contrato Lump Sum cubriendo todo el servicio de intervención de manera integrada, en este caso, además del equipo de workover, el contratista suministra la bomba de fondo (Bajo aprobación de la operadora), todos los servicios asociados a unidades de slickline, wireline, fluidos, etc. Que le permitan llevar a cabo el trabajo, la compañía operadora solo recibirá el pozo cuando se encuentre en producción y le pagará al contratista un único valor determinado o precio fijo.

En el segundo caso, se puede realizar un contrato Lump Sum en donde el contratista solo realice el suministro del equipo de workover con su personal, equipos, herramientas y suministros. El equipo de fondo, así como los servicios adicionales de slickline, Wireline, fluidos, etc, serán suministrados por la compañía operadora. Igualmente toda la dirección y control de la operación será asumida por el contratista y al final del servicio se paga un único valor por la intervención realizada, en este caso los tiempos no productivos, así como los riesgos son asumidos por el contratista.

En los dos casos, se debe cumplir con los requisitos legales y seguir las buenas prácticas de la industria del petróleo, para todos los programas de trabajo y operaciones, incluyendo el abandono.

A cambio de los servicios ofrecidos por el contratista, la operadora le debe reconocer la tarifa del servicio prestado, así como los costos asociados a gastos, amortizaciones. En este punto es de gran trascendencia seleccionar un contratista que cuente con la capacidad financiera, técnica y administrativa que le permita sostener el proyecto.

A través de los contratos de Lump Sum, la compañía operadora contrata los servicios de una compañía contratista para que ejecute actividades puntuales en los campos petroleros, el contratista aporta tecnología y los equipos necesarios para el cumplimiento de las condiciones contractuales, a cambio se cancela un único valor por las actividades desarrolladas.

Como derivaciones de estos contratos, es posible implementar alianzas estratégicas y operativas, así como operación conjunta con limitaciones entre la operadora y el contratista. La actividad petrolera es en sí una actividad subordinada a cierto azar; en la lógica de las compañías, y en general de todo el

funcionamiento de los sistemas económicos en los cuales, el riesgo es distribuido de acuerdo a la escala de operaciones. Los riesgos son objeto de un claro y detallado cálculo económico en el cual, el riesgo es distribuido de acuerdo a la escala de las operaciones, los grandes manejadores de riesgos equilibran los incidentes con las previsiones, es aquí donde las áreas jurídicas de las dos partes juegan un papel importante por cuanto las cláusulas de responsabilidad deben ser consecuentes, justas y decididas.

Para que un proyecto tenga éxito es definitivo contar con una alta gerencia, esta comprende el conjunto de actividades que permiten efectuar y combinar factores, percibir oportunidades a fin de organizar procesos productivos con eficiencia, y por ello obtener ganancias y de ser posible ganancias especiales. Para ello es necesario, por una parte, una capacidad de entender el entorno, disponer de información adecuada y oportuna sobre él y responder creando organizaciones con capacidades.

Esta actividad tendrá que ser pagada a un valor más alto, cuanto mayor sea la diferencia del rendimiento gerencial (cuanta productividad puede generar la gerencia) de quienes se contratan y la que se podría producir sin ellos.

5.3.RECOMENDACIONES PARA FUTUROS TRABAJOS

Basado en las anteriores virtudes acerca de la elaboración de un contrato en modalidad Lump Sum para el desarrollo de intervenciones a pozo con equipos de Workover en Campo Castilla, se debe dar continuidad al presente trabajo en función de las siguientes condiciones sugeridas:

- Elaboración de especificaciones técnicas en donde se plasmen los requerimientos de equipos, materiales, herramientas y suministros necesarios para un desarrollo de intervenciones en pozo.
- Incluir dentro del documento de especificaciones técnicas las condiciones que permitirán desarrollar el contrato a cabalidad durante su ejecución.
- Elaboración del presupuesto para el desarrollo del contrato basado en la campaña que se vaya a desarrollar en el Campo en el 2017. En este mismo realizar el análisis de los beneficios obtenidos por la no admisión, por parte de la compañía operadora, de los tiempos no productivos.
- Realizar un taller multidisciplinario incluyendo el área de riesgos de la compañía con el fin de establecer las condiciones y cláusulas de responsabilidad asociadas al desarrollo del trabajo del contratista seleccionado.
- Realizar la implementación del Contrato como un piloto de prueba por un periodo sugerido de tres (3) meses.
- Realizar la evaluación de su aplicabilidad así como la determinación de las lecciones aprendidas que al respecto se observaron, esto para aplicar en futuros contratos.

Ilustración No. 6. Cronograma Propuesto para la Elaboración de un Contrato Bajo Modalidad Lump Sum para Intervención en Pozos con Equipos de Workover en Campo Castilla.



Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración
1		Identificación de proyectos y modelos de contratación Lump Sum en el mundo	30 días
2		Referenciación bibliografía nacional - internacional modelo contratación Lump Sum	30 días
4		Realizar sondeo de mercados nacional con las ET desarrolladas	8 días
5		Realizar análisis de respuestas del sondeo	8 días
6		Elaboración de informe, matriz de valoración de riesgos	10 días
7		Elaboración de presupuestos para elaboración de trabajos en 2017	8 días
8		Entrega soportes de planeación a UCN	4 días
9		Tramite para aprobación de Plurianulidad	30 días
10		Tramite para aprobación del proceso de Contratación	20 días
11		Elaboración y aprobación FCC	8 días
12		Requisitos legales y contractuales para dar inicio	10 días

6. CONCLUSIONES

1. Teniendo en cuenta la disminución incontrolada en los precios del crudo que se ha presentado a nivel mundial, es necesario realizar planes de choque de coadyuven en el mantenimiento de la producción de Campo Castilla con recursos más limitados, así mismo en la viabilidad de proyectos tendientes a incrementar producción y a adicionar reservas probadas.
2. El uso de otras alternativas contractuales diferentes a las utilizadas actualmente, pago por tarifas, contribuye de manera adecuada en la administración de los recursos económicos destinados para el mantenimiento de pozos por fallas de los equipos de fondo de los mismos.
3. Mejorar el desempeño de los equipos de intervención a pozo genera valor, esto es posible mediante la definición y seguimiento de KPI's, los cuales indican el desempeño a lo largo de un proyecto determinado y su importancia radica en los impactos que representa a nivel financiero para una compañía.
4. Analizar y caracterizar los tiempos no productivos corresponde al primer paso en las estrategias de mejora continua de las operaciones, puesto que identificarlos a tiempo, trae consigo la aplicación de mejores prácticas para evitar que sigan sucediendo y de igual manera permiten percibir ahorros en costo de equipo y personal de workover.
5. Dentro de los parámetros con mayor trascendencia, hablando a nivel económico, que se encuentran involucrados en la realización de intervenciones de Workover, se tiene el contrato para suministro de

equipos, el cual representa un costo muy alto dentro de la ejecución de las actividades en pozo.

6. Específicamente en Colombia, para el caso de Ecopetrol S.A., no se ha desarrollado a la fecha un contrato bajo la modalidad Lump Sum, específicamente para intervención a pozos, por cuanto vale la pena realizar un esfuerzo en la construcción y aplicación del mismo, empezando por el Campo Castilla, mayor activo con alta oportunidad de ahorro y de investigación por el tipo de condiciones de trabajo.

7. RECOMENDACIONES

1. Realizar un contrato bajo modalidad Lump Sum para el desarrollo de intervenciones a pozo en Campo Castilla con equipos de workover, tomando como base la información de este documento, es posible obtener beneficios económicos para la compañía operadora y un mejor control de la operación.
2. Seleccionar una empresa contratista que cuente con la capacidad financiera, técnica y administrativa que le permita sostener el proyecto, así como la experiencia en manejo de sistemas de levantamiento artificial, tal como es el caso del Bombeo Electrosumergible.
3. Realizar la evaluación de su aplicabilidad así como la determinación de las lecciones aprendidas que al respecto se observaron, esto para aplicar en futuros contratos.
4. Desarrollar una publicación acerca de la experiencia de contar con un contrato para intervención de pozos bajo modalidad Lump Sum, esto permite a otras áreas de Ecopetrol S.A. tomar como ejemplo las lecciones aprendidas.

BIBLIOGRAFÍA

BUSTAMENTE, T. y ZAPATA, O. Características de los Contratos Petroleros. . [Consulta: 10 Diciembre 2015]. Flacso. 2004. Disponible en: <http://www.flacsoandes.edu.ec/biblio/catalog/resGet.php?resId=13245>.

FLORES E. y VEGA DEL VALLE, I. Open Oil UG, Oil Contracts – *How to Read and Understand them*, First edition, 2012. [Consulta: 15 Diciembre 2015]. Disponible para descarga en: <http://openoil.net/2012/11/06/oil-contracts-how-to-read-and-understand-them-out-now/>.

ECOPETROL S.A. [sito web]. Bogotá: ECOPETROL S.A. [Consulta: 15 marzo 2016]. Disponible en: <http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/sala-de-prensa/boletines-de-prensa/Boletines%202015/Boletines%202015/campo-produccion-Castilla-alcanzo-nuevo-record-produccion>.

Foro de Internet. Organización del Proyecto [Consultado: 10 Enero 2016]. Disponible en: <http://www.ehu.eus/asignaturaskO/organizacion/organi09.pdf>.

MANSOUR, H. and AHMAD, M.; Framework for Evaluation and Improvement of Work over Rigs in Oilfields. En American Journal of Engineering Research (AJER), 2015. [Consultado: 20 Enero 2016]. E-ISSN: 2320-0847 P-ISSN: 2320-0936 Volume-4, Issue-4, pp-06-13. Disponible para descarga en: [http://www.ajer.org/papers/v4\(04\)/B04406013.pdf](http://www.ajer.org/papers/v4(04)/B04406013.pdf).



SCHLUMBERGER, IPM Catalog, 2013 [Base de datos en línea]. [Consultado: 10 Enero 2016]. Disponible para descarga en: http://www.slb.com/resources/other_resources/catalogs.aspx

ZAFAR, S, AKINNIRANYE, G. Kpi Benchmarking – A System Approach, En American Association of Drilling Engineers, 2009. SCHLUMBERGER [sito web]. [Consultado: 10 Febrero 2016]. Disponible para descarga en: http://www.slb.com/resources/technical_papers/drilling/09-ntce-07-04.aspx.