

**ESTUDIO INTEGRAL PARA LA EVALUACION TECNICO-ECONOMICA DE  
LAS OPERACIONES DE REACONDICIONAMIENTO DE POZOS EN EL  
CAMPO CASABE**

**DIEGO FERNANDO CASTELLANOS GARCIA**

**EMIRO LEON PALLARES**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS  
BUCARAMANGA**

**2014**

**ESTUDIO INTEGRAL PARA LA EVALUACION TECNICO-ECONOMICA DE  
LAS OPERACIONES DE REACONDICIONAMIENTO DE POZOS EN EL  
CAMPO CASABE**

**DIEGO FERNANDO CASTELLANOS GARCIA**

**EMIRO LEON PALLARES**

**Proyecto presentado como requisito para optar por  
el Título de Especialista en Gerencia de Hidrocarburos**

**Director**

**FERNANDO ENRIQUE CALVETE GONZALEZ**

**Ingeniero de Petróleos**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS  
BUCARAMANGA  
2014**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>1. PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LAS ACTIVIDADES DE REACONDICIONAMIENTO DE POZOS EN EL CAMPO CASABE.....</b>	<b>14</b>
1.1 HISTORIA DEL CAMPO CASABE.....	14
1.2 ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA.....	16
1.2.1 DEFICIENCIA EN EL MANEJO DE LA INFORMACION.....	18
1.3 ORGANIZACIÓN ACTUAL DE LAS ACTIVIDADES DE WORKOVER.....	20
<b>2. METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA SOLUCION INFORMATICA: WELLMAN-PRO .....</b>	<b>23</b>
2.1 ESTRATEGIA INSTITUCIONAL DE ECOPETROL S.A., PARA EL MANEJO DE LOS PROCESOS.....	23
2.2 GESTIÓN DE LA MEJORA CONTINUA .....	25
2.3 ORGANIZACIÓN PROYECTADA DE LAS ACTIVIDADES DE WORKOVER .....	28
<b>3. DISEÑO E IMPLEMENTACION DE WELLMAN PRO .....</b>	<b>30</b>
3.1. FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE.....	30
3.2. EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE WELLMAN PRO. ....	37
3.2.1 CAMBIO DE BOMBA CON UN EQUIPO DE VARILLO.....	37
3.2.2 PESCA DE TUBERIA CON EQUIPO DE WORKOVER.....	42
<b>4. EVALUACION DE LA HERRAMIENTA INFORMATICA WELLMAN PRO.....</b>	<b>47</b>
4.1. TIEMPOS DE PLANEACION Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION. ....	47
4.2. CALIDAD DE LA INFORMACION .....	49
4.3. GRADO DE SINERGIA ENTRE LOS USUARIOS.....	51
4.4. VALORACION DE LOS USUARIOS.....	53
4.5. RECOMENDACIONES PARA PROXIMAS ACTUALIZACIONES .....	54
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>6. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>57</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>59</b>

## LISTADO DE TABLAS

TABLA 1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ECONOMICA DEL CBE 417. ....	38
TABLA 2. COMPARACION WELLMAN PRO VS. OPEN WELL. ....	40
TABLA 3. INVERSION CALCULADA EN WELLMAN PRO. ....	41
TABLA 4. RESULTADOS DE LA EVALUACION ECONOMICA DEL CBE 1103 .....	43
TABLA 5. DIFERENCIAS ENTRE WELLMAN PRO VS. OPEN WELL. ....	48
TABLA 6. IMPACTO DE WELLMAN PRO. ....	49
TABLA 7. RESUMEN DE LA ENCUESTA DE SERVCIO DE WELLMAN PRO. ....	53

## LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN CAMPO CASABE .....	14
FIGURA 2. ESQUEMA DE EXPLOTACION ORIGINAL DEL CAMPO CASABE .....	15
FIGURA 3. PROBLEMAS DEL CAMPO CASABE.....	16
FIGURA 4. METODOLOGIA ACTUAL DE TRABAJOS DE WORKOVER .....	20
FIGURA 5. MODELO DEL WELL PLANNING REALIZADO POR LA CPB.....	21
FIGURA 6. MODELO DE UN PROGRAMA ORGINADO POR LA CPB_CSBE 317.....	22
FIGURA 7. IMAGEN CORPORATIVA GENOMA. ....	24
FIGURA 8. CICLO PHVA.....	25
FIGURA 9. MEJORAMIENTO CONTINUO Y ESTANDARIZACION DE PROCESOS.....	27
FIGURA 10. METODOLOGIA PROPUESTA DE TRABAJOS DE WORKOVER .....	28
FIGURA 11. PANTALLA INICIAL DE WELLMAN PRO. ....	30
FIGURA 12. COMPONENTES DE WELLMAN PRO .....	31
FIGURA 13. FORMULARIO DE INGRESO DE DATOS WELLMAN PRO .....	32
FIGURA 14. FORMULARIO DE INGRESO DE INFORMACION PARA ELABORAR EL WELL PLANNING .....	33
FIGURA 15. DATA PARA ELABORAR EL ANALISIS ECONOMICO.....	34
FIGURA 16. MONITOREO DE LAS OPERACIONES REALIZADA POR EL INGENIERO DE OPERACIONES.....	35
FIGURA 17. MONITOREO DE COSTOS PROGRAMADOS VS. REALES.....	36
FIGURA 18. INTERFAZ FINAL PARA RECOMENDACIONES Y LECCIONES APRENDIDAS .....	37
FIGURA 19. PRE SPUD MEETING DEL WELL PLANNING DEL CBE 417 .....	39
FIGURA 20. INVERSION REAL DEL SERVICIO AL CBE 417.....	41
FIGURA 21. GESTION DEL COMPANY MAN DURANTE EL SERVICIO EN EL CBE 417.....	42

FIGURA 22. PRE SPUD MEETING DEL WELL PLANNING DEL CBE 1103. ....	44
FIGURA 23. GESTION DEL COMPANY MAN DURANTE EL SERVICIO EN EL CBE 1103.....	45
FIGURA 24. MIGRACIÓN AL NUEVO DEL PROCEDIMIENTO PARA ENTREGA DE WELL PLANNING SEGÚN WELLMAN PRO.....	52
FIGURA 25. RETOS A FUTURO PARA WELLMAN PRO.....	55

## LISTADO DE GRAFICAS

GRÁFICA 1. ÍNDICE DE FALLAS PARA EL PERIODO 2012-2014 .....	17
GRÁFICA 2. ACTIVIDADES DE WORKOVER OPEX.....	18
GRÁFICA 3. ÍNDICE DE INTERVENCIONES 2012-2014.....	19
GRÁFICA 4. COMPARATIVO COSTOS REALES VS COSTOS PROGRAMADOS, POR ACTIVIDAD PARA EL AÑO 2013 .....	19
GRÁFICA 5. COMPARATIVO TIEMPO REAL VS TIEMPO PROGRAMADO, POR ACTIVIDAD PARA EL AÑO 2013 .....	20
GRÁFICA 6. DURACIÓN DE LA PLANEACIÓN DE WELLMAN PRO VS. OPEN WEL... .	47

## LISTADO DE ANEXOS

ANEXO A. OPERACIONES DE REACONDICIONAMIENTO DE POZOS.....	59
ANEXO B. MANUAL DEL USUARIO.....	59
ANEXO C. EVALUACION ECONOMICA CBE 417.....	59
ANEXO D. WELLPLANNING CBE 417 CAMBIO DE BOMBA.....	59
ANEXO E. EVALUACION ECONOMICA CBE 1103.....	59
ANEXO F. WELLPLANNING CBE 1103 PESCA DE TUBERIA.....	59
ANEXO G. FORMATOS Y RESULTADOS DE LA ENCUESTA.....	59

## RESUMEN

**TITULO: ESTUDIO INTEGRAL PARA LA EVALUACION TECNICO-ECONOMICA DE LAS OPERACIONES DE REACONDIONAMIENTO DE POZOS EN EL CAMPO CASABE<sup>10</sup>**

**AUTORES:** DIEGO FERNANDO CASTELLANOS GARCIA  
EMIRO LEON PALLARES<sup>11</sup>

**PALABRAS CLAVES:** Actividades de Workover, gestión de procesos, gerenciamiento de operaciones de subsuelo, diseño de software, mejoramiento continuo.

Este libro presentará un diagnóstico y solución a los problemas que se presentan en las operaciones de reacondicionamiento de pozos en el Campo Casabe, realizando una descripción de las condiciones de subsuelo, manejo de la información y del modelo de organización que impactan las actividades de Workover en los pozos productores, con aumentos significativos en pérdidas de tiempo y mayores costos de operación.

Teniendo en cuenta la experiencia de los autores, se ajustó de manera detallada en una base de datos, los programas operacionales para intervención a pozo más comunes en CASABE, incluyendo consideraciones HSE y buenas prácticas en la industria petrolera, de esta manera se contribuye a disminuir el riesgo y aumentar el éxito de un servicio de reacondicionamiento.

Luego, a partir del manejo de un modelo de gestión por procesos, se creó una herramienta informática Online que permite llevar un control minucioso de las operaciones de Workover en cuanto a inversión, sobrecostos, tiempos y observaciones a cada actividad que se esté desarrollando en el momento, además de un seguimiento de las lecciones aprendidas en busca del mejoramiento continuo.

El Software fue implementado y evaluado en el área de subsuelo, actuando por procesos y mejorando los procedimientos, de esta manera nos alineamos con los requerimientos de gestión de la empresa ECOPETROL S.A.

---

<sup>10</sup> Trabajo de grado

<sup>11</sup> Facultad de Ciencias Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos, Especialización en Gerencia de Hidrocarburos. Director: Ingeniero Fernando E. Calvete Gonzalez

## ABSTRACT

**TITLE:** COMPREHENSIVE STUDY FOR THE TECHNIC-ECONOMIC EVALUATION OF THE RECONDITIONING OPERATIONS OF ECOPETROL S.A. CASABE FIELD WELLS <sup>12</sup>

**AUTHORS:** DIEGO FERNANDO CASTELLANOS GARCIA  
EMIRO LEON PALLARES<sup>13</sup>

**KEYWORDS:** Workover Activities, processes management, supervision of subsoil processes, software design, continuous improvement.

This thesis will present an analysis and solution of the arising problems on the reconditioning operations in the Casabe Field wells, creating a detailed description of the subsoil conditions, data management and the organisational model in which the workover activities affect the producing wells, with significant increases in time wasting and higher operational costs.

Having in consideration the expertise in oil operational engineers of the authors, and the information previously provided by them, the creation of a data base in a detailed manner, with the operational settings for the intervention of the most commonly used CASABE wells, implementing HSE requirements and the oil industry good practices, therefore mitigating the risk and increasing the success of the reconditioning service.

Moreover, the supervision of a process management model, it was created an online tool which will help with a detailed control of the workover operation in terms of investment, overexpenditure, timing and other observations of every activity currently happening, plus a monitoring of the results in order to improve continuously.

The software was implemented and evaluated in the subsoil field, acting as actual processes and improving procedures, in this manner we met ECOPETROL S.A. process management requirements.

---

<sup>12</sup> Grade working

<sup>13</sup> Faculty of Physicochemical Sciences, School of Petroleum Engineering, Major in hydrocarbon management.  
Director: Engineer Fernando E. Calvete Gonzalez

## INTRODUCCIÓN

Las actividades de reacondicionamiento o Workover en un pozo de petróleo son de vital importancia para sostener la curva de producción en un Campo maduro como es el caso del Campo Casabe, ya que en definitiva son el soporte de su contribución diaria a las metas de producción de la empresa operadora, en este caso de ECOPETROL S.A. Actualmente las operaciones de Workover en el Campo Casabe, se realizan con programas de trabajo de baja calidad debido al volumen de compromisos de los planeadores de las operaciones de intervención a pozo, que en aras de presentar un programa a tiempo previo a la entrada del equipo de Workover a un pozo productor, sacrifican la calidad de los programas y esto definitivamente impacta el desarrollo de las operaciones en sus costos y en el tiempo de intervención; estos imprevistos hacen que aumente el costo de extracción por barril lo que afecta directamente el flujo de caja de la empresa y el valor de las reservas de hidrocarburos del Campo, es por esta razón que estas intervenciones vistas como un verdadero proyecto gerencial en un activo petrolero, se convierte en nuestro tema de estudio para esta monografía.

Para la realización de este libro se tuvo en cuenta la situación actual de las operaciones de Workover y su impacto en la economía del Campo, donde se analizan las repercusiones en las operaciones de los pozos productores a partir de la entrada en vigor de la inyección selectiva como mejora en el sistema de recuperación secundaria, las deficiencias en el manejo de la información por parte de los planeadores de los programas de pozo y la organización actual que no permite el buen desarrollo de las actividades en pozo.

Bajo este enfoque, y teniendo en cuenta la estrategia organizacional de ECOPETROL S.A., se desarrolló el software WELLMAN PRO, a través de una metodología que analiza una operación de Workover como un sistema integrado donde intervienen procesos, recursos y controles orientados al logro de los objetivos y metas de la organización, bajo un modelo constante de mejoramiento continuo, para que las actividades de intervención a pozos productores optimicen el desempeño de sus procesos y para que ayuden a mantener la curva de producción que apalanca el desarrollo del campo Casabe y sus grupos de interés en este sector del Magdalena Medio Colombiano.

Luego se muestra el diseño de la herramienta informática WELLMAN PRO, el cual es un software de simple aplicación cuyo principal objetivo es convertirse en la herramienta operacional de las tareas de Reacondicionamiento de Pozos en el Campo Casabe, y en donde a través de un análisis técnico económico previo a la intervención de Workover de un pozo, permite decidir sobre su factibilidad técnica y su

rentabilidad económica, además, le permite al supervisor de equipo de Workover gestionar las actividades de Workover del pozo intervenido de manera gerencial con parámetros de eficiencia y ajustando continuamente las desviaciones en tiempo y costos a los resultados esperados por la organización.

Seguidamente se realiza la evaluación de la herramienta informática, en donde participan personas que interactúan con este modelo, y luego de una serie de ejemplos reales de trabajos en pozos productores, se demuestra que el uso constante del software garantiza que la ejecución vaya encaminada hacia el mejoramiento continuo.

Finalmente podemos concluir que esta ayuda informática es de fácil aplicación y ejecución, que esta encaminada a la gestión por procesos siguiendo los pasos de una metodología exitosa, que su adopción ayuda y promueve la eficiencia en tiempos y costos de las operaciones de Workover, y que su desarrollo se consolida gracias al buen recibo por parte de los usuarios y a su efectividad en la ejecución segura y controlada de las actividades de reacondicionamiento de pozos.

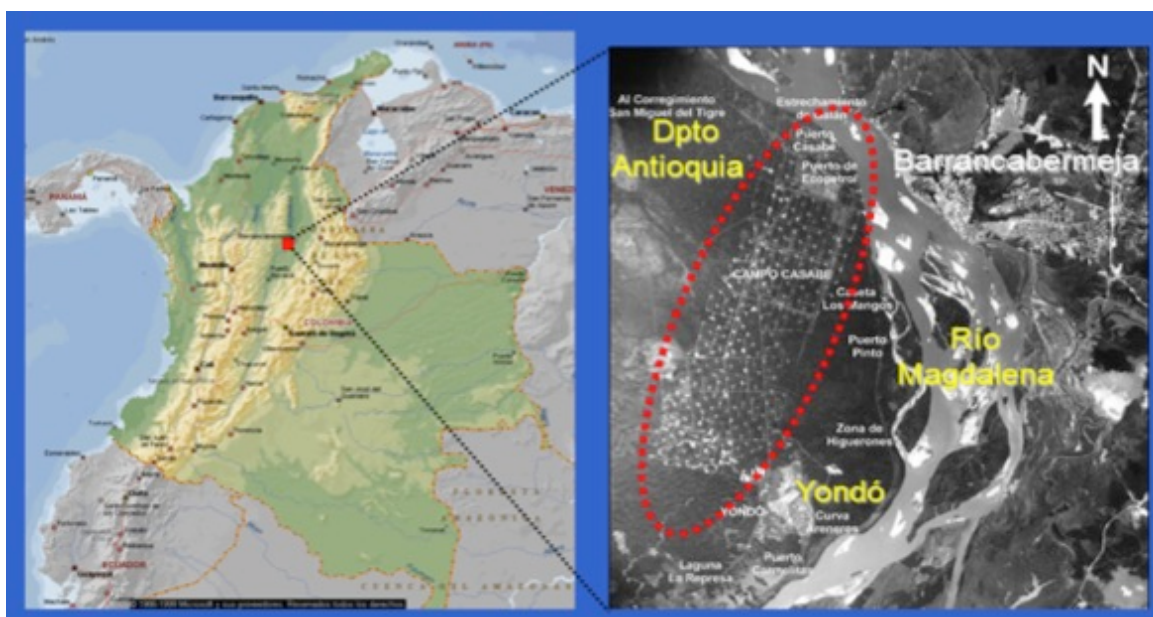
# 1. PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LAS ACTIVIDADES DE REACONDICIONAMIENTO DE POZOS EN EL CAMPO CASABE

## 1.1 HISTORIA DEL CAMPO CASABE

CASABE es un Campo ubicado en el Valle Medio del Río Magdalena en el departamento de Antioquia, Colombia (Figura 1). El Campo fue descubierto en 1941 con el pozo CASABE-1, de la compañía Shell de Colombia, pero su explotación comercial se inició en junio de 1945, logrando su desarrollo completo en 1958 después de haber perforado 448 pozos, de los cuales 10 resultaron secos. La máxima tasa de producción se alcanzó en 1954 con 46.000 BOPD. Los estimados oficiales de aceite original en sitio son de 1.300 MMbbls, pero el estudio realizado en el año 2008, luego de la interpretación sísmica arrojó un volumen inicial de aceite de 1.900 MMbbls.

En 1979, la empresa ECOPETROL S.A inició la explotación secundaria del Campo, mediante pilotos de inyección de agua dulce proveniente de la Formación La Mesa, estrategia que se extendió a partir de 1985 al resto del Campo, mediante patrones de cinco pozos. La inyección se inició en el sector norte (Bloques VI, VII y VIII) en Junio de 1985, y en el sector sur (Bloques I, II, III y V) en Diciembre de 1988. Este mecanismo permitió incrementar la producción. Para el proyecto de recuperación secundaria mediante inyección de agua se perforaron 591 pozos entre inyectoras y productores.

Figura 1. Ubicación Campo Casabe



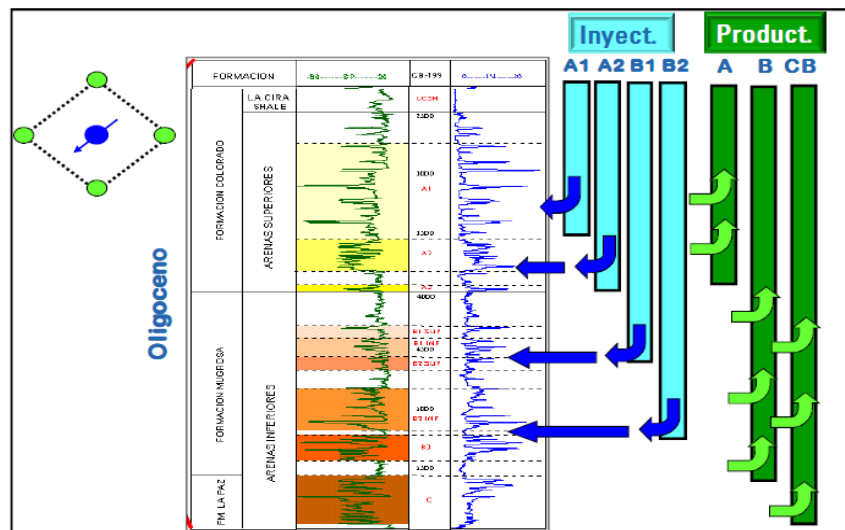
Fuente: Implementación de completamientos de inyección selectiva en un Campo maduro. ACIPET 2011

Debido a la heterogeneidad del yacimiento y a las propiedades petrofísicas de las diferentes arenas, los perfiles de inyección no fueron uniformes y presentaban intervalos preferenciales, por lo tanto la eficiencia vertical de barrido fue baja; adicionalmente, se presentaron inlfujos de agua y lodo en los pozos productores por las altas tasas de los intervalos canalizados.

En el año 2004 se firma la Alianza Tecnológica Casabe entre Ecopetrol S.A y Schlumberger con el objetivo de incrementar la producción del Campo mediante la implementación de nuevas tecnologías, técnicas de gerenciamiento de yacimientos y reducción de costos operativos. Dentro del marco de esta alianza tecnológica se ha logrado incrementar la producción desde 5.000 BOPD hasta 22.000 BOPD e incrementar la inyección de agua de 25.000 BOPD hasta 135.000 BOPD.

Desde el año 2007, en el Campo Casabe, se viene utilizando a gran escala las sartas selectivas de inyección de agua tanto en pozos existentes como en pozos nuevos. Para solucionar el problema de la inyección convencional preferencial en un solo paquete e incrementar el recobro de petróleo, se implementó el completamiento de inyección selectiva con válvulas reguladoras de flujo constante, agrupando los intervalos abiertos en diferentes grupos según las unidades de flujo y las condiciones hidráulicas de cada una. Inicialmente, en los completamientos se agruparon hasta cuatro grupos de arenas y en la actualidad se cuenta con sartas con hasta 17 grupos o paquetes de arenas<sup>14</sup>.

Figura 2. Esquema de explotación original del Campo Casabe



Fuente: Implementación de completamientos de inyección selectiva en un Campo maduro. ACIPET 2011

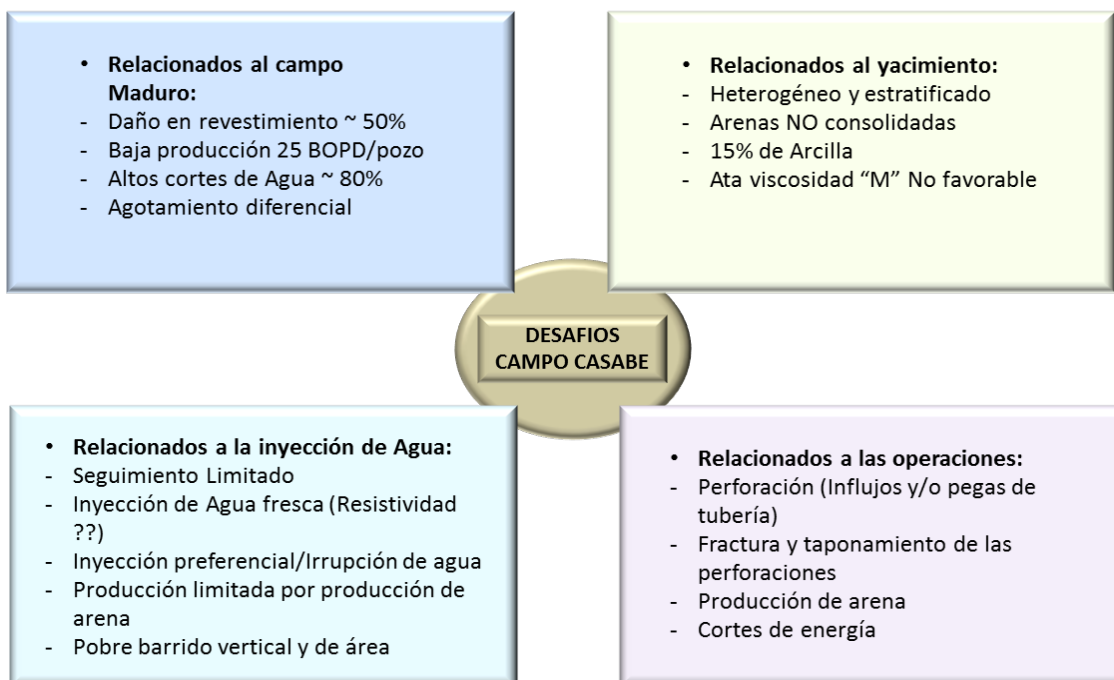
<sup>14</sup> Agudelo (Ecopetrol), M. Amaya (Ecopetrol), G. Núñez (Schlumberger), J. Hernández (Schlumberger), N. Hernández (Ecopetrol). Implementación de completamientos de inyección selectiva en un Campo maduro. ACIPET 2011

## 1.2 ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA

Durante el periodo de recuperación secundaria se han presentado problemas debido a la inyección de agua, ya que las complejidades de orden estructural, las areniscas heterogéneas, y las lutitas sensibles en las arenas del yacimiento, han provocado que el agua irrumpa de manera prematura en los pozos de producción, afectando significativamente la efectividad del proceso de inyección de agua. La alta producción de arena que se observa en un gran porcentaje de pozos contribuye a su colapso y a recurrentes fallas en el equipamiento de fondo de pozo, y por ende obligan a la intervención inmediata de los equipos de Workover para tratar de disminuir la diferida ocasionada por estas suspensiones en la producción.

Los actuales desafíos del Campo y que aumentan el índice de intervención por parte de los equipos de Workover en los pozos productores son:

Figura 3. Problemas del Campo Casabe



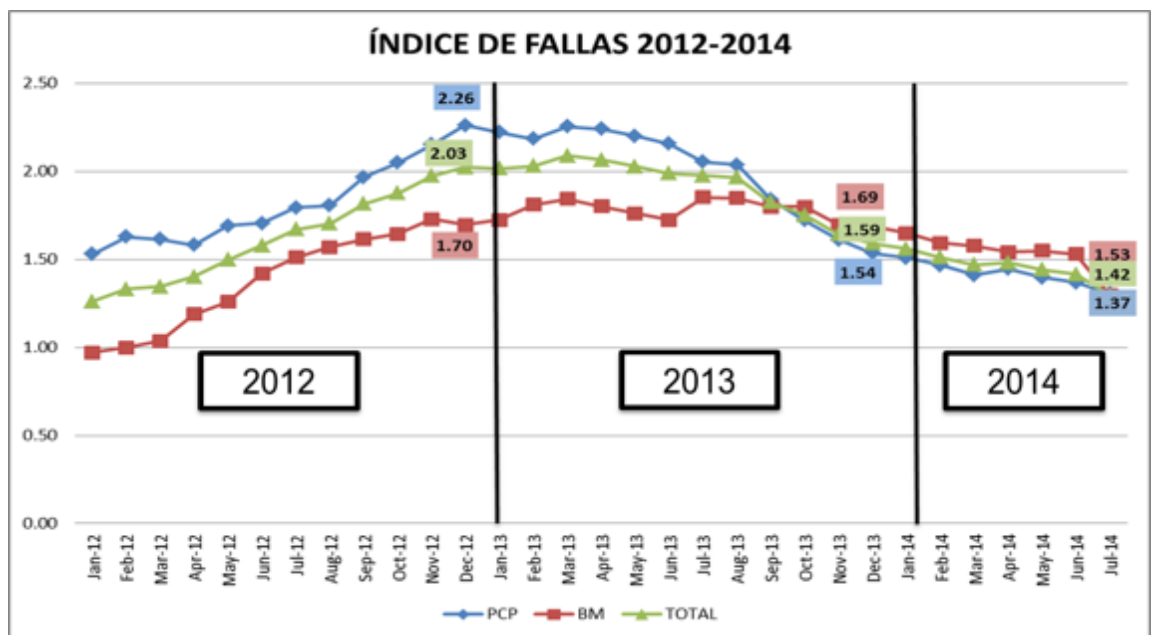
Fuente: Implementación de completamientos de inyección selectiva en un Campo maduro. ACIPET 2011

El aumento de las actividades de perforación en los últimos años debido al repunte del precio del petróleo en los mercados internacionales, ha originado que se intensifiquen las actividades de completamiento de pozos productores e inyectores que sostengan el patrón de recuperación secundaria, esto sumado a los desafíos del Campo mostrados en la Figura 3., hacen que el Campo Casabe actualmente tenga altos índices de intervención de pozos con equipos de Workover (ver grafica 3) originados

de un aumento en el índice de fallas de equipos de subsuelo o sistemas de levantamiento artificial<sup>15</sup>.

En el Campo Casabe los principales sistemas de levantamiento Artificial son PCP (Bomba de Cavidades Progresivas) y BM (Bombeo Mecánico) con un 70% y 26% de los pozos instalados respectivamente, y durante los años 2012, 2013 y parte de 2014 el índice de falla en su punto más alto respectivamente fueron de 2.26, 1.69 y 1.53 fallas de equipos de fondo de pozo por año.

Grafica 1. Índice de fallas para el periodo 2012-2014



Aunque en el análisis global del comportamiento de producción del Campo se ha observado una notable mejoría en los últimos años, gracias a la implementación de la inyección selectiva y por ende al mejoramiento del patrón de inyección, también es cierto que el número de trabajos de Workover para atender las actividades OPEX<sup>16</sup> que sustentan la producción básica del Campo han aumentado en gran medida.

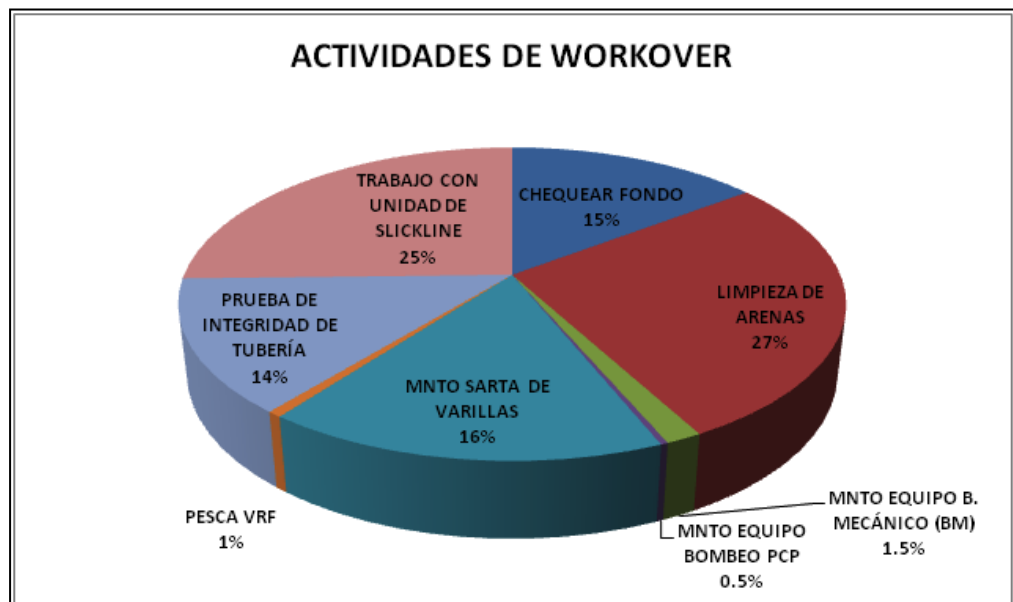
<sup>15</sup> El término levantamiento artificial hace referencia al uso de medios artificiales para incrementar el flujo de líquidos (petróleo-agua) desde el fondo del pozo hacia la superficie debido a la poca energía del yacimiento. N. de los A.

<sup>16</sup> Un OPEX, del inglés "Operating expense", es un costo permanente para el funcionamiento de un producto, negocio o sistema. Puede traducirse como gasto de funcionamiento, gastos operativos, o gastos operacionales. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

Las principales operaciones de Workover que se desarrollan en el Campo Casabe (ver ANEXO A\_OPERACIONES DE REACONDICIONAMIENTO DE POZOS), con el objetivo de atender las exigencias de la diferida de producción de las actividades OPEX son:

- Limpiezas de Arena
- Medidas de Fondo
- Tubería Rota
- Varilla partida o desconectada
- Pescas de Válvulas Reguladoras de Flujo (VRF) en las sargas de Inyección selectiva. Entre otras

Gráfica 2. Actividades de Workover OPEX



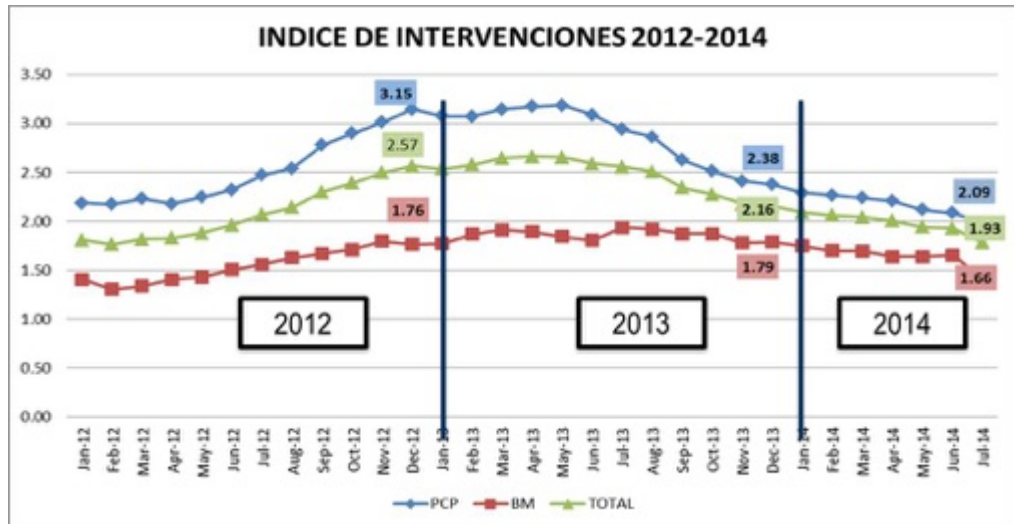
### 1.2.1 DEFICIENCIA EN EL MANEJO DE LA INFORMACION

Las operaciones de reacondicionamiento de pozos en el Campo Casabe presentan los siguientes problemas:

- Programas de intervención a pozos con poca información relevante de la historia del pozo.
- Se utilizan programas de pozos anteriores sin hacer un verdadero análisis de los requerimientos de la operación actual.
- Bajo seguimiento a la falla recurrente en los pozos, por lo tanto se ingresa un equipo de Workover a un pozo sin analizar la verdadera causa de las fallas, lo que genera sobre costos ya que las intervenciones que se realizan son de baja

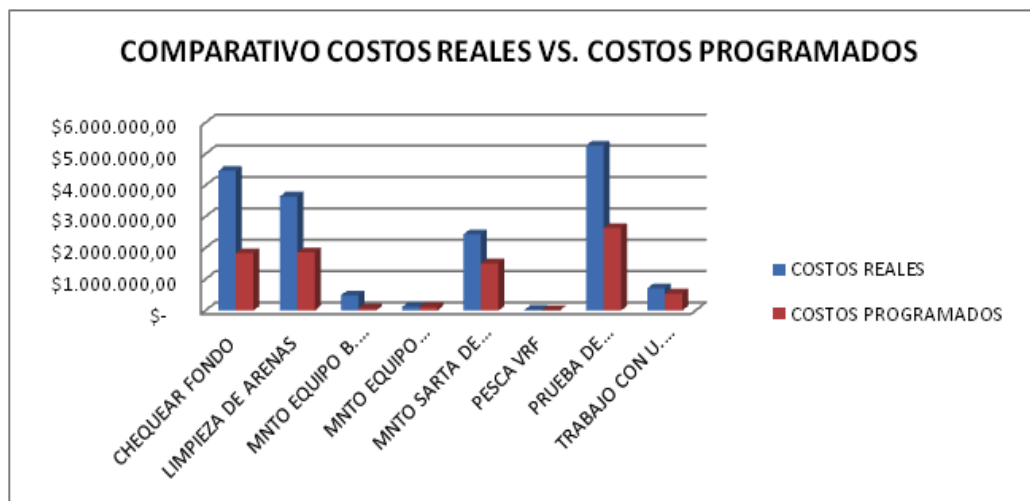
calidad y los pozos nuevamente presentan falla en un periodo de tiempo muy corto, generando un Índice de intervención promedio para el Campo de 2.38 al año para los pozos con Sistema de Levantamiento tipo PCP como se muestra en la Gráfica 3, para el año 2013.

Gráfica 3. Índice de Intervenciones 2012-2014



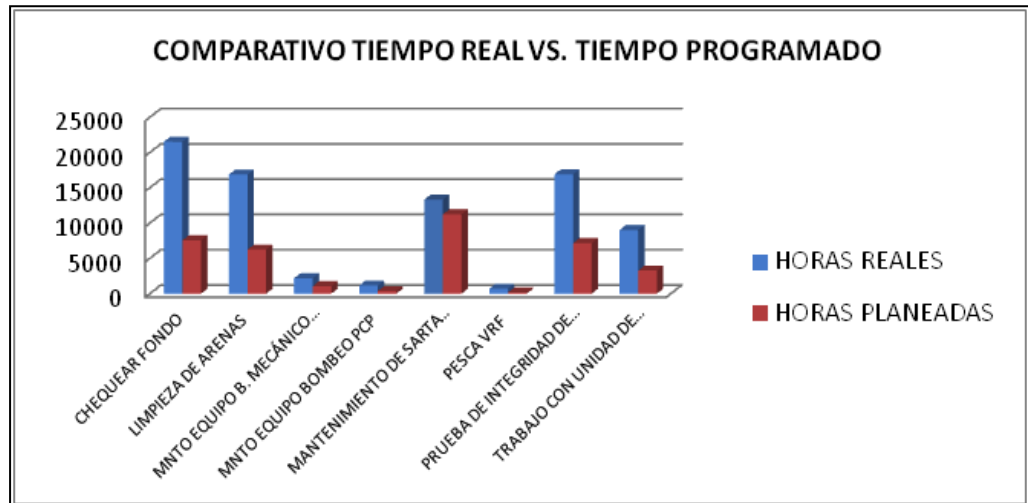
- No se lleva un historial de las lecciones aprendidas y de las recomendaciones de mejora de las operaciones de Workover, es decir, no se tiene una trazabilidad de la información histórica de las intervenciones que generen una curva de aprendizaje que mejore la información previa a cada intervención.
- Los costos programados se desvían y están por debajo en porcentajes que superan el 100% de los costos reales ejecutados en los pozos.

Gráfica 4. Comparativo Costos Reales VS Costos Programados, por actividad para el año 2013.



- Así mismo los tiempos programados también se desvían y están por debajo de los tiempos reales ejecutados en los pozos, lo que demuestra la falta de un análisis detallado de las actividades y su factibilidad previa a la realización del programa de trabajo para un reacondicionamiento de pozo.

Gráfica 5. Comparativo Tiempo Real VS Tiempo Programado, por actividad para el año 2013



### 1.3 ORGANIZACIÓN ACTUAL DE LAS ACTIVIDADES DE WORKOVER

El Departamento de producción del Campo Casabe, está constituido por la Coordinación de Producción (CPB) quien elabora los programas de intervención para los pozos de producción de la operación básica (OPEX) y la Coordinación de Subsuelo (CSR) que en últimas es el ente que ejecuta las actividades de reacondicionamiento de pozos (Figura 4).

Figura 4. Metodología actual de trabajos de Workover



En la actualidad y debido al gran volumen de trabajo que maneja la CPB, los programas de intervención a pozos no tienen la calidad suficiente para adelantar un trabajo eficaz por la poca información que se registra en ellos, es por esta razón que surge la necesidad de crear una herramienta software que permita a través de un análisis económico y técnico definir la viabilidad de una operación de Workover.

Actualmente las operaciones de Workover son realizadas siguiendo un programa de pozo (Well Planning\_Figura 5 y 6) originado por la herramienta informática OpenWells "OW" (landmark\_halliburton), sin embargo, este tipo de programas se han convertido en un proceso de copiar y pegar, donde por error y negligencia algunas veces de los planeadores de estos programas, se hace la misma operación de otro pozo anterior sin tener en cuenta información relevante, y sin tener en cuenta si económicamente la actividad a realizar es factible o no.

Figura 5. Modelo del Well Planning realizado por la CPB.

**1 General**

**Pozo / Wellbore Información**

Well	CASABE 317	Wellbore No.	OH
Well Name	CASABE 317	Wellbore Name	CASABE 317
Reporte no.	1	Fecha del Reporte	8/2/2014
Project	CASABE	Site	CASABE 0317
Rig Name/No.		Nombre del Evento	SERVICIO A POZO
Fecha de inicio*	8/2/2014	Fecha de inicio de la Perforación	3/25/1982
Active datum	ROTARY TABLE @248.00ft (above Mean Sea Level)		
Area de Producción*	PRODUCCION CASABE	Version	
Planeador*	EDGAR MARTINEZ	Autorizado por*	ADRIAN CAMARDO
Programador*	RODOLFO URIBE GARCIA	Duración Estimada (hr)	72.00 (IV)
Contratista*	SCHLUMBERGER		
Objetivo primario:			
Objetivo secund :			

**2. Planeación HSE**

HSE detalles

Tipo HSE	Fecha de intervención	Descripción:

Riesgos detalles

Tipo de Peligro	Fase Actividad	Nivel del Riesgo	Mitigación

**3. Operaciones Planeadas**

3.1 Planned Ops (WellBore/Design : CASABE 317 Design #3)

ST No	Código	Subcódigo	Descripción	Paso No.	MD Desde	MD Hasta	Fecha y Hora de Inicio	Duración Estimada (h)	Compañía
OH	3000	3005	MOVILIZAR E INSTALAR EQUIPO DE COILED TUBING	1			3/5/2016 12:00:00AM	8.00	ECOPETROL S.A.
OH	2900	2905	DESCARGAR POZO	2			3/5/2016 12:00:00AM	1.00	ECOPETROL S.A.
OH	2300	2301	DESCABEZAR POZO	3			3/5/2016 12:00:00AM	1.00	ECOPETROL S.A.
OH	1000	1005	RETRAIR CONDICIONES DE SUPERFICIE (ASEGURAR PARTES PARA QUE NO SE PERDAN)	4			3/5/2016 12:00:00AM	1.00	ECOPETROL S.A.

August 03, 2014 at 11:00 am 1 OpenWells

Fuente: Autores (Imagen tomada de OW)

La poca calidad con la que cuentan los programas de intervención a pozos (figura 5), hace que las operaciones de Workover se vean muy limitadas en su eficiencia operativa asociada a mayores costos por demoras en las actividades ya que no se detalla información importante para una actividad de reacondicionamiento, y es el supervisor de Workover quien debe remitirse al historial del pozo para buscar todos estos detalles que le permitan hacer su trabajo de una manera responsable y segura. La información relevante que estos programas deberían tener y actualmente no describen son:

- Cantidad y tipo de tubería y sarta de bombeo
- Profundidades de los intervalos productores
- Profundidad del pozo
- Posibles restricciones del revestimiento de producción
- Tipo de revestimiento y sus características de operación. Etc.

Figura 6. Modelo de un programa originado por la CPB\_Pozo CSBE-317

3.1 Planned Ops (WellBore/Design : CASABE 317 SIDETRCK OH) (Continuación)									
ST No	Código	Subcódigo	Descripción	Paso No.	MD Desde	MD Hasta	Fecha y Hora de Inicio	Duración Estimada	Compañía
OH	BASV		PROGRAMA # 4004 NB POSIBLE TUBERIA ROTA  PROBAR TUBERIA, SACAR SARTAS DE VARILLAS CON BOMBA RHAC, SACAR SARTA DE TUBERIA IDENTIFICANDO TUBO ROTO, MEDIR FONDO PARA DETERMINAR SI QUEDA PARA LIMPIEZA, BAJAR TUBERIA PROBIENDO CAMBIANDO EL TUBO ROTO Y 5 POR ARRIBA Y POR ABAJO, BAJAR BOMBA RHAC CON SARTA DE VARILLAS SEGUN DISEÑO. REALIZAR PRUEBAS Y DEJAR EN PRODUCCIÓN.	1			10/17/2008 7:40:00PM		

Fuente: Autores (Imagen tomada de OW)

En resumen, el desarrollo de la recuperación secundaria con inyección de agua en el Campo Casabe, ha mejorado los índices de productividad, pero ha traído de la mano otros problemas como los descritos en los párrafos anteriores, que hacen de las actividades de reacondicionamiento de pozos el soporte principal de la disminución de la diferida de producción por fallas en los equipos de subsuelo, es por esta razón, que se requiere de un manejo integral y de carácter gerencial para que estas actividades sean eficientes y rentables para la empresa, contando con el input principal que a la postre es el más valioso y consiste en poseer una hoja de ruta (programa del pozo y análisis técnico-económico del mismo) que le permita al equipo de Workover realizar una operación segura en función de la calidad y un eficiente servicio.

## **2. METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE LA SOLUCION INFORMATICA: WELLMAN-PRO**

En el capítulo anterior se describió la situación actual de las operaciones de reacondicionamiento de pozos en el Campo Casabe, las deficiencias en materia de manejo de la información, de la gestión de tiempos y los errores en la proyección de costos de los programas de intervención a pozos, que redundan en una mala planeación y por ende en un mal gerenciamiento de un servicio de Workover, lo que implica pérdida de tiempo y altos costos operativos que directamente impactan en el costo de levantamiento del barril (Lifting Cost<sup>17</sup>) y en la viabilidad económica del Campo como proyecto petrolero.

Por todo lo anterior, el Campo Casabe requería de la implementación de una solución integral de gestión de las operaciones de Workover, que incluyera dentro de la implementación de una herramienta informática, el análisis de la información, la descripción de un programa completo y objetivo de intervención teniendo en cuenta la experiencia obtenida en el Campo (con los tiempos y costos bien estimados); la ejecución programada del trabajo dentro de los límites técnicos y económicos propuestos, y una excelente gestión del cambio para asegurar el éxito del proyecto de reacondicionamiento de pozos.

En el presente capítulo se busca describir la metodología utilizada para abordar el problema y presentar una solución eficiente, no sin antes dejar en claro que este proyecto se encuentra en etapa de desarrollo y que se rige bajo los lineamientos dentro del marco estratégico de la empresa.

### **2.1 ESTRATEGIA INSTITUCIONAL DE ECOPETROL S.A., PARA EL MANEJO DE LOS PROCESOS**

Dentro de la orientación estratégica de la empresa en Gestión Integral, se estructuró el proyecto GENOMA<sup>18</sup>, el cual es un programa de gestión por procesos que busca asegurar los resultados de las diferentes actividades que se desarrollan en la empresa, dentro del marco de la disciplina organizacional promoviendo estandarizar todos los procesos en busca de la excelencia operacional.

---

<sup>17</sup> Lifting Cost: Se refiere a los costos directos de producir petróleo y gas después del completamiento del pozo petrolero, mas los costos mínimos de mantenimiento. <http://definitions.uslegal.com/lifting-costs/>

<sup>18</sup> Como GENOMA se definió la estrategia para la implementación de los proceso de crudo y gas que apalancan el cumplimiento de los objetivos de ECOPETROL S.A. N de los A.

Las razones que llevaron a la empresa a construir esta estrategia fueron las siguientes:

- Asegurar los resultados
- Eliminar la frustración de las personas por trabajar mucho y sentir que contribuyen poco.
- Disminuir la falta de disciplina organizacional
- Necesitar cada vez menos de planes de “choque”
- Unificar Ser una sola Ecopetrol, ya que hacia falta una visión única.

Lo que busca GENOMA, es crear una cultura organizacional en donde la gestión por procesos sea integral, simple para facilitar el entendimiento, el acceso a la información y la forma de hacer las cosas, y estándar para que todos lo puedan hacer siempre de la misma manera.

Figura 7. Imagen Corporativa GENOMA



Fuente: [www.ecopetrol.com.co](http://www.ecopetrol.com.co)

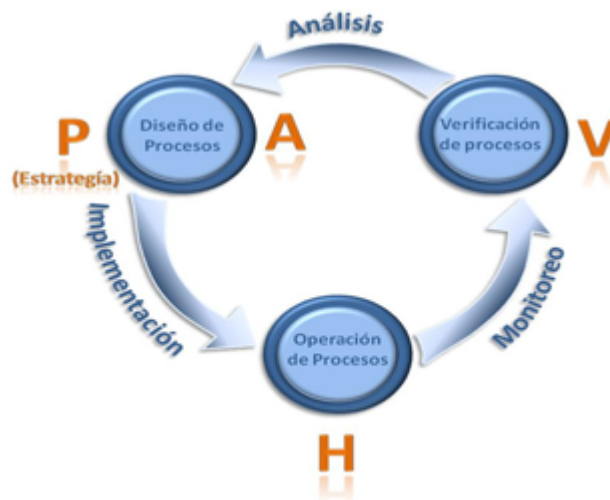
Dentro de este esfuerzo y frente a este nuevo desafío de la empresa por asegurar los resultados de las diferentes actividades que se realizan en todas sus operaciones en el país, es que surge la necesidad de crear la herramienta informática **WELLMAN PRO**, con el objetivo de aplicarlo en las actividades de Workover de la CSR en el Campo Casabe. La base fundamental de esta herramienta es la mejora continua de los procesos y esto va de la mano con GENOMA, debido a que tiene en cuenta todas las variables que como funcionarios de la estatal petrolera debemos cumplir como calidad, seguridad industrial, ética, responsabilidad social, entre otras.

## 2.2 GESTIÓN DE LA MEJORA CONTINUA

Una operación de Workover en cualquier Campo petrolero implica la gestión de recursos, el desarrollo de un programa particular, la evaluación constante de los costos y los tiempos, la atención y solución inmediata de cambios en la planeación y corrección de las desviaciones, y por último la evaluación del trabajo realizado y el registro de las lecciones aprendidas para el mejoramiento a futuro de este tipo de procesos. Es por esta razón, que una actividad de reacondicionamiento de pozos es analizada en este libro como un proyecto que requiere una gestión integral y un gerenciamiento para el logro final de los objetivos.

El método escogido para la realización del software en su sistema de ejecución, se fundamentó en la estrategia de la mejora continua de la calidad o ciclo PHVA<sup>19</sup> (Planear, Hacer, Verificar y Actuar), el cual es una herramienta que está íntimamente asociado con la planificación, implementación, control y mejora del desempeño de los procesos. “Es aplicable tanto en los procesos estratégicos de Alta Dirección como en actividades operacionales simples”<sup>20</sup>.

Figura 8. Ciclo PHVA



Fuente: Google imágenes

<sup>19</sup> El ciclo de Deming, también conocido como círculo PDCA (de Edwards Deming), es una estrategia de mejora continua de la calidad en cuatro pasos, basada en un concepto ideado por Walter A. Shewhart. También se denomina *espiral de mejora continua*. Es muy utilizado por los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC). [http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_PHVA](http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_PHVA)

<sup>20</sup> Calidad, Productividad y Competitividad: la salida de la crisis, W. Edwards Deming, Madrid, Ediciones Díaz de Santos, 1989

Esta metodología aplicada al software del proyecto, en sus cuatro etapas se desarrolla de la siguiente manera:

- **PLANEAR:**

En un trabajo de Workover para sustentar la producción del Campo Casabe se requiere que todos los actores que participan en el proceso estén involucrados en el proyecto desde la planeación. A través de WELLMAN PRO el supervisor de equipo que es un trabajador directo de ECOPETROL S.A., o el Company Man<sup>21</sup>, como dueños de la operación de reacondicionamiento en el pozo, realizan la planeación estableciendo objetivos, definiendo los métodos para alcanzar los objetivos y definiendo los indicadores para verificar que en efecto, éstos fueron logrados.

- **HACER:**

El mismo supervisor implementa y realiza todas sus actividades según los procedimientos y conforme a los requisitos del cliente (CPB) y a las normas técnicas establecidas, siguiendo paso a paso el programa de intervención.

- **VERIFICAR:**

Durante la ejecución del programa de Workover, el supervisor está constantemente registrando, comprobando, comparando, monitoreando y controlando la calidad del servicio y el desempeño de todos los procesos clave.

- **ACTUAR:**

Con la aplicación de WELLMAN PRO en las actividades de Workover de la CSR del Campo Casabe, se busca que la intervención a un pozo de petróleo, no termina cuando se obtiene el resultado deseado, sino que más bien, se inicia un nuevo desafío no sólo para el responsable de cada proceso o proyecto emprendido, sino también para la propia organización. Además, permite identificar las oportunidades de mejora derivadas de las lecciones aprendidas y se aplican análisis con métodos más simples y eficientes para reducir costos, eliminar desperdicios y mejorar la calidad de los procesos y los servicios, en una constante búsqueda por la excelencia operacional en ECOPETROL S.A.

El ciclo de la mejora continua aplicado al proyecto de este libro en su etapa de ejecución, ayudará a que las actividades de Workover en el Campo Casabe, siguiendo

---

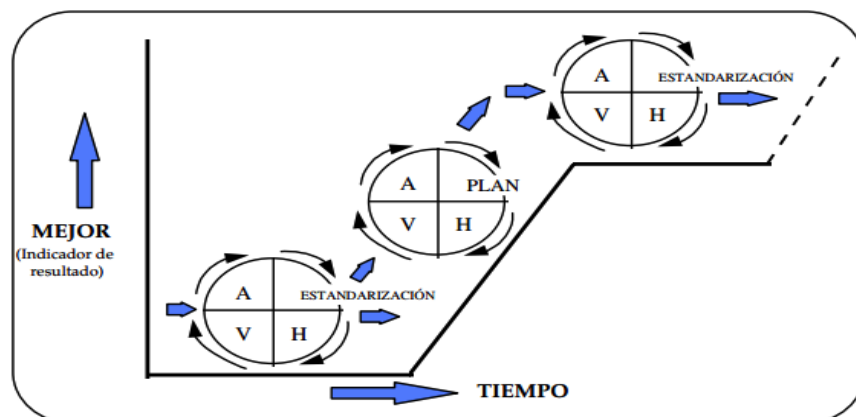
<sup>21</sup> Se refiere al representante de la compañía operadora en los trabajos de Workover o perforación. N. de los A.

este método de forma sistemática, logre en el mediano plazo los objetivos trazados, debido a las siguientes razones:

- Podremos contar con información relevante del pozo antes de la ejecución del trabajo, ya que no se tratará de un programa copiado de otro parecido, sino de un análisis detallado del verdadero estado actualizado del pozo que el personal de la CSR realizará en unión del personal de la CPB.
- Los costos y los tiempos programados que se detallen en los programas de intervención serán el reflejo de la experiencia de los supervisores de pozo o de los Company Man, que en definitiva son los especialistas de las operaciones de Workover, y conocen de primera mano las verdaderas necesidades logísticas, operacionales y económicas del Campo.
- El monitoreo comparativo constante que los supervisores de Workover realizarán de las actividades operativas en el día a día, permitirá encontrar las desviaciones y solicitar de manera inmediata el control de cambios que requiera para que el servicio no exceda los límites en tiempo y costos.
- La posibilidad de registrar en la herramienta informática los detalles de HSEQ, las lecciones aprendidas y las oportunidades de mejora que se presentan durante la ejecución del servicio, servirán de insumo para que tengamos una estadística de los problemas operativos y para que estos no se repitan en el futuro.

En síntesis, bajo el sistema de gestión de la empresa a través del proyecto GENOMA, que busca estandarizar todos los procesos y con la implementación del software WELLMAN PRO, que como se explicó anteriormente se basa en la mejora continua de los procesos, se proyecta que las actividades de Workover en el Campo Casabe, logren ser más eficientes y seguras, lo que se convierte en un reto que será evaluado en el tiempo luego que las actividades de Workover sistemáticamente sigan este modelo (Ver figura 9.)

Figura 9. Mejoramiento continuo y estandarización de procesos



Fuente: Google Imágenes \_ <http://www.unalmed.edu.co/>

## 2.3 ORGANIZACIÓN PROYECTADA DE LAS ACTIVIDADES DE WORKOVER

Como se explicó en el numeral 1.3 “Organización Actual de las Actividades de Workover”, las actividades de reacondicionamiento de pozos actualmente en el Campo Casabe, tienen una línea plana y directa de tratamiento, en donde la Coordinación de Producción (CPB) elabora los programas de intervención para los pozos de producción de la operación básica (OPEX) y la Coordinación de Subsuelo (CSR) es quien ejecuta las actividades de reacondicionamiento de pozos.

Con la implementación de GENOMA y en concordancia con esto con el desarrollo del software WELLMAN PRO, las operaciones de Workover para las actividades OPEX, se harían de la siguiente manera:

Figura 10. Metodología propuesta de trabajos de Workover



- La CPB como área solicitante, realizará el plan conceptual de trabajo, en donde se informen los objetivos primarios y secundarios de la intervención, las técnicas y condiciones con las cuales se deben realizar las operaciones, los recursos estimados y el estado final con el cual debe quedar el pozo.
- La CSR con este insumo debe elaborar en la herramienta informática WELLMAN PRO, el programa detallado de trabajo para la intervención. Debe contener las actividades de manera consecutiva, con la duración estimada y los recursos requeridos; incluyendo las actividades críticas de HSE basado en los parámetros y estadísticas de rendimiento de las actividades. El programa debe ser validado con el responsable del trabajo en el área solicitante. Además, se

debe elaborar el presupuesto detallado para la intervención de subsuelo, de acuerdo a los bienes y servicios necesarios para su ejecución, y de esta manera luego de realizar un análisis económico definir la viabilidad del trabajo.

- Realizar seguimiento a la ejecución de las actividades programadas en el programa detallado de trabajo, identificando desviaciones por tiempos no productivos (NPT), cambios en las condiciones de operación que obliguen a modificaciones de los objetivos y el programa de las intervenciones, controlando el cumplimiento del programa y los objetivos de las intervenciones, adicionalmente, hacer seguimiento y control a las consideraciones de Seguridad Industrial, Salud Ocupacional y Gestión ambiental (HSE) en ejecución de las actividades programadas, identificando y valorando los riesgos HSE y los controles requeridos para mitigar dichos riesgos, como: uso de equipos y elementos de seguridad, uso de elementos de protección personal, prácticas y protocolos de seguridad, reuniones pre operacionales y paradas de seguridad.
- Hacer seguimiento y control a los costos y servicios incluidos en las actividades programadas, identificando y controlando las desviaciones con respecto al presupuesto generado para la intervención y solicitando los ajustes cuando sea requerido por cambios en las condiciones u objetivos del programa.
- Una vez finalizado el servicio se debe entregar al área de producción del Campo el informe del trabajo realizado, indicando el cumplimiento de los objetivos del trabajo, del programa detallado de trabajo, los cambios al programa, los inconvenientes presentados y las condiciones y estado del pozo al finalizar el trabajo.

De esta manera se busca garantizar que cada intervención de Workover siga este sistema de gestión por procesos y que los objetivos de reducir costos y realizar una operación segura y en armonía con el entorno se cumplan para beneficio de la empresa.

### 3. DISEÑO E IMPLEMENTACION DE WELLMAN PRO

#### 3.1. FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE

Well Management Professional o en su abreviatura *WELLMAN PRO*, es una herramienta informática sin ánimo de lucro desarrollada en su versión Beta<sup>22</sup>, que permite dar solución a las falencias presentes en las operaciones de subsuelo del Campo Casabe. *WELLMAN PRO* se desarrolló usando el lenguaje de programación de propósito general conocido como Java, orientado a objetos y basado en clases. El Software fue diseñado de tal manera que tuviera pocas dependencias de implementación como fuera posible. Además, se utilizó Eclipse como entorno de desarrollo integrado, el cual es un programa informático compuesto por herramientas de programación de código abierto multiplataforma.

Para acceder a la aplicación Online se debe contar con un equipo de computo tipo Laptop o Desktop que permita el acceso a internet las 24 horas del día y de esta manera, introducir a través del navegador, la dirección WEB que se encuentra en el ANEXO B\_MANUAL DEL USUARIO DE WELLMAN PRO. La herramienta también esta diseñada para los usuarios que aprovechan de las facilidades de la tecnología, ingresando a través de dispositivos móviles tipo Smart Phone garantizando la interacción en tiempo real con la herramienta desde cualquier lugar y en cualquier momento, sin limitaciones ni excusas para realizar una gestión integral por procesos del pozo a intervenir.

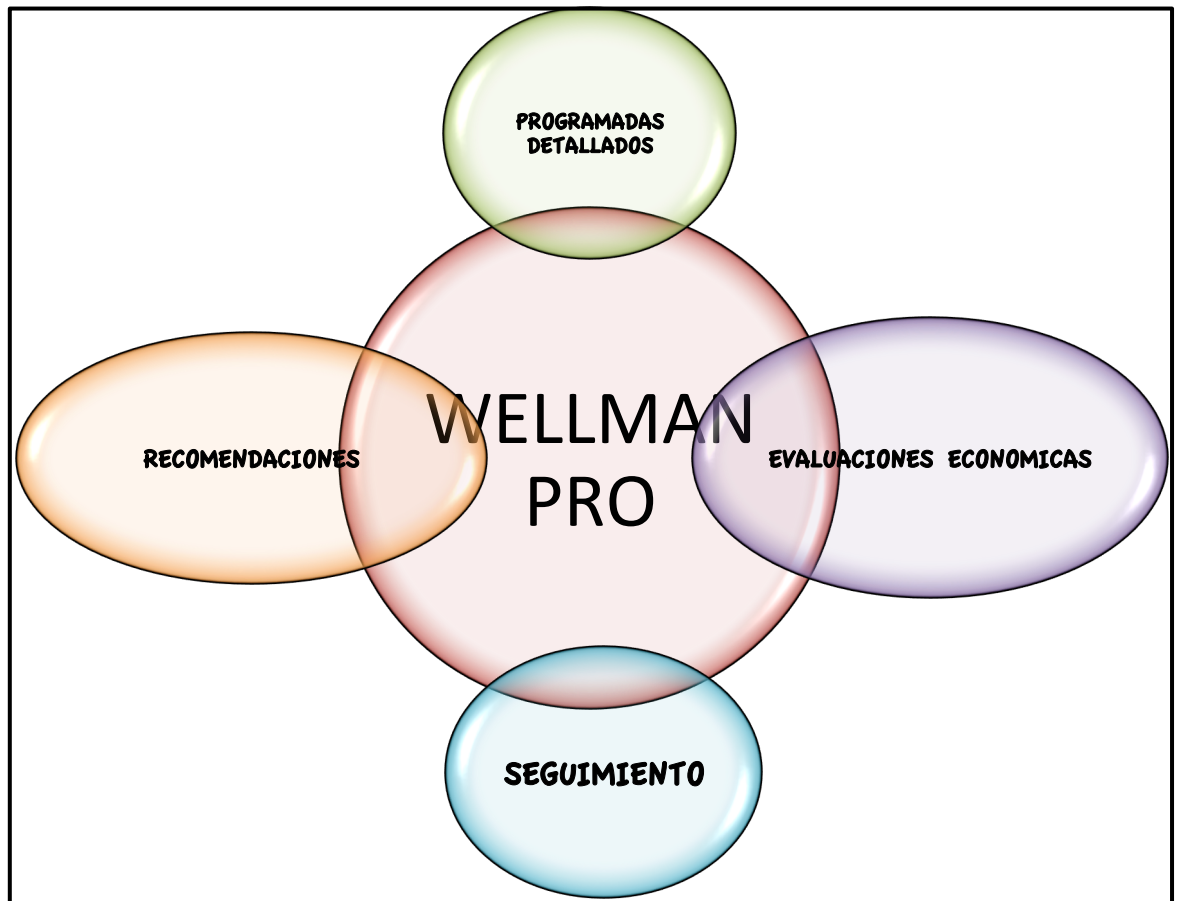
Figura 11. Pantalla inicial de WELLMAN PRO.



<sup>22</sup> Beta: Versión que se encuentra en período de prueba y que aún no es la versión oficial o definitiva para su organización. N. de los A.

Su función principal es brindar soporte técnico a los ingenieros de operaciones y a los Company Man para facilitar la planeación, ejecución, monitoreo y el éxito de un servicio de reacondicionamiento de pozo. Como se puede observar en la Figura 12, el software se basó en cuatro procesos fundamentales entrelazados y dependientes uno del otro, los cuales se detallan a continuación:

Figura 12. Componentes de WELLMAN PRO.



- PROGRAMAS DETALLADOS:

En este componente se introduce toda la información técnica general relevante del pozo, entre ellas, el objetivo y justificación del servicio, el estado mecánico, los pies perforados, Liners, Gravel Packing, diámetros y profundidades de colapsos, datos de tubería y varilla, producción asociada, BSW, gravedad API, bloque productor, clase de pozo, entre otros. En la figura 13, se evidencia la manera en que se introduce esta información al software.

Figura 13. Formulario de ingreso de datos WELLMAN PRO.

The image displays two screenshots of the WELLMAN PRO software interface. The top screenshot shows the 'Formulario para datos de entrada' (Input Data Form) with sections for 'Información general' (General Information) and 'Información Técnica' (Technical Information). The bottom screenshot shows the 'Información de Revestimiento' (Lining Information) and 'Información de Tubería' (Pipe Information) sections. Both screenshots include a user profile sidebar for 'Diego Fernando Castellanos Garcia' and a top navigation bar with 'WELL MANAGEMENT PRO' and 'Cambiar contraseña | Salir'.

Toda la información suministrada a la herramienta, a través de bases de datos y Picklist de fácil decisión, permitirán al usuario tener información importante para mejorar el desempeño y la calidad del trabajo a ejecutar ya que tiene mas bases y fundamentos para la toma de decisiones. Una vez es identificado el problema de la falla del pozo, se procede a escoger el programa de reacondicionamiento que se va a ejecutar, de esta manera, se desplegara un paso a paso detallado para cada una de las acciones teniendo en cuenta la experiencia de los autores como ingenieros de operaciones de Workover y Well Services en la industria Petrolera, en un intento por no dejar cabos sueltos que conlleven a errores operacionales por descuido humano o fallas mecánicas. Así mismo, cada acción se encuentra acompañada de comentarios y sugerencias HSEQ que permiten disminuir tiempos de intervención y prevenir accidentes en las operaciones de reacondicionamiento de tal manera que contribuyamos a la producción de barriles de petróleo de manera “limpia” como es comúnmente conocido en nuestra organización. La figura 14, ilustra un Well Planning

de reacondicionamiento de pozos con el detalle de operaciones y sus comentarios para cada caso.

Figura 14. Formulario de ingreso de información para elaborar el Well Planning.

The screenshot shows the 'WELL MANAGEMENT PRO' software interface. The main title is 'Programa de Intervención' with the subtitle 'Cambios de bomba para bombeo mecánico'. The interface is divided into a sidebar and a main content area. The sidebar on the left includes a user profile for 'Diego Fernando Castellanos Garcia' and navigation options: 'Programa de reacondicionamiento de pozos', 'Análisis económico', and 'Formulario para datos de entrada'. The main content area is titled '1. WELLPLANNING WORKOVER' and contains a list of tasks. Each task has a 'Descripción' (Description) and 'Comentarios' (Comments) section. The tasks are numbered 1 through 5. Task 1: 'Mover y armar equipo de workover. Recibir equipo siempre y cuando las condiciones para el control de pozo se encuentren listas para operar (líneas, Chokes, manifold, separadores, niveles de piscinas, etc.)'. Task 2: 'Verificar presiones en tubería y espacio anular. De ser necesario, desearque el pozo y monitorear presión hasta tener 0 psi. Si lo considera, solicite el cierre de los pozos de primera y segunda línea, previa coordinación con ingeniería.' Task 3: 'Levantar Barra Lisa y desasentar bomba de subsuelo tipo insertable (verificar el Overpull en el indicador de peso). En el caso de bomba de tubería, levantar hasta sacar el pistón del bañi. Si la bomba o el pistón se encuentran pegados en fondo mantener la sarta con tensión hasta liberar o en su defecto realizar Back-off de varilla.' Task 4: 'Retirar al piso el sistema APA (Stuffing Box) con la Barra Lisa e instalar preventora de varillas.' Task 5: 'Sacar sarta de varillas a superficie con bomba insertable o pistón en punta teniendo en cuenta el último Wellbore Equipment elaborado en su última intervención (ver estado mecánico Actual adjunto). En el caso de tener bomba de tubería, realizar maniobra para pescar la válvula fija con el pistón de tal manera que se evite sacar la tubería lisa.' Each task also includes input fields for 'Duración' (Duration), 'Responsable' (Responsible), and 'Duración real' (Actual Duration).

- EVALUACIONES ECONOMICAS:

Una vez se identifica que un pozo ha dejado de producir hidrocarburos, se realiza un análisis causa raíz para determinar las posibles causas que provocaron la pérdida del preciado fluido. Obtenidos los factores que incidieron en el daño, se decide realizar un trabajo de reacondicionamiento al pozo para colocarlo en condiciones originales o mejorar su producción y de esta manera evitar que vuelva a ocurrir o al menos minimizar esa probabilidad.

Antes de iniciar con la ejecución, se deben plasmar en números toda la teoría previa planteada a través de una evaluación económica cuyo es objetivo es identificar las ventajas y desventajas asociadas a las inversión antes de su implementación. La evaluación económica permite determinar la rentabilidad de un proyecto (servicio a

pozo), mediante uno o más indicadores de tal manera que se facilite el proceso de toma de decisiones. El resultado del indicador se usa como criterio de decisión. Los indicadores usados en WELLMAN PRO son: El Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno o de Rendimiento (TIR), la relación costo beneficio (Rb/c) y la eficiencia de ejecución. Para que un servicio de reacondicionamiento sea rentable o factible económicamente para la coordinación de subsuelo en CASABE, el VPN debe ser mayor o igual a cero. Mientras que si evaluamos la TIR, este indicador debe ser mayor o igual a la tasa mínima de rendimiento considerada por ECOPETROL S.A. que es de aproximadamente el 12%. En la figura 15 se puede observar el ingreso de información para calcular los resultados en un análisis económico.

Figura 15. Data para elaborar el analisis económico

The screenshot shows the 'WELLMAN PRO' software interface. The main title is 'Análisis Económico'. The interface is divided into several sections:

- Información del Pozo:** A form with fields for 'Nombre del Pozo', 'Company man', 'Producción Actual' (0 BLS), 'Producción Esperada' (0 BLS), 'Tiempo diferido por intervención' (0 DIAS), 'Tiempo diferido por estabilización' (0 DIAS), 'Producción diferida' (0 BLS), 'Índice de Frecuencia de Fallo' (0 IF), and '% Declinación de la producción' (0 [%] % POR MES).
- Parámetros de Evaluación:** A form with fields for 'TRM' (0 [\$] COP), 'Precio de venta del crudo WTI' (0 [\$] USD/BL), and 'Lifting Cost en CASABE' (0 [\$] USD/BL).
- Período de evaluación actual:** A horizontal bar chart showing 'Período' from 0 to 12 and 'Valor esperado'.
- Resultados:** A table with columns for 'Esperado' and units. The rows are:
 

	Esperado	[ USD ]
VAN		[ USD ]
VPN		[ USD ]
TIR		[ % ]
R B/C		
EFI		

- SEGUIMIENTO:

Todos los proyectos en la industria petrolera adquirieron la cultura de estar enmarcados en los ciclos del sistema PHVA, Planear, Hacer, Verificar y Actuar, es por este motivo, que el éxito de un servicio de Workover o varilleo, depende exclusivamente de realizar seguimiento en cada una de estas fases de tal manera que se pueda realizar modificaciones a tiempo antes que cambie el objetivo inicial planteado.

WELLMAN PRO permite al Ingeniero de Operaciones monitorear en tiempo real el estado de las operaciones, los tiempos reales de ejecución para cada una de las acciones planeadas y los costos de inversión en un tiempo determinado, de tal manera

que se pueda enviar una alerta a tiempo al Company Man si se evidencia alguna desviación al programa original. Además, toda la información consignada en la herramienta se mantiene almacenada en una base de datos la cual puede ser revisada a futuro para cumplimiento de auditorías.

En la figura 16 y figura 17 se observa el control que se lleva en tiempo real a las operaciones y a los costos durante un servicio de reacondicionamiento de pozo.

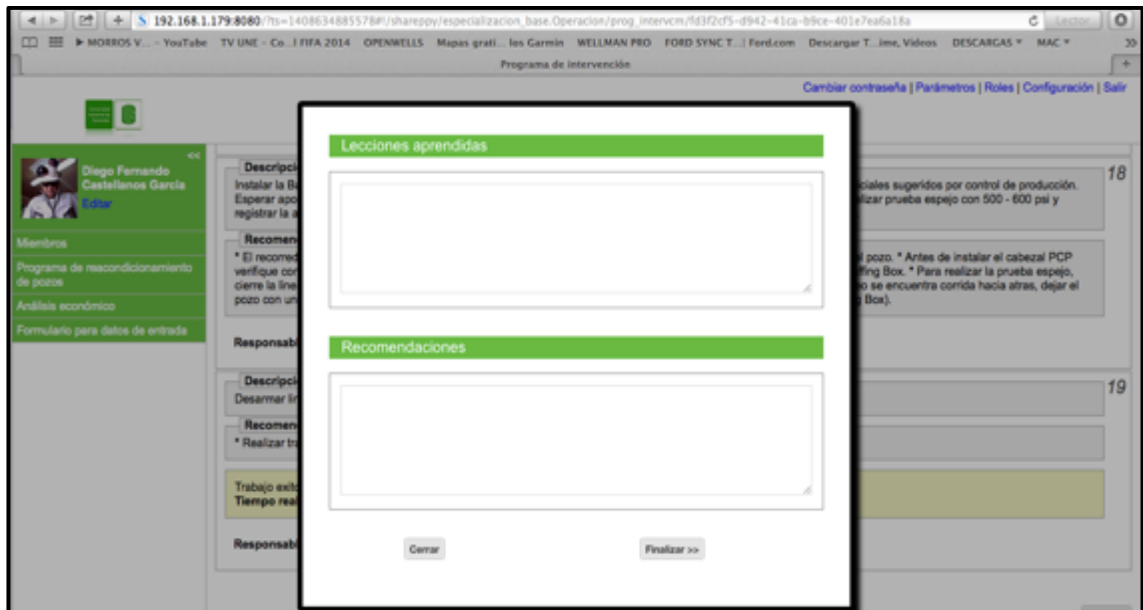
Figura 16. Monitoreo de las operaciones realizada por el ingeniero de Operaciones

The screenshot displays the 'WELL MANAGEMENT PRO' web application. The browser address bar shows the URL: 192.168.1.179:8080/... The page title is 'Programa de intervención'. The user profile on the left is for 'Diego Fernando Castellanos García', with a 'Editar' button. The main content area lists two tasks:

- Task 1:**
  - Descripción:** Movilizar y amar equipo de Workover. Recibir equipo siempre y cuando las condiciones para el control de pozo se encuentren listas para operar (líneas, Chokes, manifold, separadores, niveles de piscinas, etc.)
  - Recomendaciones:** \* Las movilizaciones de las cargas extradimensionadas y extra pesadas se encuentran restringidas en horario nocturno (18:00 - 6 :00). \* Realizar visita previa y verificar condiciones (retirar unidad de bombeo, líneas de producción, etc.) \* Verificar que el plan de movilización sea aprobado por el Company Man. \* Realizar charlas preparatorias antes de la movilización. \* Verificar que el pozo tenga el SAES aplicado.
  - Actualización:** La movilización se demora por que no llego transportes
  - Tiempo real:** 1
  - Responsable:** Ecopetrol **Tiempo asignado:** 1 [Realizar gestión](#)
- Task 2:**
  - Descripción:** Verificar presiones en tubería y espacio anular. De ser necesario, descargue el pozo y monitorear presión hasta tener 0 psi. Si lo considera, solicite el cierre de los pozos de primera y segunda línea, previa coordinación con ingeniería.
  - Recomendaciones:** \* Mantener fluidos de control preparados en las piscinas. \* Desahogar el pozo por tubing y anular a la vez para nivelar columnas. \* Ubicar leas y quemar gas a distancias sugeridas por la normas API. \* Realizar conexiones con accesorios de alta presión a las salidas de la Bomba y salida del pozo hacia el Choke manifold y separadores.
  - Actualización:** El pozo no descarga, loco movilizar salmuera para controlarlo.
  - Tiempo real:** 10
  - Responsable:** Ecopetrol **Tiempo asignado:** 2 [Realizar gestión](#)



Figura 18. Interfaz final para recomendaciones y lecciones aprendidas



De esta manera y observando los 4 pilares que se tuvieron en cuenta para desarrollar el Software, se puede inferir que WELLMAN PRO es una herramienta integral eficaz para la toma de decisiones antes, durante y después de un servicio de reacondicionamiento de pozos que permitirán a la organización ahorrar costos, evitar reprocesos, disminuir la accidentalidad, llevar el control sobre cada una de las actividades y competir al mismo nivel contra las demás herramientas organizacionales que dejan vacíos actualmente en nuestra empresa y que están a la espera de modificaciones y actualizaciones.

## 3.2. EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE WELLMAN PRO.

### 3.2.1 CAMBIO DE BOMBA CON UN EQUIPO DE VARILLEO.

El pozo *CASABE 417* es un pozo productor de petróleo que ha venido declinando su producción desde que fue perforado en el año 1983 a una tasa del 1.33% anual. Durante toda su vida ha producido con un sistema de levantamiento artificial por bombeo mecánico hasta el día de 14 de Agosto 2014 en donde su última lectura de prueba de producción arrojó 48 BOPD. Control de producción realizó un análisis de falla del pozo y dictaminó por medio de un registro Echometer<sup>23</sup> que su problema recaía sobre su bomba ya que se encontraba pegada y su carrera descendente y

<sup>23</sup> Registro Echometer, Herramienta utilizada para dictaminar el fallo de las bombas de subsuelo en levantamientos artificiales por bombeo mecánico. N. de los A.

ascendente se veía comprometida impidiendo que el barril en fondo se llenara de petróleo.

El pozo fue cargado en el reporte de diferida de producción dejándolo disponible para que la Coordinación de Subsuelo realizara la recuperación del activo. Los ingenieros de operaciones de subsuelo procedieron a realizar la evaluación económica del servicio utilizando la herramienta Software WELLMAN PRO para decidir si económicamente es rentable reacondicionar un pozo que tiene una producción promedio relativamente baja y con un índice de intervención de 3 veces por año o en caso contrario fuese mejor abandonar el pozo definitivamente según las normas del ministerio de minas y energías. Se recopilaron los costos que conllevaría esta intervención y se digitaron en el Software. Algunos valores que se tuvieron en cuenta para el calculo de los indicadores fueron: la tarifa diaria de equipo de Varilleo, los costos por movilización, la bomba nueva, la compra de varilla y tubería para remplazar tramos en mal estado de varilla y tubería y algunos accesorios de bombeo mecánico.

La respuesta obtenida por el Software fue positiva, ya que realizar este servicio generaría demasiada rentabilidad con una tasa interna de retorno del 78.9% muy superior al 12% que ECOPETROL S.A exige para desarrollar sus proyectos. La decisión fue intervenir lo más rápido posible el pozo, de tal manera que se recuperaría la producción del pozo y por ende se pagaría la inversión realizada al proyecto. Los resultados se pueden evidenciar en la Tabla 1. En el ANEXO C\_EVALUACION ECONOMICA CBE 417 se puede encontrar en detalle los parámetros utilizados para los cálculos y sus resultados completos.

Tabla 1. Resultados de la evaluacion economica del CBE 417

<b>Función de valoración</b>	<b>Esperado</b>	<b>Unidades</b>
<b>VAN</b>	<b>144208</b>	<b>[ USD ]</b>
<b>VPN</b>	<b>102081</b>	<b>[ USD ]</b>
<b>TIR</b>	<b>78.5</b>	<b>[ % ]</b>
<b>R B/C</b>	<b>3.423</b>	
<b>EFI</b>	<b>2.423</b>	

Realizar una evaluación económica antes de tomar la decisión de intervenir un pozo es una ganancia para las operaciones en la Coordinación de Subsuelo Casabe ya que en la actualidad la empresa no tiene control sobre las operaciones de manera individual por pozo, si no que las finanzas se manejan por paquete a final del mes (ingresos menos egresos) de tal manera que no hay control individual sobre aquellos pozos del OPEX que son malos actores y que están afectando y por ende aumentando

el Lifting Cost del Campo CASABE. Es ahí donde se deben encaminar todos nuestros esfuerzos de tal manera que se utilicen con eficiencia nuestros recursos.

Aprobada la etapa de la evaluación económica del CBE 417, se realizó la entrega del programa de operaciones al COMPANY MAN del equipo.

Figura 19. Pre Spud Meeting del Wellplanning del CBE 417.



El programa de trabajo de WELLMAN PRO contiene el detallado de las operaciones que se realizan en el pozo, adicionalmente se incluyen consideraciones técnicas y de seguridad vitales para el éxito del servicio de reacondicionamiento. En el ANEXO D\_WELL PLANNING CBE 417 CAMBIO DE BOMBA se puede observar el trabajo de ingeniería de subsuelo desarrollado en detalle para esta intervención.

Se realizó una comparación del programa autorizado por Ecopetrol que se descarga de la herramienta OPEN WELLS Vs. el programa detallado integral de WELLMAN PRO evidenciando las diferencias plasmadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Comparación WELLMAN PRO Vs. Open Wells.

CARACTERISTICAS	SOFTWARE	
	WELLMAN PRO	OPEN WELLS
Portada	SI	SI
Firmas de aprobación	SI	NO
Análisis Económico	SI	NO
Detallado de operaciones	SI	NO
Tips Operacionales	SI	NO
Consideraciones HSEQ	SI	NO
Esquema del estado mecánico	SI	NO
Detalles de tubería y varilla	SI	SI
Historia – Información	SI	NO
Lecciones Aprendidas	SI	NO
Complejidad del Software	NO	SI

Los resultados de la intervención al pozo fueron un éxito cumpliéndose dentro de los tiempos planeados de operación, sin exceder los costos programados en el AFE inicial y sin presentarse accidentes incapacitantes, ambientales u operacionales. Además, en la base de datos quedaron las recomendaciones, opciones de mejora y lecciones aprendidas que se presentaron durante el servicio. La inversión que se tenía planeada para este servicio teniendo en cuenta imprevistos era del orden de los USD\$ 42.127 como se puede observar en la Tabla 3.

Tabla 3. Inversion calculada en WELLMAN PRO

Inversión								
Descripción	Cantidad propuesta	Cantidad real	Unidad	Valor unitario actual	Valor unitario real	Costo actual [USD]	Costo real [USD]	
Bomba subsuelo(pcp-bm)	1	0	EA	3321	0	3321	0	
Equipo workover-varilleo	4	0	DÍA	6932	0	27728	0	
Company man	5	0	DÍA	500	0	2500	0	
Tuberfa	150	0	FT	9.5	0	1425	0	
Varilla(continua-conven)	125	0	FT	4.7	0	587.5	0	
Accesorios	1	0	EA	1560	0	1560	0	
Flush by	0	0	HR	0	0	0	0	
Slickline	0	0	HR	0	0	0	0	
Transporte pesado	1	0	GLOBAL	3000	0	3000	0	
	0	0		0	0	0	0	
oper2	0	0		0	0	0	0	
	0	0		0	0	0	0	
						SUB-TOTAL	40121	0
						IMPREVISTOS	2006	0
						TOTAL AFE	42127	0

Comparando los costos reales del servicio, ascendieron por el orden de los \$USD 17.285 (Ver Figura 20) lo que indica, en términos operacionales y de inversión, que la intervención fue un éxito, tanto que el servicio generó mayor rentabilidad de lo originalmente planeado.

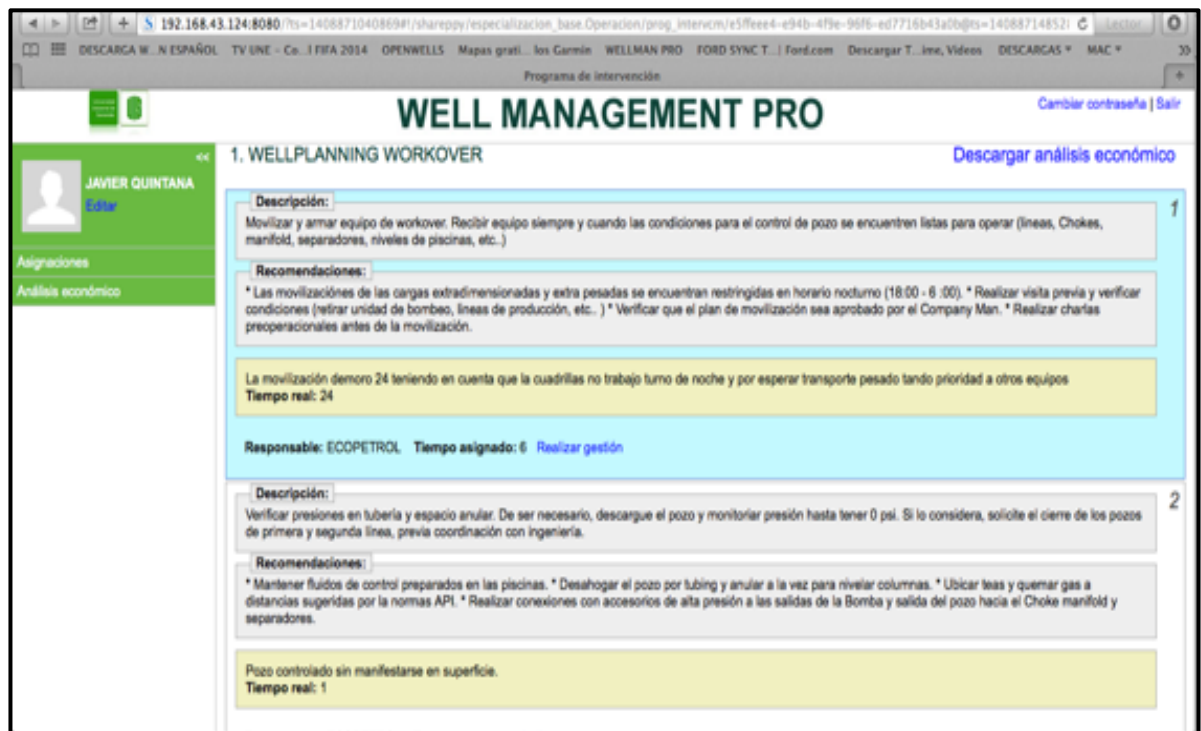
Figura 20. Inversion real del servicio al CASABE 417

Sección Completa <input checked="" type="checkbox"/>	
Objetivo Principal*	MANTENIMIENTO DE EQUIPO DE BOMBEO MECÁNICO (BM)
Fin de Actividades	08/18/2014 12:00
Días Reales (días)	17,285.00
Costos Reales (USD\$)	2.70
Jefe de Pozo*	GERMAN DIAZ HERNANDEZ

Fuente: OPEN WELLS

En la figura 21, se puede evidenciar la gestión realizada por el Company Man en la herramienta Online durante su operación en el pozo. Esta información fue analizada por el ingeniero de operaciones validando desde su oficina que la operación se cumplió si ninguna novedad o bajo circunstancias ya conocidas.

Figura 21. Gestion del Company Man durante el servicio en el CBE 417



### 3.2.2 PESCA DE TUBERIA CON EQUIPO DE WORKOVER.

Aumentando la complejidad de los ejemplos y para llevar al límite la capacidad del software WELLMAN PRO y evaluar su potencial, se decide probar la herramienta online con un trabajo de reacondicionamiento mayor como lo es la pesca de tubería en un sistema de levantamiento PCP.

El pozo *CASABE 1103* es un pozo productor de petróleo perforado el 29 de Abril del 2009. Durante toda su vida ha producido con el apoyo de un sistema de levantamiento artificial por Cavidades Progresivas PCP hasta el día 15 de Diciembre de 2013 cuando se presenta en el variador de superficie un aumento de presión a la entrada y salida de la bomba en fondo dejando el pozo inactivo. El pozo producía 50 BOPD y el dictamen expuesto por control de producción es de limpieza de arena con

posible pesca de tubería y queda disponible para intervención con equipo de Workover a partir de la fecha.

Una vez fue asignado el servicio a la Coordinación de Subsuelo, se procedió a digitar la información técnica del pozo al software WELMAN PRO. Los resultados de la evaluación económica de acuerdo a la interpretación de la información en la herramienta informática se observa en la Tabla 4. El análisis completo se encuentra detallado en el ANEXO E\_EVALUACION ECONOMICA CBE 1103.

Tabla 4. Resultados de la evaluación económica del CBE 1103

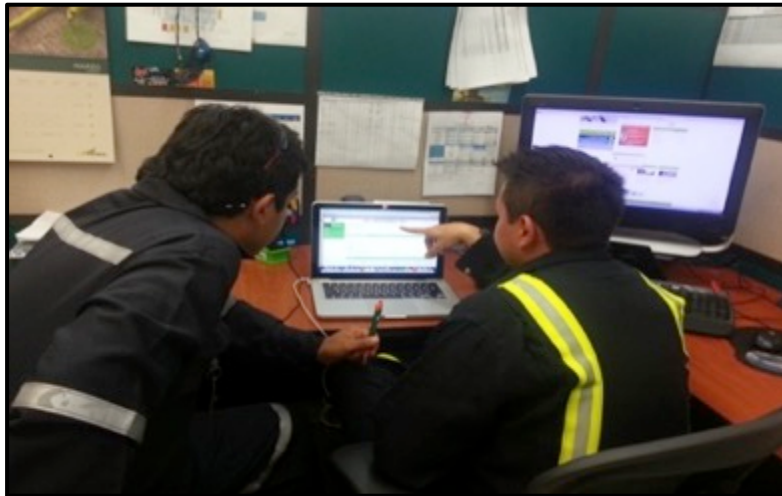
Resultados		
Función de valoración	Esperado	Unidades
VAN	254942	[ USD ]
VPN	13579	[ USD ]
TIR	13.8	[ % ]
R B/C	1.056	
EFI	0.056	

Como se puede observar en la figura anterior, los resultados obtenidos superan en un 1.8% la tasa interna de retorno comparado con la tasa pactada por ECOPETROL S.A. para avalar proyectos que es del 12%. Este porcentaje obtenido es relativamente bajo y tiene un margen crítico de error el cual requiere de seguimiento. Debido a esto, fue necesario llevar un control diario estricto sobre las actividades para evitar que la inversión superara los USD \$ 241.636 planeados originalmente (Ver ANEXO E \_ EVALUACION ECONOMICA CBE 1103) y fuese necesario en algún momento suspender la actividad para que el proyecto fuese económicamente rentable de desarrollar.

Este programa de trabajo fue asignado al Company Man del equipo de Workover FRANK-4 # 4120 de ECOPETROL S.A. La primera impresión del Company Man fue la de recibir con agrado el Well Planning y resaltó el modo de presentación y la manera en que se encontraba la redacción del detallado de las operaciones comparándolo con el programa de intervención oficial que entrega la herramienta Open Wells el cual le hacia falta información primordial. (Ver ANEXO F\_WELLPLANNING CBE 1103 PESCA DE TUBERIA)

El primer paso fue mostrar la plataforma virtual de la herramienta con la cual va a interactuar el Company Man en su tráiler oficina en pozo y entregarle el manual del usuario. Así mismo, se le asignó una cuenta de usuario y contraseña con la cual ingresaría al sistema y de esta manera observar el Well Planning que se le estableció para esta actividad y posteriores.

Figura 22. Pre Spud Meeting del Well Planning del CBE 1103



Durante el servicio de reacondicionamiento se presentaron contingencias que no se habían incluido en la planeación inicial y que aumentaron el costo de la inversión provocando que no fuese rentable finalizar el servicio de reacondicionamiento. Es de reconocer que el software predijo cuantos días de servicio y el costo de la inversión que se podían asumir sin generar perdidas generando valor en la coordinación de subsuelo ya que no se contaba con esta herramienta para aprobar la viabilidad de realizar una intervención a un pozo y de esta manera tener las herramientas suficientes y los fundamentos para discutir con la línea de ingeniería y producción el abandono o éxito de un servicio de reacondicionamiento.

Las contingencias y novedades operacionales que no se tenían planeadas, fueron plasmadas en el software WELLMAN PRO por el Company Man en la fase de gestión de su pozo y se pueden evidenciar en la figura 23.

Figura 23. Gestion del Company Man durante el servicio en el CBE 1103

<p><b>Recomendaciones:</b></p> <p>* Realizar movimientos prudentes durante el Pulling de la tubería, evitar sacudidas durante la desconexión de las pegas mientras viaja la tubería a superficie. * Una vez salga el pescador de tubería a superficie con el pescado agarrado, instale un collarín inmediatamente para evitar que se vaya a caer nuevamente el pescado. * Verificar las condiciones de la bomba que salio y reportar a ingeniería de Campo para realizar dictamen del daño o condiciones del pozo. * Una vez la bomba PCP se encuentre en superficie, debe ser enviada al Banco de Pruebas de la empresa de servicios para revisar el estado del elástomero. * * Sacar la tubería a una velocidad promedio de 800 pies/hora de tal manera que no se estimule el pozo por suabeo. * Si hay empaques o camisas cerradas en la sarta de tubería, se deberá garantizar el pozo lleno de tal manera que cuando se desasiente el empaque o se abra la camisa no se presente infuljos por presiones guardadas o desbalances del pozo. * Realizar calculos volumetricos y mantener el pozo lleno mientras se esta sacando la tubería, de esta manera se mantiene el pozo controlado. Se deberá observar que el pozo este controlado en todo momento. Llevar hoja de viaje para calculo de desplazamientos. * Evitar que la tubería sea golpeada por caídas o golpes con macho. * El seattng nipple N-11 debe ser revisado y cambiado si se encuentra rayado.</p>
<p>Se complico la operación de pesca dada las condiciones del pozo: 72 Hrs perdidas por cuadrillas no programadas los domingos. 480 hrs Limpiando pescado y bajando a pescar. 15 hrs por lluvia</p> <p><b>Tiempo real:</b></p>
<p><b>Responsable:</b> ECOPETROL <b>Tiempo asignado:</b> 12 <a href="#">Realizar gestión</a></p>
<p><b>Descripción:</b></p> <p>Una vez retirado el conjunto de producción. Movilizar unidad de Slickline e instalar equipo. Levantar sistema de lubricadores. Armar Catcher y bajar a medir fondo dentro del revestimiento. Reportar medida de fondo a Ingeniería. Consultar cual es el método de limpieza a utilizar.</p>
<p><b>Recomendaciones:</b></p> <p>* Dependiendo del porcentaje de arenamiento de los perforados se tomara la decisión de limpiar o no el pozo. * La empresa de servicio debe llevar diligenciado el analisis de riesgos de su operación y divulgarlo en la charla preoperacional para autorizar el permiso de trabajo.</p>
<p>Midio fondo con Sandline evidenciando 860 ft por lavar.</p> <p><b>Tiempo real:</b> 3</p>

En resumen, los errores más comunes evidenciados en WELLMAN PRO durante los 15 días de servicio antes de abandonar temporalmente el servicio fueron los siguientes:

- Intervención realizada durante la temporada de lluvia con presencia de tormenta eléctrica que aumentaban los NPT's (tiempos no productivos) en el equipo.
- Intervención realizada con un equipo directo de ECOPETROL S.A. los cuales no trabajan los fines de semana por cuestiones de la convención colectiva de trabajo.
- Suministro de agua industrial insuficiente para la limpieza del "Pescado", obligando a disminuir tasas de bombeo y avances en la operación.
- Daños mecánicos sobre los pistones de la bomba Triplex ya que se encontraba succionando suciedad que caía sobre la piscina.
- Complicación de la maniobra de pesca por el tamaño del grano de arena que impedía agarrar el pescado.

Luego de una reunión entre los departamentos de Ingeniería, el departamento de producción y operaciones de subsuelo, se decide continuar con el programa de reacondicionamiento inicialmente planteado, realizando un control de cambios y modificando el AFE adicionando \$USD 200.000 a la inversión para culminar, ya que el pozo productor se encuentra dentro de un patrón de 5 puntos en un modelo de inyección de alto caudal y seria mas el daño que se produciría en el yacimiento en

general si se abandonara, produciendo canalizaciones e influjos de lodo en pozos vecinos.

Tanto la evaluación económica como la gestión y recomendaciones realizadas por el Company Man en el software WELLMAN PRO fueron soluciones con criterio y fundamentos para tomar decisiones sobre el futuro del CBE 1103 que conllevan al beneficio del bloque 7 del Campo CASABE.

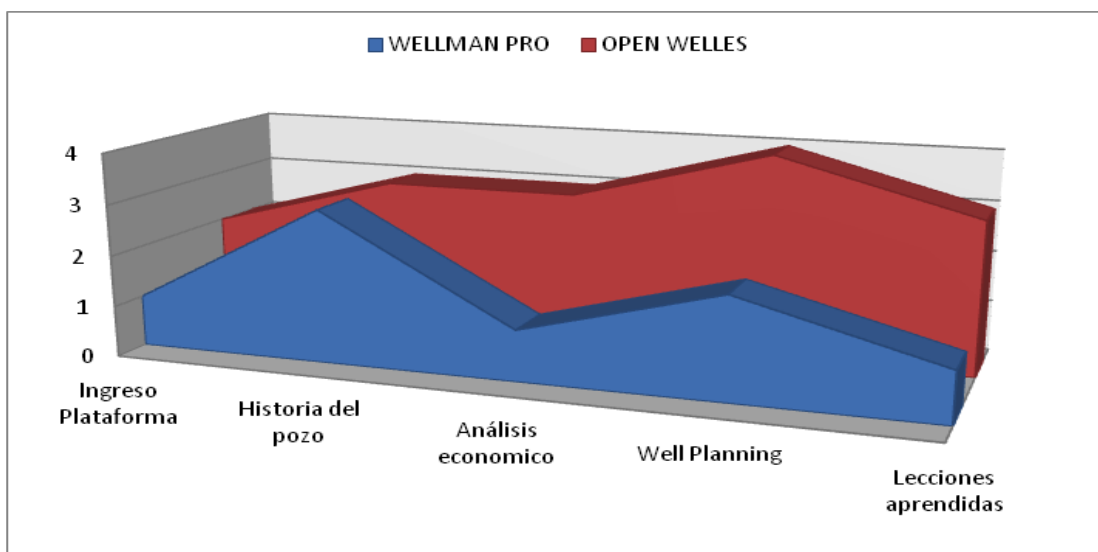
#### 4. EVALUACION DE LA HERRAMIENTA INFORMATICA WELLMAN PRO

Una vez implementada en Campo la herramienta informática WELLMAN PRO, se hace necesario, evaluar las capacidades y opciones de mejora que presenta el software, de tal manera que se logre identificar el efecto que tiene sobre nuestras actividades diarias y la ganancia que ofrece sobre las operaciones en la coordinación de subsuelo. Para ello, se evaluarán 5 aspectos, entre los cuales se encuentran: los tiempos de planeación y procesamiento de la información, la calidad de los resultados, el grado de sinergia de la herramienta con los usuarios, la valoración del software y por último las recomendaciones por mejorar a futuro.

##### 4.1. TIEMPOS DE PLANEACION Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION.

Como se puede evidenciar en la gráfica 6, planear una operación de reacondicionamiento de pozo mediante el Software WELLMAN PRO requiere de un tiempo menor de estudio, se puede evidenciar una disminución del 50% en tiempo de interacción con la plataforma informática, comparado con la planeación mediante el Software organizacional OPEN WELLS, esta última, una herramienta muy completa y con años de estudio ingenieril, sin embargo, es lenta, no es práctica y aterrizada a las operaciones de Workover y Varilleo como lo es WELLMAN PRO para el Campo Casabe. La información para la elaboración de las graficas fue obtenida del estudio realizado en el capítulo 3 sobre la ejecución de los 2 ejemplos de intervención a pozo con WELLMAN PRO.

Grafica 6. Duración de la planeación de WELLMAN PRO Vs. OPEN WELLS



Del estudio se pudo comprobar que para elaborar un programa de operaciones es necesario de 3 días de trabajo de un ingeniero de operaciones de la coordinación de subsuelo dedicando 5 horas diarias de las 15 horas requeridas para la elaboración de un solo programa con calidad. Ahora, se debe contar con suerte para que la persona programada y calificada para elaborar los programas y cargarlo a OPEN WELLS se encuentre disponible en el Campo y no se encuentre desempeñando funciones adicionales a las de su cargo.

Por el contrario, WELLMAN PRO requiere únicamente de 8 horas para desarrollar un programa de intervención a pozo de calidad, sin importar cual ingeniero lo elabore, ya que el Software es de interacción fácil y con las rutinas de trabajo elaboradas y guardadas previamente en su base de datos.

Según el análisis de la figura previa, las mayores diferencias de tiempos se pueden evidenciar en la Tabla 5.

Tabla 5. Diferencias entre WELLMAN PRO Vs. OPEN WELLS.

CARACTERISTICAS	DIFERENCIAS	
	WELLMAN PRO	OPEN WELLS
Ingreso a la plataforma	Programación simple en Java	Programación robusta y compleja
Historia del pozo	Obtenida de Open Wells	Obtenida de Open Wells
Análisis Económico	Formato elaborado y de fácil manipulación e interpretación.	Realizada mediante hojas de cálculo en Excel, sin formato fijo.
Well Planning	Programas detallados incluidos en el Software	A merced del Ingeniero de turno sin experiencia para la elaboración.
Lecciones aprendidas	Interacción directa Software - Usuario en cualquier momento (mediante dispositivos móviles)	Realizado mediante hojas de Word y adjuntadas al Software.

## 4.2. CALIDAD DE LA INFORMACION

En la actualidad, ECOPETROL S.A. se encuentra ajustando su estructura operacional como un plan de choque debido a la alta accidentalidad y la caída de producción en todos sus Campos del país. Es por ello, que surge el trabajo por procesos, donde se ve en la necesidad de actualizar y mejorar los procedimientos operacionales mas críticos de la organización.

Sin embargo, a nivel de las operaciones de subsuelo, no se ha realizado ningún esfuerzo por mejorar los programas de intervención a pozo mediante una herramienta que integre los costos operacionales, la seguridad de las operaciones, el éxito de un trabajo con calidad y asegurar las lecciones aprendidas. WELLMAN PRO reúne cada una de las carencias descritas anteriormente y es momento de implementar el software como apoyo al cambio organizacional que ECOPETROL S.A. esta proponiendo.

En la Tabla 6, se observa el impacto de WELLMAN PRO a las operaciones de reacondicionamiento de pozos.

Tabla 6. Impacto de WELLMAN PRO

CARACTERÍSTICAS	IMPACTO DE WELLMAN PRO	
	ANTES	DESPUÉS
Análisis Económico	NO EVIDENCIA	NUEVO
Well Planning	SI – SIMPLE	SI-DETALLADO
Lecciones aprendidas	NO EVIDENCIA	NUEVO
Estado mecánico	NO EVIDENCIA	NUEVO

Las observaciones relacionadas en temas de calidad recibidas por los usuarios en un ambiente comparativo entre la metodología actual en Campo con la ingeniería integral aplicada a través de un software online fueron totalmente positivas. A continuación se mencionan cada una de las bondades que se evidenciaron al interactuar con el software WELLMAN PRO:

- Los programas se entregan firmados por cada uno de los ingenieros que interactúan en el proceso, lo que refleja la seriedad y el compromiso de las partes.

- La herramienta informática se encuentra en la red, por lo tanto, la interacción con el software a través de los dispositivos móviles es perfecta para evitar el conocido “papeleo” y tener información relevante a la mano para la toma de decisiones.
- El análisis económico para decidir si es económicamente rentable una operación de reacondicionamiento es vital para asegurar el éxito de la compañía en cuanto a flujos de dinero.
- El paso a paso detallado de las actividades en el programa de trabajo es aterrizado y efectivo ya que se encuentra elaborado por ingenieros del departamento que tienen el conocimiento y la experiencia para decidir el éxito del servicio.
- El control del tiempo según lo planeado con lo ejecutado permite a los Company Man tener una referencia para no salirse de los lineamientos y protocolos para que de esta manera se cumpla con el objetivo.
- Dado que el Software WELLMAN PRO se ejecuta en tiempo real, los ingenieros de operaciones pueden consultar y controlar en cualquier momento el estado de la operación y corregir en caso de presentarse desviaciones según lo planeado.
- El diagrama de estado mecánico entregado en el Well Planning es una ayuda visual fundamental para el análisis de las operaciones de reacondicionamiento.
- Entre los entregables finales del Company Man se encuentra las observaciones y recomendaciones finales. Este espacio es vital para almacenar una base de datos del comportamiento particular del pozo de tal manera que a futuro que no se cometan los mismos errores y se optimicen los tiempos del reacondicionamiento.
- Durante la elaboración del programa se incluyen consideraciones HSEQ, allí se encuentran los estándares a cumplir y la normatividad que rige en el Campo.
- El análisis final de costos realizado por el Company Man puede definir si la intervención esta acorde con lo planeado y evidenciar errores operacionales que antes no se controlaban o ser mas eficientes en el uso de los recursos.
- Las recomendaciones o tips que se encuentran en cada secuencia operacional son acertadas y contribuyeron al éxito de la operación sin incidentes.

- El programa cuenta con información valiosa sobre el estado mecánico actual y el estado mecánico propuesto del pozo, información que es confusa en el sistema de trabajo anterior y muy clara para WELLMAN PRO.

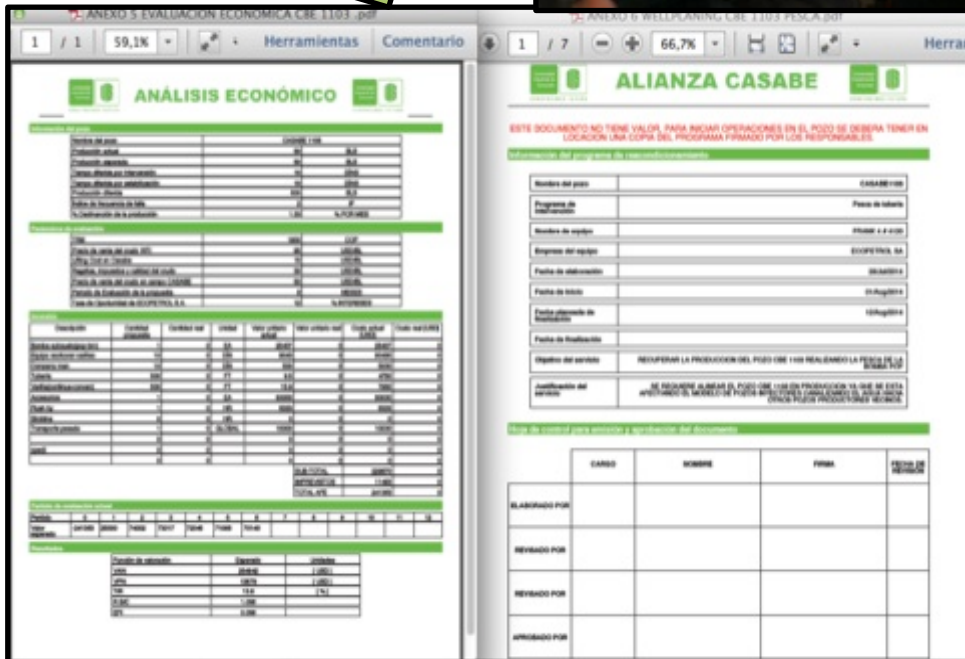
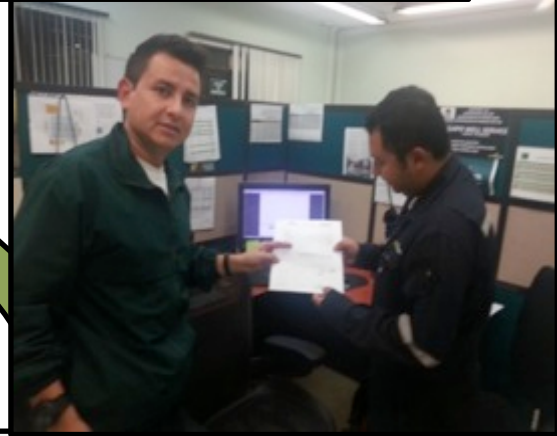
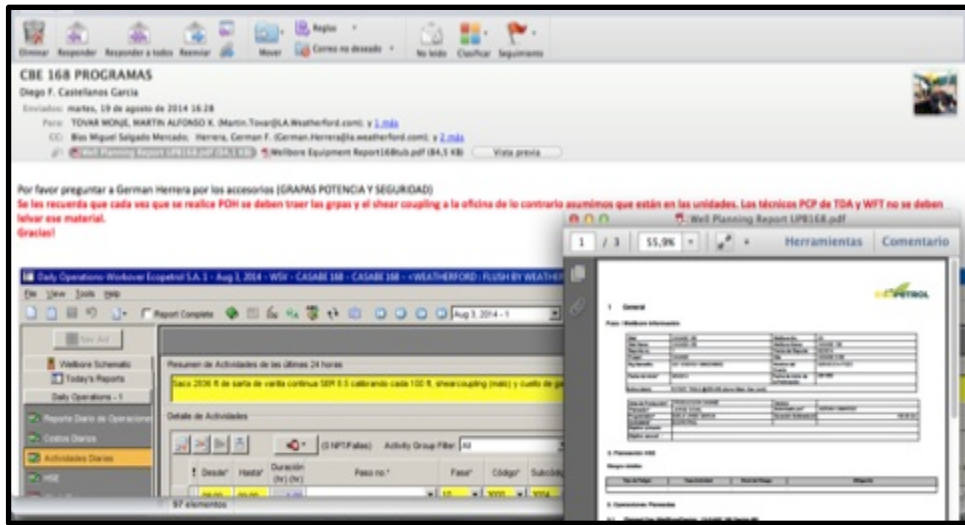
#### **4.3. GRADO DE SINERGIA ENTRE LOS USUARIOS**

El éxito en las grandes organizaciones se encuentra en la continua interacción entre los equipos de trabajo y el funcionar por procesos. Hoy en día, esta totalmente confirmado que si las áreas no se encuentran unidas los resultados finales no serán exitosos ya que durante la ejecución se encontraran vacíos que no fueron controlados ni contemplados en la planeación afectando el objetivo inicial de los proyectos.

En la coordinación de subsuelo del Campo CASABE, los programas operacionales de intervención a pozo eran entregados a los Company Man a través de medios electrónicos sin pasar por previa aprobación de las diferentes áreas del proceso, como lo son el departamento de producción, el departamento de ingeniería y el coordinador de subsuelo, de tal manera que no hay un eficiente control y seguimiento a los servicios de subsuelo y dejando controversias con secuencias operacionales que podrían ser entendidos de diferentes maneras por las partes.

WELLMAN PRO ha revolucionado este proceso a tal punto que los COMPANY MAN reciben un Well Planning de operaciones previamente revisado, firmado y aprobado por los coordinadores de cada una de las áreas involucradas, dándose por enterados del tipo de servicio, su alcance y plasmadas las recomendaciones a lo planteado originalmente, permitiendo realizar modificaciones o controles de cambio a tiempo antes de cometer errores durante su ejecución. De esta manera, este nuevo procedimiento ha permitido mantener el control y asegurar el proceso de principio a fin. En la Figura 24, se puede observar cual es el nuevo procedimiento.

Figura 24. Migración al nuevo del procedimiento para entrega de Well Planning según WELLMAN PRO



#### 4.4. VALORACION DE LOS USUARIOS

Con el fin de conocer las opiniones y el impacto del software WELLMAN PRO sobre los usuarios, se realizó una encuesta en la cual se evaluaron temas neurálgicos que permitieran conocer las preferencias o los inconvenientes que se presentaban con el sistema antiguo comparándose con el uso del nuevo Software. De los resultados obtenidos, se realizó un análisis para tomar decisiones de fondo y de esta manera diseñar nuevas estrategias para tratarlas con prioridad y tapar los vacíos que entorpecen la operación. Para valorar el nivel de utilización y aceptación de la solución, se realizó un cuestionario de preguntas a 10 usuarios, escogidos de diferentes áreas del negocio, que interactuaron durante este estudio con la herramienta WELLMAN PRO. La muestra de personas fue escogida a partir de representantes en general de la coordinación de subsuelo, en donde su experiencia variaba entre los 2 hasta los 25 años de trabajo en la industria.

Los encuestados se distribuyeron de la siguiente manera: 2 supervisores directos de ECOPETROL S.A, 2 ingenieros de subsuelo, 5 ingenieros Company Man y 1 técnico de soporte Open Wells. La encuesta constó de 5 preguntas con respuestas en escalas así: 0 a 3 Nivel bajo; 3 a 7 Nivel medio; 8 a 10 Nivel alto. En el ANEXO G\_FORMATO Y RESULTADOS DE ENCUESTA, se presentan los formatos de encuestas diligenciados como soporte a este estudio. En resumen, los resultados se encuentran en la tabla 7.

Tabla 7. Resumen de la encuesta de servicio de WELLMAN PRO

CUESTIONARIO	CALIFICACION		
	0 A 3	4 A 7	8 A 10
	NIVEL BAJO	NIVEL MEDIO	NIVEL ALTO
¿La utilización del Software WELLMAN PRO, aporta información relevante a su actividad de planificación y logística, previo a un servicio de Workover?			10
¿Cómo califica el control diario de los tiempos y costos Planeados VS. Ejecutados?	1	1	8
¿Usted considera que el software permite una trazabilidad de las lecciones aprendidas y las oportunidades de mejora?		2	8
¿El análisis económico que desarrolla el software y sus resultados, son datos importantes a la hora de definir la continuidad del servicio de Workover?		1	9
¿El software satisface sus requerimientos de manejo de operaciones diarias de Workover?			10

Como se puede apreciar en los resultados de las encuestas, el nivel de utilización y aceptación se encuentra en nivel alto, sin embargo aún hay varios aspectos que se pueden mejorar.

#### **4.5. RECOMENDACIONES PARA PROXIMAS ACTUALIZACIONES**

Teniendo en cuenta las recomendaciones realizadas por los usuarios y algunas opciones de mejora evidenciadas en el Software por falta de recursos y materiales en su momento, se consideran los siguientes aspectos para actualizar la herramienta informática en su próxima versión 2.0:

- Aumento de la capacidad de almacenamiento de información en la red para mantener bases de datos robustas adquiriendo un espacio cibernético.
- Realizar iteraciones en la evaluación económica a través de tablas dinámicas para permitir interactuar con la herramienta haciendo llegar hasta el límite la máxima inversión para que un proyecto sea rentable ejecutar.
- Almacenar en bases de datos los valores unitarios de los costos de cada uno de los contratos vigentes con la coordinación de subsuelo para conocer exactamente la inversión a planear y ejecutar.
- Entregar gráficos finales comparativos entre tiempos planeados Vs. tiempos reales, lo mismo para los costos planeados Vs. los ejecutados.
- Realizar un detallado hora a hora de las actividades diarias ejecutadas siguiendo el Well Planning entregado de WELLMAN PRO.
- Optimización: realizar mejoras visuales de detalle en la estructura de desarrollo y funcionamiento de la aplicación.

Teniendo en cuenta lo anterior, los retos a futuro del Software WELLMAN PRO se pueden ver resumidos en la figura 25.

Figura 25. Retos a futuro para WELLMAN PRO



## 5. CONCLUSIONES

1. WELLMAN PRO propone una metodología enfocada en la gestión por procesos cuyo producto es una herramienta informática, que permite reducir tiempos y costos operacionales de las actividades de Workover, generando valor al momento de decidir si el proyecto de intervención a un pozo es económicamente rentable y operacionalmente viable para ECOPETROL S.A. en el Campo Casabe, asegurando mayor posibilidad de éxito volumétrico y mecánico.
2. El Software permite diseñar y ejecutar programas de intervención a pozos, con información relevante y detallada, sustentada en la experiencia y lecciones aprendidas del Campo, realizando un seguimiento detallado antes, durante y después del servicio a pozo, fortaleciendo el mejoramiento continuo de las operaciones.
3. WELLMAN PRO es una solución integral de gerenciamiento de las operaciones de reacondicionamiento de pozos, la cual disminuye la incertidumbre previo a la ejecución de actividades de Workover, realizando un análisis económico, seleccionando la mejor opción de intervención a un pozo, dentro de un marco de referencia comparativa, priorizando la relación costo-beneficio y optimizando el uso de los recursos.
4. WELLMAN PRO es una herramienta informática, elaborada en un lenguaje de fácil programación que permite generar ingeniería básica, ya que el software online permite asegurar resultados por medio de entregables finales, disminuir la falta de disciplina organizacional y eliminar los planes de choque, buscando trabajar por procesos asegurando una planeación eficiente, donde la interacción con el usuario es ágil y focalizada a las operaciones de Workover en el Campo Casabe.
5. Esta herramienta informática propone un seguimiento a las lecciones aprendidas y a los sucesos de HSEQ ocurridos durante la ejecución de los trabajos de Workover, de cuyo análisis y trazabilidad surgirán medidas de prevención que serán el insumo de futuros servicios dentro de la gestión de procesos que es la esencia de este estudio.

## **6. RECOMENDACIONES**

- 1.** Teniendo en cuenta que la herramienta oficial de ECOPETROL S.A., para la elaboración de programas de reacondicionamiento de pozos es OpenWells, se requiere continuar realizando demostraciones de trabajos en Campo, en conjunto con capacitaciones a la población objetivo, que permitan consolidar la propuesta motivo de este estudio.
- 2.** Debido a la cantidad de pozos que pueden ser objeto de intervención en el Campo Casabe, si esta herramienta logra mantener su dinámica de desarrollo, es necesario utilizar servidores y administradores de base de datos de mayor capacidad y velocidad de procesamiento de tal manera que la herramienta no presente inconvenientes en su ejecución.
- 3.** La herramienta software, motivo de este estudio, se debe acceder a través de la plataforma virtual de Share Point de ECOPETROL S.A. para evitar bases de datos múltiples por usuario y protección de la información.

## BIBLIOGRAFÍA

**E. AGUIRRE, Y. VIVAS.** Libro de Completación de Pozos. [www.monograficas.com](http://www.monograficas.com). 2007.

**ECOPETROL S.A.,** Manual de operaciones de reacondicionamiento de pozos. Versión 2012 y 2003.

**ECOPETROL S.A, SCHLUMBERGER,** Contrato de servicios y colaboración técnica, 2004.

**J. D. CLEGG.** Recommendations and Comparisons for selecting Artificial lift Methods 68”Neely, A. B. et all “Selection of Artificial lift methods” paper SPE 10337. 1992.

**NETZSCH.** Entrenamiento para Bombas de Cavidades Progresivas. 2008

**NTC ENERGY GROUP.** Programa integral para el cierre acelerado de Brechas. Capitulo MyS. Marzo 2011.

**O. AGUDELO (ECOPETROL), M. AMAYA (ECOPETROL), G. NÚÑEZ (SCHLUMBERGER), J. HERNÁNDEZ (SCHLUMBERGER), N. HERNÁNDEZ (ECOPETROL).** Implementación de completamientos de inyección selectiva en un Campo maduro. ACIPET 2011.

**SCHLUMBERGER.** Control de pozos: Operaciones de Rehabilitación. 2010.

**UNIORIENTE.** Operación básicas para cuñeros de perforación y Workover. ITP 2008.

## **ANEXOS**

**Anexo A.** OPERACIONES DE REACONDICIONAMIENTO DE POZOS.

**Anexo B.** MANUAL DEL USUARIO DE WELLMAN PRO.

**Anexo C.** EVALUACION ECONOMICA CBE 417.

**Anexo D.** WELLPLANNING CBE 417 CAMBIO DE BOMBA.

**Anexo E.** EVALUACION ECONOMICA CBE 1103.

**Anexo F.** WELLPLANNING CBE 1103 PESCA DE TUBERIA.

**Anexo G.** FORMATO Y RESULTADOS DE ENCUESTA.