

**REDISEÑO E IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA PARA EL  
MEJORAMIENTO DE COSTOS DE SUBSUELO EN LA SUPERINTENDENCIA  
DE MARES (SOM) DE LA GERENCIA REGIONAL MAGDALENA MEDIO (GRM)  
DE LA VICEPRESIDENCIA DE PRODUCCIÓN (VPR) DE ECOPETROL.**

**NÉSTOR ARTURO GÓMEZ GARZÓN**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
MAGISTER EN GERENCIA DE NEGOCIOS  
BUCARAMANGA**

**2015**

**REDISEÑO E IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA PARA EL  
MEJORAMIENTO DE COSTOS DE SUBSUELO EN LA SUPERINTENDENCIA  
DE MARES (SOM) DE LA GERENCIA REGIONAL MAGDALENA MEDIO (GRM)  
DE LA VICEPRESIDENCIA DE PRODUCCIÓN (VPR) DE ECOPETROL.**

**NÉSTOR ARTURO GÓMEZ GARZÓN**

**Trabajo de grado para optar el título de Magister en Gerencia de Negocios**

**Director:  
LUZ STELLA RUEDA CADENA  
Ingeniera Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
MAGISTER EN GERENCIA DE NEGOCIOS  
BUCARAMANGA  
2015**

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	14
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GENERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. MARCO DE REFERENCIA	18
3.1 MARCO DE ANTECEDENTES	18
3.2 MARCO TEÓRICO	20
4. DESARROLLO	25
4.1 REVISION DE LA METODOLOGÍA ACTUAL Y EVALUACION DE SU FUNCIONALIDAD Y CAPACIDAD DE RESPUESTA A LOS RETOS DE MEJORAMIENTO DE COSTOS	25
4.2 CONSTRUCCIÓN DE LA BASE CONCEPTUAL Y TÉCNICA QUE SOPORTA LA METODOLOGIA PARA EL MEJORAMIENTO DE COSTOS	32
4.3 DIVULGACION DE LA METODOLOGÍA REDISEÑADA JUNTO CON LA OPERATIVIZACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA MISMA.	57
4.4 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA, CON LAS RESPECTIVAS FASES DE SEGUIMIENTO, EVALUACIÓN DE RESULTADOS, AJUSTES Y MEJORA.	58
5. RESULTADOS	89

BIBLIOGRAFÍA

91

ANEXOS

93

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Evolución de incorporación de reservas de crudo y gas	14
Figura 2. Evolución (Real + Proyección) de intervenciones a pozos	16
Figura 3. Estructura de costos operativos	18
Figura 4. Histórico de costos de subsuelo	29
Figura 5. Registro de los 5 por Qué	35
Figura 6. Registro de los 5 por Qué - Complemento	37
Figura 7. Concepto Espina de Pescado	39
Figura 8. Esquema Espina de Pescado	39
Figura 9. Formato para Lecciones Aprendidas	43
Figura 10. Formato para Mejores Prácticas	45
Figura 11. Matriz de Priorización	51
Figura 12. Ejercicio 1 Espina de Pescado	61
Figura 13. Ejercicio 2 Espina de Pescado	62
Figura 14. Ejercicio 3 Espina de Pescado	63
Figura 15. Ejercicio 4 Espina de Pescado	63
Figura 16. Ejercicio Evaluación Económica Parte 1	78
Figura 17. Ejercicio Evaluación Económica Parte 2	78
Figura 18. Ejercicio Evaluación Económica Parte 3	79
Figura 19. Ejercicio Evaluación Económica Parte 4	80
Figura 20. Propuesta de la Idea de Optimización	84
Figura 21. Evaluación Preliminar	84
Figura 22. Evaluación Preliminar	85
Figura 23. Informe Final de Resultados	87

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Puntaje Pérdida de Producción	52
Tabla 2. Puntaje Duración del Proyecto	52
Tabla 3. Puntaje Probabilidad de Éxito	53
Tabla 4. Puntaje Disponibilidad de Personal	54
Tabla 5. Puntaje Presupuesto del Proyecto	54
Tabla 6. Puntaje Reducción del Costo	55
Tabla 7. Puntaje Complejidad del Proyecto	56
Tabla 8. Puntaje Seguridad del Proyecto	56
Tabla 9. Puntaje Medio Ambiente	57
Tabla 10. Lista de Ideas Candidatas a Implementar	60
Tabla 11. Ejercicio Matriz de Priorización Parte 1	81
Tabla 12. Ejercicio Matriz de Priorización Parte 2	81

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. formato para la justificación de intervención de pozo	93
Anexo B Plan de trabajo	94

## RESUMEN

**TITULO:** REDISEÑO E IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA PARA EL MEJORAMIENTO DE COSTOS DE SUBSUELO EN LA SUPERINTENDENCIA DE MARES (SOM) DE LA GERENCIA REGIONAL MAGDALEÑA MEDIO (GRM) DE LA VICEPRESIDENCIA DE PRODUCCIÓN (VPR) DE ECOPETROL.

**AUTOR:** NÉSTOR ARTURO GÓMEZ GARZÓN\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Mejoramiento de costos de subsuelo, metodología para asignación eficiente de recursos, piloto de mejoramiento de costos

### DESCRIPCION:

El mejoramiento de los costos de subsuelo es uno de los propósitos más relevantes en el control de los costos operacionales en la actividad petrolera. Las actividades relacionadas con el mantenimiento de subsuelo son de las más importantes en el proceso productivo y de las que más recursos requieren, de ahí la importancia de su control para viabilizar la economía y rentabilidad del mismo.

La metodología que se presenta busca facilitar la identificación de oportunidades de mejora y la definición de planes de acción, así como orientar la asignación eficiente de recursos para maximizar los resultados económicos, sobre la base de aumentar producción con menores costos. Para esto, la metodología permitirá, mediante la aplicación de varias técnicas, priorizar los problemas de subsuelo a atender, evaluar los beneficios económicos a obtener, definir los planes de acción a ejecutar y dinamizar su ejecución, seguimiento y control.

Con el propósito de hacer operativa esta metodología, en el presente trabajo se muestran los resultados de un piloto implementado, en cuyo desarrollo se recurrió a la información histórica, las experiencias acumuladas por el personal de subsuelo y al soporte teórico necesario. Del análisis histórico se generó una base de información con problemas de subsuelo a resolver, indicando aspectos técnicos y económicos de cada uno; de las experiencias acumuladas se obtuvo una base documental muy importante sobre lecciones aprendidas, mejores prácticas y análisis de causa raíz; y a partir de los aportes teóricos se llegó a un soporte documental compuesto de formatos y procedimientos para evaluar económicamente las opciones, como apoyo a la metodología y a la toma de decisiones.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de ingenierías fisicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Maestría en gerencia de Negocios Luz Stella Rueda

## ABSTRACT

**TITLE:** REDESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE METHODOLOGY FOR IMPROVING COST SUBSOIL IN THE SUPERINTENDENCIA DE MARES (SOM) DE LA GERENCIA REGIONAL MAGDALENA MEDIO (GRM) OF THE ECOPETROL'S PRODUCTION VICEPRESIDENCE (VPR).

**AUTHOR:** NÉSTOR ARTURO GÓMEZ GARZÓN\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Improved subsoil costs, methodology for efficient allocation of resources, cost improvement pilot.

### DESCRIPCION:

Improving subsoil costs is one of the most important in the control of operating costs in the oil industry purposes. The activities related to the maintenance of subsoil are the most important in the production process and require more resources, hence the importance of controlling the economy and to make possible return of the same.

This proposal seeks to redesign the methodology to identify action plans and opportunities for improvement and the efficient allocation of resources to maximize economic performance based on increased production at lower costs. For this, the methodology will allow, through the application of various techniques to identify the main causes of cost overruns, evaluate actions to execute, evaluate the economic benefits, prioritize action plans and streamline their implementation, monitoring and control.

From great knowledge among experts that run subsoil maintenance activity, a theoretical and conceptual (best practices, lessons learned) will be consolidated basis, a tool for cost-benefit analysis is established, the operation will define the methodology so as to ensure continuous updating and a pilot implementation that will consolidate the operations of the same run. This main result to achieve improved operating costs and a tool to improve strategic planning and obtaining financial results that ensure the economic viability of the oil operation.

---

\* Degree work

\*\* Faculty of physico-mechanical engineering. School of Industrial and Business Studies. Master in Business Management Directora Luz Stella Rueda

## INTRODUCCIÓN

La operación de los campos petroleros en la Superintendencia De Mares (SOM) de la Gerencia Regional Magdalena Medio (GRM) afronta permanentes retos basados en producir hidrocarburos con eficiencia, es decir con una adecuada utilización de los recursos de que disponen, entre los cuales el más importante es el recurso dinero. La viabilidad del negocio radica en producir con bajos costos operativos, permitiendo así márgenes atractivos y sostenibles, pues de lo contrario se llegan a situaciones económicas que obligan al cierre de los campos.

Para lograr lo anterior, la asignación eficiente de los recursos es fundamental, más si se tiene en cuenta que el petróleo es un recurso natural no renovable. Dentro de los procesos y actividades en la cadena de valor de la industria, uno de los principales actores que genera sobrecostos y requiere de mucho control es el mantenimiento de subsuelo. Dada su íntima relación con el proceso extractivo es objeto de permanente análisis, medición y mejora con participación del personal más experto del negocio.

Dadas las circunstancias y con el propósito de que los esfuerzos, experiencias, prácticas y conocimientos adquiridos en la SOM, sean aplicadas de la mejor manera y conlleven a generar procesos costo-eficientes y sostenibles en el tiempo para todos sus campos petroleros, se hace necesario contar con una metodología estructurada.

Con la metodología rediseñada que aquí se presenta, se buscará tener una mejor base para formular planes de acción que conlleven al uso eficiente de los recursos, maximizando la eficiencia y los resultados en materia operativa y económica.

Esta metodología rediseñada permitirá, a partir de una priorización de trabajos de subsuelo a desarrollar, identificar las acciones más beneficiosas en términos productivos (más barriles nuevos o menos barriles perdidos), técnicos (menos complejos y con mayor probabilidad de éxito) y financieros (menos recursos requeridos y más reducción de costos aportada); y en conjunto con la experiencia plasmada en lecciones aprendidas, mejores prácticas y análisis de causa raíz, permitirá también diseñar los planes de acción que aseguren el éxito y el logro de los objetivos.

Con el propósito de hacer operativa esta metodología rediseñada, en el presente trabajo se muestran los resultados de un piloto implementado, en cuyo desarrollo se recurrió a la información histórica, las experiencias acumuladas por el personal de subsuelo y al soporte teórico necesario.

Del análisis histórico se generó una base de información con problemas de subsuelo a resolver, indicando aspectos técnicos y económicos de cada uno; de las experiencias acumuladas se obtuvo una base documental muy importante sobre lecciones aprendidas, mejores prácticas y análisis de causa raíz; y a partir de los aportes teóricos se llegó a un soporte documental compuesto de formatos y procedimientos para evaluar económicamente las opciones, como apoyo a la metodología rediseñada y a la toma de decisiones.

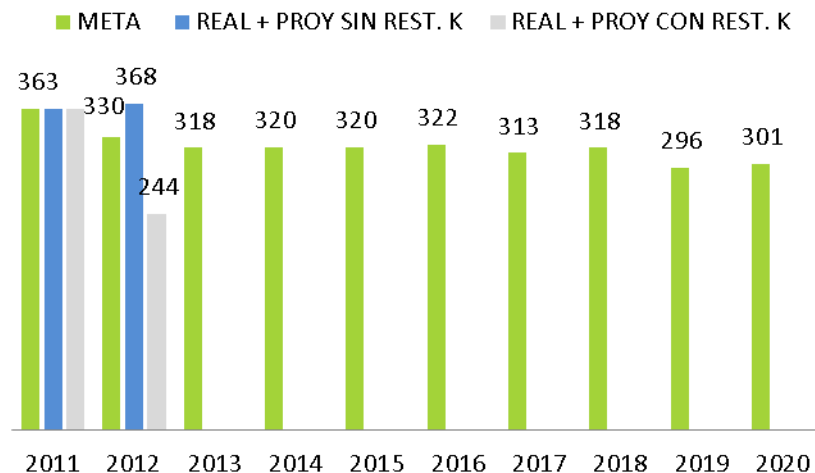
## 1. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El desarrollo de la actividad petrolera es una actividad que implica grandes desembolsos de dinero y cuyos rendimientos o beneficios económicos dependen en gran medida de los costos operativos, de las condiciones del mercado internacional (precios) y de las condiciones de la naturaleza.

La sostenibilidad del negocio radica en la cantidad de reservas que se posean (cantidad de petróleo extraíble económicamente viable), y el tiempo en el cual se puedan materializar (límite económico). Entre más petróleo y más límite se tenga, mucho mejor para la rentabilidad económica.

Cada día el reto es más exigente pues las reservas se van agotando, los límites económicos se van acortando, la viabilidad económica de los proyectos operativos es menor, los recursos se van limitando y los costos operativos en los campos petroleros van aumentando.

**Figura 1. Evolución de incorporación de reservas de crudo y gas**



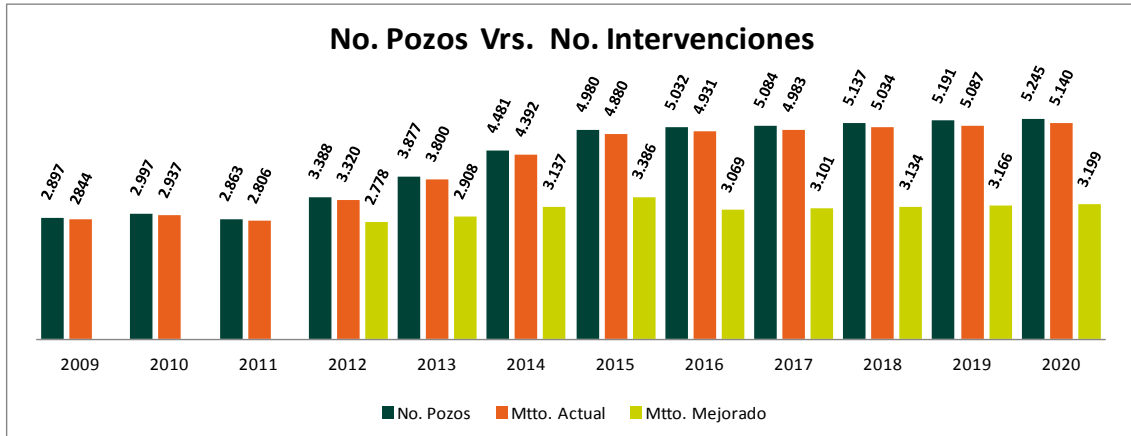
Dentro de la estructura de costos operativos, los costos de mantenimiento de subsuelo se consideran de los más relevantes. Se asocian al proceso de extracción, que consiste en el conjunto de actividades ejecutadas para llevar el crudo desde el subsuelo (yacimientos) a la superficie, y están orientados a que los pozos petroleros siempre estén disponibles, bien contruidos y con los mejores diseños que garanticen el constante flujo de hidrocarburos. Sin crudo no hay procesos, sin crudo no hay cadena de valor, sin crudo no hay industria.

La actividad de extracción es la más expuesta al riesgo y a la incertidumbre, toda vez que depende del comportamiento de variables y de sistemas sobre los que poco control se tiene. Se ve afectada por situaciones de la naturaleza, asociadas a los yacimientos (producción de arena, producción de agua, sellamientos de reservorios, etc.) y situaciones físicas asociadas a los pozos y sus componentes (fallas en tubería de producción, daños en revestimientos, problemas en varillas y bombas de succión, etc.), cuyo manejo implica grandes esfuerzos técnico-económicos y la utilización de gran cantidad de herramientas, técnicas, métodos, conocimientos y experiencias.

Las actividades de subsuelo requieren de mucho dinero y dada su complejidad, multiplicidad de variables y variedad de problemas a atacar, se convierten en las que más atención y control merecen dentro de un proceso de revisión y mejoramiento de costos, siendo el propósito fundamental lograr ejecutarlas cada vez más distanciadas en el tiempo, con un menor costo, con una distribución eficiente de los recursos disponibles y con la obtención de los mejores resultados.

En el último año, el costo asociado a la actividad de subsuelo en la SOM llegó a niveles no aceptados, ocasionado por la alta y frecuente presencia de fallas, la reiteración de inconvenientes técnico-operativos, los altos tiempos utilizados en las intervenciones y las múltiples necesidades de atenciones no predecibles.

**Figura 2. Evolución (Real + Proyección) de intervenciones a pozos**



Con los análisis efectuados buscando encontrar soluciones y mejorar la relación costo/beneficio en la atención de los problemas de subsuelo, se evidenció que un aporte importante a este logro sería el mejoramiento de la metodología que se aplica para la asignación de los recursos hacia la atención de estas actividades, en razón a que la actual no contempla entre otros factores, el análisis de escenarios, la valoración económica y la priorización de actividades buscando la eficiencia requerida (hacer más, producir más con menor dinero).

Con la metodología rediseñada que se propone en este trabajo, se podrá hacer una eficiente asignación de recursos (tiempo, dinero, gente), buscando, a partir de análisis comparativos de los problemas, evaluación de impactos de los mismos, evaluación económica de atenderlos, aplicación de lecciones aprendidas y mejores prácticas y priorización de soluciones basada en el costo-beneficio, obtener menores costos ejecutados, aumentar el tiempo de repetición de los problemas atacados y aumentar los niveles de producción de crudo.

Adicionalmente, con esta metodología rediseñada se busca: unificar, estandarizar y documentar, aprovechando y utilizando todo lo que se posee en la Gerencia como es el conocimiento, la gente, la experiencia, la experticia y la estructura operativa y administrativa.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Rediseñar e implementar una metodología que permita realizar una asignación eficiente de los recursos disponibles y lograr el mejoramiento de costos de mantenimiento de subsuelo en la Superintendencia De Mares.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

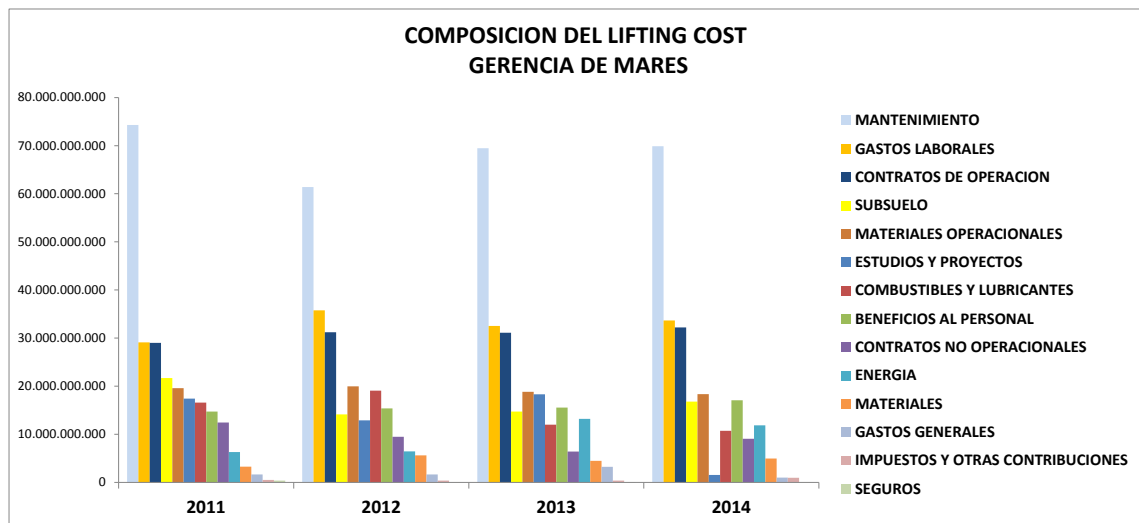
- Revisar la metodología actual y evaluar su funcionalidad y capacidad de respuesta a los retos de mejoramiento de costos.
- Construir la base conceptual y técnica que soporta la metodología rediseñada para el mejoramiento de costos.
- Rediseñar, documentar y divulgar la metodología que se aplicará, junto con su puesta en operación.
- Implementar la metodología rediseñada, con las respectivas fases de seguimiento, evaluación de resultados, ajustes y mejoramiento de la misma, a partir de la aplicación de la metodología PHVA.

### 3. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1 MARCO DE ANTECEDENTES

En Ecopetrol, en los últimos años el nivel de costos operativos en la producción de petróleo ha sido una constante preocupación, tanto para la Gerencia como para la Vicepresidencia, la Presidencia y la Junta Directiva. En la SOM los costos de mantenimiento de subsuelo han aumentado su participación dentro del costo operativo total. Han pasado del 19% del costo operativo en el 2011 a un 21 % en el 2012 y a un 23% en el plan del 2013. Razón por la cual son constantes los mensajes a todas las áreas de la Empresa relacionados con la optimización, reducción y austeridad, acompañados de acciones e implementación de ideas de optimización de costos.

**Figura 3. Estructura de costos operativos**



Lo anterior se ratifica con lo mencionado en la presentación de resultados del segundo trimestre del año 2013, que hizo la Compañía recientemente a los

medios de comunicación sobre las ideas de optimización de costos. Se informó que para responder a los retos en materia de costos, Ecopetrol ha continuado con las iniciativas de optimización sistemática del costo de sus operaciones y procesos de mayor complejidad, entre los cuales el costo de mantenimiento se está asegurando mediante el aseguramiento de estándares internacionales en el mantenimiento de subsuelo e intervención de pozos y en el mantenimiento de superficie, así como las estrategias de contratación relacionadas, permitiendo una reducción gradual del costo.

En concordancia con lo anterior, se han efectuado varios contratos con diversas firmas de consultoría, con el propósito de que realicen estudios, análisis, diagnósticos y generen recomendaciones que permitan mejorar nuestros niveles de costos a todo nivel dentro de la producción de crudo.

A principios del 2011 Ecopetrol contrató con Ziff Energy Group, firma de consultoría especializada en análisis de benchmarking y en análisis de eficiencia y desempeño operacional de empresas del sector petrolero en el mundo. Realizó un estudio del nivel de costos operativos de los campos petroleros de Ecopetrol del año 2010, buscando obtener un diagnóstico que permitiera conocer las oportunidades de mejora y las recomendaciones para lograr eficiencias operativas y financieras. Concluyó que el área de servicios a pozos es uno de los mayores disparadores de costos en GRM y se obtuvieron múltiples recomendaciones tanto a nivel técnico (planes de acción para reducción de fallas, estandarización de tiempos de ejecución de tareas, métodos de contratación, etc) como de logística (conformación de equipos de trabajo especializados, sistemas de información actualizados, énfasis en cultura de costos, etc).

También internamente se han ejecutado proyectos similares, como el ejecutado a finales del año 2012, sobre optimización en costos de subsuelo, el cual busco sensibilizar a las áreas operativas de la Vicepresidencia de Producción sobre la

necesidad de la optimización. Se realizaron actividades informativas y mediante reuniones sistemáticas de trabajo, se logró que cada superintendencia elaborara un inventario de ideas de optimización, determinando plazos de ejecución y valores de ahorro a obtener. A la fecha este inventario se ha actualizado parcialmente y no se ha hecho el seguimiento y aseguramiento a las promesas de valor.

Al analizar esta información, se observa que SOM tiene varias ideas de optimización, pero con el inconveniente de que no obedecen a una metodología concreta. Se evidencia que no existen mecanismos claros para aprovechamiento de sinergias, no se evidencian métodos de valoración concretos, no existe una metodología clara para revisión, actualización y aseguramiento de la promesa de valor recopilada inicialmente.

### **3.2 MARCO TEÓRICO**

La extracción del petróleo es un proceso muy complejo que requiere de la combinación de múltiples disciplinas, conocimientos y recursos. Comprende múltiples actividades que se deben interrelacionar correctamente para lograr resultados efectivos y garantizar su viabilidad económica.

Entre las actividades mencionadas se encuentra la de mantenimiento de subsuelo como una de las más sobresalientes, en atención a que su responsabilidad es mantener la continuidad del proceso de extracción.

Si bien es cierto que para poder atender la multiplicidad de problemas que debe resolver la actividad de subsuelo, se requiere de una amplia experiencia, de procesos estandarizados, de infraestructuras operativa, técnica y administrativa sólidas, también es claro que se necesita de una metodología que facilite la

identificación de prioridades para realizar una adecuada asignación de recursos (dinero, tiempo y gente) de una manera costo-eficiente.

Mientras la experiencia, los estándares y la logística requeridas se tienen dado que se cuenta con un equipo de trabajo de alto rendimiento, la metodología debe revisarse y rediseñarse de manera que incluya bases conceptuales y técnicas estructuradas, que permitan orientar y soportar la identificación de problemas, la priorización de soluciones, la asignación de los recursos, la definición de planes de acción y la toma de decisiones.

Para lo anterior se aplicarán las siguientes prácticas y teorías:

#### *Recopilación de experiencias y datos históricos*

La multiplicidad de experiencias y conocimientos acumulados en la SOM, serán recopiladas, organizadas y analizadas mediante consultas al sistema de información Open Wells el cual es especializado en la captura, trazabilidad, reporte y análisis de actividades de perforación y completamiento de pozos incluyendo los costos incurridos; y mediante entrevistas y encuestas que permitirán capturar directamente desde el experto en mantenimiento de subsuelo, información cualitativa sobre sus apreciaciones respecto de problemas más recurrentes, de mayor impacto tanto en la producción como en los tiempos y en los costos

#### *Lecciones aprendidas - mejores prácticas*

El plan de gestión para la optimización de costos que se propone, tiene como pilar fundamental “el hacer bien las cosas”, es decir la aplicación de las mejores prácticas para obtener los mejores resultados. Traducido esto en términos de nuestro tema de mantenimiento de subsuelo, quiere decir aplicar menores tiempos

en atención de problemas, utilizar de la mejor manera los recursos disponibles (equipos, personal y materiales), celebrar y ejecutar mejor los contratos de servicios prestados por terceros, y enfocar los esfuerzos primero en los problemas que más impactan tanto a los costos como a la operación misma.

Para lograr estas mejores prácticas, se identificarán las lecciones aprendidas destacando las que han permitido obtener los mejores resultados y resaltando las demás para enmarcarlas en las prácticas que no se deben repetir.

Se recopilarán las prácticas exitosas sobre los problemas más representativos, a partir de las consultas a los expertos y a los sistemas de información, buscando soportarlas con evidencias ó con datos que validen los resultados; se registrarán en documentos específicos indicando por cada una sus antecedentes, logros, acciones representativas y supuestos o premisas; y se socializarán con las áreas involucradas para asegurar su aceptación y consolidación.

#### *Análisis de causa-raíz*

Si bien es cierto que la mayor parte de los problemas de subsuelo no se pueden planear, dadas las condiciones impredecibles e incontrolables del subsuelo, lo que lleva a estar actuando siempre de manera reactiva (actuar a la falla), es importante advertir que con esta definición de focos y con el análisis de causa-raíz propuesto, se logrará reducir la cantidad de eventos ya que si se actúa conociendo la raíz de los problemas la repetición se podrá controlar mejor.

Y es entonces, el análisis de causa-raíz otro elemento fundamental en esta metodología rediseñada, pues mediante esta técnica se podrán documentar las causas principales de los problemas, analizadas desde las diversas fuentes como son los expertos con sus experiencias y los documentos de atención de incidentes realizados por la operación de los campos, en donde posiblemente existan

evidencias que comprueben la identificación de las causas. Este proceso de identificación de causas será socializado de manera que sea aprobado y concertado por las áreas involucradas, para así darle la generalidad requerida para la GRM, especialmente si se tiene en cuenta que un mismo problema podrá tener múltiples causas y diversos efectos.

Existen varias técnicas para el análisis de causa-raíz que complementadas permiten lograr un buen resultado. Para el desarrollo de esta propuesta se tendrán en cuenta 2 técnicas:

- La primera es la de LOS 5 POR QUE, la cual permite profundizar en las causas fundamentales, permitiendo que cada causa se convierta en problema para avanzar en la indagación de una manera simple y acertada. La información obtenida con esta técnica se documentará y se diseñarán mapas o gráficos conceptuales, para esquematizar todas las relaciones existentes entre las causas y los problemas (podrán resultar causas excluyentes o complementarias para los mismos problemas).
- La segunda técnica que se utilizará es la llamada DIAGRAMA ESPINA DE PESCADO, conocida también como Diagrama de Causa – Efecto de Ishikawa, en la cual se podrán analizar para cada problema (espina dorsal) los diversos componentes (espinas principales) y sobre cada uno de estos las causas de los problemas asociados al mismo. Es muy importante destacar que en esta técnica, cada problema es tratado como un proceso, en el cual las espinas principales serán las entradas ó elementos necesarios para su ejecución y se definirán, por ejemplo, aplicando la técnica de las 5 M's (Materiales, Mano de obra, Métodos, Máquinas y Medio ambiente)

Se destaca que estas 2 técnicas se complementan, ya que mientras una permite obtener bastante información que relaciona múltiples aspectos asociados a las

causas de los problemas (humanos, técnicos, entorno, procesos, etc), la otra permite, de manera estructurada hacer análisis puntuales y utilizar la información recopilada para llegar a conclusiones fundamentales para proponer soluciones.

Esta fase de análisis de causa-raíz tendrá como premisas: no buscar responsables, ser la base para que se definan soluciones estructuradas, proveer a la organización de herramientas para detectar y evidenciar problemas físicos ó humanos asociados a fallas en procesos, sistemas, calidad, seguridad, cultura, etc. y ser el principio del plan de optimización de costos que será propuesto.

#### *Priorización – identificación de actores*

Se establecerá un método para priorizar los problemas identificados a partir de ejercicios realizados internamente en la Superintendencia del Río, teniendo en cuenta que este es el paso más relevante en la estructuración del plan de optimización, pues es el que definirá el foco de atención sobre el cual se detallarán las lecciones aprendidas y se definirán los lineamientos estratégicos.

Este método de priorización estará encaminado a determinar los problemas que más impactan a la GRM en materia de costos (bien por la producción que se deja de obtener debido a ellos, ó por los tiempos incurridos en solucionarlos, ó por los recursos en que se incurre para su atención). Se basará en la determinación de criterios claros y manejables, orientados a facilitar que los expertos califiquen de manera sencilla el impacto de los problemas y se sustentará en la asignación de puntajes a cada criterio cuya sumatoria será la que determine las prioridades de cada evento. Vale advertir que esta calificación de los criterios también será determinada con información histórica y tomada del sistema Open Wells, sobre eventos atendidos durante el año corriente. Aunque existen diversas fuentes bibliográficas sobre la implementación de matrices de priorización, se dará más importancia a los ejercicios internos aplicados con éxito.

## **4. DESARROLLO**

### **4.1 REVISION DE LA METODOLOGÍA ACTUAL Y EVALUACION DE SU FUNCIONALIDAD Y CAPACIDAD DE RESPUESTA A LOS RETOS DE MEJORAMIENTO DE COSTOS**

Se revisó la metodología que actualmente se está aplicando para la determinación y asignación de recursos en la atención de fallas de subsuelo, encontrándose de manera general que esta no es integral y que no comprende diversos elementos que garanticen el propósito de mejorar los costos de mantenimiento de subsuelo y la eficiencia de las inversiones realizadas.

La metodología existente está orientada a resolver problemas de manera reactiva, sin obedecer a un proceso de planeación estructurada en el tiempo y sin responder a una estrategia de mejoramiento continuo.

La descripción de manera general de la metodología actual es la siguiente:

#### **METODOLOGÍA ACTUAL**

- a) El área de Ingeniería de la Superintendencia determina los problemas que se atienden, a partir del seguimiento a los eventos sucedidos en tiempos recientes, utilizando como apoyo la información técnica de las fallas sucedidas, registradas en los sistemas de información, y el conocimiento y experiencia de los funcionarios responsables de los mantenimientos.
- b) Se seleccionan los eventos que impactan a los pozos de mejor potencial y rendimiento, y se les da prioridad con el ánimo de mantener los registros de

producción en el nivel, adecuado para cumplir las promesas volumétricas establecidas.

- c) La determinación del plan de acción se desarrolla dentro del ciclo de planificación financiera (metas de presupuesto, utilidad, ebitda, etc) y operativa (metas de producción) que se hace cada año, en el cual se establecen los objetivos de resultados y compromisos técnicos, dadas unas restricciones de dinero y unas prioridades impuestas por la organización. Quiere decir esto, que dentro del plan a ejecutarse en el siguiente año, quedarán solo las opciones que mejor se ajusten a las limitaciones indicadas, quedando pendientes otras, que pueden ser beneficiosas pero no pueden ser defendidas.
- d) Terminado el ciclo de planeación, se constituye la bolsa de recursos, disponibles para la atención de los problemas de subsuelo planeados, la cual empezará a consumirse mediante la celebración de contratos y ejecución de compras de materiales requeridos, con la particularidad de que si surgen problemas no previstos y de atención urgente se atenderán, modificándose entonces la planeación sobre la marcha. Es conveniente anotar, que con frecuencia se presentan problemas recurrentes, es decir que ya se habían atendido y que vuelven a atenderse por su urgencia, ignorando la debilidad que se tiene al no asegurar soluciones que eviten repeticiones cercanas en el tiempo.
- e) Cada vez que se decide ejecutar una intervención a un pozo, se cumple un formalismo y se surte un proceso de aprobación, que consiste en diligenciar el formato llamado “Formato para la Justificación de Intervención de Pozo” (ver Anexo A), en el cual se registra la siguiente información técnica sobre el trabajo a ejecutar:
- Título del Trabajo a Ejecutar
  - Objetivo del Trabajo y Recomendación de Ingeniería

- Justificación Técnica (Problema existente)
  - Historia del pozo (Información histórica sobre las fallas del pozo)
  - Análisis de Registros (Diagnóstico del problema)
  - Estado Mecánico Actual del Pozo (Condiciones de Operación Actuales)
  - Diseño del Sistema de Levantamiento (Descripción del Sistema Actual)
  - Pronóstico de Producción del pozo (Producción que se evitará perder)
  - Análisis Financiero (Evaluación Financiera Sencilla)
  - Conclusiones y Recomendaciones
  - Elaborado por
  - Firma y Aprobación
- f) Luego de que el formato es firmado por el Jefe de Grupo correspondiente, en señal de aprobación del trabajo a ejecutarse, se crea el registro del evento en el sistema de información técnica respectivo, para la aprobación digital final del Jefe superior del área. En el sistema se detalla la lista de actividades, aspectos técnicos relevantes y los costos en que se incurren.
- g) Finalmente, luego de la aprobación digital, se continúa con el proceso de consecución de los recursos, celebración del contrato, ejecución y finalización del trabajo. En el sistema se registran todos los eventos que se sucedan durante la ejecución de la opción, hasta cuando se termina, lo cual también queda registrado.

Luego de conocer la metodología que actualmente se aplica, se procedió con la evaluación de la misma para lo cual se consultó, mediante la ejecución de entrevistas (ver modelo en Anexo B), a 5 personas relacionadas con la actividad de mantenimiento de subsuelo (direccionamiento y ejecución), y con el control de costos de operación de la Gerencia. Las personas consultadas desempeñan las funciones de Coordinación del área de Ingeniería (1 funcionario), Profesional de

mantenimiento de subsuelo (1 funcionario), Experto de Ingeniería (1 funcionario), Administrador del Sistema de Información (1 funcionario) y Profesional Financiero encargado del seguimiento a los costos operativos (1 funcionario). Dichas entrevistas fueron realizadas de manera personal y conservando en secreto la identidad de los entrevistados.

De acuerdo con dichas entrevistas, se encontró uniformidad en las siguientes apreciaciones sobre la metodología:

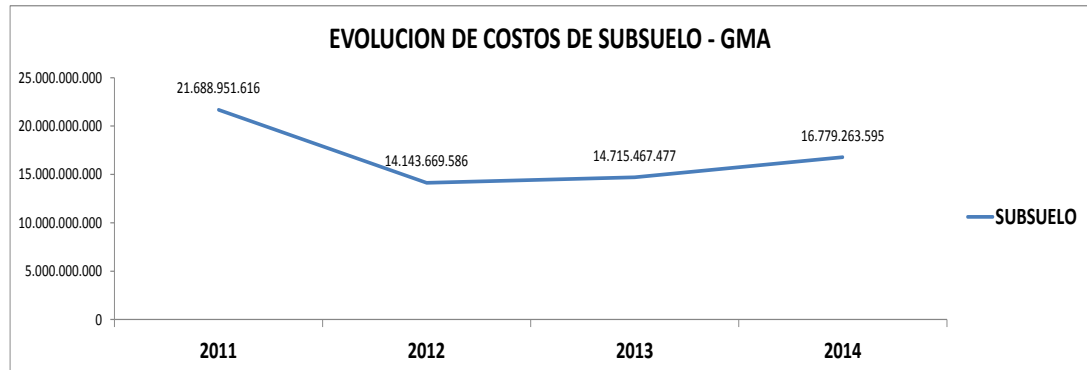
- No es estructurada y no está orientada al mejoramiento continuo de los costos
- Su aplicación está más enfocada a la atención de actividades rutinarias
- No permite asegurar resultados sostenibles de manera sistemática
- No ofrece elementos que faciliten una planeación estratégica de mediano plazo
- No proporciona sustentos para elaborar planes de acción que eviten repeticiones de las fallas
- No provee de argumentos que faciliten la consecución de recursos para varias vigencias
- No exige una documentación amplia que conserve la memoria para evitar reprocesos y no permite mantener un portafolio de soluciones costo-eficientes en el tiempo.

También se evidenció, con la opinión de los entrevistados, que a pesar de que a nivel corporativo se han iniciado campañas y se han planteado alternativas para mejorar los costos aplicados al mantenimiento de subsuelo, con esta metodología no se ha logrado avanzar en la estructuración de una estrategia que conlleve la disponibilidad de recursos de largo plazo.

De otro lado, se ha consultado a los entrevistados sobre su percepción respecto de los eventos que más sobrecostos generan en las operaciones de subsuelo y de los que son más se repiten, encontrándose que no se han ejercido acciones

concretas para reducir los inconvenientes y por ende para mejorar la situación financiera, situación que se confirma al analizar las cifras financieras de la Superintendencia en donde se observa que en el año 2014 se incrementó el costo operativo.

**Figura 4. Histórico de costos de subsuelo**



También se solicitó a los entrevistados dar su opinión respecto de la necesidad del rediseño de la metodología actual, obteniendo respuestas afirmativas en todos los casos. Lo que permite concluir que el rediseño es imperioso para tener una herramienta que sirva a la planeación estratégica del mejoramiento de costos; pero una metodología estructurada, de fácil aplicación y que operativamente apoye la obtención de beneficios y las propuestas de valor que se requieren.

Por último, dentro de la entrevista realizada, se presentó la siguiente metodología, producto del rediseño aplicado, para ser implementada y liderada por el área de Ingeniería, obteniendo la aceptación general:

### **METODOLOGÍA REDISEÑADA**

- a) El área de Ingeniería de la Superintendencia deberá, mediante sesiones sistemáticas de trabajo en equipo, Identificar los eventos (administrativos y/o técnicos) que más sobrecosto generan. Para esto acudirá a los sistemas de

información, a la información estadística disponible y a la experiencia y conocimiento que tienen los expertos de la operación.

- b) Identificados los problemas que más afectan las finanzas, activará el análisis de causa-raíz, utilizando la técnica de los 5 por qué ó la técnica del diagrama espina de pescado, para identificar el origen del problema ó las causas más relevantes, junto con las posibles soluciones. La documentación en este paso es muy importante, pues garantizará la conservación de la memoria, para los futuros problemas, iguales o parecidos, que requieran ser analizados.
- c) En seguida deberá revisar las memorias con los análisis de lecciones aprendidas y mejores prácticas, para ir focalizando las soluciones. Esta actividad permitirá identificar situaciones que se deben controlar para asegurar el éxito, y acciones que en el pasado han facilitado el logro de resultados, para replicarlas y mejorarlas. También con este ejercicio se podrá visualizar la complejidad de los trabajos a ejecutar, pues al conocer las restricciones y limitaciones, se podrá evaluar si las condiciones son favorables o no. Se advierte que si no existe esta información de referencia, deberá ser construida al terminar el trabajo, lo que será muy útil para el equipo de profesionales en general. Ahora, si ya existe la información, deberá ser actualizada, también al finalizar el trabajo, configurándose así un proceso de mejora continua en el que cada vez los problemas son más conocidos y sus soluciones más, y evidenciando que un problema no tiene una única causa ni solución.
- d) Conociendo los problemas, sus causas relevantes, sus complejidades, sus restricciones y las condiciones que se requieren para que sean solucionados, se hace necesario evaluar su costo-beneficio, mediante la evaluación económica que nos permita medir cuantitativamente la promesa de valor que la opción ofrece. Cada solución tendrá su propia promesa y por ende su nivel de importancia por el aporte que puede hacer al mejoramiento de los costos

operativos. Este componente financiero es muy importante pues es el que permite traducir lo técnico en lo económico, y es el que da la objetividad al trabajo a ejecutarse. Nótese que la información recopilada en los pasos anteriores, de alguna manera es cuantitativa pues está condicionada a situaciones no controlables totalmente.

- e) Sigue la priorización de las opciones que se tienen, actividad fundamental pues los recursos disponibles (personal, tiempo y dinero) son limitados y deben ser optimizados. Para esta priorización deberán evaluarse varios atributos por cada opción, dándole así integralidad a la misma y el espíritu de consistencia al satisfacer diferentes requerimientos. Como su nombre lo indica, en este paso se logrará identificar las opciones por orden de elegibilidad o por su nivel de aporte integral al proceso de mejoramiento de costos. Las opciones se ubican en una matriz y se valoran en función de las variables a analizar, obteniendo así final un puntaje integral, que a la postre medirá su aporte y hará comparables todas las opciones, de manera que se pueda elegir la que mejor convenga. Es muy importante señalar, que con esta matriz y las opciones valoradas, se podrá establecer un plan estratégico de mediano y largo plazo o un plan de acción estructurado buscando el mejoramiento de los costos.
- f) Teniendo el orden de prioridad y la selección de las ideas de mejoramiento de costos más relevantes, se procederá a la consecución de los recursos para ejecutarlas. Y conviene señalar que conociendo el portafolio de opciones, se podrá establecer un plan de ejecución de capital estructurado, estratégico y soportado, no solo para la siguiente vigencia (como sucede con la metodología actual) sino para varias vigencias.
- g) Hacer seguimiento a la ejecución de las actividades y uso de los recursos, vigilando el cumplimiento de la promesa de valor, mediante la utilización de las herramientas financieras y técnicas disponibles.

## **4.2 CONSTRUCCIÓN DE LA BASE CONCEPTUAL Y TÉCNICA QUE SOPORTA LA METODOLOGIA PARA EL MEJORAMIENTO DE COSTOS**

Uno de los aspectos claves que requiere la metodología rediseñada que se está presentando, es contar con una base de conceptos y de procedimientos muy sólida, relacionada con experiencias, conocimiento, situaciones y acciones que se han ejecutado en el pasado, que han afectado positiva o negativamente los resultados y que deben servir para visualizar, planificar y anticipar lo que se viene, a través de recomendaciones o sugerencias que sirven de marco de referencia en el actuar.

Para este caso del mantenimiento de subsuelo, sobre lo que se busca el mejoramiento de los costos operativos aplicando la metodología rediseñada, es evidente que se posee una gran cantidad de información y experiencias acumuladas. Lo que no se posee es la documentación correspondiente, que sirva de material de consulta y de apoyo a la metodología. Conclusión que se confirma con la información entregada por los entrevistados.

Esta metodología rediseñada sugiere que el contenido de esta base conceptual y técnica debe referirse a: Análisis de Causa Raíz que permita identificar el origen de cada problema para así definir la solución adecuada buscando su no repetición; las Lecciones Aprendidas de actividades ejecutadas, que sirven de referencia para, a partir de inconvenientes experimentados, reflexionar, concluir y aprender lo que se debe hacer de manera conveniente, replicando lo positivo y evitando lo negativo; las Mejores Prácticas que marquen la tendencia en la operación de las actividades de subsuelo, buscando fijar estándares y lineamientos de calidad y eficiencia de aplicación general, de acuerdo al evento asociado; la Consulta de Información Financiera y Técnica que permita identificar los sobrecostos y hacer seguimiento a los resultados del plan de mejoramiento; la Evaluación Económica de los planes de mejoramiento para determinar la relación costo/beneficio de cada

una; y la Priorización de las Soluciones a aplicar, de manera que se identifiquen las que más aportes hacen al logro del mejoramiento de los costos y así mismo se puedan asignar eficientemente recursos disponibles.

Respecto del uso de esta base conceptual y técnica, como apoyo y soporte a la metodología rediseñada, se indica que debe ser de manera permanente. Para consultarse cuando se trate de planear actividades iguales o similares a las ya ejecutadas en el pasado, para actualizarse en el caso de actividades nuevas o nunca ejecutadas, para monitorear los resultados que se van logrando y poder verificar las desviaciones a favor o en contra del objetivo, y para seguir avanzando en el proceso de asignación de recursos de manera estructurada y en el mejoramiento de costos.

Sobre la construcción de la base en mención, a continuación se presentarán los lineamientos a tener en cuenta así como los formatos que deberán diligenciarse para conservar la memoria:

#### **a) Análisis Causa-Raíz**

Atendiendo a que el proceso de mejoramiento de costos en el mantenimiento de subsuelo es una estrategia de aplicación continua, es clave asegurar que se intente siempre avanzar sin retroceder, significando esto que los problemas deben resolverse de una manera tal que no se repitan, o que si se repiten el tiempo de ocurrencia cada vez sea mayor.

Para esto la metodología rediseñada propone que se realice un análisis de causa-raíz mediante el cual se identifiquen las verdaderas causas o la verdadera raíz de los problemas y se documenten de manera que se disponga de información para estructurar planes de acción integrales y sostenibles en el tiempo, en soluciones futuras a problemas iguales o similares.

Vale advertir que de acuerdo con la experiencia, por lo general no es posible con una sola intervención la prevención total del problema, por lo que se indica que este análisis debe ser repetitivo y las soluciones deben ser cada vez mejoradas, enmarcándose así en un proceso de mejora continua.

Con el propósito de lograr el mejoramiento de los costos en este proceso de mantenimiento de subsuelo, la metodología rediseñada pretende, apoyada en la experiencia y en la conciencia de los ejecutores del trabajo y de los recursos poco disponibles, que esta actividad de analizar los focos de los problemas pase de ser reactiva (que surge cuando se da el problema) a proactiva (que puede predecir los problemas), para lo cual deberá ser muy bien ejecutada y documentada.

El principio general del análisis se centra en tener claro el problema, para buscar la causa y definir cómo resolverlo; pero su aplicación se complica cuando surgen problemas técnicamente complejos y muchas causas asociadas a un mismo problema, Razón por la cual en esta metodología recurrimos a dos técnicas que nos ayudarán a realizarlo: Los 5 Por Qué? Y Diagrama Espina de Pescado.

### Los 5 por qué

Es una técnica que permite de manera recurrente ahondar en las causas que originan un problema, partiendo de la premisa que son múltiples y que cada causa a su vez se convierte en un problema originado por otras causas de manera sucesiva. La recurrencia en principio se considera hasta un quinto nivel, siendo cada nivel uno de los 5 Por Qué que dan nombre a la técnica utilizada. Y se consideran 5, debido a que se espera que después de preguntar 5 veces ya se tenga la información referente a lo que ha originado el problema inicial.

Para que el área de Ingeniería aplique esta técnica se ha preparado el siguiente diagrama, en donde para cada problema se indican las causas directas que lo

originan, con la condición que para cada causa indicada de la columna derecha, se debe repetir el proceso convirtiéndola en problema.

Nótese que cuando hay varias causas asociadas a un problema, se requiere que estas se relacionen entre sí mediante conectores, los cuales pueden ser “Y” o “O”.

**Figura 5. Registro de los 5 por Qué**

ITEM	PROBLEMA	SET DE CAUSAS NIVEL 1	
1		1.1	
2		2.1	2.2 Y .....
3		3.1	
		O	
		3.2	
		.....	
4		4.1	4.2 Y .....
		O	
		4.3	
5		5.1	5.2 Y .....
		O	
		5.3	5.4 Y .....

Para entender el diligenciamiento de este diagrama, se debe tener en cuenta que hay varias opciones para presentar las causas asociadas a un problema, a saber:

Problema 1: Tiene una única causa asociada

Problema 2: Tiene varias causas asociadas que se deben dar al mismo tiempo

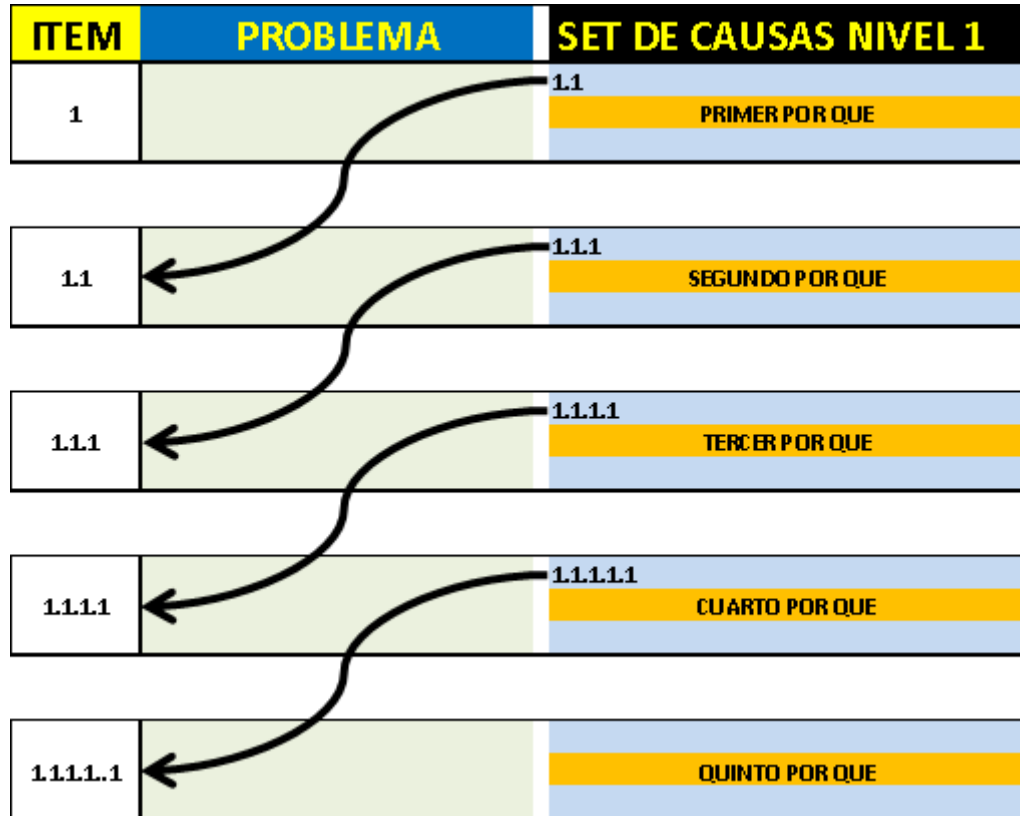
Problema 3: Tiene varias causas asociadas que son excluyentes entre sí

Problema 4: Tiene varias causas asociadas entre las cuales varias que se deben dar al mismo tiempo son excluyentes con otra única causa

Problema 5: Tiene varias causas asociadas entre las cuales varias que se deben dar al mismo tiempo son excluyentes con otro grupo de causas que también deben darse al mismo tiempo

Tal y como se ha mencionado, cada causa deberá convertirse en un problema para ser analizada desde su nueva situación, buscando encontrar sus causas. Un ejemplo sencillo de esta situación es:

**Figura 6. Registro de los 5 por Qué - Complemento**



La respuesta al primer Por Qué, que es la causa nivel 1 del problema en análisis, se convierte en el problema que originará el segundo Por Qué, generándose la causa nivel 2 del problema en análisis, que se convertirá en el problema que originará el tercer Por Qué, generándose la causa nivel 3 del problema en análisis, que se convertirá en el problema que originará el cuarto Por Qué, generándose la causa nivel 4 del problema en análisis, que se convertirá en el problema que originará el quinto Por Qué, generándose la causa nivel 5 del problema en análisis, completándose el ciclo de preguntas recurrentes y esperando que en este punto se tenga suficiente información para la identificación de la raíz del problema originalmente planteado,

Como se observa es un proceso que exige tiempo y cuidado, pues puede volverse muy complejo, razón por la cual debe realizarse entre las personas expertas del

área de Ingeniería y las respuestas o causas deben enunciarse de manera clara y concreta, mencionando los aspectos relevantes para evitar distraer la búsqueda del foco central.

Una vez diligenciado el formato y encontradas las causas desde el nivel 1 hasta el 5, se procederá a identificar sus soluciones. Hay que entender que, de acuerdo con esta técnica, la respuesta al quinto por qué, que equivale a la causa de nivel 5, será la raíz del problema y se convertirá en el centro de atención que generará la información sobre la cual se deberá trabajar para lograr convertir este análisis de causa raíz de reactivo a proactivo, sirviendo para predecir los problemas mediante los controles y monitoreos respectivos.

Con esta última definición, se cerrará el ciclo, compuesto entonces de PROBLEMA-CAUSAS-SOLUCIONES, y se conformará una base de información muy valiosa para la definición de los planes de acción en la aplicación de soluciones a los problemas generadores de sobrecostos operativos en el mantenimiento de subsuelo.

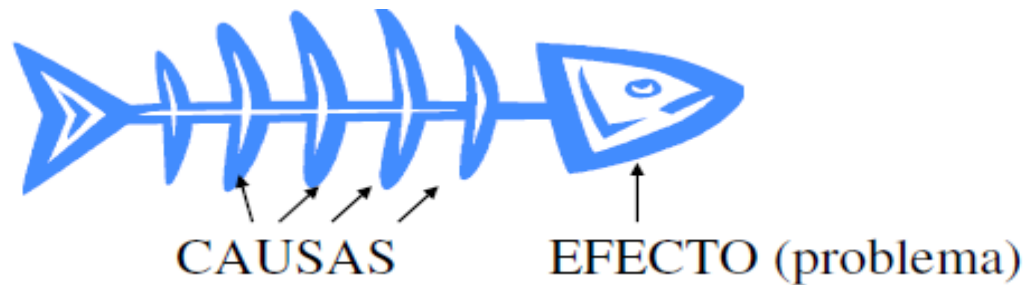
Conviene anotar que con esta información y con los planes de acción adecuados, se espera lograr el objetivo de que los problemas no se repitan o que si se repiten su nueva ocurrencia se suceda lo más lejos posible en el tiempo.

#### Diagrama de espina de pescado

Es otra técnica que permite identificar, mediante un esquema gráfico, de manera clara y estructurada las causas que originan un problema. Utilizando el esqueleto de un pescado se intenta representar el problema (la cabeza del pescado) y las diversas causas (espinas del pescado) que relacionadas entre sí (espina dorsal) conllevan al problema analizado. Las espinas (causas) a su vez se pueden

componer de sub-espinas (sub-causas) y así sucesivamente, para lograr esquematizar de manera completa el problema con sus causas.

**Figura 7. Concepto Espina de Pescado**



**Figura 8. Esquema Espina de Pescado**



Incluso, si se requiere, de acuerdo a la complejidad del problema, cada causa podrá volverse problema y estructurarse un diagrama en torno a ella.

El autor de esta técnica fue un Japonés preocupado por buscar siempre la mejora continua basada en la calidad y eficiencia en los procesos productivos, de ahí esta forma de identificar las razones de por qué algo no resulta como se espera.

Para su aplicación, la técnica sugiere agrupar las causas en 6 categorías principales llamadas las 6 M's de la calidad, y sobre cada una de ellas ejecutar el análisis detallado para encontrar sub-causas a los niveles que se requieran.

Estas 6 categorías son:

*Maquinaria:* Orientada a identificar si lo relacionado con los equipos y herramientas de trabajo son las necesarias y suficientes, el estado operativo, la manejabilidad (movilización, instalación, desinstalación), los programas de mantenimiento, la cantidad requerida, la calidad necesaria, las condiciones de operación (propia, contratada, tercerizada) y la adaptabilidad a los requerimientos variables son causas del problema analizado.

*Mano de Obra:* Orientada a identificar si lo relacionado con la preparación del equipo de trabajo, la capacitación, la experiencia, la creatividad, la disposición y adaptabilidad al cambio, la capacidad de trabajo en equipo, la remuneración, el reconocimiento, la motivación, el sistema de premios-castigos, la capacidad de comunicación, el liderazgo, la disposición a ejecutar órdenes y la cantidad requerida de personal son causas del problema analizado.

*Método:* Orientada a identificar si lo relacionado con los procedimientos de operación, la estandarización, los roles y responsabilidades, el manejo de excepciones, el manejo de operaciones no previstas, la documentación de operación (manuales, procedimientos, guías) y el seguimiento al cumplimiento de los procedimientos son causas del problema analizado.

*Materiales:* Orientada a identificar si lo relacionado con la calidad de los insumos utilizados, los proveedores de los mismos, los tiempos de entrega, la disponibilidad, el diseño y cantidad son causas del problema analizado.

*Mediciones:* Orientada a identificar si lo relacionado con el seguimiento a los resultados y/o productos en cantidad, calidad y tiempos son los requeridos, los reprocesos, los tiempos perdidos, los materiales desperdiciados y los accidentes son causas del problema analizado.

*Medio ambiente:* Orientada a identificar si lo relacionado con las condiciones del entorno (temperatura, luz, lluvia, viento), los grupos de interés (comunidad, gobierno, contratistas), las restricciones (ambientales, sociales, legales), los controles de HSE y las condiciones operativas (orden, aseo, espacio) son causas del problema analizado.

Como la técnica anterior, la elaboración de este análisis requiere de tiempo y cuidado, pues puede volverse muy complejo, razón por la cual debe realizarse entre las personas expertas del área de Ingeniería y las respuestas o causas deben enunciarse de manera clara y concreta, mencionando los aspectos relevantes para evitar distraer la búsqueda del foco central.

Una vez identificadas las causas se tendrá una base de información muy valiosa para identificar soluciones y definir los planes de acción para corregir los problemas generadores de sobrecostos operativos en el mantenimiento de subsuelo.

También como en el caso anterior, con esta información y con los planes de acción adecuados, se espera lograr el objetivo de que los problemas no se repitan o que si se repiten su nueva ocurrencia se suceda lo más lejos posible en el tiempo, y con el tiempo se pase de ser reactivo a proactivo, es decir a predecir los problemas en el momento oportuno.

## **b) Lecciones Aprendidas**

Se refieren a aquellas enseñanzas que surgen en la práctica de situaciones adversas o negativas; son información de lo correcto a partir de lo incorrecto; muestran la capacidad de analizar lo ejecutado identificando lo que se hizo bien para mantenerlo y mejorarlo, y lo que se hizo mal para no repetirlo; son las experiencias adquiridas en las cuales a partir de lo negativo se busca lo positivo.


Su importancia radica en que su aplicación se orienta hacia los procesos en sí mismos, generando marcos de referencia y planteamientos de aplicación general enfocados más hacia la logística que hacia las actividades o tareas. Al tratarse de recomendaciones sobre lo general, necesariamente definirán políticas de acción y llevarán a generar identidades que se convertirán en ventajas competitivas y comparativas. Su documentación deberá referirse a lo positivo y a lo que contribuyó al logro del objetivo, más que a lo negativo.

El o los momentos para realizar la identificación de las lecciones aprendidas dependerá de la duración del proyecto (llámese proyecto a la ejecución de la solución seleccionada). Si es de corta duración (1 mes) deberá hacerse al final; pero si es de mayor duración, deberá hacerse en función de los momentos en que se cumplan los hitos principales, para aprovechar la frescura de los hechos y evitar olvidar o no recordar hechos relevantes con el tiempo.

Se recomienda que la recopilación de las lecciones aprendidas se realice en reunión con el equipo de trabajo del área de Ingeniería y se enfoque en los siguientes ítems, los que se consideran los temas más importantes del proyecto: definición de objetivos, definición de plan o cronograma, selección del equipo de trabajo; asignación de roles y responsabilidades, cumplimiento del cronograma establecido, comunicación hacia arriba y hacia abajo, desempeño de los líderes temáticos, manejo de crisis y control presupuestal.

El formato propuesto para documentar una lección aprendida, es el siguiente:

**Figura 9. Formato para Lecciones Aprendidas**

	<b>FORMATO PARA LECCIONES APRENDIDAS</b>		
	<b>PRODUCCION DE CRUDO Y GAS</b> <b>VICEPRESIDENCIA DE PRODUCCION</b>		
	PCG-F-060	Elaborado 30/12/2013	Versión: 1
NUMERO			
FECHA	DD:	MM:	AA:
AUTOR (NOMBRE, EMAIL)			
CATEGORIA			
ITEM			
NOMBRE DE LA LECCION			
DESCRIPCION			
RIESGO MITIGADO			
ELABORADO POR			

Es muy importante mantener actualizadas las lecciones aprendidas, por lo tanto su revisión y actualización debe ser un proceso permanente, esto debido a que de su utilización como referencia podrán surgir novedades o aprendizajes nuevos que permitan complementar lo ya registrado. Incluso si se requiere, se podrá redefinir el formato y el alcance de la documentación para hacerla más general.

### **c) Mejores Prácticas**

Esta información es complementaria a la de las lecciones Aprendidas y se refiere a lo que se ha hecho bien para obtener los resultados buscados, resaltando y haciendo énfasis en las formas correctas de ejecución de las actividades y/o en las buenas acciones (métodos, procedimientos, etc.) que han funcionado bien, para que sirvan de modelo y se puedan replicar o tener de guía para futuras necesidades bajo condiciones similares.

Es muy importante advertir que estas buenas prácticas son la base para diseñar futuras acciones, pero totalmente susceptibles de mejora, pues de ninguna manera limitan la creatividad del día a día ni van en contra de las nuevas formas que resulten del buen uso de la lógica y de la razón operativa.

Las mejores prácticas siempre buscan la eficiencia y la calidad, esto es optimizar los recursos, hacer más con menos, con resultados óptimos, pero ajustándose a las condiciones operativas, administrativas y técnicas existentes.

También están relacionadas con los principios y valores de la organización, así como con los objetivos buscados. De aquí que se constituyan en una forma de identidad del proceso.

En su documentación es muy importante que el equipo de trabajo del área de Ingeniería maneje términos totalmente claros (vocabulario común al escenario objetivo) y entendibles por todos, pues dado que se refieren a acciones, no deben quedar dudas en su entendimiento. Las acciones planteadas, que han resultado de la experiencia, deben ser creíbles y sustentables para que quienes las consulten depositen la confianza necesaria sin dudar.

Para este caso de Mantenimiento de Subsuelo, las mejores prácticas podrán estar dirigidas a:


*Administrativas:* asociadas con conformación del equipo de trabajo, asignación de roles y responsabilidades y selección de líderes ejecutores de proyectos (llámese proyecto a la implementación de una idea de optimización);

*Operativas:* (actividades y su ejecución), asociadas, por cada actividad, a objetivos, planeación (cronograma), presupuesto, ejecución, control y cierre (retroalimentación);

*Financieras:* asociadas a uso de sistemas de información, registro de la información y consulta/control/seguimiento a los resultados

El formato propuesto para documentar una buena práctica, es el siguiente:

**Figura 10. Formato para Mejores Prácticas**

	<b>FORMATO PARA MEJORES PRACTICAS</b>		
	<b>PRODUCCION DE CRUDO Y GAS VICEPRESIDENCIA DE PRODUCCION</b>		
	<b>PCG-F-040</b>	<b>Elaborado 30/12/2013</b>	<b>Versión: 1</b>
<b>NUMERO</b>			
<b>FECHA</b>	<b>DD:</b>	<b>MM:</b>	<b>AA:</b>
<b>AUTOR (NOMBRE, EMAIL)</b>			
<b>CATEGORIA</b>			
<b>ITEM</b>			
<b>NOMBRE DE LA PRACTICA</b>			
<b>DESCRIPCION</b>			
<b>RIESGO MITIGADO</b>			
<b>ELABORADO POR</b>			

#### **d) Evaluaciones Económicas**

La metodología rediseñada que se está presentando, cuyo objetivo es facilitar el mejoramiento de los costos de subsuelo, tiene como uno de sus elementos fundamentales la valoración económica de alternativas de solución a problemas. Esta valoración, junto con otras mediciones, conforman el conjunto de criterios de decisión para la asignación de los recursos disponibles, buscando eficiencia y relaciones costo/beneficio favorables.

El tipo de evaluación financiera elegido, que forma parte de las metodologías utilizadas en la compañía para la estructuración de decisiones de inversión, es el FACTOR J, el cual se utiliza para valorar financieramente las decisiones que no

generan flujos adicionales de caja. Establece una comparación relativa de los beneficios marginales de un proyecto, generados por una inversión de capital, frente a una situación de operación vigente. Los beneficios deben ser descontados a una tasa apropiada ajustada por riesgo o costo de oportunidad.

El Factor J se define como:

$$(VP \text{ Riesgo base} - VPN \text{ con proyecto}) / VP \text{ Inversión}$$

El VP Riesgo Base asocia los costos y/o las posibles pérdidas en que incurriría la operación en su situación actual.

El VPN Con proyecto asocia las inversiones requeridas y los nuevos costos y/o posibles pérdidas que tendría la compañía en caso que desarrolle el proyecto.

El VP Inversión, solamente asocia las inversiones requeridas por el proyecto en los momentos que se requiera.

El Factor J permite medir simultáneamente:

- Generación de valor (Se logra cuando Factor J > 0)
- Eficiencia sobre la inversión (a mayor Factor J, mayor eficiencia sobre la inversión)

El criterio de decisión utilizado para la valoración de proyectos medidos con Factor J es el siguiente:

Factor J > 1 Genera beneficios mayores a la inversión realizada de forma eficiente

Factor  $J = 1$  Genera beneficios mayores a la inversión realizada pero NO de forma eficiente

Factor  $J < 1$  Genera beneficios mayores a la inversión realizada de forma eficiente

Una evaluación de Factor J consiste en determinar los beneficios marginales que se obtendrían al realizar una inversión, frente a un estado o situación actual sin realizar un proyecto.

Los elementos más importantes que constituyen la estructuración de una evaluación financiera de Factor J son los siguientes:

- Pérdidas potenciales por la no realización del proyecto
- Mitigación de riesgos de pérdidas potenciales
- Costos de mantenimiento, operación sin proyecto
- Costos de mantenimiento, operación con proyecto
- Inversiones de capital (capex) del proyecto
- Vida útil del proyecto
- Límite económico del campo
- TRM
- Tasa de descuento
- Precios de productos considerando descuentos por calidad y transporte

Al realizar este tipo de evaluaciones es necesario considerar dos escenarios:

### Caso de riesgo base (situación actual sin proyecto)

El análisis SIN proyecto, o del caso de riesgo base, debe considerar todos los impactos cuantificables para la Empresa si NO se realiza el proyecto de inversión. Es necesario construir una evaluación detallada y totalmente soportada de las pérdidas (eventos que pueden llegar a ocurrir dado el caso de no realizar el proyecto analizado), riesgos potenciales y los costos de operación (erogaciones por la operación normal del negocio, proyecto o actividad y se asocia por lo general a mantenimiento, operación, disposición, HSE, etc) en que incurriría la Empresa si se continúa con la operación actual y se materializan los riesgos identificados. Una vez identificadas las pérdidas y los costos del caso de riesgo base, para cada uno de los años de operación (vida útil de evaluación del proyecto), se procede a calcular el valor presente (VP) del flujo de egresos, descontado a la tasa apropiada que refleje el costo de oportunidad.

### Caso de riesgo con proyecto

Este análisis debe igualmente considerar todos los impactos cuantificables sobre las finanzas de la Empresa cuando se realiza el proyecto de inversión. Es necesario construir una evaluación detallada y totalmente soportada de las pérdidas (eventos que pueden llegar a ocurrir dado el caso de no realizar el proyecto analizado), riesgos potenciales y los costos de operación (erogaciones por la operación normal del negocio, proyecto o actividad y se asocia por lo general a mantenimiento, operación, disposición, HSE, etc) en que incurriría la Empresa si se realiza el proyecto.

En esta sección de la evaluación se incorporan en el análisis las inversiones exigidas por el proyecto. Es de esperarse que dichas inversiones mitiguen total o parcialmente los riesgos identificados en caso de no realizarse el proyecto. De la misma forma se esperaría que la estructura de costos se vea modificada debido a

la inversión realizada (nuevos mantenimientos, energía adicional, más personal, etc). Las inversiones deben ser registradas en los años en que el proyecto estima se van a ejecutar. Es de esperarse que la probabilidad de ocurrencia de las pérdidas identificadas sea inferior a la probabilidad del caso base, ya que esta mitigación de riesgos es lo que justifica en parte la realización del proyecto. De la misma forma, es común encontrar que los costos asociados al caso con proyecto sean inferiores al caso base.

Una vez identificadas las pérdidas y los costos el caso CON proyecto para cada uno de los años de operación (vida útil del proyecto), se procede a calcular el valor presente (VP) del flujo de egresos e inversiones descontado a la tasa apropiada que refleje el costo de oportunidad.

Respecto del formato a utilizar para realizar la evaluación económica, se debe advertir que su estructura y contenido dependerá del tipo de proyecto que se esté valorando, es decir que no existe una plantilla rígida, puesto que cada opción a evaluar lleva características muy propias y únicas a evaluarse.

#### **e) Priorización de Soluciones**

Teniendo en cuenta que el objetivo de esta metodología rediseñada es contribuir al mejoramiento de los costos de mantenimiento de subsuelo, la priorización de soluciones es fundamental, toda vez que de ella dependerá tanto la selección de la mejor opción en términos de economía y eficiencia como la asignación de recursos.

Es muy importante advertir que ante la limitación que se tiene de recursos (personal, tiempo, dinero) junto con la necesidad de obtener resultados técnicos y económicos satisfactorios, la priorización es la clave para decidir en qué actividades utilizarlos, de manera que se les dé un uso racional y eficiente.

Para poder plasmar esta priorización dentro de esta metodología rediseñada, en conjunto con el área de ingeniería se diseñó un método propio, que surgió de la combinación de la experiencia de los expertos y la necesidad de darle objetividad a la selección, y fue guiada por los pilares corporativos y estratégicos de la compañía más algunos conceptos teóricos y académicos.

Priorizar las distintas opciones de solución a problemas, significa darles relevancia en función de los resultados que se esperan de ellas. Relevancia que se traduce en un puntaje que obtiene cada opción, indicando su nivel de aporte a la búsqueda del mejoramiento de los costos.

Este aporte, traducido en un puntaje, se referirá a la capacidad que tiene la opción de proporcionar una expectativa de valor, luego de combinar diversas variables analizadas, ponderando el aporte de cada una de ellas y generando un valor integral. El porcentaje de aporte o peso de cada una de las variables ha sido definido a partir de la experiencia de los expertos.

La matriz de priorización diseñada, busca dar una herramienta más objetiva que subjetiva para elegir el camino a seguir y para tomar una decisión soportada y justificada técnica y financieramente. Independientemente de que los problemas sean diferentes y las soluciones igual, esta matriz permite estandarizar y hacer comparables sus resultados esperados.

**Figura 11. Matriz de Priorización**

PUNTAJES	1 = Bajo (< 50 bopd) 9 = Muy Alto (> 1200 bopd)	1 = 12 Meses o mas 9 = < 3 Meses	1 = Baja Probabilidad 9 = Alto Probabilidad	1 = Baja 9 = Alta	1 = Alto Costo (1.000.000 USD) 9 = Bajo Costo (100.000 USD)	1 = Bajo (100.000 USD) 9 = Alto (1.000.000 USD)	1 = Difícil 9 = Fácil	1 = Alto Riesgo 9 = Bajo Riesgo	1 = Alto Riesgo 9 = Bajo Riesgo	Bajo Puntaje = Baja Prioridad Alto Puntaje = Alta Prioridad
VARIABLE	Perdida de Producción	Duración del Proyecto (meses)	Probabilidad de Logro/Éxito del Proyecto	Disponibilidad de Personal para el Estudio Proyecto	Presupuesto del Proyecto	Reducción del Costo (OPEX)	Complejidad Técnica	Seguridad	Medio Ambiente	Puntaje Total por Proyecto
PONDERACION	25%	8%	8%	5%	8%	25%	5%	8%	8%	100%

ITEM	OPCION DE MEJORAMIENTO	Perdida de Producción	Duración del Proyecto (meses)	Probabilidad de Logro/Éxito del Proyecto	Disponibilidad de Personal para el Estudio Proyecto	Presupuesto del Proyecto	Reducción del Costo (OPEX)	Complejidad Técnica	Seguridad	Medio Ambiente	Puntaje Total por Proyecto	PRIORIDAD

Las variables sobre las que más necesidad se tiene de actuar, junto con su porcentaje de relevancia, fueron escogidas igualmente por el equipo de trabajo dentro del proceso de rediseño de la metodología, y los puntajes o ponderaciones asignadas a cada una, que obedecen a las necesidades del negocio en términos financieros y corporativos, son las siguientes:

- Pérdida de producción – 25 %
- Duración del proyecto – 8 %
- Probabilidad de Logro/Éxito del proyecto – 8 %
- Disponibilidad de Personal para el Proyecto – 5 %
- Presupuesto del Proyecto – 8 %
- Reducción del Costo – 25 %
- Complejidad Técnica – 5 %
- Seguridad – 8 %
- Medio Ambiente – 8 %

*Pérdida de Producción:* Representa el aporte de la solución para evitar la pérdida de producción de crudo o producción no obtenida, por el problema que está sucediendo y que se intenta resolver.

Su ponderación es 25%

El puntaje a asignar a esta variable será el siguiente:

**Tabla 1. Puntaje Pérdida de Producción**

PUNTAJE	BARRILES POR DÍA QUE EVITA PERDER
1	$x < 50$
2	200
3	350
4	500
5	650
6	800
7	950
8	1100
9	$x > 1200$

*Duración del Proyecto:* Se refiere a la cantidad de meses que durará la implementación de la solución.

Su ponderación es 8%

El puntaje a asignar a esta variable será el siguiente:

**Tabla 2. Puntaje Duración del Proyecto**

PUNTAJE	Duración del Proyecto (meses)
1	$x > 12$
2	12
3	10
4	8
5	6
6	5
7	4
8	3
9	$x < 3$

*Probabilidad de Logro/Éxito del proyecto:* Indica el nivel de certidumbre que se tiene sobre la bondad de la solución propuesta.

Su ponderación es 8%

El puntaje a asignar a esta variable será el siguiente:

**Tabla 3. Puntaje Probabilidad de Éxito**

PUNTAJE	Probabilidad de Logro/Éxito del Proyecto
1	BAJA
2	
3	MEDIA BAJA
4	
5	MEDIA
6	
7	MEDIA ALTA
8	
9	ALTA

*Disponibilidad de Personal para el Proyecto:* Se refiere a la capacidad que tiene el área responsable ejecutora de la idea, para asignar al personal que se requiere para llevarla a cabo.

Su ponderación es 5%

El puntaje a asignar a esta variable será el siguiente:

**Tabla 4. Puntaje Disponibilidad de Personal**

PUNTAJE	Disponibilidad de Personal para el Estudio Proyecto
1	BAJA
2	
3	MEDIA BAJA
4	
5	MEDIA
6	
7	MEDIA ALTA
8	
9	ALTA

*Presupuesto del Proyecto:* Indica el nivel de dinero requerido para la ejecución de la solución.

Su ponderación es 8%

El puntaje a asignar a esta variable será el siguiente:

**Tabla 5. Puntaje Presupuesto del Proyecto**

PUNTAJE	Presupuesto del Proyecto (USD\$)	
1	975.000	1.000.000
2	850.000	975.000
3	725.000	850.000
4	600.000	725.000
5	475.000	600.000
6	350.000	475.000
7	225.000	350.000
8	100.000	225.000
9	-	100.000

*Reducción del Costo:* Muestra el aporte que hace la solución a implementar, en la disminución de los costos operativos una vez implementada la misma. En otras palabras, indica el nivel de ahorro que se tendrá después de que la solución quede implementada.

Su ponderación es 25%

El puntaje a asignar a esta variable será el siguiente:

**Tabla 6. Puntaje Reducción del Costo**

PUNTAJE	Reducción del Costo (USD\$)	
1	-	100.000
2	100.000	225.000
3	225.000	350.000
4	350.000	475.000
5	475.000	600.000
6	600.000	725.000
7	725.000	850.000
8	850.000	975.000
9	975.000	1.100.000

*Complejidad Técnica:* Se refiere al grado de dificultad técnica que tiene la solución a ejecutar.

Su ponderación es 5%

El puntaje a asignar a esta variable será el siguiente:

**Tabla 7. Puntaje Complejidad del Proyecto**

PUNTAJE	Complejidad Técnica
1	DIFICIL
2	
3	
4	
5	MEDIA
6	
7	
8	
9	FACIL

*Seguridad:* Hace referencia al nivel de cumplimiento de los estándares de seguridad HSE, en la ejecución del trabajo propuesto.

Su ponderación es 8%

El puntaje a asignar a esta variable será el siguiente:

**Tabla 8. Puntaje Seguridad del Proyecto**

PUNTAJE	Seguridad
1	ALTO RIESGO
2	
3	MEDIO BAJO
4	
5	MEDIO
6	
7	MEDIO ALTO
8	
9	BAJO RIESGO

*Medio Ambiente:* Muestra el nivel de respeto que la opción tiene para con el medio ambiente, en cuanto al cumplimiento de la normatividad y a la ejecución de trabajos sin afectar negativamente los recursos naturales del entorno (tierra, mar, aire).

Su ponderación es 8%

El puntaje a asignar a esta variable será el siguiente:

**Tabla 9. Puntaje Medio Ambiente**

<b>PUNTAJE</b>	<b>Medio Ambiente</b>
<b>1</b>	ALTO RIESGO
<b>2</b>	
<b>3</b>	MEDIO BAJO
<b>4</b>	
<b>5</b>	MEDIO
<b>6</b>	
<b>7</b>	MEDIO ALTO
<b>8</b>	
<b>9</b>	BAJO RIESGO

#### **4.3 DIVULGACION DE LA METODOLOGÍA REDISEÑADA JUNTO CON LA OPERATIVIZACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA MISMA.**

Una vez estructurada la nueva metodología, surgida del rediseño en función de las necesidades y debilidades de la que se tiene actualmente, proceso que se llevó a cabo en unión con el área de Ingeniería, se procedió a la socialización de la misma.

Esta actividad se desarrolló a través de reuniones y talleres con los funcionarios de las áreas de Ingeniería, Subsuelo y Finanzas y estuvo enfocada en dos partes, la primera se enfocó en fortalecer la metodología, resaltando sus beneficios y buscando sus falencias, y la segunda en establecer acuerdos y niveles de responsabilidad en su operatividad.

Se acordó que el área de Ingeniería es quien se encargará de su administración, actualización y mejora. Para esto se planteó la necesidad de que todos los funcionarios del área empiecen a involucrarla en sus ejercicios de planeación y ejecución de trabajos de mantenimiento. De otro lado se acordó, que el área de Finanzas brindará el apoyo requerido para las evaluaciones financieras. Y también se hizo énfasis en que la conservación de la memoria es fundamental, esto es la documentación de apoyo que requiere la metodología, como es los análisis de causa raíz, las lecciones aprendidas y las mejores prácticas. Dado que la documentación existente es deficiente, se definió dar prioridad al levantamiento de la información.

Finalmente, se acordó no subir la socialización a los cargos gerenciales, hasta que no se tenga claro el impacto en los tiempos necesarios para su mantenimiento. De hecho se evidenció que lo que más beneficiaría a la aplicación de la metodología rediseñada es que se pudiera contar con un equipo de profesionales, dedicado especialmente a su implementación.

#### **4.4 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA, CON LAS RESPECTIVAS FASES DE SEGUIMIENTO, EVALUACIÓN DE RESULTADOS, AJUSTES Y MEJORA.**

El proceso de implementación de la metodología propuesta, cuenta con un antecedente muy importante como lo es la conciencia generalizada de mejorar los

costos de mantenimiento de subsuelo, dada la importancia de esta actividad en el proceso operativo de los campos petroleros.

Se sugirió ejecutar un piloto mediante el cual se diera a conocer la estructura y uso de la metodología, partiendo del conocimiento y experiencia que se tienen y enfocando el ejercicio en oportunidades de mejora ya identificadas previamente.

Con este piloto, además de poner en marcha la aplicación metodológica en el logro de mejores resultados económicos, se busca también fortalecer la metodología y aumentar la confianza en el entendimiento de que un proceso estructurado, sistemático y documentado permitirá lograr la mejora continua, como fundamento del éxito en el corto y mediano plazo.

Es muy importante anotar que para la implementación de este piloto se ha utilizado, como lo propone la metodología, información existente de análisis de situaciones operativas relativa a problemas recurrentes identificados y propuestas de solución a problemas actuales.

Otro aspecto a favor de este piloto ha sido la aceptación por parte de las áreas operativas y de los expertos consultados, dado el conocimiento que tienen de la metodología, el cual se adquirió por su participación en la construcción de la misma.

De otro lado, se debe mencionar que en contra ha jugado la inexistencia de información referencial asociada a Lecciones Aprendidas, Análisis de Causa-Raíz y Mejores Prácticas, específica a los campos en estudio; situación que ha implicado un esfuerzo en su identificación primaria, toda vez que es necesaria dentro de la aplicación de la metodología.

## PILOTO – PASO 1: Identificación de Problemas

Las ideas de mejora o soluciones a problemas existentes, que se ha tomado como punto de partida para la implementación del piloto, y que han surgido de talleres realizados de manera interna, son las siguientes:

**Tabla 10. Lista de Ideas Candidatas a Implementar**

ITEM	OPORTUNIDAD DE MEJORA
1	Análisis Causa Raíz de Daños en Revestimiento
2	Análisis de Costos de Equipo Propios Vs. Tercerizados
3	Análisis de Factor de Servicio del Año 2012 (Revisión de los NPT)
4	Análisis de uso de tubería de producción Rango 1 Vs. Rango 2 en Pozo
5	Factibilidad del uso de la bomba PCP insertable
6	Falla en los Variadores de Producción.
7	Implementación de Equipo de Confiabilidad de Equipos de Levantamiento Artificial
8	Mejora de Confiabilidad de Equipos de Subsuelo con Empresas Proveedoras (Weatherford, TDA y HQE).
9	Oportunidad de mejora en falla en circuitos 34.5 KVA.
10	Plan de Mantenimiento Planificado de Pozos PCP en Superficie
11	Propuesta de Mejora de la Medición y Control de Producción
12	Revestimientos para tuberías de producción
13	Uso de tubería revestida ( tubería Polycore )

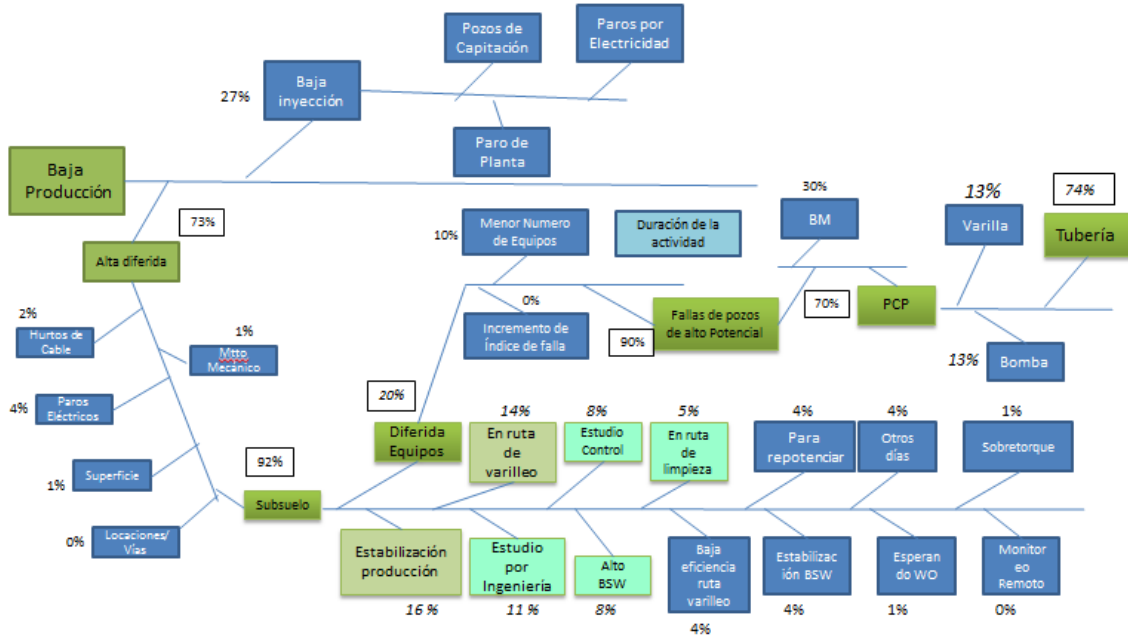
Estas ideas fueron seleccionadas por los expertos, de entre múltiples alternativas, luego de discusiones y análisis cuantitativos y cualitativos realizados a partir de experiencias y referentes en otros campos de la compañía. Para el análisis mencionado, se ha utilizado información técnica y financiera que reposa en los sistemas utilizados.

## PILOTO – PASO 2: Análisis Causa-Raíz

De acuerdo con la metodología, una vez se cuente con las posibles soluciones a ejecutar, se deberá recurrir a la información de Causa-Raíz para enfocar el trabajo a desarrollar y dimensionar el nivel de complejidad que conlleva la implementación de estas ideas. Dado que al momento de la implementación del piloto no se contaba con las referencias documentadas, se debió realizar el ejercicio de identificación de dichas causas.

Para esto, se procedió a hacer un ejercicio global, en el cual mediante una lluvia de ideas se conformaron tres espinas de pescado en las que se plasmaron las principales causas de los problemas de subsuelo existentes.

**Figura 12. Ejercicio 1 Espina de Pescado**



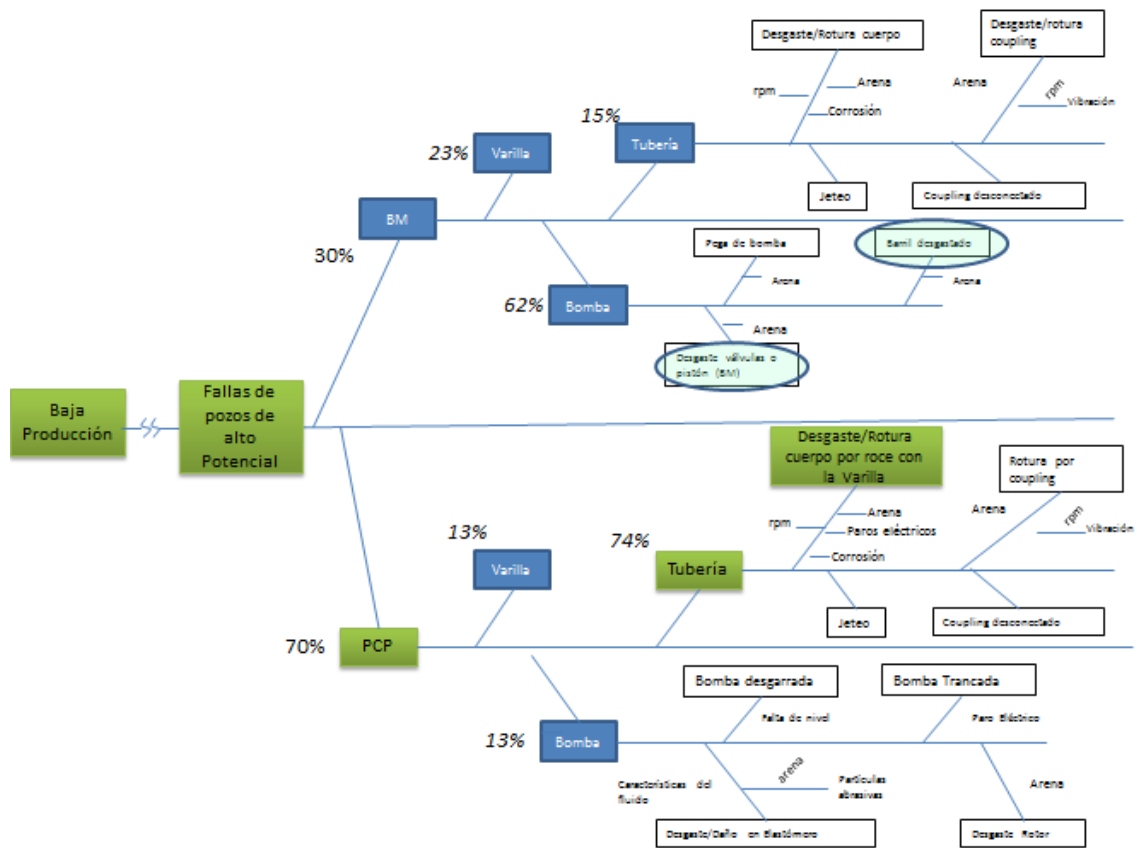
En la figura 12 se observa el análisis gráfico siguiendo la metodología de Espina de Pescado, la cabeza del esqueleto es el problema denominado “Baja Producción”. y las espinas las causas asociadas. Hay 2 causas principales de primer nivel como son la Alta Diferida y la Baja Inyección. A la Baja Diferida, se le hizo su análisis particular y se encontró que cuenta con 6 causas, a saber: hurto de cable, paros eléctricos, problemas de superficie, malas vías, problemas mecánicos y problemas de subsuelo, y así sucesivamente.

Los porcentajes indicados señalan la relevancia de la causa al problema, de manera que las causas más relevantes para la Baja Producción son en su orden y secuencialmente: alta diferida, problemas de subsuelo, diferida por equipos, falla

de pozos de alto potencial, falla en pozos con sistema de levantamiento PCP y problemas de tubería.

Si se observa, los problemas de tubería son los de último nivel y, según los expertos, son los que más impactan generando la baja producción que se está analizando.

**Figura 13. Ejercicio 2 Espina de Pescado**



En la Figura 13, se extiende el análisis de causas, analizando los problemas de tubería, encontrándose que el mayor inconveniente está por el desgaste y rotura originados por el roce con la varilla.

Figura 14. Ejercicio 3 Espina de Pescado

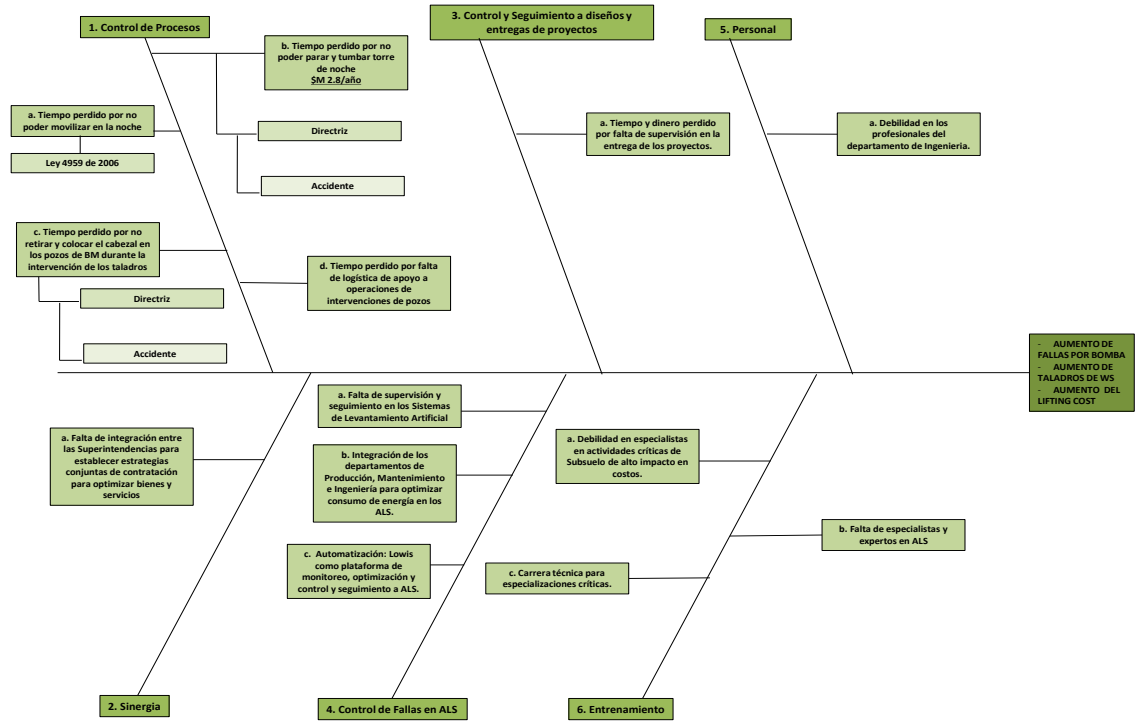
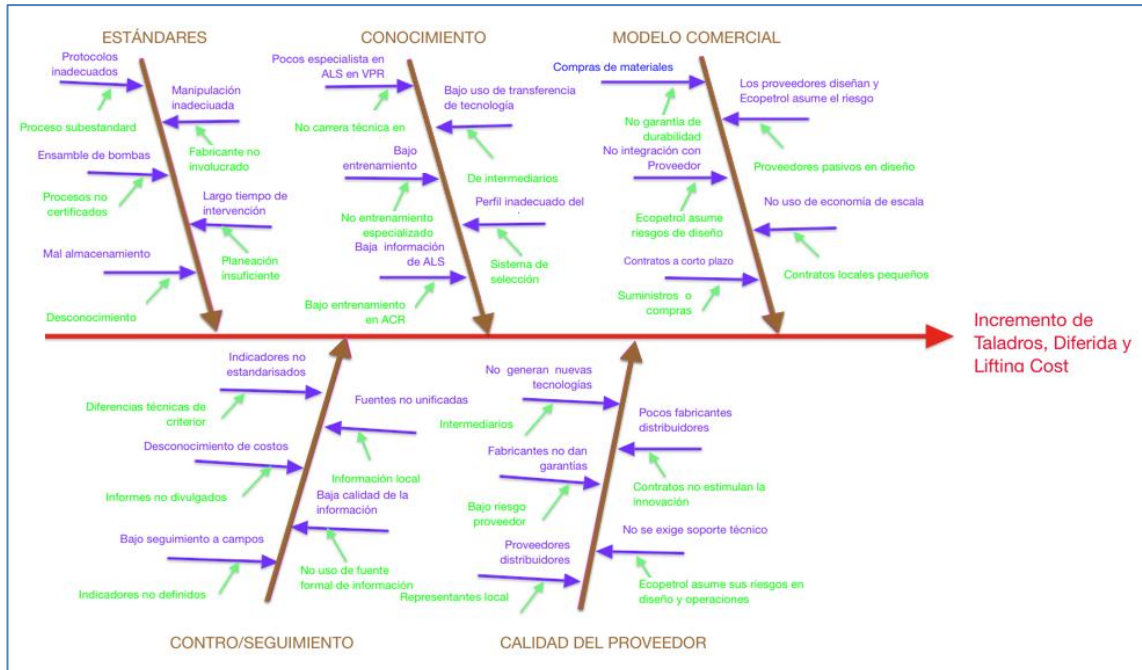


Figura 15. Ejercicio 4 Espina de Pescado



En las figuras 14 y 15 se presentan ejercicios similares en los que se trata de encontrar las causas más relevantes que explican otros problemas de subsuelo.

En estos diagramas se han plasmado las principales causas y se ha tratado de identificar aquellas de tipo técnico, de tipo financiero y de tipo administrativo, de manera que se tenga un panorama amplio y suficiente, que permita visualizar las causas más importantes y establecer qué tan complejo puede ser encontrar la solución deseada, y en consecuencia definir el plan de acción a ejecutar.

### **PILOTO – PASO 3: Lecciones Aprendidas, Mejores Prácticas**

Continuando con la metodología, el paso que sigue es consultar las Lecciones Aprendidas y las Mejores Prácticas, para encausar de una mejor manera el plan de acción, buscando evitar situaciones que atenten contra el logro del objetivo y cometer errores ya identificados.

Al igual que el Análisis Causa Raíz, no se encontró documento alguno con esta información, razón por la cual se procedió a recopilar de manera general, consultando y recurriendo a la experiencia y memoria de los expertos, la siguiente lista de situaciones vividas en los mantenimientos de subsuelo ejecutados recientemente:

#### Lecciones Aprendidas

1. La tubería Polycore presenta limitación para las operaciones de eventuales pesca debido al espacio reducido entre la tubería de producción y el revestimiento
2. Para Futuras compras el tiempo de entrega del equipo es de 3 meses

3. No se dió el soporte oportuno para las aclaratorias del procedimiento de Pesca
4. Al bajar la varilla continua, se presentó un atascamiento en el crossover que generó un NPT de 16 horas. Para evitar esto las botellas o Crossover utilizadas para adaptar la tubería de 4½" revestida a la de 3½" sin revestimiento, debe estar biselada en el interior con el fin de evitar el atascamiento de la varilla durante la instalación del sistema.
5. Utilizar Collarín en las primeras 30 juntas de 4 ½" por falta de peso. Al utilizar cuñas manuales para bajar la tubería se deben amarrar los brazos de las mismas para asegurar que la cuña no se abra.
6. Cuando se extrajo la tubería Polycore en el pozo fueron reemplazados los 39 tubos a pesar de que muchos de ellos se encontraban en buen estado. Se sugiere implementar el análisis de falla de pozo en sitio, con la finalidad de definir e identificar estrategias de mitigación.
7. Tubería revestida en buen estado fue dejada en el patio de tubería en el Rack de tubería a desechar poniendo en riesgo el Almacenamiento e inspección adecuada de la Tubería.
8. En caso de no poder pescar con Spear, se debe optar por bajar rabo de rata con junta de seguridad (último pescante que se debe bajar). Utilizar Tubería de 4 ½' revestida Polycore con Coupling LTC para poder usar Overshoot. Podría utilizarse Overshot siempre y cuando se utilice tubería LTC con coupling de 5" de diámetro externo
9. Revestimiento Colapsado genera dificultades en la Pesca. No se debe instalar Tubería de 4½" revestida Polycore en revestimiento de 7" con Colapso.

Calibrar Revestimiento antes de la Instalación de la Tubería Revestida.

10. Desgaste de tubería de producción en la zona superior de la bomba PCP. Instalar un Blast Joint de 10 pies arriba del estator (Estator–Blast Joint): colocando conector adecuado). Asegurar Disponibilidad de Blast Joint en Bodega. Informar sobre la necesidad de instalar Blast Joint en la zona superior de la Bomba PCP

11. la inspección de tubería de producción en pozo se hace de forma visual. Al detectar el tubo dañado durante una intervención, se remplazaban 5 tubos arriba y abajo del punto de daño, lo cual no garantiza que se estén remplazando todos los tubos con desgaste en la sarta

12. El equipo de inspección de tubería no detecta desgaste en la tubería por falla en el software. Para evitar esto, cada vez que se actualice el software la compañía debe presentar un manual por escrito de cómo se deben utilizar las nuevas funciones, para poder entrenar al personal en Colombia. La empresa debe certificar que el software de RDScan fue probado al menos en 10 pozos y este certificado debe ser validado por Ecopetrol. Realizar la verificación del funcionamiento de los equipos cuando y donde el cliente lo considere conveniente, con la presencia de personal de Ecopetrol

13. Diversidad de direcciones de correos electrónicos dificulta seguimiento al manejo de información. Se debe Crear una dirección de correo electrónica única de la empresa de servicio para centralizar la información.

14. Para evitar Daño Interno de los medidores de flujo en superficie, no deben usarse de manera continua. Deben ser instalados en un circuito By Pass, y utilizarlo de manera intermitente.

15. Para evitar fallas en Sistemas de Bombeo Hidráulico en la Instalación de la bomba jet con el equipo de Slickline, asociadas al mal asentamiento de la Bomba Jet, ocasionando demora en la puesta de producción del pozo, se debe asegurar el conocimiento del procedimiento para este tipo de operación con el personal que ejecuta el trabajo

16. Para resolver problemas causados por la producción de arena se sugiere el uso de Coiled Tubing de diámetro pequeño y el uso del Coiled Tubing concéntrico para la limpieza de pozos;

17. Usar desarenadores en conjunto con las bombas electro sumergibles; pistones de anillo para bombeo mecánico y tratamientos químicos matriciales para contener la producción de arena en la formación e incluso algún sistema para manejar la arena producida en la superficie.

18. Para mejorar el tiempo de funcionamiento de los sistemas de bombeo electro sumergible se propone el uso de desarenadores y separadores de gas en el subsuelo, motores de imanes permanentes y mecanismos rápidos de empalme del cable eléctrico.

19. El Coiled Tubing se percibe como una oportunidad para mejorar la eficiencia de las operaciones especialmente si se usa en combinación con sistemas de monitoreo en tiempo real y para reducir tiempos y costos en operaciones “rigless”.

20. Las aplicaciones tecnológicas están orientadas al uso de tuberías revestidas para prologar su vida útil, disminuida por la erosión y abrasión ocasionada por la producción de arena y a los sistemas de prueba y manejo de la tubería.

21. Incluir sistemas de automatización y monitoreo para mejorar los tiempos de diagnóstico y la velocidad de respuesta que permita evitar la producción diferida;
22. Sistemas de prueba de subsuelo y superficie, medidores multifásicos para mejorar el diagnóstico y evaluación de producción y facilidades de superficie. Alternativas para el control de parafinas y utilización de unidades de Snubbing

### Mejores Prácticas

1. Utilizar solo en las zonas con mayor susceptibilidad al desgaste, no se requiere el uso de la tubería revestida en toda la sarta, disminuyendo el monto de la inversión inicial por pozo
2. Usar la tubería con revestimiento interno Polycore en pozos con dos o más fallas por año principalmente por tubería rota debido al roce.
3. Usar tubería 4 ½" J-55 con coupling de rosca LTC el cual tiene un diámetro externo de 5" para facilitar las operaciones en caso de que se presenten pesca.
4. Usar rotador de tubería con la tubería revestida Polycore para aumentar la vida útil de esta.
5. Hacer seguimiento de los pozos que actualmente tienen instalado la tubería Revestida Polycore y ante una eventual extracción de la misma inspeccionar y evaluar el estado físico que permitan afianzar los resultados obtenidos a la fecha.
6. La tubería a revestir debe ser nueva para asegurar la vida útil de la sarta.
7. Asegurar el apriete según norma API para evitar desconexión de la tubería.

8. Inspeccionar con RD Scan la sarta de tubería sin revestimiento durante la instalación de la tubería revestida Polycore en los pozos mencionados anteriormente en función de asegurar la vida útil de toda Sarta.
9. Instalar tubería revestida Polycore en Pozo Nuevos que por condiciones desfavorable deban tener un Dog Leg superior a 2.2.
10. Difundir Procedimiento de Operación de Bajada y extracción de la tubería
11. Adiestrar al personal del equipo de subsuelo acerca del uso, manipulación y finalidad de la tubería revestida.
12. Difundir los procedimientos de transporte, recepción, uso, instalación e inspección de la tubería revestida.
13. Adiestrar al personal del equipo de subsuelo acerca del uso, manipulación y finalidad de la tubería revestida
14. Solicitar asesoría en caso que se requiera al especialista en este tipo de tubería para las labores de pesca.
15. Se diseñó un bloque de impresión cónico para detectar diámetros de colapsos en un solo viaje y disminuir tiempo de equipo
16. Diseño y fabricación de camino hidráulico para evitar uso de brazo articulado y NPT's,
17. Se retiraron Companys y se está trabajando con dupla asistente\_ Compan.

18. Se tiene contratado un Vaccun para las limpiezas de tanques, mejora de tiempos y procedimientos HSE.
19. Se tiene en conversaciones con sindicato para instaurar turnos 14x7 para aumentar Números de trabajos mes en los directos
20. Limpiezas de arena con Colied tubing y equipo WO instalado, disminuyendo tiempos de intervención y tiempos de estabilización
21. Se está implementando el tubo Juliano (made in casabe) para disminuir los tiempos sacando tubería llena y evitar contaminaciones.
22. Se está realizando inspección en boca de pozo, para aumentar run life de pozos y la reducción en el índice de fallas.
23. Se está realizando en el ICP la evaluación de la píldora Bridnnad para mejorar la eficiencia en las limpiezas con equipo WO
24. Se adelanta compra de bombas pulmón para disminuir uso de chupamanchas
25. Capacitar los encuelladores para operar los brazos articulados propios para disminuir el uso de contratados en boca de pozo.
26. Exigencia contractual para cargas quinta rueda y disminución de cargas por equipo.
27. Instalar equipos de noche para reducción tiempos por inactividad

28. Realizar limpiezas de arena con Nitrógeno con tubería de trabajo y equipo de Workover, para disminuir costos en limpiezas con Nitrógenos.
29. Ejecutar la Inspección en Línea de Tubería con Ondas Electromagnéticas inducidas por un scanner, con el objetivo de disminuir el índice de intervención en pozos por fallas relacionadas al desgaste de tubería. Este procedimiento no altera la velocidad de sacado/bajado de la sarta al pozo. Conforme la tubería es escaneada, se la clasifica conforme al desgaste
30. Se recomienda Inspeccionarla tubería en pozos que presentan un alto índice de intervención por tubería rota, pozos con más de un año de operación sin falla y con tubería nueva que presenten fallas prematuras, pozos con 2 o más falla por roce de tubería, pozos con tubería nueva que falle por roce en un periodo menor o igual a 6 meses, pozos candidatos para pruebas piloto, pozos con Bombeo Mecánico o PCP.
31. NO Se recomienda Inspeccionarla tubería en pozos a los que se le hayan inspeccionados en un periodo menor de 6 meses, pozos que serán abandonados, pozos a los que se le remplazara la sarta por tubería nueva
32. Difusión a todos los niveles de los protocolos operativos y de mantenimiento de las herramientas tecnológicas para evitar NPT y descoordinación en la logística y solicitud del servicio
33. Implementación y Difusión al personal operativo de las empresas de servicios, de los reportes estándar que contenga la información requerida por Ecopetrol para hacer seguimiento efectivo a los resultados

34. Contar con equipo de backup en pozo con el software en condiciones operativas ,para las herramientas tecnológicas, con el fin de evitar NPT's debido a fallas mecánicas y de comunicación
35. En donde se tenga la disponibilidad del fluido motriz en el campo (Planta de Inyección) considerar el bombeo hidráulico como uno de los métodos de impacto para mitigar las fallas por tubería rota (modo de falla de mayor impacto) y lograr disminución de intervenciones por limpieza de Arena
36. Se evidencia una clara disminución de las intervenciones por arena, debido a la condición de flujo continuo del Bombeo Hidráulico.
37. Los costos y los tiempos por intervenciones son más bajos por el uso de equipo de slickline comparado con el servicio de workover.
38. implementar Sistemas de Bombeo Hidráulico, Tipo Jet en pozos con las siguientes características: Con alto índice de falla por tubería, Con Índice de productividad Altos., Con alto grado de DogLeg, Con altos nivel de Fluido, Con producción de Arena (Implementar el sistema en reversa).
39. Para asegurar agilidad en estabilización de los pozos luego de sus intervenciones, se debe mejorar el adiestramiento al personal operativo de control de producción e ingeniería, y así evitar el poco involucramiento del personal operativo
40. Para evitar demoras en el montaje de facilidades de superficie se debe: planear con anticipación el suministro de materiales y ejecución de las facilidades, asegurar la ejecución de la actividad según el plan y en las fechas previstas y el envío del P&ID a todos el personal involucrado en la ejecución de las facilidades

41. Se deben definir pliegos de condiciones estándares para contratación
42. Implementar Sistemas de Supervisión Remota (telemetría) con controles para la detección temprana de fallas, dirigidas al centro de control
43. Definir modos y causas de falla para redefinir bases de datos estadísticas
44. Alinear los indicadores técnicos con la reducción de costos de levantamiento, generar cultura de costos entre ingenieros y líderes. El seguimiento a los indicadores de salida (diferida de producción y costos) se efectúa mediante reuniones, fuera de un proceso documentado. Esto no garantiza el seguimiento de estándares que permitan alcanzar la optimización de costos
45. Conformar equipos de trabajo multidisciplinarios con reuniones semanales para priorizar trabajos, definir programas y propuestas de mejoras, y ejecutar los análisis ACR- (análisis causa raíz)
46. Compartir “Mejores Prácticas de Trabajo” entre unidades de negocio
47. Se debe mejorar el gerenciamiento de los procesos de inyección de agua, esto es controlar la inyección a un flujo, presión y calidad específica con el fin de proteger el yacimiento y maximizar la producción evitando el aumento en el volumen de arena producida y el consiguiente incremento de la tasa de falla en los pozos. Se debe calcular cuánta agua inyectar, calidad, dosificación de químicos y presión a que debe hacerse, mientras el sistema de control garantiza la inyección del flujo deseado y detiene la operación si presiones máximas se alcanzan.
48. Los análisis de falla no son guiados a través de un proceso de trabajo estándar documentado, donde haya una metodología definida. Los análisis deben ser efectuados considerando que los planes de acción deben contener actividades

que retroalimenten los sistemas de gestión y así poder vincular la causa raíz de la falla con la pérdida de producción

49. Se debe lograr el aprovechamiento de la posición privilegiada de Ecopetrol en la estrategia de contratación de servicios de subsuelo. Establecer, ampliar y fortalecer los procesos de contratación para aprovechar la condición ventajosa que, por el nivel de actividad y cobertura geográfica, tiene Ecopetrol al ser el mayor consumidor de equipos, servicios y tecnologías petroleras

50. Materializar alianzas tecnológicas con los líderes (empresas de servicio, operadores, institutos de investigación).

51. Mientras mejor sea la selección y el diseño de instalación del sistema mayor será el tiempo de funcionamiento ininterrumpido del mismo (Run Life) y la eficiencia de producción será mayor con costos mínimos de mantenimiento

52. Para cerrar las brechas operativas, las cuales son los efectos negativos en producción o en confiabilidad de las operaciones, y optimizar los recursos se debe buscar la reducción de tiempos perdidos, optimización de los procesos, alcanzar el más alto estándar de eficiencia técnica para la operación y que maximiza los beneficios, lo cual se logra con:

- Maximizar la producción con las mejores tecnologías disponibles.
- Reducción de tiempos perdidos.
- Disminución de producción diferida.
- Adelanto de la entrada de los pozos con respecto a lo esperado.
- Confiabilidad técnica de las operaciones y disminución de riesgos.
- Mejor rendimiento técnico de los procesos productivos.
- Aseguramiento de altos estándares en HSE.
- Estandarización de procesos de alta calidad.

- Aseguramiento de la calidad de los procesos y de la información técnica.

53. Para cerrar las brechas funcionales y de logística, las cuales se refieren a Optimización de los recursos administrativos de soporte a las operaciones que reduce los tiempos operativos, tiempos de entrega de materiales, movilización de personal, optimización de trámites, disponibilidad de bienes y servicios críticos de la operación productiva, etc, y optimizar los recursos se debe buscar:

- Reducción de tiempos de espera.
- Manejo de la estrategia de materiales críticos para las operaciones.
- Soporte logístico para transporte de bienes y servicios claves.
- Optimización del proceso de trámites y aprobaciones.
- Fallas de subsuelo causadas por la confiabilidad de otros sistemas técnicos de apoyo (facilidades, mantenimiento de superficie, suministro de energía, etc.).
- Ajuste del Soporte Administrativo - Operaciones de campo.
- Aseguramiento de apoyo de Seguridad Física a las operaciones donde se involucren efectivamente las compañías de servicios.

54. Para cerrar las brechas estratégicas, las cuales se refieren a Aprovechamiento de contratos marco, contratos con economía a escala, sinergias con socios y con proveedores que generan nuevas tecnologías, ajustes normativos a las oportunidades del negocio, optimización integral de sistemas productivos eficientemente, dar de baja activos operativos improductivos, optimización de los estados financieros de los campos, etc., y optimizar los recursos se debe buscar:

- Aprovechamiento de contratos corporativos.
- Aprovechamiento de sinergias con entes locales, con otros operadores, socios y compañías de suministros claves de bienes y servicios.

- Retiro de activos improductivos e innecesarios y ajustes de instalaciones sobredimensionadas que generan costos altos de mantenimiento.
- Optimización y seguimiento periódico a los estados financieros (Estado de resultados, balance y estado de flujo de efectivo).
- Evaluación financiera de las operaciones con diferentes indicadores de acuerdo a lo que se quiera evaluar.

En este punto, la metodología permitirá tener más claridad sobre el camino a seguir. Se tienen varias soluciones propuestas, causas más relevantes de los problemas, acciones que no se deben cometer para no caer en errores que conlleven a pérdida de recursos valiosos y un marco de referencia sobre aspectos favorables al proyecto.

#### **PILOTO – PASO 4: Evaluación Económica**

Se llega entonces al momento de dar valor a las ideas de mejora, lo cual servirá para visualizar las promesas ofrecidas, para conocer las más favorables en términos de costo/beneficio y para decidir cómo asignar los recursos de manera eficiente, en función de la priorización de las mismas.

La asignación de valor se hará mediante la evaluación económica de cada opción, teniendo claro que aplicando la metodología del Factor J se podrá conocer cuál es la más rentable y la que más ahorros permita generar.

Como se ha mencionado, no existe un modelo específico para la evaluación económica, pues dependiendo de la opción a evaluar se establecerán las variables a analizar. Lo que sí es claro y estándar, es que deberá hacerse la evaluación del caso base o situación actual, y compararse contra el caso con proyecto ó situación esperada, para obtener el valor diferencial que indicará si hay ahorro y beneficios económicos, o por el contrario se tendrá pérdida de valor.

Para el piloto que estamos adelantando, se presenta como ejemplo la evaluación de la opción llamada USO DE TUBERIA REVESTIDA.

Se muestran las variables que se analizan en el caso base y su VPN:

En el escenario base, que es la situación actual, sin ejecutar ninguna opción de mejora, el VPN es de USD\$6.121.968, el cual surge de analizar todas las variables implicadas en la operación actual con sus costos, es decir lo que cuesta hoy en día operar con las condiciones actuales, teniendo en cuenta las actividades de mantenimiento de superficie, materiales, mantenimiento de subsuelo, horas de trabajo, cantidades de trabajos, costo de los equipos utilizados, movilizaciones y valor de la producción perdida por el problema actual.

**Figura 16. Ejercicio Evaluación Económica Parte 1**

<b>Escenario Base (Motor Tradicional) - Pozo 1127D</b>	
<b>Inversión Inicial Conjunto Variador-Motor-Bomba</b>	
Costo de Servicio De Superficie por año (USD)	
Cantidad de Servicios al año	
Costos de Servicios Cabezal PCP (USD)	
<b>Matto Superficie (USD)</b>	
Costo de Servicio PCP en Taller (USD)	
<b>Numero de Reemplazo de Bombas</b>	
Costo de Bomba PCP	
<b>Costo al año de Servicios PCP en Taller (USD)</b>	
Numero de Tubos reemplazado por servicio	
Pies de Tubos Reempazados	
Costos de la tubería (USD)	
Costo del Tramo de Tubería (USD)	
Costo de Tubería Completa (USD)	
<b>Costo Total de la Tubería</b>	
Numero de Pies de Varillas Reemplazados	
Costo de Varilla por Pies	
<b>Numero de Reemplazo de Varillas</b>	
<b>Costo de Varilla</b>	
Días de Matto por Varilla Y tubería	
Cantidad de Mattos por Varilla y Tubería	
Cantidad de Reemplazos de Tubería Completa	
Costo de Servicio Tecnico de Fondo de Contratista paa bajar PCP	
Costo del Equipo WO por Día (USD) - Propio	
Movilización de Equipo de WO (USD) - Propio	
Costo Flush By	
<b>Costo de Equipo por Mantenimiento</b>	
Producción Asociada	
<b>Costos de Diferida por Mantenimiento (USD)</b>	
KW	
USD/Kwh	
<b>Consumo de Energia</b>	
<b>Costo Total (USD)</b>	
<b>VPN Costo del Ciclo de Vida (USD)</b>	<b>\$6.121.968</b>

La valoración de cada variable en un horizonte de 10 años

**Figura 17. Ejercicio Evaluación Económica Parte 2**

<b>Escenario Base (Motor Tradicional) - Pozo 1127D</b>	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<b>Inversión Inicial Conjunto Variador-Motor-Bomba</b>										
Costo de Servicio De Superficie por año (USD)	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Cantidad de Servicios al año	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Costos de Servicios Cabezal PCP (USD)	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00
<b>Matto Superficie (USD)</b>	<b>3.900,00</b>	<b>3.900,00</b>	<b>3.900,00</b>	<b>3.900,00</b>	<b>3.900,00</b>	<b>3.900,00</b>	<b>3.900,00</b>	<b>3.900,00</b>	<b>3.900,00</b>	<b>3.900,00</b>
Costo de Servicio PCP en Taller (USD)	4.021,76	4.021,76	4.021,76	4.021,76	4.021,76	4.021,76	4.021,76	4.021,76	4.021,76	4.021,76
<b>Numero de Reemplazo de Bombas</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>
Costo de Bomba PCP	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00
<b>Costo al año de Servicios PCP en Taller (USD)</b>	<b>61.195,83</b>	<b>61.195,83</b>	<b>61.195,83</b>	<b>61.195,83</b>	<b>61.195,83</b>	<b>61.195,83</b>	<b>61.195,83</b>	<b>61.195,83</b>	<b>61.195,83</b>	<b>61.195,83</b>
Numero de Tubos reemplazado por servicio	35,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Pies de Tubos Reempazados	770,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00
Costos de la tubería (USD)	9,58	9,58	9,58	9,58	9,58	9,58	9,58	9,58	9,58	9,58
Costo del Tramo de Tubería (USD)	59.012,80	33.721,60	33.721,60	33.721,60	33.721,60	33.721,60	33.721,60	33.721,60	33.721,60	33.721,60
Costo de Tubería Completa (USD)	24.055,38	24.055,38	24.055,38	24.055,38	24.055,38	24.055,38	24.055,38	24.055,38	24.055,38	24.055,38
<b>Costo Total de la Tubería</b>	<b>83.068,18</b>	<b>57.776,98</b>	<b>57.776,98</b>	<b>57.776,98</b>	<b>57.776,98</b>	<b>57.776,98</b>	<b>57.776,98</b>	<b>57.776,98</b>	<b>57.776,98</b>	<b>57.776,98</b>
Numero de Pies de Varillas Reemplazados	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
Costo de Varilla por Pies	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
<b>Numero de Reemplazo de Varillas</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
<b>Costo de Varilla</b>	<b>6.000,00</b>	<b>6.000,00</b>	<b>6.000,00</b>	<b>6.000,00</b>	<b>6.000,00</b>	<b>6.000,00</b>	<b>6.000,00</b>	<b>6.000,00</b>	<b>6.000,00</b>	<b>6.000,00</b>
Días de Matto por Varilla Y tubería	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65
Cantidad de Mattos por Varilla y Tubería	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Cantidad de Reemplazos de Tubería Completa	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Costo de Servicio Tecnico de Fondo de Contratista paa bajar PCP	1.732,42	1.732,42	1.732,42	1.732,42	1.732,42	1.732,42	1.732,42	1.732,42	1.732,42	1.732,42
Costo del Equipo WO por Día (USD) - Propio	7.600,00	7.600,00	7.600,00	7.600,00	7.600,00	7.600,00	7.600,00	7.600,00	7.600,00	7.600,00
Movilización de Equipo de WO (USD) - Propio	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00
Costo Flush By	12.368,61	12.368,61	12.368,61	12.368,61	12.368,61	12.368,61	12.368,61	12.368,61	12.368,61	12.368,61
<b>Costo de Equipo por Mantenimiento</b>	<b>556.319,71</b>	<b>556.319,71</b>	<b>556.319,71</b>	<b>556.319,71</b>	<b>556.319,71</b>	<b>556.319,71</b>	<b>556.319,71</b>	<b>556.319,71</b>	<b>556.319,71</b>	<b>556.319,71</b>
Producción Asociada	180,00	162,82	147,28	133,22	120,50	109,00	98,60	89,19	80,67	72,97
<b>Costos de Diferida por Mantenimiento (USD)</b>	<b>457.354,41</b>	<b>413.698,98</b>	<b>374.220,55</b>	<b>338.493,37</b>	<b>306.183,66</b>	<b>276.955,99</b>	<b>250.519,96</b>	<b>226.607,31</b>	<b>204.977,17</b>	<b>185.411,67</b>
KW	74,60	74,60	74,60	74,60	74,60	74,60	74,60	74,60	74,60	74,60
USD/kwh	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>Consumo de Energia</b>	<b>25.413,73</b>	<b>25.413,73</b>	<b>25.413,73</b>	<b>25.413,73</b>	<b>25.413,73</b>	<b>25.413,73</b>	<b>25.413,73</b>	<b>25.413,73</b>	<b>25.413,73</b>	<b>25.413,73</b>
<b>Costo Total (USD)</b>	<b>1.193.252</b>	<b>1.124.305</b>	<b>1.084.817</b>	<b>1.049.098</b>	<b>1.016.788</b>	<b>987.562</b>	<b>961.126</b>	<b>937.214</b>	<b>915.583</b>	<b>896.018</b>
<b>VPN Costo del Ciclo de Vida (USD)</b>	<b>\$6.121.968</b>									

En el escenario propuesto, que consiste en lo que sucedería si se ejecutan los trabajos para resolver el problema, el VPN es de USD\$2.467.508, valor que refleja el costo de operar si se ejecuta la opción de mejora y que resulta del análisis de las diversas variables.

Las variables analizadas en el caso propuesto, con el resultado obtenido

**Figura 18. Ejercicio Evaluación Económica Parte 3**

<b>Escenario Propuesto (Policore) - Pozo 1089</b>	
<b>Inversión Inicial Tubería</b>	<b>54.124,61</b>
<b>Costos de Instalación</b>	<b>28.000,00</b>
Costo de Servicio De Superficie por año (USD)	
Cantidad de Servicios al año	
Costos de Servicios Cabezal PCP (USD)	
<b>Matto Superficie (USD)</b>	
Costo de Servicio PCP en Taller (USD)	
<b>Numero de Reemplazo de Bombas</b>	
Costo de Bomba PCP	
<b>Costo al año de Servicios PCP en Taller (USD)</b>	
Numero de Tubos reemplazado por servicio	
Pies de Tubos Reempazados	
Costos de la tubería (USD)	
Costo del Tramo de Tubería (USD)	
Costo de Tubería Completa (USD)	
<b>Costo Total de la Tubería</b>	
Numero de Pies de Varillas Reemplazados	
Costo de Varilla por Pies	
<b>Numero de Reemplazo de Varillas</b>	
<b>Costo de Varilla</b>	
Días de Matto por Varilla Y tubería	
Cantidad de Mattos por Varilla y Tubería	
Cantidad de Reemplazos de Tubería Completa	
Costo de Servicio Tecnico de Fondo de Contratista paa bajar PCP	
Costo del Equipo WO por Día (USD) - Propio	
Movilización de Equipo de WO (USD) - Propio	
Costo Flush By	
<b>Costo de Equipo por Mantenimiento</b>	
Producción Asociada	
<b>Costos de Diferida por Mantenimiento (USD)</b>	
KW	
USD/kwh	
<b>Consumo de Energia</b>	
<b>Costo Total (USD)</b>	
<b>VPN Costo del Ciclo de Vida (USD)</b>	<b>\$2.467.508</b>
<b>Factor J polycore</b>	<b>\$44,50</b>

La valoración en el tiempo establecido de 10 años y el Factor J obtenido

**Figura 19. Ejercicio Evaluación Económica Parte 4**

Escenario Propuesto (Polycore) - Pozo 1089											
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
<b>Inversión Inicial Tubería</b>	<b>54.124,61</b>										
<b>Costos de Instalación</b>	<b>28.000,00</b>										
Costo de Servicio De Superficie por año (USD)	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Cantidad de Servicios al año	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Costos de Servicios Cabezal PCP (USD)	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00
Matto Superficie (USD)	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00	3.900,00
Costo de Servicio PCP en Taller (USD)	4.021,76	4.021,76	4.021,76	4.021,76	4.021,76	4.021,76	4.021,76	4.021,76	4.021,76	4.021,76	4.021,76
Numero de Reemplazo de Bombas	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Costo de Bomba PCP	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00	25.000,00
<b>Costo al año de Servicios PCP en Taller (USD)</b>	<b>26.797,35</b>	<b>26.797,35</b>	<b>26.797,35</b>	<b>26.797,35</b>	<b>26.797,35</b>	<b>26.797,35</b>	<b>26.797,35</b>	<b>26.797,35</b>	<b>26.797,35</b>	<b>26.797,35</b>	<b>26.797,35</b>
Numero de Tubos reemplazado por servicio	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Pies de Tubos Reemplazados	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00
Costos de la tubería (USD)	21,56	21,56	21,56	21,56	21,56	21,56	21,56	21,56	21,56	21,56	21,56
Costo del Tramo de Tubería (USD)	28.452,60	28.452,60	28.452,60	28.452,60	28.452,60	28.452,60	28.452,60	28.452,60	28.452,60	28.452,60	28.452,60
Costo de Tubería Completa (USD)	30.039,16	30.039,16	30.039,16	30.039,16	30.039,16	30.039,16	30.039,16	30.039,16	30.039,16	30.039,16	30.039,16
<b>Costo Total de la Tubería</b>	<b>58.491,76</b>	<b>58.491,76</b>	<b>58.491,76</b>	<b>58.491,76</b>	<b>58.491,76</b>	<b>58.491,76</b>	<b>58.491,76</b>	<b>58.491,76</b>	<b>58.491,76</b>	<b>58.491,76</b>	<b>58.491,76</b>
Numero de Pies de Varillas Reemplazados	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
Costo de Varilla por Pies	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Numero de Reemplazo de Varillas	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Costo de Varilla	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00
Días de Matto por Varilla Y Tubería	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65
Cantidad de Mattos por Varilla Y Tubería	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Cantidad de Reemplazos de Tubería Completa	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Costo de Servicio Técnico de Fondo de Contratista paa bajar PCP	1.732,42	1.732,42	1.732,42	1.732,42	1.732,42	1.732,42	1.732,42	1.732,42	1.732,42	1.732,42	1.732,42
Costo del Equipo WD por Día (USD) - Propio	7.600,00	7.600,00	7.600,00	7.600,00	7.600,00	7.600,00	7.600,00	7.600,00	7.600,00	7.600,00	7.600,00
Movilización de Equipo de WD (USD) - Propio	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00	4.800,00
Costo Flush By	12.368,61	12.368,61	12.368,61	12.368,61	12.368,61	12.368,61	12.368,61	12.368,61	12.368,61	12.368,61	12.368,61
<b>Costo de Equipo por Mantenimiento</b>	<b>219.746,29</b>	<b>219.746,29</b>	<b>219.746,29</b>	<b>219.746,29</b>	<b>219.746,29</b>	<b>219.746,29</b>	<b>219.746,29</b>	<b>219.746,29</b>	<b>219.746,29</b>	<b>219.746,29</b>	<b>219.746,29</b>
Producción Asociada	96,00	86,84	78,55	71,05	64,27	58,13	52,58	47,57	43,03	38,92	
<b>Costos de Diferida por Mantenimiento (USD)</b>	<b>96.349,33</b>	<b>87.152,58</b>	<b>78.833,69</b>	<b>71.308,85</b>	<b>64.502,27</b>	<b>58.345,39</b>	<b>52.776,21</b>	<b>47.738,61</b>	<b>43.181,86</b>	<b>39.060,06</b>	
KW	74,60	74,60	74,60	74,60	74,60	74,60	74,60	74,60	74,60	74,60	74,60
USD/kwh	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Consumo de Energía	25.413,73	25.413,73	25.413,73	25.413,73	25.413,73	25.413,73	25.413,73	25.413,73	25.413,73	25.413,73	25.413,73
<b>Costo Total (USD)</b>	<b>433.698</b>	<b>424.502</b>	<b>416.183</b>	<b>408.658</b>	<b>401.851</b>	<b>395.695</b>	<b>390.125</b>	<b>385.088</b>	<b>380.531</b>	<b>376.409</b>	
<b>VPN Costo del Ciclo de Vida (USD)</b>	<b>\$2.467.508</b>										
<b>Factor J polycore</b>	<b>\$44,50</b>										

Siguiendo la metodología de Factor J y aplicando la fórmula para calcularlo, se obtiene un FJ de 44, el cual indica que por ser  $> 1$ , con la ejecución de la solución se generan beneficios mayores a la inversión realizada de forma eficiente.

### PILOTO – PASO 5: Priorización

Luego de tener la evaluación económica de las opciones, se realiza la priorización de las mismas, con el objeto de establecer el orden de importancia en cuanto al aporte que hacen al mejoramiento de los costos; aporte que se mide combinando la calificación de 9 criterios, cada uno con una ponderación de acuerdo con su relevancia en el logro del objetivo.

Los criterios evaluados, con sus ponderaciones, son:

**Tabla 11. Ejercicio Matriz de Priorización Parte 1**

CRITERIO A EVALUAR	PESO (%)
Perdida de Producción	25%
Duración del Proyecto (meses )	8%
Probabilidad de Logro/Éxito del Proyecto	8%
Disponibilidad de Personal para el Estudio Proyecto	5%
Presupuesto del Proyecto	8%
Reducción del Costo (OPEX)	25%
Complejidad Técnica	5%
Seguridad	8%
Medio Ambiente	8%
Puntaje Total por Proyecto	100%

Y el resultado de la priorización es:

**Tabla 12. Ejercicio Matriz de Priorización Parte 2**

Criterios de Evaluación	Ponderación	Perdida de Producción	Duración del Proyecto (meses )	Probabilidad de Logro/Éxito del Proyecto	Disponibilidad de Personal para el Estudio Proyecto	Presupuesto del Proyecto	Reducción del Costo (OPEX)	Complejidad Técnica	Seguridad	Medio Ambiente	Puntaje Total por Proyecto
		25%	8%	8%	5%	8%	25%	5%	8%	8%	100%
Descripción	Pond	Pond2	Pond3	Pond4	Pond5	Pond6	Pond7	Pond8	Pond9	Prioridad	
Implementación de Equipo de Confiabilidad de Equipos de Levantamiento Artificial en Casabe	9	1	9	1	5	7	1	9	9	6,74	
<b>Uso de tubería revestida ( tubería Polycore )</b>	5	9	8	9	9	4	8	9	9	<b>6,62</b>	
Propuesta de Mejora de la Medición y Control de Producción en Casabe	3	5	9	9	7	9	1	7	6	6,22	
Revestimientos para tuberías de producción	1	5	5	9	7	7	9	9	9	5,70	
Mejora de Confiabilidad de Equipos de Subsuelo con Empresas Proveedoras (Weatherford, TDA y HQE).	2	1	7	9	4	9	1	9	9	5,65	
Plan de Mantenimiento Planificado de Pozos PCP en Superficie	3	3	9	4	9	5	5	9	9	5,57	
Análisis de Costos de Equipo Propios Vs. Tercerizados	1	9	9	9	9	4	5	9	9	5,55	
Análisis de uso de tubería de producción Rango 1 Vs. Rango 2 en Pozo de Casabe.	1	9	9	9	9	3	9	9	9	5,50	
Factibilidad del uso de la bomba PCP insertable en el campo Casabe	2	1	9	9	9	5	1	9	9	5,21	
Análisis de Factor de Servicio del Año 2012 (Revisión de los NPT)	2	5	9	9	9	2	9	9	9	5,18	
Falla en los Variadores de Producción.	2	5	9	9	9	1	9	9	9	4,93	
Análisis Causa Raíz de Daños en Revestimiento	1	5	5	1	9	4	1	9	9	4,31	
Oportunidad de mejora en falla en circuitos 34.5 KVA.	5	2	6	1	8	1	1	9	9	4,32	

Es muy importante advertir que las calificaciones de los criterios en cada una de las opciones fue realizada por los expertos consultados, quienes aplicaron

conocimientos técnicos objetivos, pero también subjetivos (sin respaldo en datos comprobables) de acuerdo a su experiencia y conocimiento. También se apoyaron en los resultados de las evaluaciones económicas y en la complejidad prevista a partir de los Análisis de Causa Raíz ya mencionados.

Como se observa en la Tabla 12, la combinación de los criterios dado su peso relativo arroja un orden de prioridad, útil al momento de decidir cómo asignar los recursos, pero no mandatorio, pues siempre será decisión del responsable de ejecutar los recursos y de buscar las mejoras y optimizaciones.

El tomador de la decisión deberá, dadas las circunstancias, coyuntura y entorno, elegir la opción que mejor se responda a la necesidad. Esta tabla de priorización será un soporte muy valioso, toda vez que combina criterios técnicos, financieros, administrativos y normativos.

Para el caso del piloto que se implementó, la decisión fue invertir en el la idea USO DE TUBERIA REVESTIDA. Y la razón, a pesar de no ser la de más puntaje, fue la combinación de los siguientes aspectos: el bajo costo, el corto tiempo y su baja complejidad técnica para la implementación.

Se desprecia la mayor producción aportada por la primer opción, debido a que existe la probabilidad de que si se logra el éxito esperado, se procederá con la masificación de esta alternativa, logrando tal vez en el largo plazo mejores resultados.

### **PILOTO – PASO 6: Ejecución, Seguimiento y Cierre**

Una vez establecida la decisión y teniendo en cuenta toda la información existente (técnica y financiera) acerca del proyecto, se llega al momento de cristalizar su ejecución, para lo cual se debe realizar la venta de la idea para obtener la

aprobación de la alta gerencia, la conformación del equipo de trabajo, la elaboración del plan de ejecución del proyecto, la definición de los entregables, la documentación correspondiente, el inicio de los trabajos respectivos, el seguimiento a los resultados para garantizar la promesa realizada y la revisión de los ajustes a implementar en los casos en que se requiera.

Para lograr que la metodología obedezca a un proceso estructurado y su aplicación permita el seguimiento, la evaluación y la mejora continua es indispensable el registro y la memoria de lo realizado, pues así podrá servir de consulta permanente y lo que se haga será ejemplo y guía para las futuras acciones a analizar e implementar y para las futuras decisiones a tomar, teniendo en cuenta el objetivo de reducir costos y el propósito de que los problemas sean menos recurrentes y se sucedan cada vez con menos frecuencia.

Por lo anterior se plantea la siguiente documentación mediante la cual se registrará: la propuesta de la acción a implementar, la evaluación preliminar de sus beneficios, el detalle de su ejecución y, luego de ser ejecutada, el informe final con los resultados obtenidos y los eventos relevantes sucedidos:


## Propuesta de la Idea de Optimización

Figura 20. Propuesta de la Idea de Optimización

	<b>FORMATO PROPUESTA DE LA IDEA DE OPTIMIZACION</b>		
	<b>PRODUCCION DE CRUDO Y GAS VICEPRESIDENCIA DE PRODUCCION</b>		
	<b>PCG-F-080</b>	<b>Elaborado 30/12/2013</b>	<b>Versión: 1</b>
<b>FECHA</b>	<b>DD:</b>	<b>MM:</b>	<b>AA:</b>
<b>NOMBRE DE LA INICIATIVA</b>			
<b>AREA QUE HACE EL REQUERIMIENTO</b>			
<b>DEFINICION DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD DE MEJORA</b>			
<b>POSIBLES ALTERNATIVAS</b>			
1.			
2.			
<b>PRODUCCION ASOCIADA ESTIMADA</b>			
<b>COSTOS ASOCIADOS ESTIMADOS</b>			
<b>ACUERDOS Y COMPROMISOS</b>			
1.			
2.			
<b>RESPONSABLE (NOMBRE, EMAIL)</b>			
<b>FECHA DE FINALIZACION</b>			
<b>ELABORADO POR</b>			


## Formato Evaluación preliminar

Figura 21. Evaluación Preliminar

	<b>FORMATO EVALUACION PRELIMINAR</b>		
	<b>PRODUCCION DE CRUDO Y GAS VICEPRESIDENCIA DE PRODUCCION</b>		
	<b>PCG-F-081</b>	<b>Elaborado 30/12/2013</b>	<b>Versión: 1</b>
<b>NOMBRE DE LA INICIATIVA</b>			
<b>FECHA</b>	<b>DD:</b>	<b>MM:</b>	<b>AA:</b>
<b>PERDIDA DE PRODUCCION</b>			
<b>TIEMPO DE EJECUCION</b>			
<b>PROBABILIDAD DE ÉXITO</b>			
<b>DISPONIBILIDAD DE PERSONAL</b>			
<b>PRESUPUESTO</b>			
<b>% REDUCCION DEL OPEX</b>			
<b>COMPLEJIDAD TECNICA</b>			
<b>SEGURIDAD</b>			
<b>MEDIO AMBIENTE</b>			
<b>ELABORADO POR</b>			

## Formato Detallamiento de la Iniciativa


Figura 22. Evaluación Preliminar

	FORMATO DETALLAMIENTO DE LA INICIATIVA		
	PRODUCCION DE CRUDO Y GAS VICEPRESIDENCIA DE PRODUCCION		
	PCG-F-082	Elaborado 30/12/2013	Versión: 1
FECHA	DD:	MM:	AA:
NOMBRE DE LA INICIATIVA			
<b>ANTECEDENTES</b>			
<b>OBJETIVOS</b>			
1.			
2.			
<b>ALCANCE</b>			
<b>ANALISIS DE RIESGOS</b>			
<b>FACTIBILIDAD TECNICA</b>			
<b>FACTIBILIDAD ECONOMICA</b>			
<b>PROMESA DE VALOR</b>			
CALCULO DE PROMESA DE VALOR			
<b>JUSTIFICACION TECNICA</b>			
<b>MATRIZ DE RESPONSABILIDADES</b>			
<b>METODOLOGIA A APLICAR</b>			

<b>EQUIPO DE TRABAJO</b>	
<b>CRONOGRAMA</b>	
<b>RESPONSABLE (NOMBRE, EMAIL)</b>	
<b>FECHA DE FINALIZACION</b>	
<b>RECOMENDACIONES</b>	
1.	
2.	
<b>KPI'S</b>	
<b>VICTORIAS TEMPRANAS</b>	
<b>LECCIONES APRENDIDAS</b>	
1.	
2.	
<b>ELABORADO POR</b>	

## Informe final de resultados

Figura 23. Informe Final de Resultados

		FORMATO INFORME FINAL DE RESULTADOS		
		PRODUCCION DE CRUDO Y GAS VICEPRESIDENCIA DE PRODUCCION		
		PCG-F-083	Elaborado 30/12/2013	Versión: 1
FECHA	DD:	MM:	AA:	
NOMBRE DE LA INICIATIVA				
<b>OBJETIVOS</b>				
1.				
2.				
<b>ALCANCE</b>				
<b>RESULTADOS O CONCLUSIONES</b>				
<b>KPIS</b>				
<b>BENEFICIOS POTENCIALES (SOLO ANALISIS)</b>				
<b>BENEFICIOS REALES (PILOTOS)</b>				
<b>RECOMENDACIONES</b>				
<b>ESTRATEGIA DE MASIFICACION</b>				
<b>LECCIONES APRENDIDAS</b>				
1.				
2.				
ELABORADO POR				

Respecto del seguimiento a la promesa de valor realizada, para poder identificar las mejoras necesarias, es muy importante advertir, por un lado, que por lo general las ideas de optimización implementadas conllevan una supervisión y monitoreo de varios meses, y por otro lado, que es indispensable el apoyo de los sistemas de información especializados (técnicos y financieros), y por ende los procedimientos de consulta a los mismos.

Dado lo anterior, ha surgido en este proceso de rediseño de la metodología una recomendación muy valiosa, como lo es la solicitud hacia la alta gerencia de

conformar un equipo de trabajo interdisciplinario orientado a la optimización de costos, que se encargue de velar por el adecuado uso, mantenimiento y continuidad de la misma.

Esto implica personal con altos conocimientos técnicos y financieros, que hagan constante seguimiento tanto a las acciones implementadas como a las nuevas oportunidades de mejora que resulten en las operaciones diarias, que articulen esta metodología con procesos complementarios (análisis de fallas, manejos de bases de datos e indicadores, manejo de documentación, uso de nuevas tecnologías, alimentación de sistemas de información) y que estén generando alertas y recomendaciones que conlleven al mejoramiento continuo, tanto de la metodología como de los costos de mantenimiento de subsuelo.

## 5. RESULTADOS

Los resultados obtenidos con este rediseño efectuado a la metodología para mejorar los costos de mantenimiento de subsuelo, son muy importantes debido a que han permitido evidenciar que hay unanimidad en que los procesos de reducción y optimización de costos son una necesidad permanente y que es indispensable contar con un proceso claro y estructurado que marque el camino y defina focos para aprovechar mejor los recursos. La conciencia que se tiene de mejorar hace parte de la identidad de los procesos y está en línea con lo que alta administración busca.

En términos prácticos se ha logrado:

1. Una metodología que involucra diferentes niveles de análisis, que aunados conllevan a esperar mejores resultados cada vez y a la identificación de oportunidades de mejora
2. Una base conceptual y, más que eso, una forma de conformar y una cultura de mantener documentadas las experiencias adquiridas en lo relacionado con: Lecciones Aprendidas, Mejores Prácticas, Análisis de Causa Raíz, como referentes de aplicación permanente en la solución de problemas
3. Unos procedimientos técnicos de común reconocimiento y aplicación, como son las evaluaciones económicas y la priorización de opciones, para valorar de la manera más objetivamente posible las diversas ideas existentes y seleccionar la que mejores beneficios otorgue, claro está, con unas restricciones técnicas y operativas dadas
4. Documentos y formatos básicos para conservar las memorias de las múltiples actividades ejecutadas, que deben ser mejorados y adaptados para que permitan registrar lo máximo relevante posible

5. Claridad en que se requieren procesos integrados y complementarios a esta metodología, particularmente del tipo técnico, en lo referente a seguimiento permanente a los problemas para identificar opciones de mejora, y a las implementaciones realizadas para asegurar los resultados esperados, mediante el mejoramiento en las próximas aplicaciones de las mismas
6. La necesidad de conformar un equipo de profesionales interdisciplinario, para lograr que la metodología propuesta se mantenga y sea complementada y mejorada de manera continua, dada su contribución al proceso de mejoramiento de los costos de mantenimiento de subsuelo.

## BIBLIOGRAFÍA

AITECO Consultores - Matriz de Priorización [en línea] Disponible en <http://www.aiteco.com/matriz-de-priorizacion/> [Consultada el 16 de agosto de 2013. Hora: 10:30]

BALANCED-SCORECARD-ES - Relaciones Causa Efecto – 2013 [en línea] Disponible en <http://www.balanced-scorecard.es/relaciones-causa-efecto.html> [Consultada el 16 de agosto de 2013. Hora: 09:30]

BID Banco Interamericano de Desarrollo: Lecciones Aprendidas y Buenas Prácticas - Octubre 2008 [en línea] Disponible en <http://boru.pbworks.com/f/Lecciones+Aprendidas+11-18-08.pdf> [Consultada el 16 de agosto de 2013. Hora: 08:00]

EDUTEKA - Diagramas causa-efecto - Enero 2006 [en línea] Disponible en <http://www.eduteka.org/DiagramaCausaEfecto.php> <http://edtk.co/B3EVA> [Consultada el 16 de agosto de 2013. Hora: 09:00]

ESPINOSA FUENTES, Fernando – Análisis Causa – Raíz [en línea] Disponible en [http://campuscurico.otalca.cl/~fespinoso/ANALISIS%20CAUSA%20RAIZ%20%20\(RCA\).pdf](http://campuscurico.otalca.cl/~fespinoso/ANALISIS%20CAUSA%20RAIZ%20%20(RCA).pdf) [Consultada el 16 de agosto de 2013. Hora: 10:00]

PDP Portal del petróleo [en línea] Disponible en <http://www.portaldelpetroleo.com/> <http://www.portaldelpetroleo.com/> [Consultada el 16 de agosto de 2013. Hora: 12:00]

SCHLUMBERGER - Oilfield Glossary [en línea] Disponible en <http://www.glossary.oilfield.slb.com/> [Consultada el 16 de agosto de 2013. Hora: 11:30]

UADY Técnicas para identificar la causa-raíz de los problemas - Abril 2006 [en línea] Disponible en <http://www.calidad.uady.mx/resources/nosotros/presentaciones/T%C3%A9cnicas%20para%20identificar%20la%20Causa-Ra%C3%ADz.pdf> [Consultada el 16 de agosto de 2013. Hora: 08:30]

## ANEXOS

### Anexo A. formato para la justificación de intervención de pozo

	FORMATO PARA LA JUSTIFICACIÓN DE INTERVENCIÓN DE POZO	
	PRODUCCION DE CRUDO Y GAS VICEPRESIDENCIA DE PRODUCCION	
	PCG-F-056	Elaborado 30/12/2013
<b>TITULO</b>		
<b>OBJETIVO DEL TRABAJO Y RECOMENDACIÓN DE INGENIERÍA</b>		
<b>JUSTIFICACIÓN</b>		
1.		
2.		
<b>HISTORIA DEL POZO</b>		
<b>ANÁLISIS DE REGISTROS</b>		
<b>ESTADO MECÁNICO ACTUAL DEL POZO</b>		
<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE LEVANTAMIENTO</b>		
<b>PRONÓSTICO DE PRODUCCIÓN DEL POZO</b>		
<b>ANÁLISIS FINANCIERO</b>		
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		
<b>ELABORADO POR</b>		

## Anexo B Plan de trabajo

La siguiente encuesta hace parte del plan de trabajo diseñado para el desarrollo de la propuesta indicada, y así cumplir con el requisito de grado en un programa académico organizado por Ecopetrol en el cual participé. Busca conocer la percepción de los expertos seleccionados y recopilar información útil para direccionar el desarrollo del trabajo de aplicación. Agradezco inmensamente su colaboración con el diligenciamiento de tal encuesta.

1. Dentro del proceso de Mantenimiento de Subsuelo, cuál cree Ustede que es el rol y la responsabilidad ante la atención de los diferentes eventos o requerimientos, del Departamento de Ingeniería y de la Coordinación de Subsuelo:

<b>Dpto de Ingeniería</b>	<b>Coordinación de Subsuelo</b>

2. En cuanto a la utilización de los siguientes recursos en la atención de eventos de mantenimiento de subsuelo, según su criterio cómo es la composición porcentual en las áreas mencionadas:

<b>Recurso</b>	<b>Dpto de ingeniería</b>	<b>Coord. De subsuelo</b>
	<b>% De Utilización</b>	<b>% De Utilización</b>
Personal		
Dinero		
Materiales		
Equipo pesado		
Contratos		
Tecnología		
Otro (cuál)		

3. De 1 a 5 (1 más bajo, 5 más alto) cuál considera Usted que es el nivel de urgencia con que debe ejecutarse el plan de optimización de costos de mantenimiento de subsuelo ( )
  
4. Conoce si en el pasado reciente se han ejecutado planes estructurados de optimización de costos de mantenimiento de subsuelo? (Entiéndase por Plan Estructurado, aquel que obedece a una metodología clara, concreta y orientado a focos específicos buscando la mejor relación Costo/Beneficio)
  
5. De 1 a 5 (1 más bajo, 5 más alto) cuál considera Usted que es el nivel de efectividad logrado en la ejecución de los planes de optimización de costos de mantenimiento de subsuelo ( )
  
6. Describa los componentes de la metodología que se aplica para la optimización de costos de mantenimiento de subsuelo?
  
7. Considera necesario, pensando en aumentar los resultados y hacer uso eficiente de los recursos de que se disponen, mejorar la metodología para la optimización de costos de mantenimiento de subsuelo que se aplica actualmente?
  
8. Qué cambios sugiere que se deben implementar en la metodología para la optimización de costos de mantenimiento de subsuelo que se aplica actualmente?
  
9. Entendiendo que el Departamento de Ingeniería y la Coordinación de subsuelo ejecutan actividades de mantenimiento de subsuelo, cree Usted que la metodología para la optimización de costos la deben aplicar las 2 áreas ó que cada área debe tener su propia metodología?

10. Enuncie, según su criterio, los 5 elementos que generan más sobrecostos en el mantenimiento de subsuelo, ordenados según su importancia de mayor a menor
11. Enuncie, según su criterio, los 5 eventos más importantes que generan actividades de mantenimiento de subsuelo
12. Enuncie los 3 indicadores más importantes que se utilizan para determinar si se requiere ejecutar alguna actividad de mantenimiento de subsuelo
13. Conoce los resultados y las recomendaciones que se han generado a partir de los estudios que se han contratado y de los que se han ejecutado internamente, en lo relacionado con el alto nivel de costos asociados al mantenimiento de subsuelo?
14. Conoce si a partir de las constantes experiencias y recurrentes requerimientos de mantenimiento de subsuelo se han elaborado Análisis de Causa-Raíz?
15. Conoce si a partir de las constantes experiencias y recurrentes requerimientos de mantenimiento de subsuelo se ha elaborado un manual de lecciones aprendidas?
16. Conoce si a partir de las constantes experiencias y recurrentes requerimientos de mantenimiento de subsuelo se ha elaborado un manual de mejores prácticas?
17. De 1 a 5 (1 más bajo, 5 más alto) califique la siguiente metodología, propuesta para la ejecución de actividades de mantenimiento de subsuelo,

buscando el uso eficiente de los recursos, la focalización en los problemas de mayor impacto y la obtención de los mejores resultados:

- a) Identificar los malos actores a partir de la información financiera y técnica. El problema puede ser de tipo administrativo (contratos, gastos excesivos, etc) ó de tipo técnico (fallas de los equipos ó del yacimiento)
  
- b) Activar el análisis de causa-raíz, de los 5 por qué y del diagrama espina de pescado, para identificar el origen del problema y las posibles soluciones.
  
- c) Activar los análisis de lecciones aprendidas y mejores prácticas, para ir focalizando las soluciones y proceder con los análisis técnicos y documentación de las mismas.
  
- d) Efectuar la priorización de actividades mediante evaluaciones económicas y análisis de impactos, con el propósito de establecer la ruta crítica y el mejor camino a seguir, que permita hacer uso eficiente de los recursos y lograr los objetivos o promesas de valor.
  
- e) Solicitar los recursos e iniciar el proceso de atención de los problemas, dentro de lo cual se deberán cumplir con los requisitos de documentación, permisos, trámites, etc.
  
- f) Hacer seguimiento a la ejecución de las actividades y uso de los recursos, vigilando el cumplimiento de la promesa de valor, mediante la utilización de las herramientas financieras y técnicas disponibles.

Muchas Gracias.