

**PROSPECTIVA ESTRATEGICA PARA LA DEFINICIÓN DEL PORTAFOLIO DE  
PROYECTOS DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES DEL RIO DE  
LA GERENCIA REGIONAL MAGDALENA MEDIO ECOPETROL S.A.**

**SANDRA LILIANA DIAZ TORRES**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
MAESTRIA EN GERENCIA DE NEGOCIOS  
BUCARAMANGA**

**2015**

**PROSPECTIVA ESTRATÉGICA PARA LA DEFINICIÓN DEL PORTAFOLIO DE  
PROYECTOS DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES DEL RIO DE  
LA GERENCIA REGIONAL MAGDALENA MEDIO ECOPETROL S.A.**

**SANDRA LILIANA DIAZ TORRES**

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

**DIRECTOR**

**EDNA ROCÍO BRAVO IBARRA**

**PhD. Administración de empresas**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
MAESTRIA EN GERENCIA DE NEGOCIOS  
BUCARAMANGA**

**2015**

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	14
1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO.....	17
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.2 OBJETIVOS.....	19
1.2.1 Objetivo General.....	19
1.2.2 Objetivos Específicos.....	19
1.3 ALCANCE DEL PROYECTO.....	20
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	20
2. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	22
3. METODOLOGÍA.....	25
3.1. FASE DE DIAGNÓSTICO.....	26
3.1.1 Evaluar necesidad del cambio.....	26
3.1.2 Análisis de la Situación Actual.....	27
3.2. FASE DE IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES ESTRATÉGICAS.....	28
3.2.1 Tendencias Campos Maduros.....	28
3.2.2 Variables Estratégicas.....	29
3.3. FASE DE DEFINICIÓN DEL PORTAFOLIO DE PROYECTOS ESTRATÉGICOS.....	31
3.3.1 Identificación de Proyectos.....	31
3.3.2 Definición del Portafolio Estratégico.....	31

4. RESULTADOS DE CADA UNA DE LAS FASES PARA LA DEFINICIÓN DEL PORTAFOLIO ESTRATEGICO .....	33
4.1. FASE DE DIAGNÓSTICO.....	33
4.1.1 Evaluar necesidad del cambio .....	33
4.1.2 Análisis de la situación actual .....	40
4.2. FASE DE IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES ESTRATÉGICAS .....	43
4.2.1 Tendencias Campos Maduros .....	43
4.2.2 Identificación de Variables Estratégicas .....	73
4.3. FASE DE DEFINICIÓN DEL PORTAFOLIO DE PROYECTOS ESTRATÉGICOS.....	87
4.3.1 Identificación de Proyectos .....	87
4.3.2 Definición del Portafolio Estratégico .....	89
4.3.3 Plan de Iniciativas para las variables estratégicas .....	98
5. CONCLUSIONES .....	105
6. RECOMENDACIONES.....	110
BIBLIOGRAFÍA.....	112
ANEXOS.....	115

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Matriz de Análisis Estructural.....	79
Tabla 2. Variables según índice de motricidad – parte 1 .....	80
Tabla 3. Variables según índice de motricidad – parte 2 .....	81
Tabla 4. Variables según índice de dependencia – parte 1 .....	81
Tabla 5. Variables según índice de dependencia – parte2 .....	82
Tabla 6. Listado de proyectos identificados .....	88
Tabla 7. Resultados evaluaciones económicas de proyectos.....	93
Tabla 8. Generalidades de los campos de Superintendencia de Operaciones del Río .....	133
Tabla 9. Explicaciones del cumplimiento histórico de producción Activo Casabe	140
Tabla 10. Explicaciones del cumplimiento histórico de producción Activo Yarigui-Garzas .....	142
Tabla 11. Explicaciones del cumplimiento histórico de producción Activo Cicuco-Boquete .....	144
Tabla 12. Producción de publicaciones de las instituciones líderes en el tiempo	153

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Metodología del proyecto.....	25
Figura 2. Los ocho elementos del diseño organizacional .....	36
Figura 3. Resultados Encuestas Perfil Organizacional .....	37
Figura 4. Mapa conceptual principales resultados ADN Organizacional.....	39
Figura 5. Aspectos positivos y negativos identificados por los miembros de la SOR .....	41
Figura 6. Categorías Análisis contenido NVIVO .....	49
Figura 7. Etapas de recuperación de los campos petroleros .....	53
Figura 8. Madurez de los procesos de EOR en Colombia .....	63
Figura 9. Plano motricidad y dependencia .....	83
Figura 10. Mapa de motricidad/dependencia directa .....	86
Figura 11. Plan de crecimiento inicial 2016-2025 Superintendencia de Operaciones del Rio.....	89
Figura 12. Metodología de cálculo de Probabilidades de éxito .....	91
Figura 13. Priorización de proyectos de producción incremental.....	94
Figura 14. Cronograma del Portafolio de Proyectos Largo Plazo .....	96
Figura 15. Resumen Económicos y Potenciales del Portafolio de Proyectos Largo Plazo.....	97
Figura 16. Resumen de Grupo de Iniciativas .....	99
Figura 17. Iniciativas de la Variable Estrategia de Desarrollo Integrada: .....	100
Figura 18. Iniciativas de la Variable Incorporación de Tecnología: .....	101
Figura 19. Iniciativas de la Variable Eficiencia Capex y Opex: .....	103
Figura 20. Iniciativas de la Variable Modelo Organizacional:.....	104
Figura 21. Marco Estratégico Grupo Empresarial 2015-2030 .....	135
Figura 22. Distribución por sector de publicaciones.....	150
Figura 23. Instituciones líderes en producción de artículos Parte 1 .....	151

Figura 24. Instituciones líderes en producción de artículos Parte 2.....	152
Figura 25.Top 30 palabras de mayor ocurrencia .....	154
Figura 26. Proyectos Activo Casabe (Campos Casabe Sur y Casabe) .....	155
Figura 27. Proyectos Activo Casabe (Campo Peñas Blancas) .....	155
Figura 28. Proyectos Activo Yarigui Cantagallo .....	156
Figura 29. Proyectos Activo Cicuco Boquete .....	156
Figura 30. Plan de crecimiento inicial 2016-2025 Activo Casabe .....	157
Figura 31. Plan de crecimiento inicial 2016-2025 Activo Yarigui Cantagallo .....	157
Figura 32. Plan de crecimiento inicial 2016-2025 Activo Cicuco.....	158

## LISTA DE GRAFICAS

	<b>Pág.</b>
Gráfica 1. Comportamiento Precio WTI 2011-2015 .....	71
Gráfica 2. Escenarios comparativos de Producción y Capex del Portafolio de Proyectos.....	95
Gráfica 3. Comportamiento histórico de la producción de los campos SOR.....	137
Gráfica 4. Cumplimiento de la producción histórico de los campos SOR .....	138
Gráfica 5. Comportamiento histórico de la producción Activo Casabe .....	138
Gráfica 6. Comportamiento histórico de la producción Activo Yarigui Cantagallo	141
Gráfica 7. Comportamiento histórico de la producción Activo Cicuco.....	143
Gráfica 8. Histórico incorporación de reservas SOR.....	145
Gráfica 9. Histórico de Costos de Levantamiento Activo Casabe .....	145
Gráfica 10. Histórico de Costos de Levantamiento Activo Yarigui .....	146
Gráfica 11. Histórico de Costos de Levantamiento Activo Cicuco .....	146
Gráfica 12. Histórico de Costos de Desarrollo SOR .....	147
Gráfica 13. Producción de artículos por año .....	148
Gráfica 14. Distribución por región de publicaciones.....	149
Gráfica 18. Áreas temáticas publicaciones de campos maduros.....	154

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A. Entrevista completa al Superintendente de Operaciones del Rio .....	115
ANEXO B. Marco teórico del ADN Organizacional .....	121
ANEXO C. Ficha técnica encuesta ADN Organizacional .....	125
ANEXO D. Instrumento adaptado como cuestionario de ADN Organizacional en la SOR .....	126
ANEXO E. Diagnóstico de Aspectos positivos y negativos de la SOR .....	130
ANEXO F. Análisis interno – Descripción de la Situación actual de la SOR .....	132
ANEXO G. Análisis bibliométrico Campos Maduros .....	148
ANEXO H. Inventario de proyectos por activo .....	155
ANEXO I. Plan de Crecimiento 2016-2025 .....	157

## RESUMEN

**TÍTULO:** PROSPECTIVA ESTRATÉGICA PARA LA DEFINICIÓN DEL PORTAFOLIO DE PROYECTOS DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES DEL RIO DE LA GERENCIA REGIONAL MAGDALENA MEDIO ECOPETROL S.A.\*

**AUTOR:** DIAZ TORRES, Sandra Liliana \*\*

**PALABRAS CLAVE:** Portafolio de proyectos, Prospectiva Estratégica, Análisis Estructural

### DESCRIPCIÓN:

Este proyecto evidencia el proceso de planeación de un portafolio estratégico de proyectos para la Superintendencia de Operaciones del Río (SOR) de la Gerencia Regional Magdalena Medio, con base en la aplicación de actividades relacionadas con la prospectiva estratégica. El desarrollo del proyecto se fundamenta en literatura científica sobre prospectiva y proyectos.

El proyecto está constituido por los resultados de las tres fases principales definidas en la metodología: la primera es la fase de *diagnóstico estratégico* que permite mediante la aplicación de entrevistas semiestructuradas y cuestionarios al personal del área determinar el estado del arte y el análisis de aspectos positivos y negativos de la SOR, la segunda fase es la *identificación de variables estratégicas* en campos maduros, como los que caracterizan a la SOR, que consiste en la realización de un estudio bibliométrico en bases de datos científicas, la recopilación y análisis de información mediante el análisis de contenido y la aplicación del análisis estructural mediante la técnica MIC-MAC, seguido finalmente de la fase de *definición de un portafolio estratégico de proyectos* que permite la identificación y selección de los proyectos estratégicos a través de una matriz multicriterios.

Con los resultados obtenidos de este proyecto se logró un portafolio estratégico de proyectos alineado con la visión y el marco estratégico de Ecopetrol S.A.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.  
Director: Edna Rocio Bravo Ibarra, PhD.

## ABSTRACT

**TITLE:** STRATEGIC FORESIGHT FOR DEFINING PROJECT PORTFOLIO OF THE SUPERINTENDENCE OF OPERATIONS OF THE RIVER OF THE MIDDLE MAGDALENA REGIONAL MANAGEMENT ECOPETROL S.A.\*

**AUTHOR:** DIAZ TORRES, Sandra Liliana\*\*

**KEYWORDS:** Project Portfolio, Strategic Foresight, Structural Analysis

### DESCRIPTION:

This project shows the planning process for a strategic project portfolio for the “Superintendencia de Operaciones del Rio (SOR)” of “Gerencia Regional Magdalena Medio”, having basis in the implementation of activities related with strategic prospective. The development of this project is based on scientific literature regarding prospective and projects.

This project is made basis on the results of three main phases defined in the methodology: the first phase is the strategic diagnosis that allows, by the application of semi-structured interviews and questionnaires to personnel of the division, to determine the “state of the art”, and the analysis of positive and negative aspects of the SOR”, the second phase is the identification of strategic variables in mature fields, like those that typify the SOR, which consists in carry out a bibliometric study with scientific databases, the gathering and analysis of information by means of content analysis and the application of structural analysis by MIC-MAC technique, follow finally by the phase of definition of a Strategic Project Portfolio that allows the identification and the selection of strategic projects by means of a multicriteria matrix.

With the results of this project the SOR was achieved a strategic portfolio of projects aligned with the vision and strategic framework of Ecopetrol S.A.

---

\* Degree Project

\*\* Physical - Mechanical Engineering’s Faculty. School of Industrial and Bussines Studies. Director: Edna Rocio Bravo Ibarra, PhD.

## INTRODUCCIÓN

La prospectiva estratégica es una herramienta importante para las empresas porque permite proponer orientaciones a largo plazo y acciones basadas en las competencias organizativas<sup>1</sup>, sirviendo de apoyo al proceso de toma de decisiones<sup>2</sup> y gestión de incertidumbre del entorno<sup>3 4</sup>. La visión de futuro, que se construye mediante la prospectiva estratégica y que permite a las empresas prepararse ante los cambios del futuro, se hace visible y tangible mediante un portafolio de programas y proyectos, el cual es importante como parte integral del plan estratégico global de la organización<sup>5</sup>, debido a que proporciona una manera de asegurar que los proyectos soporten la visión estratégica de la organización, haciendo que estos representen las más altas prioridades de la empresa y garantizando los recursos suficientes para lograrlo<sup>6</sup>. De esta manera, el plan estratégico se convierte en el factor principal que guía las inversiones en una empresa.

La prospectiva muestra las alternativas de futuro que puede tomar una organización. La estrategia dice como construir el futuro que más conviene para la empresa. Ambas disciplinas son indispensables en el mundo actual por la alta

---

<sup>1</sup> GODET, Michael y DURANCE, Philippe. La prospectiva estratégica: para las empresas y los territorios. Traducido por Karel García Cortina. [En línea]. 3 ed. Paris: Cuaderno Lipsor, 2009. Serie 10. p. 9. Disponible en: <<http://www.lapropective.fr/dyn/francais/actualites/SR10vSpa.pdf>>

<sup>2</sup> COELHO, Gilda, et al. Strategic foresight applied to the management plan of an innovation development agency. En: Technology Analysis & Strategic Management. Brazil: Corporate Financial Center, 2012, Vol. 24, N° 3. p. 267-283.

<sup>3</sup> VECCHIATO, Riccardo. Strategic foresight: matching environmental uncertainty. En: Technology Analysis & Strategic Management. Italia: Routledge, 2012, Vol. 24, N° 8. p. 783-796.

<sup>4</sup> ORTEGA SAN MARTIN, Fernando. La prospectiva: Herramienta indispensable de planeamiento en una era de cambios. En: Sala de lectura Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación. [En Línea]. [s.l.] 2002. [Consultado 18 Agosto 2013]. Disponible en <<http://www.oei.es/salactsi/PROSPECTIVA2.PDF>>

<sup>5</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. The Standard for Portfolio Management. 3 ed. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc., 2013. 190p.

<sup>6</sup> VINOPAL, Jennifer. Project Portfolio Management for Academic Libraries: A Gentle Introduction. En: COLLEGE & RESEARCH LIBRARIES. New York: Digital scholarship initiatives, 2012, Vol. 73, N° 4. p. 379-389.

velocidad del cambio. Los fenómenos económicos, sociales, tecnológicos, geopolíticos se modifican con vertiginosa rapidez<sup>7</sup>, haciendo importante el estudio de la prospectiva. Como un medio para cumplir el plan estratégico están los proyectos, estos se gestionan mediante un portafolio, que es un conjunto de proyectos o programas que se agrupan para facilitar la dirección eficaz de los mismos y cumplir con los objetivos estratégicos del negocio, es así como la empresa debe buscar que todos los esfuerzos estén alineados con las necesidades estratégicas de la organización<sup>8</sup>.

Los campos petroleros maduros plantean nuevos retos y oportunidades para el desarrollo e innovación tecnológica en la industria petrolera. El desarrollo de esos campos exige nuevas técnicas viables, en el marco de las condiciones económicas gobernantes, que respondan a la demanda de hidrocarburos y una apropiada estrategias de administración de yacimientos.

Los planteamientos anteriores muestran la pertinencia de la estructuración de un portafolio de proyectos largo plazo para la Superintendencia de Operaciones del Rio (SOR) mediante la aplicación de herramientas de prospectiva estratégica, permitiendo así, contribuir al logro de las metas y objetivos de Ecopetrol mediante la alineación estratégica de los proyectos de la Superintendencia, el mejoramiento de la planeación con un enfoque de largo plazo y la optimización del proceso de toma de decisiones reduciendo tiempos y esfuerzos producto de la existencia de una planeación previa.

Este proyecto está conformado por seis capítulos. En el primer capítulo, se presentan las especificaciones del proyecto: el planteamiento del problema abordado, los objetivos trazados, el alcance y la justificación de la realización del

---

<sup>7</sup> MOJICA, Francisco Jose. Forecasting y Prospectiva dos alternativas complementarias para adelantarnos al futuro. Bogotá D.C.: Universidad Externado de Colombia. 2008. p.4.

<sup>8</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos. 4 ed. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc., 2008. 393p.

proyecto. El segundo capítulo, contiene el fundamento teórico que motivó y direccionó el desarrollo del portafolio estratégico de proyectos. El tercer capítulo, expone la metodología, especificando las acciones realizadas en el desarrollo de las tres fases que componen el portafolio estratégico de proyectos: la fase de diagnóstico, la fase de identificación de variables estratégicas, y la fase definición del portafolio de proyectos de la Superintendencia SOR. El cuarto capítulo, muestra los resultados derivados de cada una de las fases definidas en la metodología. Finalmente, en el quinto y sexto capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones generadas dentro del proceso de desarrollo del proyecto.

## **1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO**

A continuación, se describen las generalidades, que incluyen el planteamiento del problema abordado, los objetivos trazados, el alcance definido y la justificación del desarrollo del presente proyecto.

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Este proyecto se deriva de la necesidad de planear un portafolio de proyectos estratégicos para la Superintendencia de Operaciones del Rio de la Gerencia Regional Magdalena Medio de Ecopetrol S.A. alineado con el marco estratégico de Ecopetrol y apoyado en la prospectiva estratégica enfocada en desarrollo de campos petroleros maduros.

El primer reto consiste en establecer una visión de crecimiento a largo plazo para la Superintendencia de Operaciones del Rio, utilizando el enfoque de prospectiva estratégica en campos maduros, con el fin de aportarle a la Superintendencia una guía para planear, alinear los proyectos de largo de plazo y orientar sus esfuerzos hacia los que generen mayor valor.

El segundo reto se basa en la estructuración de un portafolio de proyectos estratégicos que permita al área prepararse para el futuro, mejorando la planeación de los proyectos orientando los recursos y los esfuerzos del área de manera estratégica.

Este proyecto busca que la Superintendencia de Operaciones del Rio cuente con una guía para la toma de decisiones, el desarrollo de capacidades estratégicas, el mejoramiento de la planeación de los proyectos y la orientación del trabajo hacia

el cumplimiento de la estrategia proporcionando una visión para la alineación de proyectos en el largo plazo.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

Definir el portafolio de proyectos estratégicos de la Superintendencia de Operaciones del Rio de la Gerencia Regional Magdalena Medio donde se identifiquen y prioricen los proyectos alineados con el marco estratégico de Ecopetrol S.A.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar un diagnóstico estratégico que permita conocer el estado actual de la Superintendencia de Operaciones del Rio.
- Identificar las variables estratégicas para el futuro desarrollo de campos maduros haciendo una revisión de las tendencias mundiales y ajustándolas al contexto organizativo.
- Definir un portafolio de proyectos estratégicos realizando un análisis de priorización multicriterios.

### **1.3 ALCANCE DEL PROYECTO**

El presente proyecto describe el proceso seguido para la estructuración de un portafolio de proyectos estratégicos utilizando el enfoque y las herramientas de la prospectiva estratégica para la Superintendencia de Operaciones del Rio. La estructuración del portafolio de proyectos servirá de medio para que a partir de su implementación se aborde desde una perspectiva estratégica las diferentes acciones y decisiones a largo plazo. El portafolio de proyectos definido se ajusta a las necesidades de la Superintendencia y a las tendencias en campos maduros. Como resultado de cada una de las fases que constituyen el proceso metodológico seguido para la estructuración del portafolio de proyectos estratégicos se encuentran:

- Diagnóstico de la situación actual de la Superintendencia de operaciones del Rio, respecto a la necesidad de cambio estratégico y organizacional para afrontar los retos del futuro.
- Identificación de variables claves para el desarrollo futuro de campos maduros teniendo en cuenta las tendencias mundiales.
- Estructuración del portafolio de proyectos estratégicos para la Superintendencia de Operaciones del Rio.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Este proyecto permite a la Superintendencia de Operaciones del Rio afrontar estratégicamente las acciones y decisiones que tomará en su horizonte de planeación, priorizando y alineando los proyectos acorde con el direccionamiento estratégico de la empresa y las tendencias del entorno a nivel mundial.

Este trabajo tiene pertinencia teórica porque se realizó una documentación estructurada sobre los tópicos de prospectiva estratégica y gestión de proyectos

aplicados al desarrollo de campos petroleros maduros, siguiendo una estructura lógica que integra las distintas herramientas sugeridas por autores con alto índice de citación en las bases de datos de *Scopus* y *One Petro*. Adicionalmente, este proyecto tiene pertinencia práctica porque se hace un aporte para solucionar la necesidad de un portafolio de proyectos estratégicos para la Superintendencia, el cual contribuye con la implementación del plan estratégico, permite conectar objetivos y recursos mediante las estrategias y los proyectos, brinda un marco de acción con enfoque largo plazo, contribuye a dar soporte y direccionamiento en el proceso de toma de decisiones, facilita la gestión efectiva de los esfuerzos que permiten alcanzar las metas y los objetivos estratégicos de la organización, y a futuro es un motor de crecimiento y desarrollo para el empresa.

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

En este capítulo se exponen los principales conceptos de prospectiva, estrategia, portafolio de proyectos y la implementación de la estrategia mediante el enfoque de proyectos y su interrelación con la prospectiva. Estos conceptos, se derivan de una búsqueda de literatura en las bases de datos Isi Web of Science y Harvard, que abarca los aportes de los autores más representativos en cada uno de los temas con anterioridad mencionados, con el fin de servir como fundamento de la estrategia metodológica en la que se sustentan el proyecto.

La prospectiva estratégica ha sido definida por Godet<sup>9</sup> como un ejercicio intelectual que pretende aclarar la acción presente a la luz de la visión que nos hacemos, correcta o erróneamente, de la historia del pasado y de los futuros posibles o deseados. Esta disciplina intelectual es obligatoriamente transdisciplinaria y se caracteriza por una visión global y sistémica en la que los actores y las variables pueden desempeñar un papel clave en la construcción de un futuro siempre abierto.

Lo anterior, está alineado con lo definido por Gaston Berger, padre de la prospectiva (anticipación para iluminar la acción presente), quien creó la palabra “prospectiva” en oposición a la palabra retrospectiva, para resaltar la necesidad de mirar hacia el futuro cuando se toman decisiones especialmente aquellas de alto impacto para la sociedad<sup>10</sup>.

El ejercicio prospectivo se aborda por el conocimiento de las variables del tema que se está estudiando. Generalmente, se realizan exploraciones de los

---

<sup>9</sup> GODET y DURANCE. Op. cit., p. 9.

<sup>10</sup> MEDINA, Javier. Visión compartida de futuro. Cali: Universidad del Valle. 2003. p. 44.

fenómenos que definen el tema, hasta llegar a precisar las variables estratégicas o aspectos fundamentales del tópico que se está analizando.<sup>11</sup>

Para Godet<sup>12</sup>, uno de los pioneros de los estudios cualitativos, estas variables estratégicas se pueden determinar mediante un análisis estructural, el cual según el autor es una herramienta valiosa de reflexión colectiva que permite describir un sistema con la ayuda de una matriz de relación. En el análisis estructural lo importante no son las relaciones de orden cuantitativo exactas entre los factores o las relaciones entre variables cuantificables, realmente se considera que las relaciones cualitativas entre las variables generalmente son las que definen el funcionamiento del sistema.<sup>13</sup>

La relación de la prospectiva con los proyectos se da a través de la planeación estratégica, donde de acuerdo con Godet<sup>14</sup> “La anticipación no tiene mayor sentido si no es que sirve para esclarecer la acción”. Según el autor los conceptos de estrategia y planificación están en la práctica íntimamente ligados con el término prospectiva. Alineado con este concepto el PMBOK<sup>15</sup> expone que la planificación de la organización ejerce un impacto en los proyectos, a través del establecimiento de prioridades basadas en riesgos, el financiamiento y el plan estratégico de la organización.

Estos proyectos que se identifican producto de un ejercicio de prospectiva y de la planeación estratégica se deben gestionar mediante un portafolio de proyectos, el cual es definido por el PMI - Project Management Institute como una conexión de componentes de programas, proyectos y operaciones gestionadas como grupo

---

<sup>11</sup> MOJICA. Op. Cit., p.16.

<sup>12</sup> GODET y DURANCE. Op. cit., p. 45.

<sup>13</sup> GARCÉS OBYRNE, Juan Manuel. Plan de ordenamiento territorial: manual prospectivo y estratégico. Bogotá D.C.: TM Editores, 1999. p. 101.

<sup>14</sup> GODET y DURANCE. Op. cit., p. 19.

<sup>15</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos 2008. Op. Cit., p. 13.

para alcanzar los objetivos de la organización. Los componentes del portafolio son cuantificables, es decir, se pueden medir, clasificar y priorizar. Las organizaciones gestionan los portafolios basándose en su plan estratégico, lo que puede dictar una jerarquía al portafolio, programa o proyectos implicados. Uno de los objetivos de la gestión del portafolio consiste en maximizar el valor del portafolio mediante un examen cuidadoso de sus componentes: los programas, proyectos y otros trabajos relacionados que lo constituyen. Los componentes que menos contribuyen a los objetivos estratégicos del portafolio pueden ser excluidos. De esta forma, el plan estratégico de una organización se convierte en el principal factor que guía las inversiones en proyectos.<sup>16</sup>

La madurez de un campo maduro petrolero inicia una vez que ha alcanzado su máxima tasa de producción de hidrocarburo. Los campos petroleros maduros se caracterizan porque llevan operando más de 20 años, muestran una declinación constante en la producción y un recobro de crudo cercano al 30%<sup>17</sup>. Las estadísticas muestran que el 67% de la producción diaria de petróleo proviene de estos activos y que dicho porcentaje sigue en aumento como consecuencia de su revitalización. Prolongar la vida útil de estos campos es una alternativa obligatoria para garantizar la producción sostenible de crudo.

Con las coyunturas actuales de un alto precio y una demanda creciente, se hace viable económicamente invertir en estos campos para aumentar el recobro y así extender su vida útil.

---

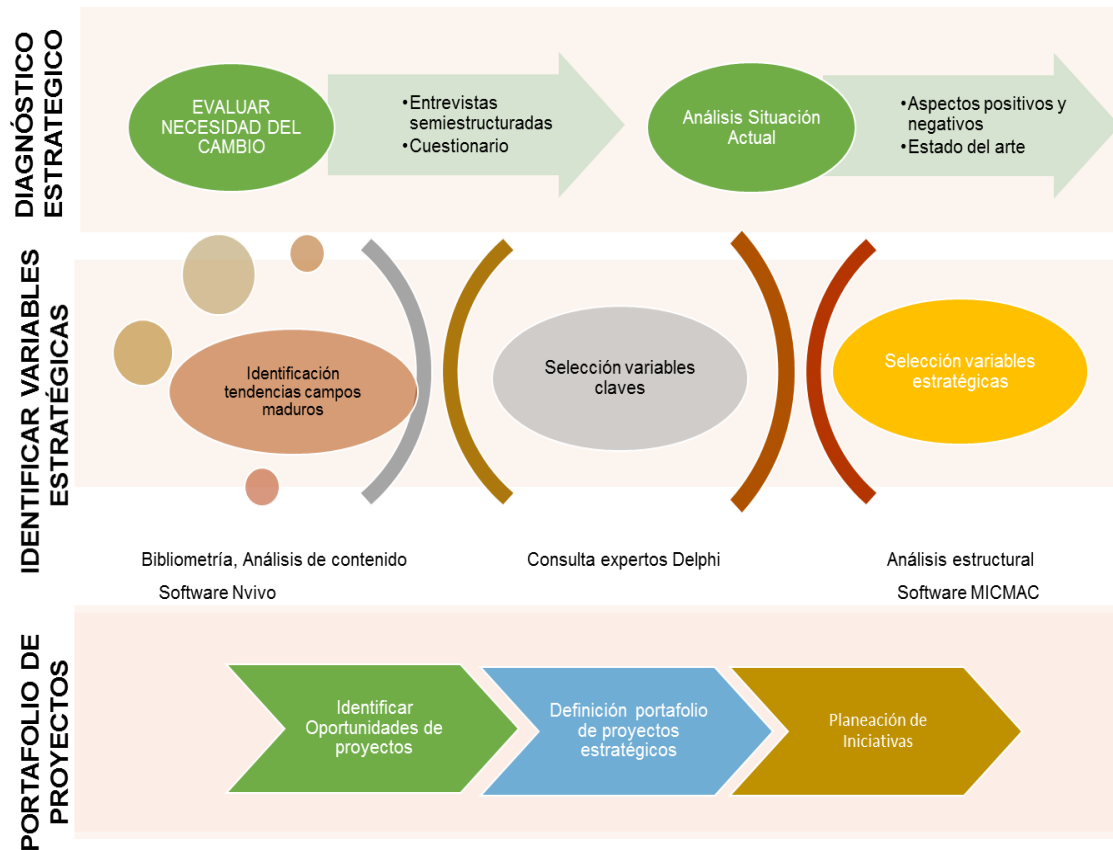
<sup>16</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos 2008, Op. Cit., p. 17.

<sup>17</sup> GIL, Edinson y CHAMORRO, Alexander. Aumento de la Producción en Campos Maduros. [En línea]. [s.l.] 2009. [Consultado 27 Agosto 2013]. Disponible en internet: <[http://www.oilproduction.net/cms/index.php?option=com\\_content&view=article&id=259:aumento-de-la-produccion-en-campos-maduros&catid=82:optimizacion&Itemid=169](http://www.oilproduction.net/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=259:aumento-de-la-produccion-en-campos-maduros&catid=82:optimizacion&Itemid=169)>

### 3. METODOLOGÍA

La metodología que se siguió en el desarrollo de este proyecto, se deriva de la integración teórica de los planteamientos de diversos autores destacados en el tema de prospectiva estratégica y estructuración de portafolio de portafolio de proyectos, quienes se mencionan en cada una de las fases de la metodología según sus principales aportes. De forma general, el proceso para desarrollar este proyecto se dividió en 3 fases, las cuales se muestran en la Figura 1 y se describen a continuación:

Figura 1. Metodología del proyecto



### 3.1. FASE DE DIAGNÓSTICO

#### 3.1.1 Evaluar necesidad del cambio

La importancia de un diagnóstico es descubrir la fuente inspiradora de las acciones por emprender<sup>18</sup>. Por esta razón en esta etapa, se realizaron dos actividades: una entrevista semiestructurada al Superintendente de Operaciones del Rio y la aplicación de un cuestionario de ADN organizacional.

La entrevista al Superintendente de Operaciones del Rio se realizó con el objetivo de conocer el estado de algunas características relacionadas con la práctica de la prospectiva estratégica, para ello se utilizó como base las directrices para el diseño e implementación de un sistema de prospectiva estratégica empresarial<sup>19</sup>, las principales características de los sistemas de planificación estratégica de las grandes empresas petroleras<sup>20</sup> y los fundamentos teóricos de Godet y Durance<sup>21</sup>, y las normas de portafolio del PMI<sup>22</sup>.

Esta entrevista semiestructurada se orientó a conocer la aplicación de prácticas de prospectiva estratégica e indagar sobre la necesidad de mejorar la planeación a largo plazo de proyectos en el área.

Posteriormente se realizó un cuestionario de ADN Organizacional, creado por la consultoría Bozz Allen Hamilton<sup>23</sup> sugerido en su artículo *The Secrets to*

---

<sup>18</sup> JIMENEZ, Daniel. El ejercicio del pensamiento estratégico. Primera edición. Costa Rica: Universidad de Costa Rica, 2004. 23p. ISBN 9977-67-895-2.

<sup>19</sup> ROHRBECK, Rene. Corporate Foresight: Towards a Maturity Model for the Future Orientation of a Firm. Berlin: Springer-Verlag, 2011. P. 52. ISBN 978-3-7908-2625-8.

<sup>20</sup> GRANT, Robert M. Strategic Planning in a Turbulent Environment: Evidence from the Oil Majors. En: Strategic Management Journal. [En línea]. Vol. 24, N°6. Junio, 2003. p.401-517.

<sup>21</sup> GODET, Michel y DURANCE, Philippe. La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios. [En línea]. Paris: Cuadernos del Lipsor, 2009. Serie N°10. P. 23.

<sup>22</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. The Standard for Portfolio Management. 3ra Ed. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc., 2013. 190p.

<sup>23</sup> STRATEGY&FORMERLY&BOOZ &COMPANY. Org DNA Profiler® Survey. [En línea]. Disponible en:

<[http://www.strategyand.pwc.com/global/home/what\\_we\\_do/services/ocl/ocl\\_service\\_areas/49036161/orgdna-profiler](http://www.strategyand.pwc.com/global/home/what_we_do/services/ocl/ocl_service_areas/49036161/orgdna-profiler)>.

*successful Strategy Execution*<sup>2425</sup>, con cual se puede diagnosticar el perfil de una organización mediante la congruencia entre la estrategia y los objetivos operativos. Mediante este cuestionario se recopiló información basado en las respuestas de los empleados (personal administrativo y técnico que participan a nivel estratégico y táctico de la Superintendencia) a preguntas que están dirigidas a medir los cuatro componentes del ADN organizacional constituido por elementos formales (decisiones, motivadores, información y estructura) e informales (normas, compromisos, formas de pensar y redes) de la organización. Con el procesamiento y análisis de las respuestas del cuestionario se categorizó la Superintendencia en un perfil prototípico según el grado de alineamiento de los cuatro componentes fundamentales del ADN Organizativo.

### **3.1.2 Análisis de la Situación Actual**

La segunda fase dentro de la etapa de diagnóstico, consistió en el desarrollo de dos actividades: el análisis de los aspectos positivos y negativos de la Superintendencia y la construcción del estado del arte de la misma.

El análisis de aspectos positivos y negativos de la Superintendencia se realizó evaluando los distintos puntos de vista de los miembros internos y externos de la organización. La herramienta utilizada fue un cuestionario con diferentes factores externos e internos que afectan el desempeño de la Superintendencia los encuestados debían reflexionar sobre el grado positivo o negativo que tenía cada uno para el logro de los objetivos del área. Este ejercicio permitió un análisis de los aspectos a mejorar y fortalecer en la Superintendencia y que deben ser considerados en la planeación de proyectos largo plazo.

La segunda actividad desarrollada en esta etapa consistió en la recopilación de información para elaborar el estado del arte de la Superintendencia usando

---

<sup>24</sup> NEILSON, Gary; MARTIN, Karla y POWERS, Elizabeth. The Secrets to successful Strategy Execution. En: Harvard Business review. Vol 51, N°5. (Septiembre, 2008). p. 61-70.

<sup>25</sup> NEILSON, Gary, CANNER, Niko, STEFFEN, Ilona. The Secrets to successful Strategy Execution: The Idea en practice. How an Industrial Goods Company Overcame Its Weak Execution Culture. En: Harvard Business review. (Enero, 2012). p. 15-21.

fuentes secundarias como información de reportes suministrados a la ANH, resultados históricos de indicadores e información adicional facilitada por los trabajadores de la Superintendencia.

## **3.2. FASE DE IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES ESTRATÉGICAS**

El uso de herramientas para vigilancia del entorno permite a las empresas prepararse ante los retos y tendencias que se plantean en el contexto cambiante actual de las organizaciones. Siguiendo este lineamiento, en esta fase buscó identificar las tendencias emergentes y la identificación de las variables claves para el desarrollo de campos maduros.

### **3.2.1 Tendencias Campos Maduros**

Con el propósito de identificar tendencias y retos para el futuro desarrollo de los campos petroleros se inició primero por considerar estudios prospectivos adelantados que tienen relación con el sistema de estudio, entre los cuales se destacan: “*World Energy Outlook*” de la Agencia Internacional de Energía (AIE), “*Santander 2019 – 2030*” “*Oil and Gas 2030*”, y “*El mundo en 2030*”, entre otros. Igualmente, se realizó un análisis crítico de la literatura científica sobre desarrollo de campos maduros mediante consulta en las bases de datos Scopus y One Petro.

Scopus es una base de datos multidisciplinaria con citas y resúmenes de bibliografía revisada por pares con herramientas inteligentes para rastrear, analizar y visualizar trabajos de investigación, autores, citas, patentes, journals e institución.

OnePetro es una base de datos que contiene publicaciones técnicas relacionadas con la Exploración y Producción de petróleo. Abarca las áreas de Perforación, Registro de Pozos, Completamiento, Servicio a Pozo, Producción, Ingeniería de Yacimientos, Recobro Mejorado, Transporte, Almacenamiento de Hidrocarburos y Producción Industrial.

Se desarrolló una metodología que integró las técnicas de análisis bibliométrico y de contenido. La primera se basa en el estudio de la información de los campos bibliográficos de artículos científicos, estructurada en bases de datos a partir de técnicas estadísticas, mientras que la segunda permite formular inferencias reproducibles y válidas aplicables a un contexto a partir del contenido de los documentos científicos.

Para la búsqueda se consideraron publicaciones de los últimos 15 años sobre el tópico “Mature Field”. La búsqueda se refinó con una ecuación de búsqueda que contenía las palabras claves: “enhanced oil recovery”, field and (development or revitaliz\* or rejuvenation or optimization) and technolog\*.

De la búsqueda se obtuvieron en Scopus 240 artículos y en One Petro 507 artículos. El análisis bibliométrico realizado permitió la identificación de redes de colaboración, tendencias y temáticas emergentes sobre el tema de desarrollo de campos maduros, a partir del análisis de artículos científicos. Posterior al análisis bibliométrico se seleccionó, mediante el análisis de los títulos y los resúmenes, 50 artículos para realizar el análisis de contenido a través del software NVIVO®, de lo cual se construyó una narrativa sobre la revisión de la literatura, esta información sirvió de base para la identificación de las variables claves.

### **3.2.2 Variables Estratégicas**

El Análisis Estructural es un método que permite identificar las variables claves y determinar las relaciones entre las variables encontradas, cualitativas o cuantitativas, que caracterizan el sistema estudiado. Así mismo permite describir estas relaciones e identificar las variables estratégicas.

Para iniciar con esta actividad se tomó como base las recomendaciones de la firma consultora Wood Mackenzie que fue contratada por Ecopetrol para realizar acompañamiento a la implementación del Programa de Recobro. En sus entregables se generó un capítulo con los factores claves de éxito para el futuro desarrollo de tecnologías de recobro mejorado en los campos teniendo en cuenta

casos de estudios exitosos a nivel mundial. Con esta información de base se procedió a elegir un grupo de personas conocedoras del sistema estudiado (desarrollo de campos maduros), todas pertenecientes a la organización y con cierta trayectoria dentro de la misma. Para la selección se tuvo en cuenta que las personas pertenecieran a diferentes áreas de la institución y que se desempeñaran en distintos cargos y roles, esto con el fin de explorar diversos puntos de vista y ver el sistema de una manera global; se seleccionaron en total 5 expertos con los cuales mediante la metodología de entrevistas y formulación de preguntas se analizaron un total de 55 variables que como resultado de las sesiones se agruparon para un total de 47 variables claves.

Posteriormente se evaluó la relación entre las variables, esta evaluación la realizó de manera individual el grupo de expertos, determinando la influencia directa o potencial de cada una de las variables ubicadas en las columnas sobre cada una de las variables ubicadas en las filas, para la influencia directa se utilizaron las siguientes convenciones, 0 si la influencia es nula, 1 si la influencia es débil, 2 si la influencia es media, 3 si la influencia es fuerte y finalmente P para influencia potencial; de esta manera cada experto completó la matriz.

Posteriormente se utilizó el software MICMAC el cual permite comparar y analizar las relaciones directas, indirectas y potenciales y jerarquizar las variables por orden de motricidad y dependencia en cada caso.

Del uso de este programa se obtiene la ubicación de las variables en un plano cartesiano cuyo eje "y" es la motricidad y cuyo eje "x" es la dependencia, dicho plano se divide en 4 zonas, zona de poder, zona de conflicto, zona de salida y zona de problemas autónomos. Como resultado de la ubicación de las variables dentro del plano se realizó la selección de las variables estratégicas.

### **3.3. FASE DE DEFINICIÓN DEL PORTAFOLIO DE PROYECTOS ESTRATÉGICOS**

A través de esta fase se orienta la estrategia de la Superintendencia de Operaciones del Rio con un enfoque de proyectos para facilitar la implementación de las oportunidades de negocio teniendo en cuenta las variables estratégicas para el desarrollo futuro de campos petroleros. Esta fase se desarrolló en dos etapas: Identificación de Proyectos y la definición del portafolio estratégico de proyectos para la Superintendencia.

#### **3.3.1 Identificación de Proyectos**

Con el objetivo de identificar los proyectos del portafolio se realizó inicialmente un levantamiento de la información del inventario de oportunidades de desarrollo de los campos de la Superintendencia de Operaciones del Rio, visualizados por el área de yacimientos, acorde con el informe sobre las metodologías de recobro aplicables en los campos con base en el Screening de tecnologías. Esta información estructurada por la Gerencia de Yacimientos de Ecopetrol contiene aspectos tales como las tecnologías de recobro aplicables, oportunidades y proyectos de crecimiento para el desarrollo de los campos, potencial de reservas recuperables, alcance de los proyectos y perfiles de producción de petróleo y gas. Con el inventario de proyectos identificado se procedió levantar información para la estimación de las inversiones y costos operativos necesarios para su ejecución según la fase de maduración de cada proyecto. Posteriormente, se realizó un análisis de riesgos y probabilidades de éxito para los proyectos enfocado en factores técnicos, de ejecución de proyectos y capacidad de lograr niveles de eficiencia necesarios para que los proyectos sean rentables.

#### **3.3.2 Definición del Portafolio Estratégico**

Con el propósito estructurar el portafolio de proyectos de la Superintendencia de Operaciones del Rio en esta etapa se valoraron económicamente los proyectos

identificados y se analizaron con ciertos criterios de valor establecidos teniendo en cuenta la estrategia y el plan de negocios de Ecopetrol a 2030.

Con los resultados de las evaluaciones económicas y el análisis de los criterios de valor se realizó una priorización de los proyectos claves de la Superintendencia en el marco de todo el Portafolio de proyectos de producción de Ecopetrol. Los proyectos no priorizados se desplazaron en el tiempo con el fin de asegurar la prioridad de las inversiones en los proyectos estratégicos identificados. Posteriormente, para integrar los resultados de las primeras dos etapas, el diagnóstico estratégico y la identificación de variables estratégicas para el futuro desarrollo de los campos maduros, se planearon y estructuraron iniciativas de transformación para apalancar los resultados de la Superintendencia y prepararse así como organización para afrontar el futuro utilizando un enfoque de prospectiva estratégica.

## 4. RESULTADOS DE CADA UNA DE LAS FASES PARA LA DEFINICIÓN DEL PORTAFOLIO ESTRATEGICO

### 4.1. FASE DE DIAGNÓSTICO

#### 4.1.1 Evaluar necesidad del cambio

- Entrevista semi-estructurada al Superintendente de Operaciones

Las preguntas de la entrevista se formularon con base a referentes teóricos de los siguientes documentos y temáticas: guía sugerida por Rohrbeck<sup>26</sup> para el diseño e implementación de un sistema de prospectiva estratégica empresarial del libro *Corporate Foresight Towards a Maturity Model for the Future Orientation of a Firm.*, actitudes fundamentales de cara al futuro planteadas por Godet y Durance<sup>27</sup>, aplicación de la visión del portafolio según la Norma para la Gestión de Portafolio del PMI *the standard for portfolio management*<sup>28</sup> y horizontes de planeación de las grandes compañías petroleras del mundo del artículo *Strategic Planning in a Turbulent Environment: Evidence from the Oil Majors*<sup>29</sup>.

Con la revisión de los anteriores aspectos se buscaba identificar qué tipo de actividades relacionadas con la prospectiva estratégica se están desarrollando actualmente, indagar sobre la actitud del personal frente al futuro y estado de la planeación del portafolio de proyectos de la Superintendencia.

Cada pregunta se sustenta en una fundamentación teórica; los detalles de la entrevista al Superintendente de Operaciones de la SOR se muestran en el Anexo A y los principales hallazgos se resumen a continuación:

---

<sup>26</sup> ROHRBECK, Rene. *Corporate Foresight: Towards a Maturity Model for the Future Orientation of a Firm*. Berlin: Springer-Verlag, 2011. p. 15-30. ISBN 978-3-7908-2625-8.

<sup>27</sup> GODET, Michel y DURANCE, Philippe. *La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios*. [En línea]. Paris: Cuadernos del Lipsor, 2009. Serie N°10. p. 23.

<sup>28</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. *The Standard for Portfolio Management*. 3ra Ed. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc., 2013. 190p.

<sup>29</sup> GRANT, Robert M. *Strategic Planning in a Turbulent Environment: Evidence from the Oil Majors*. *En: Strategic Management Journal*. [En línea]. Vol. 24, N°6. Junio, 2003. p.401-517.

✓ *Prevalece la cultura reactiva.* Por diferentes causas a nivel organizacional y cultural, se evidencia en el personal que en su mayoría presentan una actitud reactiva. En momentos de crisis esta actitud prevalece en el personal, sin embargo si la Superintendencia quiere continuar creciendo es importante que se anticipe a los cambios en temas técnicos, organizativos, reglamentarios, entre otros y que se trabaje en la innovación para pasar de la reactividad a la proactividad que busca provocar los cambios, no solo anticiparlos.

✓ *Dificultades para una exitosa planeación y ejecución a largo a plazo:*

Se evidencia dificultades para diseñar planes a largo plazo alineados con la estrategia corporativa dado que se desvirtúa la planeación por el énfasis operativo y el afán del cumplimiento de la metas corto plazo. Al final no se ejecutan las acciones planteadas por falta de aseguramiento de todos los recursos que se necesitan durante la planeación. En la actualidad no existe un plan a largo de plazo de proyectos de crecimiento para la Superintendencia.

✓ *No alineación entre metas y recursos*

Por el énfasis cortoplacista de la planeación se termina estableciendo metas que no son consistentes con los recursos y capacidades de la Superintendencia, haciendo que durante el año se modifique constantemente la planeación improvisando para poder cumplir los objetivos. Si se siguiera una efectiva planeación largo plazo los recursos y capacidades se podrían desarrollar oportunamente.

- Cuestionario ADN Organizacional

Como diagnóstico empresarial se aplicó la herramienta sugerida por Neilson, Martin y Powers en su artículo *The Secrets to successful Strategy Execution*<sup>3031</sup>, allí se plantea que existen organizaciones sanas y enfermas, donde el desempeño de una compañía está determinado por la congruencia entre la estrategia y los objetivos operativos y se mide mediante la interrelación que exista entre los cuatro bloques que caracterizan el ADN Organizacional (flujo de la información, toma de decisiones, estructura y las motivaciones). Para los autores es importante antes de iniciar cualquier cambio conocer el punto del cual se está partiendo, y con esto establecer la base para ajustar los puntos débiles de la empresa. Con este objetivo, la herramienta aplicada, evaluó a la Superintendencia respecto a los cuatro factores que los autores proponen como las bases diferenciadoras e importantes de toda compañía y que permiten descubrir el perfil organizacional, que en sentido metafórico con el ADN, son los factores subyacentes que en conjunto definen la "personalidad" de una organización y ayudan a explicar su funcionamiento. Estos cuatro elementos se describen a continuación (Ver Anexo B):

Los cuatro elementos del ADN organizacional incluyen elementos formales e informales (Ver Figura 2):

A partir de este referente teórico, los autores construyeron una herramienta web<sup>32</sup>, que fue puesta en práctica en el 2003 mediante un cuestionario que respondieron 50000 personas en 100 países y cuyos resultados revelaron que la mayoría de las

---

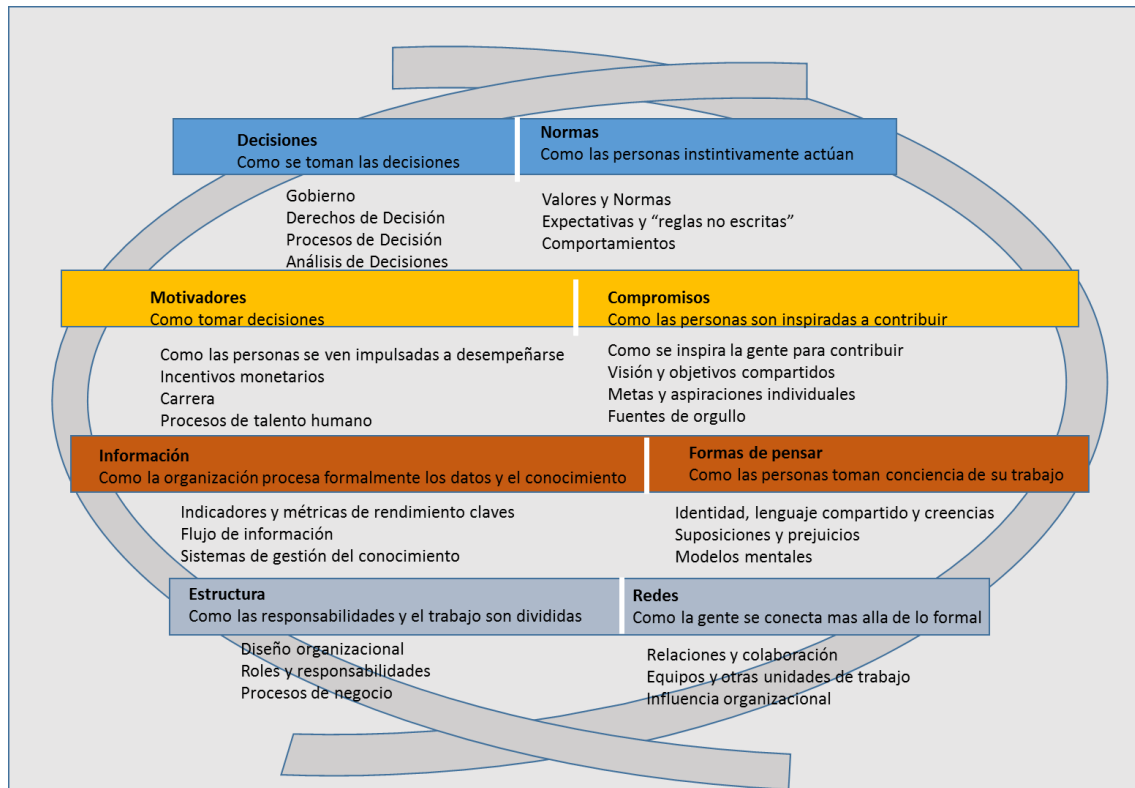
<sup>30</sup> NEILSON, Gary; MARTIN, Karla y POWERS, Elizabeth. The Secrets to successful Strategy Execution. En: Harvard Business review. Vol 51, N°5. (Septiembre, 2008). p. 61-70.

<sup>31</sup> NEILSON, Gary, CANNER, Niko, STEFFEN, Ilona. The Secrets to successful Strategy Execution: The Idea en practice. How an Industrial Goods Company Overcame Its Weak Execution Culture. En: Harvard Business review. (Enero, 2012). p. 15-21.

<sup>32</sup> STRATEGY & FORMERLY BOOZ & COMPANY. Org DNA Profiler® Survey. Disponible en: <[http://www.strategyand.pwc.com/global/home/what\\_we\\_do/services/ocl/ocl\\_service\\_areas/49036161/orgdna-profiler](http://www.strategyand.pwc.com/global/home/what_we_do/services/ocl/ocl_service_areas/49036161/orgdna-profiler)>

compañías muestran rasgos enfermos que impiden poner sus decisiones en acción.

**Figura 2. Los ocho elementos del diseño organizacional**

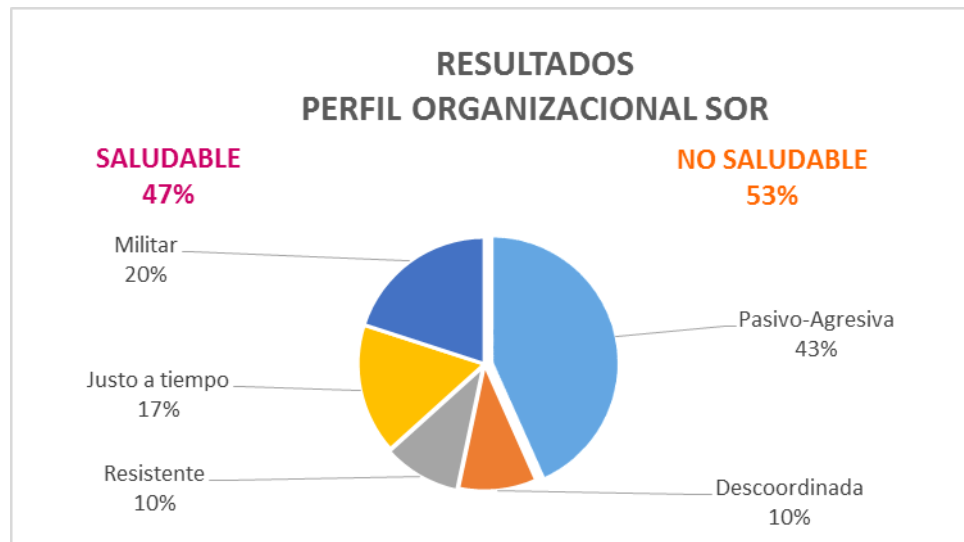


Fuente: Adaptado de Booz & Company

La aplicación de esta herramienta al interior de la SOR evaluó el perfil organizacional suministrando el cuestionario (Ver Anexo C y Anexo D) a 30 trabajadores directivos. Las encuestas fueron analizadas y tabuladas con la ayuda de la herramienta web suministrada por Booz & Company basada en el artículo *The Secrets to successful Strategy Execution: The Idea en practice. How an Industrial Goods Company Overcame Its Weak Execution Culture* de la *Harvard Business Review*.

En la autoevaluación se evidencia que la mayoría de las personas (53%) piensa que la organización tiene un ADN no saludable (Ver Figura 3), donde por sus características en un 43% de los casos se clasifica como una organización Pasivo – Agresiva.

**Figura 3. Resultados Encuestas Perfil Organizacional**



Una minoría de los encuestados consideró que la Superintendencia tiene un perfil no sano denominado Organización Descoordinada (10%)

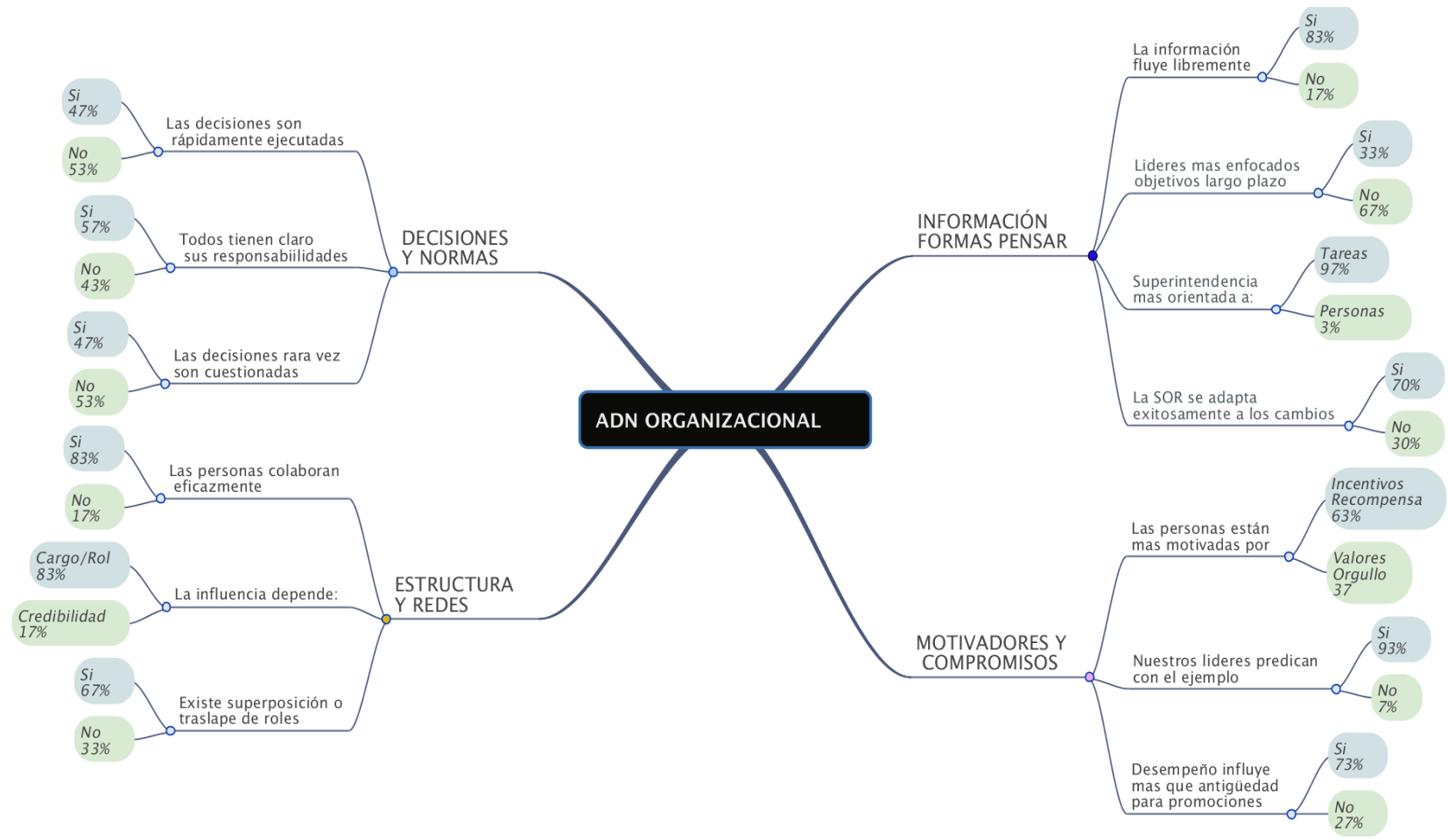
El restante de los encuestados clasificó la organización en perfiles sanos: Militar (20%) Justo a tiempo (17%) y Resistente (10%)

De acuerdo a la clasificación de los perfiles organizacionales, 53% perfil no saludable y 47% perfil sano, se concluye que la Superintendencia tiene aspectos por mejorar en cada uno de los 4 elementos principales del ADN Organizacional: toma de decisiones, estructura, información y motivación.

A continuación las principales conclusiones de la autoevaluación con base a las respuestas del cuestionario (Ver Figura 4.):

- Las personas se caracterizan por su talento, motivación y compromisos, pero en ocasiones falta alineación. Si todos trabajaran en la misma dirección se lograrían ejecutar las estrategias rápidamente con disciplina y coordinación.
- Se deben hacer muchas reuniones para tomar una decisión, ralentizando el proceso de toma de decisiones.
- Existe un desbalance entre la toma de decisiones y la información, porque si bien un 83% está de acuerdo en que la información fluye libremente por la Superintendencia, las decisiones no son ejecutadas rápidamente. (53%).
- En la Superintendencia se percibe que los niveles de la estructura de la SOR son los adecuados y que la compañía tiene un corporativo fuerte. Sin embargo existen múltiples capas gerenciales a nivel de empresa haciendo que la organización se mueva lentamente y en ocasiones de forma reactiva.
- El 67% de los encuestados considera que los líderes de la Superintendencia trabajan más enfocados al corto al plazo, énfasis en solucionar temas operativos del día a día. La empresa debe trabajar en formar líderes para el futuro.
- Se evidencia traslape en los roles o responsabilidades en cuanto a quienes y como participan en los procesos. Esto afecta la dinámica de la toma de decisiones y la rapidez en la ejecución de las acciones. Se recomienda buscar un método para transmitir las decisiones de modo que no haya lugar a ambigüedades.
- Se debe trabajar desde la alta administración en fortalecer todos los niveles de la estructura en la disciplina que se necesita para lograr los objetivos estratégicos de la organización

**Figura 4. Mapa conceptual principales resultados ADN Organizacional**



Estos hallazgos se convierten en un insumo para que los directivos de la Superintendencia tengan un marco para diagnosticar sus problemas dado que les permite conocer cómo está la organización y esta es una premisa muy importante para afrontar la ejecución exitosa de la estrategia y prepararse para escenarios futuros. Adicionalmente estos resultados son una entrada a la identificación de variables estratégicas para el desarrollo futuro de los campos de la Superintendencia.

#### **4.1.2 Análisis de la situación actual**

Los hallazgos de la primera etapa corroboraron la necesidad de un cambio en la forma como se aborda la planeación a largo plazo de los proyectos de la Superintendencia y unas primeras necesidades a nivel organizacional respecto al proceso de toma de decisiones, disciplina en la ejecución operativa, líderes enfocados en el largo plazo y el desarrollo de una actitud proactiva en los miembros de la organización para afrontar los cambios e incertidumbres del futuro y lograr adelantarse a los retos del entorno. Con estos resultados se continuó con la segunda etapa dentro de la fase de diagnóstico, para conocer a profundidad la situación actual de la Superintendencia, lo cual se logró mediante el análisis de los aspectos positivos y negativos y la construcción del estado del arte de la Superintendencia.

- Análisis aspectos positivos y negativos

El análisis de factores externos e internos es importante como punto de partida para cualquier iniciativa de planeación estratégica.<sup>33</sup> Como parte de la etapa de diagnóstico, el análisis se realizó con el objetivo de conocer la situación actual desde el punto de vista de los miembros internos y externos de la organización. Con este propósito, se realizó una encuesta virtual a miembros relacionados con la Superintendencia, directa e indirectamente. La metodología consistió en

---

<sup>33</sup> CARILLO, José. Manual de autodiagnóstico estratégico. Primera edición. Madrid: Editorial ESIC, 2005. 213p. ISBN 84-7356-416-2

cuestionar a los participantes en cuanto a los factores externos e internos que pueden afectar el desempeño de la Superintendencia y la valoración en su percepción del nivel de importancia que, a su criterio, tiene para la Organización.

Los resultados del ejercicio se muestran en el Anexo E, los cuales una vez procesados se muestran en la Figura 5.

**Figura 5. Aspectos positivos y negativos identificados por los miembros de la SOR**



Es importante aclarar que los resultados corresponden a las percepciones de las partes interesadas analizadas, como un esfuerzo de los encuestados quienes diligenciaron el cuestionario según la metodología establecida.

Respecto a los aspectos positivos analizados por los encuestados se evidencia que la experiencia y competencias del personal, la aplicación de nuevas tecnologías y potencial de aceite en sitio son los factores que más se destacan. Igualmente, coinciden en las oportunidades que representa para la Superintendencia que Ecopetrol mantenga su nivel de inversiones con sus fuentes de financiación, continúe invirtiendo en tecnología y desarrollo para los campos y optimice los costos de capital para desarrollar las reservas.

De otra parte, al analizar los aspectos negativos, los factores que la mayoría considera relevantes son los altos costos operacionales para los campos y la limitada capacidad de las facilidades de superficie para seguir creciendo en producción. A nivel externo los encuestados coinciden en que la volatilidad de los precios del petróleo afecta la planeación y rentabilidad de manera directa, las estrictas regulaciones ambientales para actividades petroleras y alta repartición de dividendos con considerados factores de los cuales no se tiene control pero que pueden afectar el desempeño de la Superintendencia.

- Estado del arte de la Superintendencia SOR

La segunda actividad que se desarrolló fue la recopilación de información para elaborar el estado del arte de la Superintendencia, usando fuentes secundarias como reportes enviados a la ANH, información Intranet Iris, resultados de indicadores de desempeño, e información adicional suministrada por personal de la Superintendencia. El resultado de esta actividad es un informe mostrado en el Anexo F, que contiene los históricos de desempeño de la Superintendencia en sus funciones misionales.

## **4.2. FASE DE IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES ESTRATÉGICAS**

### **4.2.1 Tendencias Campos Maduros**

Se integraron dos técnicas para el análisis de la literatura científica sobre campos maduros, se desarrolló una metodología que integró las técnicas de análisis bibliométrico y de contenido. El análisis bibliométrico permitió la identificación de redes de colaboración, tendencias y temáticas emergentes sobre el tema de campos maduros, a partir del análisis de artículos. Los resultados de la consulta en las bases de datos se describen en el Anexo G.

A continuación, se presenta la narrativa que se constituye como el principal resultado del análisis de contenido de la revisión de la literatura relacionada con desarrollo de campos maduros.

La principal función de los pronósticos basados en prospectiva estratégica es dar apoyo cuantitativo y analítico a las metas fijadas en la Estrategia. A continuación se detallan algunos temas claves provenientes del estudio mundial de la Agencia Internacional de Energía y de un análisis prospectivo nivel regional en Colombia.

De acuerdo a la AIE Agencia Internacional de Energía estas son algunas de las perspectivas de la energía a nivel mundial en el 2040 relacionadas con el Petróleo:

- A principios de la década de 2030 se alcanzará un hito importante a nivel energético, cuando China se convierta en el país más consumidor de petróleo y se cruce en el camino con Estados Unidos, donde el consumo de petróleo retrocederá hasta niveles no registrados durante décadas. Para entonces, los motores de crecimiento de la demanda energética mundial serán la India, el Sudeste Asiático, Oriente Medio y el África Subsahariana.
- En 2040, el suministro energético mundial se dividirá en cuatro partes, casi iguales: petróleo, gas, carbón y fuentes de bajas emisiones de CO<sub>2</sub>. Las opciones que se elijan en materia de política energética y la evolución del mercado, que en

2040 reducirá a casi tres cuartas partes la proporción de los combustibles fósiles en la demanda de energía primaria, no bastarán para frenar el aumento de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) relacionadas con la energía, que crecerán un quinto.

- La eficiencia energética es una herramienta fundamental para aliviar la presión del suministro de energía y puede mitigar en parte los impactos en la competitividad de las disparidades de precios entre regiones. Los nuevos esfuerzos en materia de eficiencia energética tendrán el efecto de reducir el crecimiento total de la demanda de petróleo en unos 23 millones bdp en 2040 – más que la producción actual de petróleo de Arabia Saudí y Rusia juntas– y las medidas, sobre todo en materia de generación eléctrica e industria, frenarán el crecimiento de la demanda de gas en 940 000 millones de metros cúbicos –más que la producción actual en Norteamérica.
- El cambio a tecnologías más intensivas en capital y los precios elevados de los combustibles fósiles conducirán a un aumento de los costes medios del suministro de electricidad y de los precios repercutidos al consumidor final en la mayoría de los países del mundo.

El estudio prospectivo a nivel regional Visión Estratégica de Santander 2019-2030, identificó las variables claves con mayor dependencia en el sistema, a continuación se detallan algunas de las relevantes:

- Dotación de recursos minerales e hidrocarburos:

Los recursos naturales, entre los que se destacan los minerales e hidrocarburos, pueden ser determinantes para la posición económica de una región, convirtiéndose así en una variable de gran poder sobre el sistema. En el primer caso se puede hablar de la entrada de capitales, la generación de empleos y la reactivación económica de algunos municipios del Departamento; mientras que en el segundo caso hay que citar posibles impactos irreversibles, como la modificación física y ambiental del territorio. En tal sentido, es estratégico llamar la atención sobre las incertidumbres que puede plantear a largo plazo el manejo de

sistemas naturales complejos y así mismo la importancia y poder que sobre el sistema puede ejercer esta variable.

- Cambio en la biodiversidad:

Estos cambios se originan en las modificaciones que se realizan sobre el territorio, así como las presiones que se ejercen sobre el ecosistema, resultado de las actividades y prácticas económicas, sociales y culturales. Para preservar el equilibrio del ecosistema es necesario lograr la articulación de estrategias para la consolidación de los sistemas regionales de áreas protegidas y de manejo especial con base en la política de participación social en la conservación. Gobierno Departamental, en el mediano y largo plazo, debe impulsar el desarrollo de planes, programas y proyectos ambientales que hagan posible crear una sinergia entre las comunidades y las autoridades ambientales que garantice la concientización de las comunidades sobre el valor e importancia de los ecosistemas y los servicios que prestan al desarrollo y bienestar de la sociedad.

- Desigualdad social:

Entendida esta variable como proceso, la “Desigualdad social” implica la necesidad de pensar en un complejo espectro de situaciones en el que la vulnerabilidad, la marginalidad y la exclusión son temáticas afines al fenómeno. Los cambios tecnológicos, políticos, económicos y sociales han ocasionado que las desigualdades se conviertan en aspectos dinámicos que se identifican en el acceso y distribución diferencial de las oportunidades y recursos que pueden tener en un determinado momento y lugar los miembros de una comunidad. Finalmente, la desigualdad de oportunidades tiene efectos sobre los resultados sociales, distribución de la riqueza, ingresos y al mismo tiempo sobre las mismas posibilidades de mejorar las oportunidades en relación a los menos favorecidos.

- Desarrollo en ciencia tecnología e innovación

En el 2030 Santander habrá superado la meta de inversión nacional y triplicado la inversión pública y privada en Investigación y Desarrollo. De esta manera, será uno de los tres principales polos de innovación, transferencia de tecnología y competitividad del país, mediante la articulación entre la universidad-empresa-estado, lo que favorecerá la generación de avances significativos en investigación y su posterior vinculación al sector productivo tradicional y sectores emergentes. Así entonces, el Departamento estará encaminado hacia una sociedad de conocimiento, bajo el fortalecimiento de los centros de investigación y la creación de empresas de base tecnológica, que logre generar un impacto económico y social.

### **Campos Maduros**

Existen diferentes definiciones para campos maduros, las cuales se basan en diferentes indicadores del grado de explotación que presente el campo petrolero. A continuación se esbozan algunas definiciones acorde con la literatura técnica disponible:

“Un campo maduro es aquel conjunto de yacimientos que llevan más de 20 años activos y cuya producción ha atravesado su máximo. Su madurez se ve reflejado en altos valores de corte de agua”.<sup>34</sup>

“Los campos maduros son aquellos que poseen un potencial de recuperación adicional con la implementación de herramientas avanzadas de caracterización de yacimientos, administración de yacimientos y/o cambios en los mecanismos de producción. Este tipo de campos se caracterizan por hallarse en procesos de recuperación secundaria con necesidad de implementar nuevos métodos de producción para aumentar su tiempo de vida”<sup>35</sup>.

---

<sup>34</sup> MOHAGHEGH S.D., GASKARI R., A new method for production data analysis to identify new opportunities in mature fields: methodology and application, SPE, West Virginia U. 2005.

<sup>35</sup> “DATA ACQUISITION DESIGN AND IMPLEMENTATION: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES FOR EFFECTIVE PROGRAMS IN MATURE. RESERVOIRS” Pande, P.K y Clark, M.B. SPE 1994.

Alineado con lo anterior se puede concluir que un campo maduro es aquel que dadas sus condiciones técnicas (tiempo de producción, factor de recuperación, estado de instalaciones, etcétera) y condiciones económicas es candidato a la implementación de metodologías y procesos tendientes a maximizar su valor económico, tomando siempre en cuenta que el proyecto en su conjunto debe ser rentable.<sup>36</sup>

Un volumen importante de las reservas existentes al momento del descubrimiento de un campo no logran ser producidas por distintas razones, sin embargo estas reservas pueden ser reclasificadas y puestas en producción si se emplean los métodos y tecnologías necesarios. Por ello, aunque muchos de los campos descubiertos han comenzado su etapa de declinación, pueden volver a activarse con una inversión y un esfuerzo menores en comparación con campos recién descubiertos o por descubrir. Adicionalmente el riesgo inherente a la reactivación de un campo maduro es menor que el asociado al desarrollo de prospectos exploratorios. En esto radica la importancia de los campos maduros.

Aproximadamente el 70% de la producción mundial acumulada proviene de campos que cuentan con grandes reservas. Más de 48% de la producción mundial procede de campos maduros con más de 30 años de explotación, es decir, contienen la mitad de las reservas mundiales de crudo, sin embargo, virtualmente dos tercios del crudo en estos campos y un tercio del gas no se recupera. De acuerdo con la agencia internacional IHS el 75% de las nuevas reservas petroleras en el mundo corresponde a campos maduros y sólo el 25% a nuevos descubrimientos.

La estrategia petrolera en todo el mundo, en los últimos años, ha cambiado. Las condiciones geológicas, económicas y estratégicas hacen que cada día sea más difícil, arriesgado y costoso encontrar grandes yacimientos petroleros, lo cual ha llevado a mirar nuevamente los campos maduros. La búsqueda de nuevos

---

<sup>36</sup> VILLANUEVA, David. Proceso para la reactivación de campos maduros. Facultad de ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.2013

hallazgos ya no es una prioridad tajante como hace algunas décadas y las multinacionales evalúan con mucha cautela las inversiones que hacen.

La estrategia para aumentar el Factor de Recobro en los campos maduros incluye realizar estudios de factibilidad para la aplicación de sistemas de recuperación secundaria y mejorada, reingeniería de pozos, diversificación de sistemas artificiales y aplicación de nuevas tecnologías en pozos e instalaciones.

### **Retos en campos maduros**

- Los campos maduros ofrecen acceso rápido y de bajo riesgo a los hidrocarburos, pero con frecuencia luchan con economías marginales y complejidades técnicas.
- Presentan un estado avanzado de declinación de la producción, o una vida productiva cercana a su fin
- En contraste con el desarrollo de campos nuevos, las oportunidades presentadas por los campos maduros son frecuentemente muy pequeñas y poco incrementales para llamar la atención de la alta gerencia.
- Los mejores talentos técnicos son dedicados a los retos en nuevas fronteras (aguas profundas, locaciones de riesgo, yacimientos complejos) en lugar de aquellos activos con presupuestos limitados e infraestructura en deterioro.
- Pozos e infraestructura viejos que presentan retos de integridad y confiabilidad, haciendo las operaciones menos predecibles y afectando el desempeño.
- Dificultad para atraer socios para invertir en campos maduros con alto nivel de declinación.
- Grandes operaciones requeridas para mantener o aumentar la producción. Lo cual conlleva el trabajo de estimar cuantos pozos perforar, reparaciones, estimulaciones, registros, aumento de tubería, cementaciones, instalaciones superficiales, inspecciones y operaciones de mantenimiento.
- Los impactos ambientales y altos costos debido al aumento de la producción de agua y gas asociado. Esta situación empeora con el incremento de las

cantidades de químicos y aditivos que se utilizan durante la perforación, cementación y procesos de tratamiento.

- La caracterización del yacimiento para identificar los trayectos del aceite y los esquemas de mejoramiento en la recuperación tales como la inyección de agua, gas y vapor; las perforaciones horizontales representan un gran reto tecnológico.
- Desarrollar y producir aceite de yacimientos estrechos y difíciles.

En la revisión sistemática realizada para este proyecto, usando el software NVIVO (Ver Figura 6), se realizó un análisis de contenido identificando tendencias para el desarrollo futuro de campos maduros, mediante la revisión exhaustiva y posterior generación de categorías asociados con los factores determinantes para el desarrollo de campos.

**Figura 6. Categorías Análisis contenido NVIVO**

Nombre	Recursos	Palabras	Creado el	Creado por	Modificado el	Modificado por
Precio	5	88	02/08/2015 04:15 p.m.	SO	02/08/2015 08:29 p.m.	SO
Campo Maduro definición	6	87	21/07/2015 08:33 p.m.	SO	02/08/2015 08:55 p.m.	SO
Investigación y Dita	7	87	02/08/2015 04:14 p.m.	SO	02/08/2015 08:50 p.m.	SO
EOR	6	82	02/08/2015 04:15 p.m.	SO	02/08/2015 09:23 p.m.	SO
Eficiencia capex	4	77	02/08/2015 04:13 p.m.	SO	02/08/2015 08:09 p.m.	SO
Riesgos	4	72	02/08/2015 04:18 p.m.	SO	02/08/2015 08:28 p.m.	SO
Estrategia Desarrollo	5	71	02/08/2015 04:13 p.m.	SO	02/08/2015 08:06 p.m.	SO
Cadena Suministro	5	69	02/08/2015 04:14 p.m.	SO	02/08/2015 08:12 p.m.	SO
Caracterización yacimientos	5	62	02/08/2015 04:18 p.m.	SO	02/08/2015 08:29 p.m.	SO
Perforación	4	59	02/08/2015 04:18 p.m.	SO	02/08/2015 08:33 p.m.	SO
Regímenes fiscales	3	58	02/08/2015 04:22 p.m.	SO	02/08/2015 08:41 p.m.	SO
Gestión de proyectos	4	51	02/08/2015 04:08 p.m.	SO	02/08/2015 08:03 p.m.	SO
Eficiencia Opex	4	51	02/08/2015 04:13 p.m.	SO	02/08/2015 08:10 p.m.	SO
Gestión de conocimiento	5	41	02/08/2015 04:15 p.m.	SO	02/08/2015 08:18 p.m.	SO
Seguridad industrial	3	40	02/08/2015 04:22 p.m.	SO	02/08/2015 08:38 p.m.	SO
Ensambo	3	35	02/08/2015 04:22 p.m.	SO	02/08/2015 08:36 p.m.	SO
Ambiental	1	22	02/08/2015 04:22 p.m.	SO	02/08/2015 08:35 p.m.	SO

A continuación se estructura un análisis de los primeros conceptos revisados de la producción de artículos relacionados con desarrollo de campos maduros.

### Plan de Desarrollo Integral

Es indispensable que todo proyecto en un campo maduro tenga su ciclo de vida definido, es decir, que estén diferenciadas sus diferentes etapas o fases de

desarrollo, las cuales deberán tener opciones de terminación sí la evaluación de los resultados no es positiva.

La gerencia integrada del yacimiento provee las herramientas necesarias para realizar un seguimiento y control de los yacimientos desde el inicio mismo de su descubrimiento y en todas las etapas de su vida productiva, usando la información, datos, hechos y conocimientos disponibles para obtener la recuperación económica máxima de un yacimiento. En este sentido, cuando un yacimiento ha entrado en su etapa madura los miembros del equipo deben tener la experticia necesaria sobre las operaciones de recuperación secundaria y terciaria necesarias para optimizar el rendimiento del campo<sup>37</sup>.

Un plan integral de desarrollo de un campo maduro se crea con el fin de:

- Aumentar reservas, mediante la maximización del factor recobro
- Reducir la incertidumbre en los planes de explotación mediante caracterización detallada de los yacimientos
- Prorrogar el abandono
- Maximizar el potencial de producción Incrementar el porcentaje de éxito de las campañas de perforación y reparación de los pozos
- Disminuir el corte de agua
- Cumplimiento de los anteriores ítems teniendo en cuenta el control en costos de levantamiento y tratamiento de los fluidos del yacimiento.

El objetivo principal del ciclo completo de un plan de desarrollo es maximizar el valor de los activos.

Un plan de desarrollo real y sustentable, debe estar basado en el mejor conocimiento del yacimiento, por eso la importancia de la recolección y análisis de los datos de la roca y de los fluidos como elementos esenciales para realizar un estudio que pueda llevar a establecer el proceso de recuperación que mejor se adapta a las características del mismo.

---

<sup>37</sup> SIERRA, Jair. Plan integral de desarrollo de campos maduros caso base. Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. UIS. Bucaramanga, 2007.

El plan de desarrollo debe ser un proceso iterativo ya que los resultados de una parte del plan pueden afectar o causar cambios en la parte siguiente, por lo tanto cuando se materialice algún riesgo el plan de desarrollo se debe ajustar de tal manera que las líneas bases se actualicen.

### **Investigación y Desarrollo**

Durante décadas, se ha trabajado por incrementar el valor de los activos mejorando el rendimiento de los yacimientos maduros, pero los logros en materia de productividad y recuperación final fueron generalmente difíciles, a veces imposibles de obtener, debido a que no se disponía de tecnologías y herramientas claves, o bien estas eran inadecuadas. Hoy, las tecnologías avanzadas y los rigurosos enfoques guiados por procesos, brindan la oportunidad de alcanzar objetivos de descripción y optimización de los campos y llevar por lo tanto su eficiencia a nuevos niveles<sup>38</sup>.

Las decisiones estratégicas sobre los campos petroleros demandan importantes desarrollos científicos, cantidades enormes de investigación, uso de todo tipo de ingenierías, desarrollo de nuevos materiales, así como de nuevas tecnologías. Esto va acompañado de importantes inversiones para lograrlo.

Para alcanzar progresos significativos en tecnología se requiere personal calificado y expertos en los diferentes tópicos a desarrollar. Adicionalmente, es necesario tener una organización adecuada tanto dentro de las compañías petroleras, como en los centros de investigación y desarrollo correspondientes.

En la actualidad, se han empleado técnicas de avanzada con el objeto de rejuvenecer estos campos maduros, estas van desde la aplicación de sísmica 3D hasta la utilización de registros de última generación en pozos para mejorar la caracterización de los yacimientos e incorporar zonas no drenadas. Estas técnicas han permitido incorporar campos maduros a una nueva etapa en su vida productiva.

---

<sup>38</sup> LOWE. W. Bruce, Nuevas tácticas para el Manejo de las producción, Documento Schlumberger # 2-17, USA, 1999

### **Incorporación de Tecnología**

Uno de los retos más importantes a superar para el éxito del incremento del recobro de los campos tiene que ver con el acceso a tecnología que permita la explotación y administración eficiente de los yacimientos del país.

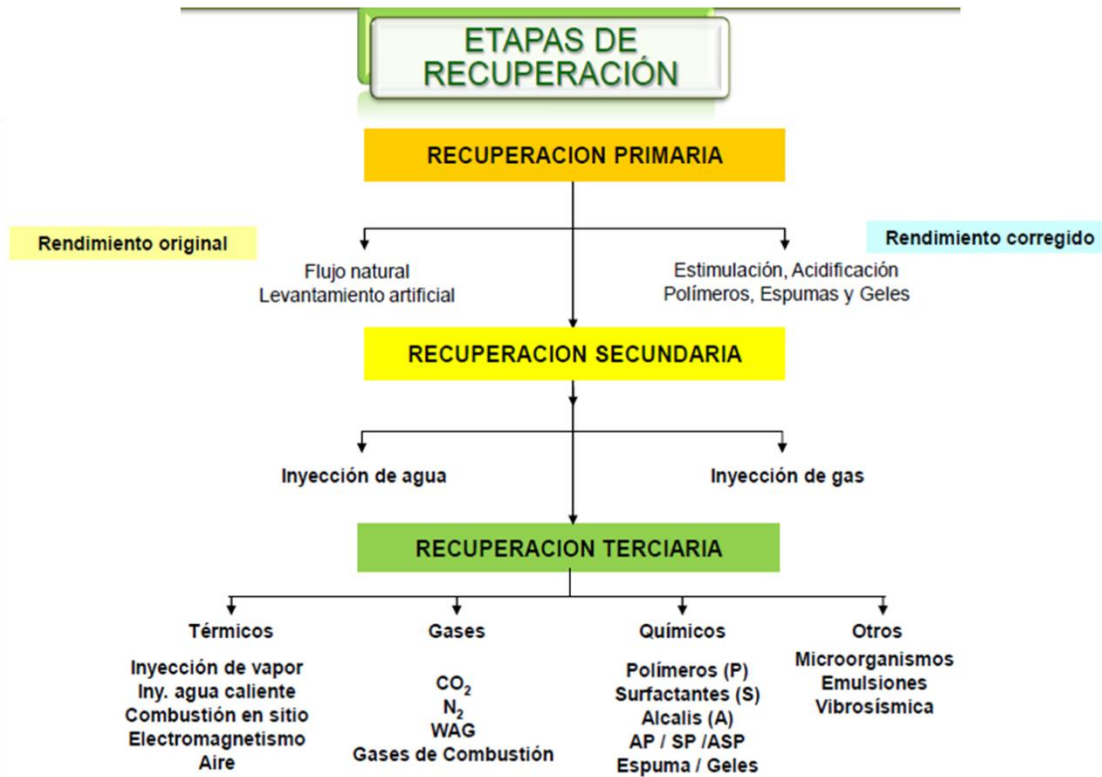
Se requiere comenzar a diseñar proyectos de recobro para su integración en la cartera de proyectos del sector hidrocarburos de nuestro país. Es importante señalar que los métodos de recuperación mejorada requieren de acceso a tecnología avanzada y de alta especialización de recursos humanos, por lo que para desarrollar estos métodos es necesario establecer áreas especializadas dentro de las dependencias, entidades e instituciones académicas y de investigación que puedan identificar los mejores candidatos (campos) para estos métodos, su diseño, su evaluación, aplicación de pruebas piloto y su masificación. Los recursos humanos y el seguimiento cercano durante el desarrollo de estos proyectos representan un tema importante para el éxito de éstos.

### **Etapas de recuperación**

En la ingeniería de yacimientos, en general se considera que existen tres etapas de explotación en la vida de los mismos:

A continuación se resumen las técnicas de recuperación de petróleo:

**Figura 7. Etapas de recuperación de los campos petroleros**



Fuente: Recuperación Mejorada C/L/M

**Recuperación Primaria.** Esta etapa comienza desde el inicio de la explotación de un campo o yacimiento y es aquella en la cual se aprovecha la energía natural con la que cuenta el campo. En esta etapa se puede considerar el empleo de tecnologías en el pozo como el uso de sistemas artificiales de producción de varios tipos, el fracturamiento hidráulico de la formación, así como en el área de perforación, el empleo de pozos horizontales y multilaterales.

Los factores que afectan el comportamiento del yacimiento son las características geológicas, las propiedades roca-fluido, la mecánica de fluidos y las instalaciones de producción. La calidad de la administración de yacimientos es muy importante, debido a que un mismo yacimiento explotado de diferentes formas (ingeniería de yacimientos, ingeniería de producción, etc.) permite obtener diferentes porcentajes de recuperación. Asimismo, las políticas de la empresa operadora del campo y las

de la agencia reguladora gubernamental juegan un papel importante en el comportamiento de la producción<sup>39</sup>.

**Recuperación Secundaria<sup>40</sup>.** La recuperación secundaria es toda actividad encaminada a una recuperación de hidrocarburos adicional a la que se obtendría con la energía propia del yacimiento (producción primaria), impartiendo a este la restitución de la energía de desplazamiento de aceite en la formación productora ya sea a través de inyección de agua o gas natural, ambos procesos para mantenimiento de presión o como métodos de desplazamiento de fluidos dentro del yacimiento. Durante esta etapa, también se pueden emplear tecnologías como sistemas artificiales de producción, fracturamiento hidráulico de la formación, pozos horizontales y/o multilaterales.

Comúnmente, esta energía se imparte al yacimiento en forma mecánica cuando se inyectan a estos fluidos líquidos o gaseosos que desplazarán al aceite remanente en el yacimiento

El objetivo principal de la Recuperación Secundaria es el mantenimiento de presión del yacimiento, y la incorporación de reservas. Cuando se propone la implementación de Recuperación Secundaria es necesario hacer el planteamiento de los distintos escenarios que podrían ser tomados en cuenta. Para poder generar los diversos escenarios es muy importante recabar toda la información necesaria, y con esto tomar la mejor decisión.

Las inyecciones mediante un piloto son un medio para estudiar el comportamiento de la recuperación en un muestreo in situ del yacimiento. El comportamiento de la inyección puede escalarse para simular el rendimiento esperado de las operaciones de mayor magnitud.

Es importante situar el piloto en una porción representativa del yacimiento. El espesor neto y la saturación de aceite, son las variables de mayor importancia. El

---

<sup>39</sup> SATTER, A, y THAKUR, G. C.; Integrated Petroleum Reservoir Management – A Team Approach; PennWell Books, 1994.

<sup>40</sup> RANGEL, Edgar. El Futuro de la Producción de Aceite en México: Recuperación Avanzada y Mejorada. COMISION NACIONAL DE HIDROCARBUROS. 2012.

espesor neto puede obtenerse de núcleos o registros. Un pozo inyector dañado o un pozo situado en una zona poco permeable puede producir gastos de inyección más bajos.

Los métodos más comunes de recuperación secundaria son:

1. Inyección de agua: Es el método dominante entre los métodos de inyección de fluidos, gracias a este se debe el elevado nivel actual de los ritmos de producción y de reservas en Estados Unidos y Canadá. La tecnología de inyección de agua involucra trabajo en equipo con diferentes disciplinas. Es un proceso probado de recuperación de aceite, pero no siempre satisfactorio ni lucrativo. Su popularidad se debe principalmente a los siguientes aspectos:

- Disponibilidad del agua.
- Relativa facilidad con la que se inyecta.
- Facilidad con la que el agua se extiende a través de la formación.
- Costo es relativamente menor que otros fluidos
- La eficiencia del desplazamiento de aceite provocado por el agua.

2. Inyección de gas natural: La inyección de gas natural fue el primer método sugerido para mejorar la recuperación de aceite y se usó inicialmente en el año 1900, con fines de mantenimiento de presión. Posteriormente, se llevaron a cabo otras aplicaciones que fueron calificadas como proyectos de recuperación secundaria, ya que el gas inyectado, además de aumentar la energía del yacimiento, debía desplazar el petróleo. Generalmente, al final de los proyectos de inyección de gas se lograba una recuperación adicional de petróleo agotando aceleradamente la presión del yacimiento.

### **Recuperación Mejorada.**

Después de la explotación de los yacimientos a través de la recuperación primaria y de la recuperación secundaria, la industria petrolera determinó que todavía había posibilidades de aumentar el factor final de recuperación de los mismos, especialmente cuando ha habido precios altos del petróleo. Para ello, se

empezaron a aplicar métodos adicionales, algunos de ellos muy sofisticados, para agregar energía a los campos. A estos procesos inicialmente se les denominó como recuperación terciaria. Con el paso de algunos años, se decidió que el nombre correcto era recuperación mejorada.

Durante las cuatro décadas pasadas del siglo XX, la industria del petróleo se ha dedicado a la investigación y desarrollo de varios procesos de recuperación mejorada de aceite (EOR siglas en Inglés para Enhanced Oil Recovery) que se requieren para producir el aceite remanente que se deja después de aplicar los métodos convencionales. La explotación de esta enorme cantidad de fuente de energía, es el mayor reto que tiene la industria del petróleo.

La Recuperación Mejorada o Enhanced Oil Recovery se define como el conjunto de métodos que emplean fuentes externas de energía y/o materiales que normalmente no están presentes en el yacimiento, o materiales que comúnmente están en el yacimiento pero que son inyectados a condiciones específicas con el fin de alterar considerablemente el comportamiento físico-químico de los fluidos del yacimiento, para recuperar el aceite que no puede ser producido por medios convencionales (recuperación primaria y secundaria). Internacionalmente se ha aceptado que se dividan en cuatro grandes grupos: métodos térmicos (inyección de vapor o inyección de aire, para generar una combustión in-situ en el yacimiento), métodos químicos (como inyección de polímeros o surfactantes, para reducir la tensión interfacial), métodos de inyección miscible de gases (como CO<sub>2</sub>, gases enriquecidos, gases exhaustos o nitrógeno, este último como proceso miscible o inmisible) y otros (como microbiana, eléctricos, otros).

Aunque sólo una fracción modesta de la producción mundial de petróleo (de 3 a 5 por ciento) se puede atribuir a la Recuperación Mejorada o Enhanced Oil Recovery (EOR), una serie de campos petroleros en el mundo confían en ella como el principal mecanismo de recuperación. Estas técnicas comprenden

cualquier estrategia que apunte a mejorar el flujo de hidrocarburos hacia los pozos<sup>41</sup>.

En el caso de algunos yacimientos, no es fácil identificar estas tres etapas. Es más, en ciertos yacimientos se ha encontrado que no existió la etapa primaria y fue necesario pasar a la secundaria e incluso a la mejorada, sin haber ocurrido las anteriores. Un buen ejemplo de estos casos es el de yacimientos de aceite muy pesado y viscoso, que no pudieron ser producidos en su etapa primaria ni secundaria y solo se obtuvo aceite de ellos a través de la inyección de vapor, que se consideraría ya como la etapa de recuperación mejorada. En este sentido, es necesario romper el paradigma de etapas secuenciales, y cambiar a la construcción de Planes de Desarrollo de Campo que incluya todos los métodos necesarios que maximicen el factor de eficiencia.

La recuperación mejorada se caracteriza por:

- Mejorar la eficiencia de barrido para reducir la relación de movilidad entre los fluidos inyectados y los desplazados.
- Las tecnologías de Recobro Mejorado, permiten aumentar el factor de recobro de yacimientos maduros sometidos a inyección continua de agua y/o gas.
- Las aplicaciones de métodos de recuperación mejorada son particulares y no se pueden generalizar de un yacimiento a otro yacimiento, inclusive con características similares de rocas y fluidos.
- Cada yacimiento debe evaluarse en forma particular, con estudios piloto para asegurar su aplicación y economía antes de una masificación.
- La masificación de este tipo de tecnologías no se realiza como la inyección de agua, la cual puede ser masiva en todo el yacimiento, sino a través del desarrollo por etapas.
- Recuperación Mejorada es una forma de acelerar la producción e incrementar las reservas de un yacimiento.

---

<sup>41</sup> ENHANCED OIL RECOVERY. Lake, Larry W.

La siguiente es la clasificación aceptada de los métodos EOR:

**Térmicos:** El mecanismo de producción consiste principalmente en la transferencia de energía térmica hacia el yacimiento. La temperatura del aceite se eleva drásticamente por lo que se expanden los fluidos; se evapora algo de líquidos; y se reducen las viscosidades (aumentando la movilidad). Esto incluye las estimulaciones con vapor, las inyecciones de vapor, drenaje de gravedad asistido por vapor (SAGD, de sus siglas en inglés), y la combustión “in situ” o, en términos contemporáneos, de inyección de aire. Otras tecnologías comerciales actuales incluyen calefacción electromagnética de calentamiento por resistencia a bajas frecuencias para calentamiento por inducción y dieléctricos a frecuencias más altas, incluida la radiación de microondas. Estas tecnologías comúnmente se aplican a yacimientos de aceites pesados y viscosos, los cuales tienen densidades menores a 20°API y viscosidades entre 200-2000 cP, aproximadamente

**Químicos:** Algunos químicos son inyectados con el objetivo de reducir la tensión interfacial (incrementar el número capilar), y/o disminuir la relación de movilidad a fin de mejorar el control sobre la movilidad (reducir la canalización). Los métodos de recuperación de esta categoría incluyen inyección de surfactantes, polímeros y álcalis.

Esta familia de métodos generalmente se refiere a la inyección de componentes activos interfaciales tales como tensoactivos y bases (o soluciones cáusticas), polímeros y mezclas químicas. Surfactantes para inyección de espumas que vienen en varias categorías, incluyendo los destinados a la profundidad de la inyección de solventes.

Inyección de agua con polímeros: El objetivo de este proceso es proporcionar mejor eficiencia de desplazamiento y barrido volumétrico durante la inyección de agua. Los polímeros mejoran la recuperación debido a que incrementan la viscosidad del agua, reducen la movilidad de la misma en el aceite y disminuyen la

tensión interfacial en el agua y el aceite además de la existente entre el fluido y el medio poroso. Con este método se presenta una reducción de permeabilidad debido a la adsorción de las moléculas del polímero.

Este método se aplica principalmente en formaciones de arenas con fluidos ligeros a intermedios, con porosidades buenas o intermedias. Debido a la movilidad de los polímeros, la permeabilidad no debe ser muy baja ni la viscosidad muy alta. La profundidad es un factor crítico, ya que se puede relacionar con la temperatura del yacimiento, la cual influye en la estabilidad de los químicos. Se recomienda que la temperatura sea menor a 93 °C, aproximadamente. La salinidad es otro parámetro que debe mantenerse por debajo de un límite máximo permitido.

Inyección de surfactantes: Es aplicable en arenas con fluidos ligeros a intermedios en densidad, y con valores de viscosidades menores a las del caso de la inyección de polímeros. De igual manera, la temperatura del yacimiento debe ser menor a 93°C aproximadamente; y la temperatura, así como la salinidad son factores muy importantes que se deben considerar. El surfactante inyectado debe disminuir la tensión interfacial hasta movilizar el aceite residual con lo cual se crea un banco de aceite donde el aceite y agua fluyan como fases continuas. La tensión interfacial se debe de mantener en el frente de desplazamiento para evitar que el aceite movilizado sea re-atrapado. Asimismo, la retención del surfactante debe ser baja<sup>42</sup>

Inyección de álcalis: Este método puede resultar positivo cuando el aceite tiene un bajo pH (alta acidez). La acidez normalmente se debe a la presencia de moléculas (usualmente resinas y asfáltenos) que contienen radicales ácidos. Con este método se reduce la tensión interfacial entre el aceite y la fase acuosa debido a que el álcali reacciona con los radicales en el aceite formando surfactantes. La mojabilidad de la roca es alterada por la interacción entre el álcali y las moléculas polarizadas adsorbidas por los granos de la roca; tiende a ser mojado por agua. Finalmente se forma una emulsión agua/aceite. En el caso de aceites pesados y

---

<sup>42</sup> SPILDO, K., Johannessen, A.M. y SKAUGE, A.; "Low salinity waterflood at reduced capillarity", SPE 154236; Oklahoma, Estados Unidos, 2012.

viscosos, estas emulsiones tienen menor viscosidad que el aceite, mejorando el flujo a través del yacimiento. Estos tres factores contribuyen a la mejora de desplazamiento del aceite por el agua.

**Inyección de espumas:** Las espumas son usadas para controlar la movilidad del gas en los procesos de EOR que involucran inyección de gases o vapor. La habilidad de las espumas para disminuir la movilidad del fluido inyectado, bajo ciertas condiciones, ayuda en reducir la tendencia del gas o vapor a segregarse (gravity override) y la canalización, lo que se traduce en una mejor eficiencia de barrido y, por lo tanto, en una mayor recuperación de aceite. Las espumas pueden ayudar a mejorar la eficiencia de barrido al disminuir la movilidad del gas inyectado.

**Inyección de geles:** Los geles son utilizados para mejorar la eficiencia de barrido. Estos fluidos tienen alta viscosidad, por lo que pueden ayudar a taponar las zonas altamente permeables para prevenir la canalización de los fluidos inyectados y, por consiguiente, su irrupción temprana. Los geles también se pueden utilizar para reducir el volumen de agua que se produce junto con el aceite.

**Métodos de inyección de gases:** Estos métodos tienen por objetivo incrementar el número capilar. Esto significa que la tensión interfacial entre el fluido inyectado y el aceite se reduce. Estos métodos recuperan aceite por transferencia de masa.<sup>43</sup>

**Miscibles:** Consiste en la inyección de un gas o un solvente que es mezclado con el aceite teniendo como resultado una tensión interfacial muy baja y una eficiencia de desplazamiento microscópica muy eficiente. Se usan gases tales como gases hidrocarburo (enriquecido o no), dióxido de carbono y nitrógeno. Sin embargo, el disolvente, aunque no necesariamente económico, puede ser una fase líquida.

---

<sup>43</sup> LAKE, L. y WALSH, M.P.; Enhanced Oil Recovery Field Data Literature Research; Universidad de Texas, Austin, E.U.A, 2008.

Fases supercríticas, como el dióxido de carbono a alta presión son buenos solventes.

**Inyección de Nitrógeno:** Para un yacimiento de aceite dado, la miscibilidad con Nitrógeno ocurre a una presión mayor que si fuera con gas natural. Por consiguiente, la inyección de gas miscible con nitrógeno se limita a yacimientos profundos de aceite volátil con presiones altas.

**Inyección de gases de hidrocarburos:** El gas natural inyectado es enriquecido con etano, propano o butano para incrementar su miscibilidad con el aceite del yacimiento. La inyección miscible recupera aceite debido a que el volumen de aceite incrementa y disminuye la viscosidad del aceite.

**Inyección de CO<sub>2</sub>:** cuando se inyecta CO<sub>2</sub> en el yacimiento este se vuelve soluble en el aceite residual a medida que los hidrocarburos ligeros se disuelven en el CO<sub>2</sub> y el CO<sub>2</sub> se disuelve en el aceite.

**Otros:** Se trata de métodos que no entran en ninguna de las clasificaciones anteriores, tales como: inyección microbiana (Se inyecta una solución de microorganismos y nutriente), emulsiones y vibrosismica

### **Recuperación mejorada en Colombia**

Las evaluaciones de pruebas piloto y expansiones de proyectos de recuperación mejorada en el mundo no necesariamente son experiencias que han sido publicadas en la literatura, esto obedece a razones estratégicas de mercado (p. e. disminuir la presión en la demanda de aditivos químicos) y financieras (p. e. evaluación y adquisición de propiedades), entre otras<sup>44</sup>.

---

<sup>44</sup> MANRIQUE, E. y ROMERO, J. Estatus de la Recuperación Mejorada de Petróleo. TIORCO. Marzo de 2010

En Colombia las diferentes técnicas de recobro mejorado no han sido una práctica extendida. Han existido en el país 23 proyectos comerciales de recobro secundario (inyección de agua o gases hidrocarburos livianos), y el recobro terciario ha tenido un desarrollo incipiente. Las aplicaciones en campo se reducen a inyecciones cíclicas de vapor en campos de crudo pesado de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena.

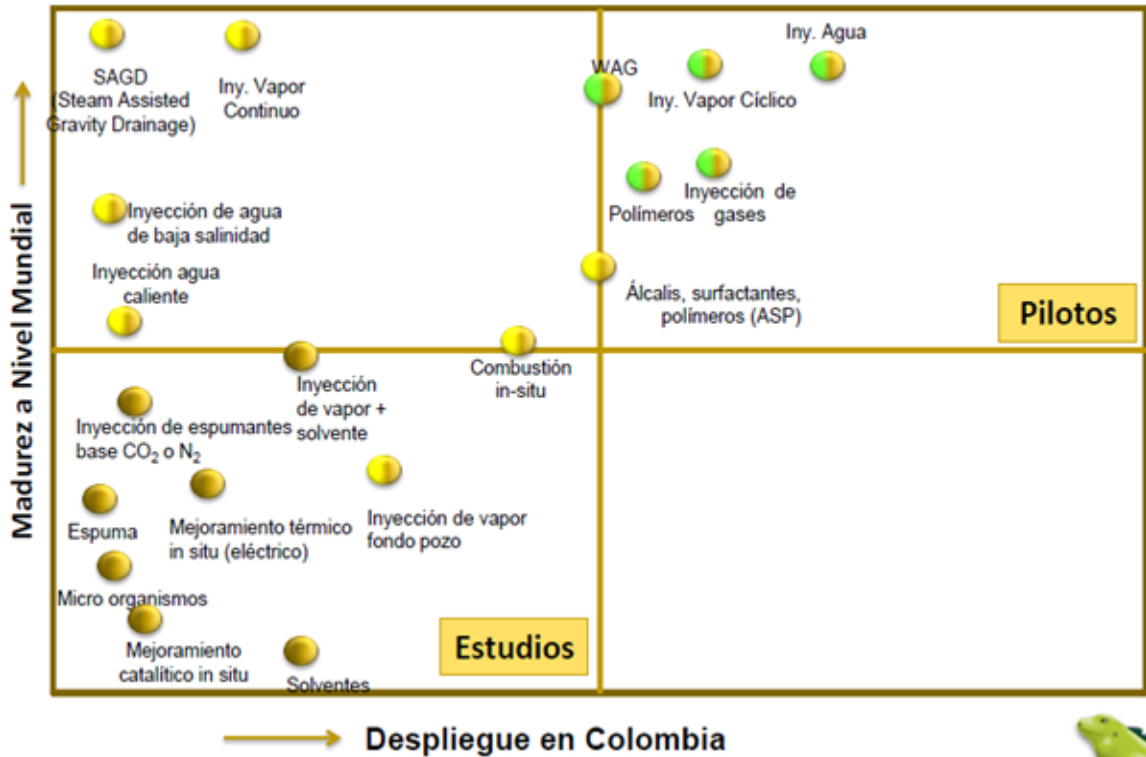
Otras iniciativas en recobro terciario han llegado a pilotos, tal como la inyección cíclica de CO<sub>2</sub> en dos pozos del Campo Galán a comienzos de los años 80's y en un pozo del Campo Llanito en el año 2008; procesos que pueden considerarse exitosos pero que por disponibilidad del gas no fueron extendidas. Aplicaciones en campo de polímeros para taponamiento de zonas y surfactantes para disminución de la tensión interfacial fueron llevadas a cabo en el Campo Casabe, pero se redujeron a pozos aislados y el monitoreo de los resultados no fue el adecuado para determinar los resultados. A escala experimental, simulación numérica y de diseño de proyectos se ha dado en Ecopetrol S.A. un importante desarrollo de más de 20 años en investigación en el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), actualmente cuenta con laboratorios de recobro mejorado donde se realizan pruebas de casi todos los métodos EOR<sup>45</sup>.

En la Figura 8 se muestran la madurez de las tecnologías a nivel mundial vs su aplicación en Colombia, donde se puede evidenciar las oportunidades y grandes retos para la implementación y desarrollo en Colombia de las tecnologías EOR.

---

<sup>45</sup> LOBO, Adriano, MAYA, Gustavo, CASTRO, Rubén. Estatus de la recuperación mejorada de petróleo en Colombia. Mayo 2014.

**Figura 8. Madurez de los procesos de EOR en Colombia**



Fuente: 5th Colombia Oil & Gas Conference & Exhibition

### Caracterización de yacimientos

Una acertada descripción geológica del yacimiento es crítica para la implementación exitosa de los procesos de recuperación mejorada. De esta manera, se aumentan las probabilidades de que el aceite en sitio sea contactado por el fluido inyectado y que aquél se dirija hacia zonas “ladronas” o indeseadas. En caso contrario, se podría tener irrupción prematura en pozos productores o pérdidas de fluido fuera de las zonas de interés, contribuyendo así al fracaso del proyecto<sup>46</sup>.

Por otro lado, un adecuado modelo geológico también servirá de base para la construcción de un modelo dinámico, el cual es fundamental para pronosticar el comportamiento de los fluidos que intervienen en la explotación de hidrocarburos

<sup>46</sup> RANGEL, Edgar. El Futuro de la Producción de Aceite en México: Recuperación Avanzada y Mejorada. COMISION NACIONAL DE HIDROCARBUROS. 2012.

bajo técnicas de recuperación mejorada. Lo anterior es aplicable tanto a nivel de prueba piloto (de ser necesario) como a nivel de yacimiento.

Adicionalmente, para el caso de la inyección de químicos donde se presenta la adsorción del fluido inyectado, una descripción mineralógica de las rocas del yacimiento contribuye a determinar la cantidad requerida del fluido a inyectar para incrementar las posibilidades de éxito del proyecto.

### **Experimentos de laboratorio**

Los estudios de laboratorio son muy importantes para conocer las propiedades de la formación productora, las propiedades de los fluidos contenidos y la distribución de éstos, entre otros aspectos.

Las mediciones de saturación de fluidos en un yacimiento son fundamentales para determinar el volumen de aceite, así como la distribución de éste. A esta saturación de aceite se le conoce como saturación de aceite remanente; dicha saturación puede ser movable, por lo que puede llegar a ser el objetivo principal de algún proceso de recuperación mejorada aplicable<sup>47</sup>.

En resumen, los experimentos de laboratorio mediante procesos estandarizados ayudan a entender el potencial y la factibilidad de aplicación de los métodos de EOR. Adicionalmente, este tipo de experimentos sirven de base para dimensionar a escala de laboratorio las propiedades relevantes que son estudiadas a escala de núcleos y que influyen en el desempeño de la implementación de los procesos de EOR. De este modo, los estudios de laboratorio proporcionan información para profundizar los estudios geológicos, petrofísicos y de ingeniería, los cuales sustentarán el diseño de un proyecto de recuperación a escala de yacimiento

---

<sup>47</sup> DANDEKAR, A.Y.; Petroleum Reservoir Rock and Fluid Properties; Taylor & Francis, 2006

Las pruebas para la selección de los métodos de EOR pueden dividirse en cuatro secciones:

- Caracterización del aceite.
- Estudios de fluidos de inyección.
- Caracterización de núcleos de yacimiento.
- Estudios de desplazamiento en medios porosos.

### **Infraestructura**

Un reto identificado para el éxito de los proyectos de expansión de recobro para los campos a futuro tiene que ver con la infraestructura, tanto a nivel de subsuelo como a nivel de superficie (carreteras, ductos, compresores, estaciones de bombeo, etc).

En el caso de los campos de aceite pesado y viscoso, es importante tomar en cuenta la infraestructura especializada para la aplicación de tecnologías de recobro térmico, tales como tuberías de revestimiento y cementos que soporten las altas temperaturas a las que el vapor es inyectado, así como la infraestructura superficial relacionada con la generación de vapor.

### **Rentabilidad**

Como en todos los proyectos de inversión, la rentabilidad económica de un proyecto de EOR es la principal motivación para llevarlo a cabo. En los proyectos de recuperación mejorada, los tiempos de ejecución y de recuperación económica son especialmente críticos, ya que se necesitan materiales costosos, métodos sofisticados para el monitoreo del proceso de recuperación, inversiones en instalaciones superficiales, y un tiempo considerable para que los beneficios económicos se presenten. Es por ello que el análisis económico debe ser una parte integral del diseño de proyectos y del desarrollo de los procesos de EOR.

Una vez identificado el potencial de hidrocarburo recuperable, así como los métodos de recuperación candidatos, se debe aplicar un proceso de escrutinio que considere los aspectos económicos. De modo que en esta etapa los

parámetros críticos pueden ser el tamaño del bache y el costo del fluido a inyectar. De hecho, en algunas aplicaciones de métodos de EOR posteriores a la inyección de agua la producción incremental del proyecto podría no ocurrir hasta que un volumen considerable del volumen poroso haya sido llenado con el fluido inyectado. Esto podría inclusive tomar varios años a partir del inicio del proyecto y en el caso de métodos químicos la respuesta del proyecto se puede obtener hasta que todo el bache de fluido que contenga el químico se haya inyectado por completo

El análisis económico ayuda a identificar parámetros técnicos críticos en la rentabilidad del proyecto y con esto proporcionar la justificación para cumplir con las actividades necesarias y realizar modificaciones al mismo a fin de optimizar los resultados.

### **Pilotos de recobro**

Son pruebas que ayudan a reducir riesgos e incertidumbres a niveles aceptables al definir rangos para los parámetros considerados como críticos en el desempeño de algún método de recuperación. Estas pruebas permiten:

- Evaluar los efectos de la geología de los yacimientos en el desempeño del proceso, particularmente en la eficiencia de barrido
- Calibrar modelos de simulación de yacimientos para predicciones a escala de campo
- Mejorar los pronósticos de producción de los campos
- Reducir riesgos técnicos y económicos
- Proporcionar mejoras en estrategias de operación actuales para mejorar la economía/recuperación; entre otros.

Puede ocurrir que aunque los resultados de laboratorio muestren un amplio potencial de aplicación para algún método de recuperación mejorada, se tenga incertidumbre en su aplicación a nivel de yacimiento, por lo que es recomendable planear, diseñar y realizar una prueba piloto a escala de pozo o arreglo de pozos que ayude a escalar las condiciones de aplicación.

Es importante destacar que las pruebas piloto no son pruebas de ensayo y error, ni son realizadas solamente para tener más experiencia en la aplicación de la tecnología; más bien son el resultado de una evaluación técnico-económica. Para que el proceso de recuperación sea probado a nivel de campo, éste debió ser optimizado con estudios de laboratorio y modelos de simulación a fin de maximizar la recuperación de aceite al menor costo posible. Asimismo, el espaciamiento de pozos, el patrón de configuración, la longitud y orientación de pozos, el fluido inyectante y la estrategia de inyección más apropiadas debieron haber sido definidos antes de probarlo en el campo<sup>48</sup>.

### **Gestión de Proyectos**

Por lo general, los proyectos exitosos de incremento de recobro dependen de una buena planeación de las actividades que los integran; de modo que para todo proyecto se requiere contar con un programa de trabajo adecuado, el cual debe tener un seguimiento apropiado durante su implementación a fin de incrementar la probabilidad de éxito.

Una buena cultura de planeación de proyectos de recuperación puede evitar pérdidas importantes de tiempo (y por lo tanto de recursos), las cuales se podrían presentar debido a los frecuentes ajustes en el comportamiento pronosticado del proyecto.

Por lo anterior, una administración de proyectos de recuperación mejorada debe integrar los aspectos económicos, de ingeniería, de toma de datos y de modelado de yacimientos<sup>49</sup>

Para maximizar el éxito en la aplicación de un proyecto de EOR es necesario que se elabore la documentación de la administración del proyecto. En ésta se debe detallar el programa de trabajo con las expectativas del proyecto, de modo que

---

<sup>48</sup> TELETZKE, G. F., WATTENBARGER, R.C. y WILKINSON, J.R.; Enhanced Oil Recovery Pilot Testing Best Practices; SPE 118055; Presentado en la Conferencia y Exhibición Internacional Petrolera de Abu Dhabi; Abu Dhabi, EAU, 2008.

<sup>49</sup> HITE, J. Roger., y BONDOR, Paul L.; Planning EOR Projects, SPE 92006; presentada en la Conferencia Internacional del Petróleo SPE; Puebla, México, 2004.

sirva de referencia para el seguimiento de las actividades a lo largo de la vida del mismo.

Las actividades de monitoreo del proyecto deben incluir la toma de datos de presiones y temperaturas en pozos observadores, el muestreo de fluidos de producción, la realización de actividades de control de calidad en los equipos de inyección de fluidos, así como también la inclusión de actividades normales que se presentan en la operación de un yacimiento en producción. Adicionalmente, se pueden implementar métodos y tecnologías avanzadas de monitoreo, como pueden ser la medición continua en el fondo del pozo de presiones, temperaturas, flujo de fluidos, tomografía a nivel de pozo y sísmica 4D

Existen diferentes etapas en la implementación de un proyecto:

- La caracterización de los reservorios
- La selección del método “asistido” que se va a utilizar
- Los estudios en laboratorio y simulaciones
- El “piloto” que se realiza en el yacimiento para probar la viabilidad técnica (el piloto generalmente no busca un resultado económico positivo)
- Finalmente, la “masificación”: la idea es que en el piloto se desarrolle el expertise necesario para luego, en la masificación, lograr la viabilidad económica.

### **Capital Humano**

La producción de hidrocarburos considera actividades intensivas en capital humano, y si además se considera que los requisitos generales de trabajo en la aplicación de métodos de EOR incluyen actividades que requieren personal altamente calificado y experimentado, entonces es vital que en la planeación se considere la capacitación del personal que llevará a cabo las actividades del programa de trabajo.

Por lo anterior, los técnicos y los ingenieros requieren un entrenamiento especial para la aplicación de métodos de recuperación mejorada. Además, en la etapa de

planeación es importante considerar que durante la implementación a nivel de campo se podría incrementar la demanda de personal entrenado.

Estudios recientes de diversas agencias, asociaciones, así como de instituciones académicas han señalado la problemática que enfrenta la industria internacional por la carencia de profesionistas y técnicos con experiencia debido a dos factores: la velocidad (baja) a la que se incorporan nuevos talentos a la industria y la velocidad (rápida) con la que se pierde gente con experiencia.

Se requiere una cantidad sin precedentes de especialistas, profesionistas y técnicos con experiencia en:

- Métodos de EOR, así como el desarrollo de una gestión de suministro de materiales a escalas con las que nunca hemos trabajado.
- Administración integral de yacimientos naturalmente fracturados con énfasis en métodos de recuperación avanzada en estos yacimientos
- Caracterización y administración de depósitos del tipo “tight oil”, perforación no convencional y fracturamientos, así como en métodos de EOR para yacimientos altamente heterogéneos.
- Aceites pesados y extrapesados y viscosos.

### **Perforación de pozos**

Comúnmente los proyectos de EOR requieren incrementar el número de pozos productores e inyectores, por lo que es sumamente importante que en el diseño del proyecto se determine el patrón de inyección-producción apropiado que optimice el espaciamiento entre los pozos y reduzca al mínimo el número de pozos a perforar en el proyecto. Todo esto con el objetivo de obtener recuperaciones altas de hidrocarburos con bajos costos por actividad de perforación.

Una vez estimado el número de pozos requeridos y los patrones de inyección se debe elaborar, en base a una buena administración de yacimientos, un programa de perforación que considere escenarios posibles de explotación del yacimiento y

del precio de los hidrocarburos a lo largo de toda la vida del proyecto. En el programa de actividades de perforación se debe incluir un programa de logística que garantice la adquisición o renta de equipos de perforación y el equipo necesario para poner en marcha el funcionamiento de los pozos, de modo que se reduzcan los costos de equipos y se asegure la incorporación de producción por nuevos pozos en los tiempos adecuados de acuerdo al diseño del proyecto.

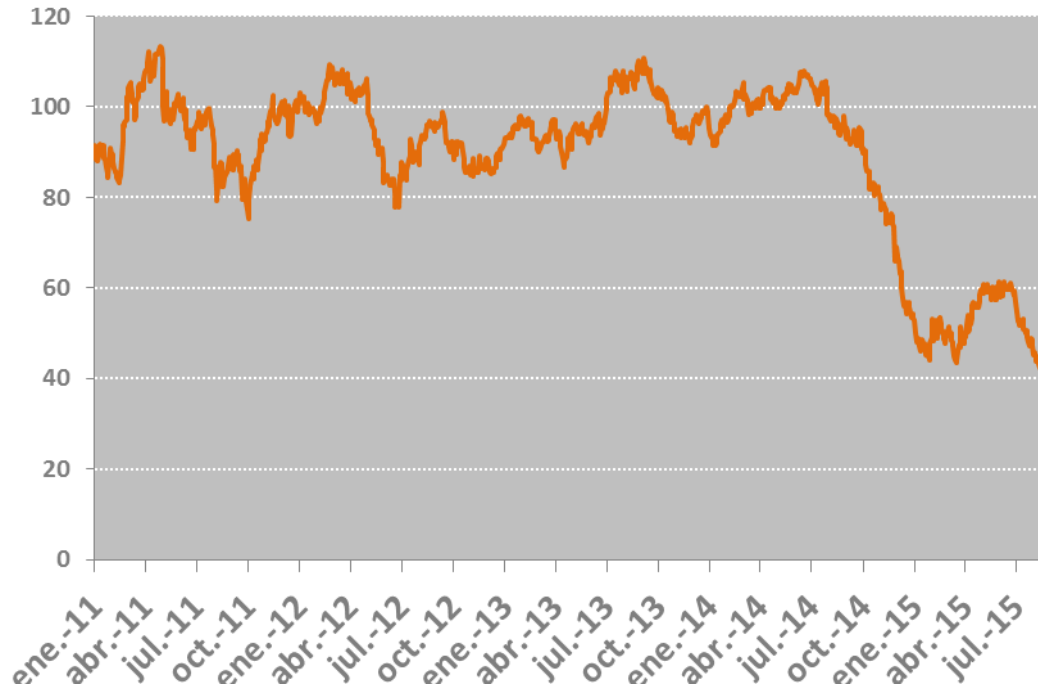
### **Precios del petróleo**

Los precios del petróleo dependen de un amplio conjunto de factores, que incluyen tanto el balance entre demanda y oferta global como las expectativas futuras de los agentes. Sin embargo, cada uno de estos elementos tiene a su vez una gran variedad de determinantes particulares, lo cual hace la tarea de prever los precios del petróleo un ejercicio bastante complejo.

La caída sustancial de los precios del petróleo desde mediados de 2014 a 2015 (Ver Gráfica 1) se explica principalmente por:

- Aumento sustancial de la oferta, principalmente por parte de Estados Unidos
- Desaceleración de la demanda global por debilidad económica a nivel mundial, especialmente en China
- Mantenimiento de la producción de la OPEC
- Inventarios globales en niveles record

**Gráfica 1. Comportamiento Precio WTI 2011-2015**



Fuente: EIA

La caída en los precios del petróleo ha generado incertidumbre sobre la evolución de la economía colombiana debido a la alta participación de los hidrocarburos en las exportaciones y la dependencia de las cuentas fiscales de la renta petrolera.

Aunque muchos productores mantienen la rentabilidad, incluso con los precios por debajo de 60 dólares por barril, la caída de los precios de petróleo impacta la confianza de los inversores y los bancos que ofrecen préstamos para operar el negocio.

La incertidumbre de los precios puede suponer que se cierre el flujo de la financiación para algunos proyectos pendientes y, sobre todo, para proyectos futuros. La caída del petróleo desincentiva la inversión en nuevos proyectos petrolíferos.

El precio del petróleo es clave para rentabilidad de los proyectos de recobro, para incentivar el desarrollo de nuevas tecnologías y el crecimiento de la demanda del mercado a nivel mundial.

Las perspectivas de la industria ante el panorama de precios bajos se enfocan en tres grandes aspectos<sup>50</sup>:

### 1. Asegurar la viabilidad económica y técnica de los activos

Esfuerzos permanentes para seguir reduciendo los precios de equilibrio de los activos

- Desarrollo costo eficiente de proyectos
- Reducción de costos operativos
- Revisión de la cadena de abastecimiento de bienes y servicios
- Mayor celeridad en temas de licenciamiento

Viabilizar operacionalmente los proyectos

- Trabajo integrado para la gestión efectiva de preocupaciones de las comunidades
- Mejora en las condiciones de seguridad
- Mayor flexibilidad en contratos motivando las inversiones
- Revisión de nuevos efectos tributarios sobre la inversión

Más selectivos al momento de escoger proyectos a ejecutar

- Énfasis en aquellos que generan mayor valor y flujo de caja en el corto
- plazo no en volumen
- Suspensión temporal de proyectos con economías marginales

Viabilizar técnicamente los proyectos

- Incorporación de nuevas tecnologías
- Alianzas entre compañías buscando sinergias técnicas y financieras

### 2. Corto plazo enfocado en mantener los esfuerzos de desarrollo de los campos actuales

Proyectos e implementación de nuevas tecnologías para incrementar el factor de recobro en los campos maduros.

### 3. Largo plazo del País soportado en el potencial Exploratorio Offshore

---

<sup>50</sup> MANOSALVA, Héctor. Perspectiva de la Industria. Congreso de Petróleo y Gas. ACIPET. Agosto 2015.

La sostenibilidad de la industria petrolera del país en el largo plazo demanda nuevos descubrimientos y prospectos en nuevas cuencas no exploradas.

### **Responsabilidad social y ambiental**

La responsabilidad social y ambiental del sector minero y petrolero busca evitar las alteraciones indeseadas, y a los aprietos económicos, políticos y éticos que trae consigo la tendencia de sustituir, por ejemplo, biodiversidad y daños ambientales y sociales, por obras o acciones. Las compañías petroleras buscan promover el desarrollo social en las comunidades en las que sus actividades tienen mayor impacto.

Ante estos planteamientos se hace evidente, que el contexto actual la industria petrolera debe prepararse desde ya para afrontar los retos y desafíos que implica continuar explotando los campos petroleros. Por ello es significativo que los nuevos proyectos estén acompañados de estrategias apalancadoras que viabilicen la producción de barriles rentables.

#### **4.2.2 Identificación de Variables Estratégicas**

Mediante las entrevistas a profundidad realizadas al grupo de expertos seleccionado para la etapa de análisis estructural se recolectó el listado de variables que a juicio de los expertos son las que más impactan el desarrollo exitoso de un campo maduro. A continuación se relacionan las variables que tras una depuración y un análisis exhaustivo se identificaron como las claves para el sistema:

**1. Leyes Ambientales:** Hace referencia a las leyes y regulaciones ambiental tales como los planes de manejo ambiental.

**2. Entorno:** Relacionamiento con el entorno para la ejecución de las operaciones y los proyectos

**3. Seguridad Industrial:** Involucra la disciplina que trabaja por minimizar los riesgos propios de la industria, así como la estandarización de los procesos

**4. Seguridad Física:** Hace referencia a la identificación y análisis de las amenazas y riesgos que enfrentan o pueden llegar a enfrentar las instalaciones, bienes y procesos de una compañía a fin de implementar planes y sistemas tendientes a prevenir, dificultar o limitar los resultados de las posibles acciones dañinas contra su seguridad

**5. Alineación Estratégica:** Se refiere a la alineación que debe existir entre el plan de desarrollo de los campos y las prioridades del plan de negocios de la compañía

**6. Estructura Organizacional:** se refiere a las funciones y las relaciones que determinan formalmente las funciones que cada unidad en una organización. Es importante que la Estructura Organizacional que se adapte a las necesidades de los proyectos de recobro de alta complejidad.

**7. Eficiencia Capex y Opex:** hace referencia a todas las prácticas y métodos para optimizar costos de capital y costos operativos

**8. Rentabilidad:** se refiere al enfoque continuo que debe tener la organización por maximizar la rentabilidad

**9. Inversión de capital:** Acceso a fuentes de financiación para inversión de capital en proyectos de recobro por parte de la empresa.

**10. Liderazgo:** Hace referencia al Liderazgo y compromiso gerencial para desarrollar los campos

**11. Capacitación:** Capacitación del personal para desarrollar competencias técnicas alineadas a los requerimientos del desarrollo de los campos

**12. Cadena Abastecimiento:** Hace referencia a la estrategia de procura de materiales y equipos)

**13. Consultores Expertos:** Vinculación de Consultores expertos para asesoría técnica y estratégica para el desarrollo de los campos

**14. Equipo Experimentado:** Equipo idóneo altamente calificado y experimentado en tecnología y proyectos EOR

**15. Gestión Desempeño:** Gestión de desempeño del personal con métricas y objetivos comunes que generen un compromiso colectivo

- 16. Gestión por procesos:** Procesos competitivos y capaces de reaccionar autónomamente a los cambios mediante el control constante de la capacidad de cada proceso, la mejora continua y la flexibilidad estructural.
- 17. Proveedores :** Proveedores con bienes y servicios de calidad
- 18. Estrategia Desarrollo:** Se refiere a la existencia de una estrategia optima de desarrollo largo plazo para cada campo
- 19. Monitoreo Integrado:** Métodos de monitoreo integrado de yacimientos para todos los campos
- 20. Mejora Continua:** Se refiere al enfoque en la Mejora continua asegurando las mejores practicas
- 21. Eficiencia del Volumen inyectante:** Optimización del volumen de inyectante utilizado para el recobro de los campos
- 22. Adquisición datos:** Hace referencia a los métodos de adquisición de datos (sísmica 2D-3D, gravimetria, estudios geoquimicos, magnetometria)
- 23. Caracterización Yacimientos:** Caracterización del yacimiento avanzada (modelo estático, dinámico, simulación)
- 24. Simulación:** Simulaciones computarizados de los proyectos de recobro a implementar
- 25. Ingeniería de producción:** Ingeniería de producción para la optimización de los sistemas de producción.
- 26. Ingeniería de pozos:** productividad de pozos, programa direccional, programa de fluidos, programa de tuberías de revestimiento, programa de toma de información, diseño de terminación, etc.)
- 27. Precio del petróleo:** Se refiere a la fluctuación del Precio del petróleo
- 28. Política energética:** Política energética nacional para promover el desarrollo de nuevos proyectos incrementales en los campos
- 29. Impuestos y regalías:** Hace referencia a la regalías que se deben hacer al gobierno a cambio del permiso para participar en ciertas actividades en las tierras del gobierno, y a los pagos que se deben hacer por los ingresos que se generan por las actividades normales de trabajo

- 30. Medición:** Sistemas de medición de flujo de hidrocarburos
- 31. Infraestructura de producción:** Diseño óptimo de Infraestructura de superficie para extracción, almacenamiento, tratamiento
- 32. Infraestructura de transporte:** Capacidad de la infraestructura transporte para la evacuación de la producción
- 33. Capacidad operativa:** Utilización de la infraestructura y los conocimientos disponibles para desarrollar los campos
- 34. Confiabilidad operacional:** Sistema y equipos necesarios para la producción cumpliendo con las funciones bajo condiciones operativas previamente definidas, durante un intervalo de tiempo dado.
- 35. Perforación y Completamiento:** Diseño de perforación y completamiento que permita contactar el reservorio de manera efectiva
- 36. Mecanismos de producción:** Optimización de Mecanismos de producción generando la energía necesaria para que los fluidos que se encuentran en el yacimiento se desplacen hacia el pozo.
- 37. Administración de Riesgos:** gestión de los riesgos técnicos, de ejecución de proyectos y financieros
- 38. Gerencia de Proyectos:** Hace referencia a la disciplina de organizar y administrar los recursos, de forma tal que un proyecto dado sea terminado completamente dentro de las restricciones de alcance, tiempo y coste planteados a su inicio.
- 39. Expansiones de Proyectos de Recobro:** Maduración y ejecución de proyectos de expansión de tecnologías de recobro mejorado para incrementar la producción en los campos
- 40. Operadoras Expertas:** Asociación con compañías operadoras expertas
- 41. Compañías de servicios:** Alianzas con compañías de servicios especializadas
- 42. Investigación y Desarrollo:** Innovación, Investigación y Desarrollo de tecnología para el desarrollo de campos
- 43. Software:** Herramientas computacionales y software especializado

**44. Convenios Tecnológicos:** Convenios y alianzas tecnológicas con instituciones académicas y de investigación

**45. Transferencia Conocimiento:** Gestión y transferencia del Conocimiento

**46. Pilotos de recobro:** Implementación de Pilotos de recobro mejorado con el fin de probar la aplicación de tecnologías en los campos y validar información técnica - económica

**47. Mantenimiento Producción:** Innovación y aplicación de nuevas tecnologías para el mantenimiento de la producción en los campos

Bajo un enfoque de sistema, una variable existe únicamente por su tejido relacional con las otras variables<sup>51</sup>, por lo tanto, después de identificar en forma exhaustiva las variables que describen el sistema en su conjunto, se procedió a determinar la forma en que se relacionan o influyen unas a otras. Esto con el objetivo de reducir la complejidad del sistema, determinando las variables estratégicas para enfocar el estudio hacia las variables relevantes que determinen el comportamiento, en este caso, del desarrollo de los campos maduros.

Para determinar la forma en que se relacionan las variables entre si se utilizó la matriz de Análisis Estructural, en la que se determina la influencia que una variable ejerce sobre otra.

Para desarrollar la matriz se le pidió al grupo de expertos que indicara de qué manera cada una de las variables que se encontraban ordenadas en columna influía sobre cada una de las variables ordenadas en su respectiva fila. Es decir, la forma en que la Variable 1 influía sobre todas y cada una de las variables, y así sucesivamente. Cada uno de los expertos completó la matriz de manera individual. A partir de estas, se obtuvo los resultados consolidados de la Tabla 1 que recoge la expresión de todos los participantes en el ejercicio.

---

<sup>51</sup> Laboratorio de investigación en prospectiva estratégica y organizacional [En línea], 2009 [Citado el 3 de Febrero de 2009], Disponible en internet: < [http://www.3ie.fr/lipsor/lipsor\\_es/micmac\\_es.htm](http://www.3ie.fr/lipsor/lipsor_es/micmac_es.htm) >.

A partir de la Matriz de Influencia Directa se puede encontrar la motricidad y dependencia de cada una de las variables al obtener la sumatoria por filas y por columna.

La sumatoria por filas indica el impacto total de cada una de las variables sobre el sistema. Muestra la fuerza que tiene cada una de las variables sobre las demás, a lo que se le conoce como índice de motricidad. La sumatoria por columnas denota el grado en el que cada variable depende del sistema; esta constituye el índice de dependencia.

Posteriormente se utilizó el Software MICMAC 6.1.1- 2003/2004 desarrollado originalmente en 1989 por Michel GODET y Francois BOURSE.

**Tabla 1. Matriz de Análisis Estructural**

	INFLUENCIA DE/SOBRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47			
1	Alineación Estratégica	0	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	0	0	3	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	0	3	2	2	0			
2	Estructura Organizacional	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	0	3	3	3	3	3	0	2	2	2	2	0	0	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	0	1	1	1	0		
3	Eficiencia Capex y Opex	3	2	0	3	3	2	3	3	1	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2	3	3	0	0	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	0	3	3	3	3	1		
4	Rentabilidad	3	2	3	0	2	3	2	2	2	3	3	1	3	3	3	2	2	2	1	2	0	3	3	2	2	3	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	0	2	2	2	2	1				
5	Inversion de capital	3	2	3	3	0	3	2	2	2	2	0	3	2	0	2	3	3	2	2	3	2	0	0	3	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	0	3	2	1	1		
6	Liderazgo	3	2	3	2	3	0	3	3	2	3	3	3	2	2	3	3	1	2	2	2	2	0	0	3	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	3	2	2	2	3	0	3	2	2	0	
7	Operadoras Expertas	2	2	3	2	0	2	0	2	2	2	2	3	2	2	3	3	1	2	2	2	0	0	3	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2	0	2	1	1	0		
8	Compañías de servicios	2	2	3	2	0	2	2	0	2	2	2	3	2	2	3	3	3	2	2	2	0	0	3	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	0	3	2	1	1	0	
9	Capacitación	2	2	3	2	0	2	2	2	0	2	2	3	2	2	3	3	2	3	3	2	2	0	0	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	0	0	2	1	0		
10	Cadena Abastecimiento	2	2	3	2	0	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	3	2	2	0		
11	Consultores Expertos	2	2	3	3	0	2	2	2	2	2	0	3	2	2	3	3	2	2	3	2	2	0	0	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	1	2	2	0		
12	Equipo Experimentado	3	3	3	3	1	3	3	3	3	2	3	0	3	3	3	3	3	3	2	3	3	0	0	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	0			
13	Gestión Desempeño	2	3	3	2	0	2	2	2	2	2	0	3	0	2	3	3	2	2	2	2	2	0	0	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	2	2	0		
14	Gestión por procesos	2	3	3	3	0	2	2	2	2	2	3	2	0	3	3	2	3	2	2	2	2	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	1	2	2	0	
15	Proveedores	3	3	3	3	0	3	3	3	3	2	2	3	3	3	0	2	4	1	3	3	1	0	0	3	1	3	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	3	2	2	3	0	3	2	2	0			
16	I&D	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	0	3	3	3	3	3	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	1	3	2	0
17	Software	2	2	2	2	0	2	2	2	1	2	2	2	2	2	4	3	0	2	2	2	1	0	2	3	2	1	2	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	0	2	0	0	1	0	0		
18	Convenios Tecnológicos	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	3	1	3	3	0	2	3	2	0	0	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	0	1	0	0	
19	Transferencia Conocimiento	2	1	3	2	0	3	3	2	3	2	2	3	2	2	3	3	2	0	3	2	0	0	3	1	3	2	1	3	1	2	2	2	2	2	2	1	2	3	3	2	3	1	3	0	1	1	1	0		
20	Pilotos	2	1	2	1	2	2	3	3	3	2	2	3	1	2	3	3	1	3	3	0	2	0	0	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	0	
21	Mantenimiento Producción	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	1	3	1	2	2	2	2	0	0	0	2	3	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	0	1	3	2	0		
22	Precio	3	2	3	3	3	2	3	3	2	3	2	2	3	2	3	2	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	2	2	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	2	2	3	
23	Política energética	3	2	3	3	3	2	3	3	1	2	2	3	2	1	1	3	0	4	2	2	2	2	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	2	3	3	0	2	3
24	Estrategia Desarrollo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	2	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	
25	Monitoreo Integrado	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	1	3	3	2	2	2	3	0	0	3	0	2	2	3	2	3	2	3	2	2	3	2	1	1	3	2	2	1	0	2	0	2	0	0	0	
26	Mejora Continua	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	1	3	2	2	3	3	3	2	3	3	2	0	0	3	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	0	2	2	2	0
27	Inyección Optimización	0	2	3	3	0	2	1	1	1	2	1	3	2	2	0	3	1	2	2	2	0	0	3	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	0
28	Adquisición datos	0	1	3	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	1	3	3	2	2	2	2	0	0	3	3	3	2	0	2	3	2	2	3	2	2	3	2	1	1	2	2	1	1	0	2	0	2	0	0	0
29	Caracterización Yacimientos	1	1	3	2	2	3	3	3	2	1	1	3	2	2	3	3	3	2	2	3	2	0	0	3	2	2	2	2	0	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	0	0	2	2	0	
30	Simulación	0	1	3	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	3	3	2	2	2	2	0	0	3	3	2	2	3	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	0	1	1	2	1	1	2	0	0	0	0	0	
31	Producción Ingeniería	0	1	3	2	0	1	2	2	2	2	1	3	2	2	0	3	2	2	2	2	2	0	0	3	2	2	2	2	2	0	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	0	0	1	0	0
32	Pozos Ingeniería	0	1	3	2	0	1	2	2	2	2	1	3	2	2	0	3	2	2	2	2	2	0	0	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	0	2	2	0	2	2	2	3	2	0	0	0	0	0	0	
33	Medición	0	1	3	2	0	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	3	2	2	2	2	2	0	0	2	3	2	2	3	2	2	3	2	0	1	2	2	3	2	0	1	2	3	2	0	2	0	0	2	0	0
34	Infraestructura de	0	1	3	2	0	1	2	2	2	2	1	3	2	2	1	3	1	2	2	2	2	0	0	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	1	2	3	2	3	3	1	2	0	0	2	2	0
35	Transporte	0	1	3	2	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	3	1	2	2	2	2	0	0	3	1	2	0	1	2	0	2	0	2	0	2	1	0	2	3	2	2	3	1	2	0	0	2	0	0	
36	Capacidad operativa	0	1	3	2	0	1	2	2	2	2	2	3	2	2	1	3	1	2	2	2	2	0	0	3	1	3	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	0	3	2	2	3	1	2	0	0	1	0	0
37	Confiabilidad operacional	0	1	3	2	0	1	2	2	2	2	2	3	2	2	1	3	2	2	3	2	2	0	0	2	3	3	2	2	2	1	3	2	3	3	3	3	3	0	2	2	3	0	2	0	0	2	2	0	0	
38	Perforación y	2	1	3	3	1	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	2	2	1	2	0	0	3	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	0	2	3	1	2	1	3	3	2	1	
39	Mecanismos de producción	2	1	3	2	0	2	2																																											

**Tabla 2. Variables según índice de motricidad – parte 1**

<b>Puesto</b>	<b>N°</b>	<b>Variable</b>	<b>Índice de motricidad.</b>	<b>%</b>
1	24	Estrategia Desarrollo	131	3%
2	16	I&D	126	3%
3	22	Precio	123	3%
4	12	Equipo Experimentado	119	3%
5	3	Eficiencia Capex y Opex	116	3%
6	40	Gestión de Riesgo	100	2%
7	4	Rentabilidad	98	2%
8	6	Liderazgo	94	2%
9	20	Pilotos de recobro	94	2%
10	29	Caracterización Yacimientos	94	2%
11	26	Mejora Continua	93	2%
12	5	Inversión de capital	92	2%
13	43	Leyes Ambientales	92	2%
14	42	Expansiones de Proyectos de Recobro	91	2%
15	9	Capacitación	88	2%
16	11	Consultores Expertos	88	2%
17	19	Transferencia Conocimiento	88	2%
18	14	Gestión por procesos	87	2%
19	38	Perforación y Completamiento	87	2%
20	8	Compañías de servicios	86	2%
21	10	Cadena Abastecimiento	85	2%
22	25	Monitoreo Integrado	85	2%
23	7	Operadoras Expertas	84	2%
24	13	Gestión Desempeño	84	2%
25	15	Proveedores	84	2%
26	37	Confiabilidad operacional	84	2%
27	21	Mantenimiento Producción	83	2%
28	1	Alineación Estratégica	82	2%
29	39	Mecanismos de producción	82	2%
30	18	Convenios Tecnológicos	81	2%
31	34	Infraestructura de producción	77	2%
32	31	Ingeniería de producción	76	2%
33	33	Medición	76	2%
34	28	Adquisición datos	75	2%
35	36	Capacidad operativa	74	2%

**Tabla 3. Variables según índice de motricidad – parte 2**

Puesto	N°	Variable	Índice de motricidad.	%
36	44	Entorno	74	2%
37	46	Seguridad Física	73	2%
38	17	Software	72	2%
39	23	Política energética	72	2%
40	27	Inyección Optimización	72	2%
41	30	Simulación	71	2%
42	32	Ingeniería de Pozos	71	2%
43	45	Seguridad Industrial	71	2%
44	2	Estructura Organizacional	69	2%
45	35	Transporte	67	2%
46	47	Impuestos y regalías	62	2%
47	41	Gerencia de Proyectos	60	1%
		Totales	4033	

**Tabla 4. Variables según índice de dependencia – parte 1**

Puesto	N°	Variable	Índice de dependencia	%
1	3	Eficiencia Capex y Opex	134	3%
2	24	Estrategia Desarrollo	131	3%
3	16	I&D	130	3%
4	12	Equipo Experimentado	125	3%
5	38	Perforación y Completamiento	108	3%
6	4	Rentabilidad	107	3%
7	7	Operadoras Expertas	106	3%
8	26	Mejora Continua	106	3%
9	42	Expansiones de Proyectos de Recobro	106	3%
10	20	Pilotos de recobro	105	3%
11	19	Transferencia Conocimiento	104	3%
12	8	Compañías de servicios	103	3%
13	40	Gestión de Riesgo	100	2%
14	10	Cadena Abastecimiento	97	2%
15	14	Gestión por procesos	96	2%
16	15	Proveedores	96	2%
17	6	Liderazgo	95	2%
18	37	Confiabledad operacional	94	2%
19	9	Capacitación	93	2%

**Tabla 5. Variables según índice de dependencia – parte2**

Puesto	N°	Variable	Indice de dependencia	%
20	21	Mantenimiento Producción	93	2%
21	13	Gestión Desempeño	92	2%
22	39	Mecanismos de producción	92	2%
23	18	Convenios Tecnológicos	89	2%
24	31	Ingeniería de producción	88	2%
25	34	Infraestructura de producción	88	2%
26	33	Medición	87	2%
27	17	Software	85	2%
28	25	Monitoreo Integrado	85	2%
29	36	Capacidad operativa	85	2%
30	1	Alineación Estratégica	83	2%
31	11	Consultores Expertos	82	2%
32	32	Ingeniería de Pozos	82	2%
33	28	Adquisición datos	79	2%
34	2	Estructura Organizacional	78	2%
35	27	Inyección Optimización	78	2%
36	35	Transporte	78	2%
37	44	Entorno	78	2%
38	45	Seguridad Industrial	78	2%
39	30	Simulación	76	2%
40	29	Caracterización Yacimientos	75	2%
41	41	Gerencia de Proyectos	66	2%
42	46	Seguridad Física	64	2%
43	5	Inversión de capital	55	1%
44	23	Política energética	22	1%
45	43	Leyes Ambientales	18	0%
46	47	Impuestos y regalías	14	0%
47	22	Precio	7	0%
		Totales	4033	

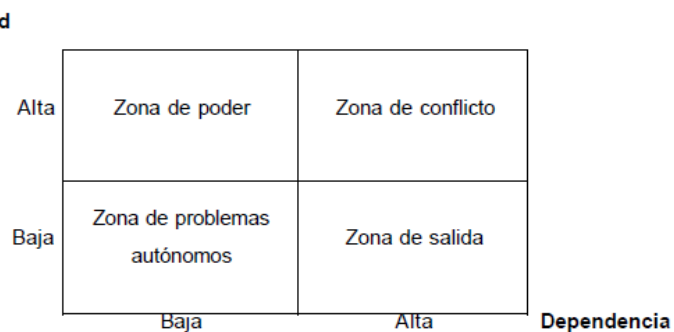
Vale la pena resaltar ciertos elementos interesantes que resultan de los índices obtenidos a partir de las Tablas 2, 3, 4 y 5.

Las variables Eficiencia Capex y Opex, Estrategia Desarrollo e Investigación y Desarrollo encabezan la lista según el índice de motricidad y dependencia, lo que

significa que así como son las más influyentes en el sistema también son las más influida por el mismo. Cualquier acción sobre estas tres variables impacta el sistema y cualquier intervención en el sistema impacta las variables.

Una vez se obtienen los índices de motricidad y dependencia es posible relacionarlos y representarlos en un plano cartesiano en donde el eje (y) representa la motricidad y el eje (x) la dependencia. Francisco Mojica<sup>52</sup> divide el plano en 4 zonas principales como se muestra en la Figura 9.

**Figura 9. Plano motricidad y dependencia**



En la Figura 10, se puede estudiar el comportamiento y la importancia de cada variable ubicándolas en diferentes zonas según su relación de influencia directa.

Zona de poder (1): en la que se encuentran ubicadas las variables de mayor motricidad y menor dependencia. Son las más importantes porque influyen sobre la mayoría y dependen poco de ellas. Son muy fuertes y poco vulnerables, así que cualquier cambio en ellas irá a tener repercusiones en todo el sistema. En esta zona se encuentra la variable del precio, esta es una variable prioritarias a tener en cuenta en las estrategias a seguir.

Zona de conflicto (2): en la que se ubican las variables con alta motricidad y con alta dependencia, es decir las variables que influyen fuertemente en el sistema pero que a su vez son altamente influidas por cualquier modificación de éste, y por

<sup>52</sup> MOJICA, F. La prospectiva: técnicas para visualizar el futuro. Bogotá Legis Editores S.A. 1991 p. 48.

esto se hallan en conflicto. Su importancia radica en que al presentarse variaciones en ellas afectan la zona de salida y a ellas mismas. En esta zona se encuentra las variables: Estrategia de Desarrollo, Investigación de Desarrollo, Experiencia del personal, Eficiencia del Capex y el Opex. A estas variables se les debe prestar especial atención porque cualquier cambio en ellas se refleja en las variables de salida y sobre sí mismas.

Zona de problemas autónomos (3): Se ubican las variables con un índice bajo de motricidad y con baja dependencia; en otras palabras, las variables que no influyen sobre el sistema y que tampoco son influidas por éste. Las variables que allí se ubican no son determinantes del futuro y por ende pueden ser excluidas del análisis. En esta zona se encuentran las variables impuestos y regalías, política energética, Seguridad física. Su ubicación indica que los cambios en estas variables no son generados por movimientos en el sistema ni afectan al mismo de manera significativa.

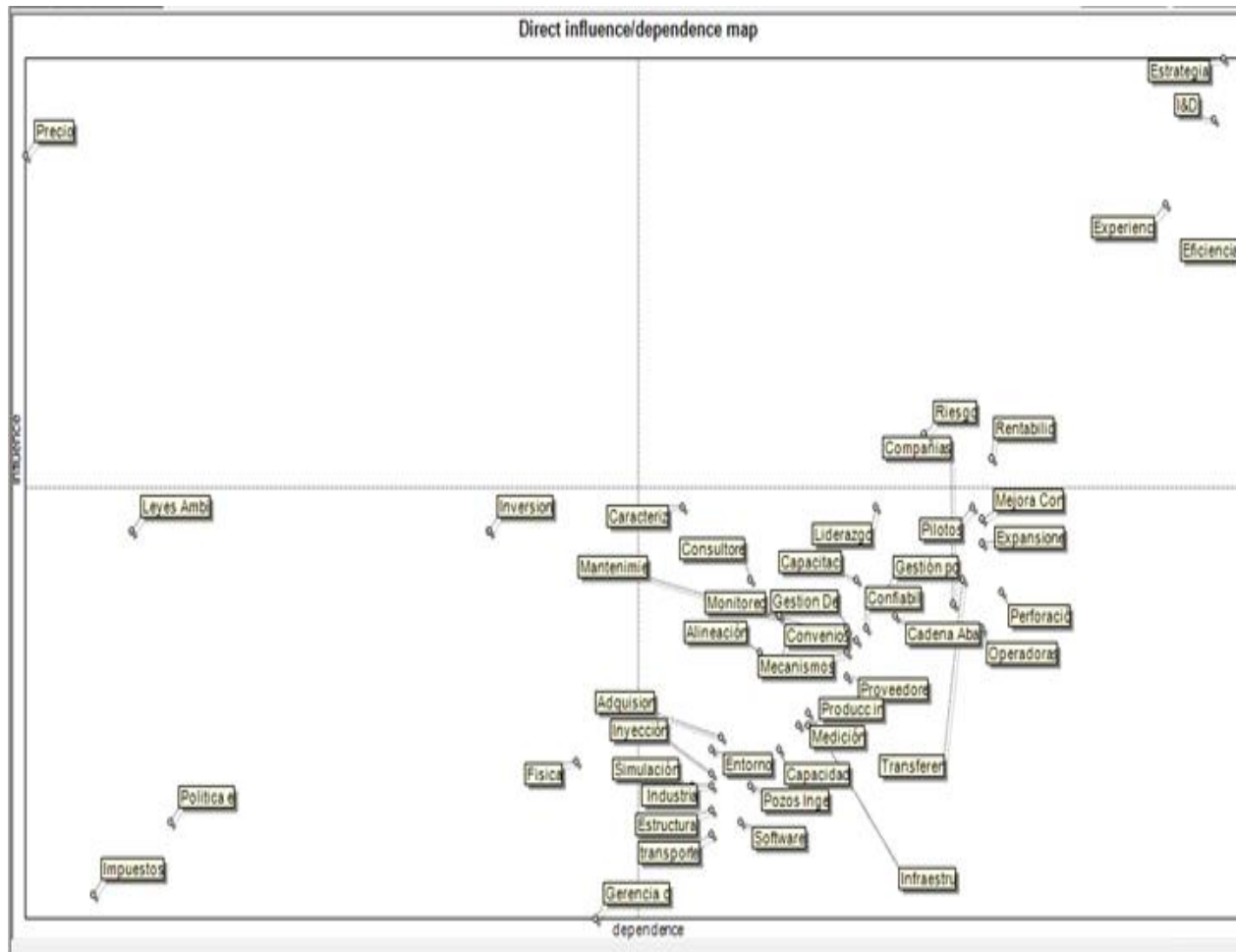
Zona de salida (4): Se ubican variables poco motrices pero con alta dependencia; es decir, las variables que no influyen en el sistema pero que son influidos por éste. Es fácil ver que allí se encuentran las variables producto de la acción de las variables ubicadas en la zona 1 y en la zona 2. En esta zona se encuentran las variables como software, capacidad operativa, perforación, pilotos de recobro, entre otras, las cuales se ven significativamente afectas por los cambios realizados en las variables pertenecientes a las dos zonas anteriormente descritas.

La identificación de las variables estratégicas para el desarrollo de campos maduros se realizó sobre las variables de la zona de conflicto:

- Estrategia de Desarrollo
- Eficiencia del Capex y Opex
- Investigación y Desarrollo
- Experiencia del personal

De la aplicación de la metodología de Análisis Estructural para el desarrollo de campos maduros, se logró la identificación final de sus variables estratégicas. Estas variables son altamente influyentes y dependientes en el tiempo, permitiendo así centrar la atención y los esfuerzos en estas variables en particular, para crear acciones que influyan sobre ellas buscando lograr una modificación sobre todo el sistema logrando los mejores resultados que maximizan el beneficio recibido por todos los actores del sistema. Para estas variables se desarrollará un plan de acción alineado con el portafolio de proyectos de la Superintendencia, esto se encuentra desarrollado en el siguiente capítulo.

Figura 10. Mapa de motricidad/dependencia directa



### **4.3. FASE DE DEFINICIÓN DEL PORTAFOLIO DE PROYECTOS ESTRATÉGICOS**

Para visualizar los proyectos que apalancaran la implementación de la estrategia de la Superintendencia a 2020 se realizaron las siguientes dos etapas: identificación de proyectos y priorización del portafolio de proyectos.

#### **4.3.1 Identificación de Proyectos**

La identificación de proyectos inició con la revisión de las oportunidades técnicas y tecnologías de recobro visualizadas por el área de yacimientos para desarrollar cada uno de los activos. En el Anexo H se encuentra la visualización de desarrollo de los campos para el corto, mediano y largo plazo. Se identificaron 12 proyectos discriminados por tipo de recobro así: 5 proyectos de recuperación primaria, 5 proyectos de recuperación secundaria y 2 proyectos de inyección de químico, adicionalmente se requiere la implementación de 3 pilotos de recobro, 2 de inyección de químico uno en Casabe y otro en Yarigui, los cuales se encuentran actualmente en ejecución, y un piloto de inyección de agua en Garzas. Estos pilotos son importantes para obtener información de la aplicabilidad de la tecnología en los campos y así lograr viabilizar los proyectos de expansión de las tecnologías. De los 12 proyectos contemplados en la visualización de desarrollo de los campos ya se encuentran 4 aprobados y en ejecución.

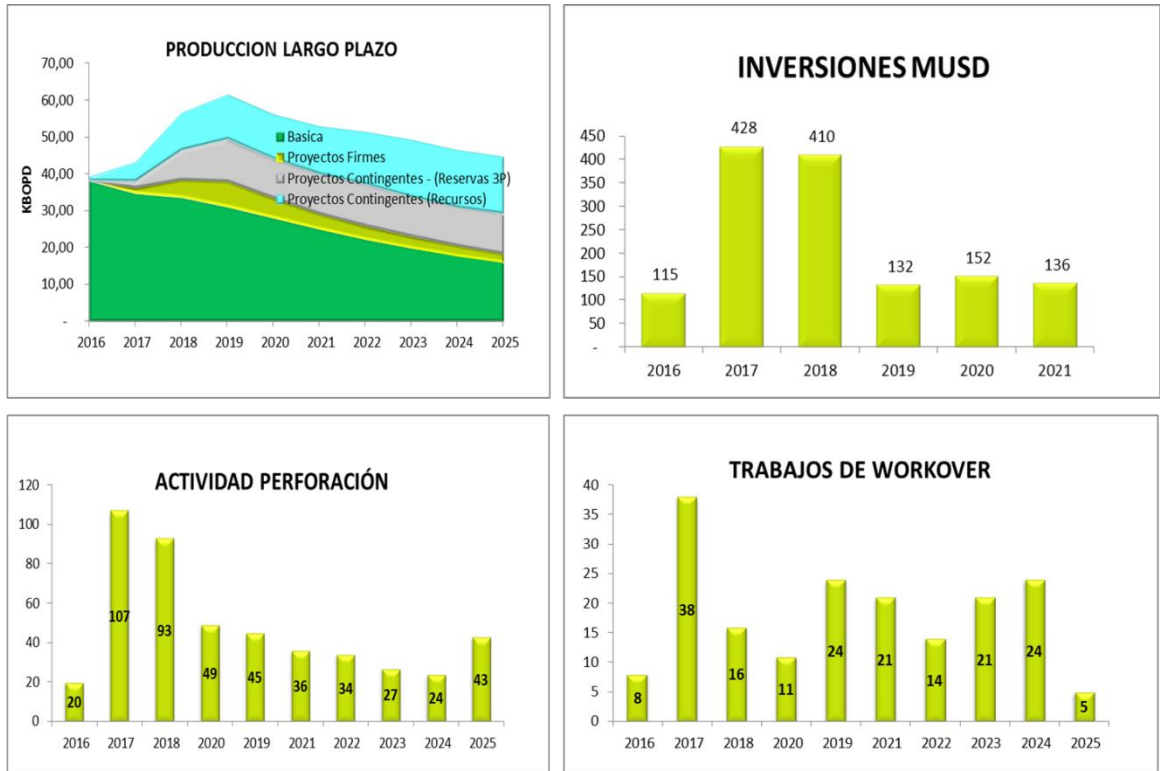
**Tabla 6. Listado de proyectos identificados**

N°	Campo	Proyecto
1	Yarigui Cantagallo	Recuperación primaria
2	Garzas	Recuperación primaria
3	Sogamoso	Recuperación primaria
4	Cristalina	Recuperación primaria
5	Cicuco	Recuperación primaria
6	Yarigui Cantagallo	Inyección de agua
7	Garzas	Inyección de agua (requiere Piloto)
8	Casabe	Inyección de agua
9	Casabe Sur	Inyección de agua
10	Peñas Blancas	Inyección de agua
11	Yarigui Cantagallo	Expansión Inyección Químico (requiere Piloto)
12	Casabe	Expansión Inyección Químico (requiere Piloto)

De los 12 proyectos se estructuró la siguiente información de conceptualización: estrategia de desarrollo, objetivo, alcance, inversiones requeridas, beneficios y plan de maduración.

Estos 12 proyectos representan un potencial de crecimiento del 43% de la producción y un incremento en el factor de recobro del 6% adicional para los activos de la Superintendencia. En la Figura 11 se muestra el resumen de producción, actividad y capex asociado al plan de crecimiento 2016-2025 en el escenario de ejecutarse la totalidad de los 12 proyectos. En el Anexo I se encuentra esta información detallada para los activos Yarigui Cantagallo, Casabe y Cicuco.

**Figura 11. Plan de crecimiento inicial 2016-2025 Superintendencia de Operaciones del Rio**



#### 4.3.2 Definición del Portafolio Estratégico

Como parte del análisis para realizar la priorización y definición del portafolio de proyectos de la Superintendencia se seleccionaron algunos criterios partiendo de la nueva estrategia de Ecopetrol de poner el foco de su crecimiento en el valor, es decir, en barriles rentables y no solamente en aumentar la producción. A continuación se relacionan los criterios más relevantes utilizados para el análisis de la priorización:

- Económicos:  $VPN > 0$ ,  $TIR > 23\%$
- Riesgos y Probabilidad de éxito de los proyectos
- Materialidad: Volúmenes potenciales (producción incremental, OOIP, reservas)

El análisis del estado actual de desarrollo de los campos se realizó con el equipo técnico de yacimientos teniendo en cuenta su conocimiento del estado de los campos y las tecnologías de recobro que existen actualmente. Los campos de Yarigui Cantagallo, Casabe, Casabe Sur y Peñas blancas se encuentran en desarrollo mediante recuperación secundaria por inyección de agua. El restante de los campos de la Superintendencia se encuentra en desarrollo primario.

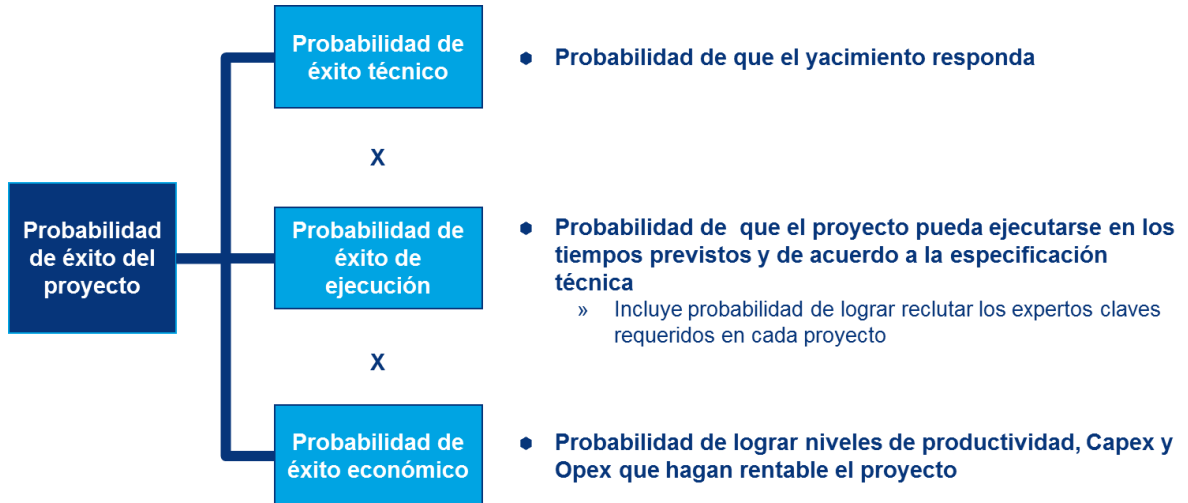
Las evaluaciones económicas se realizaron para obtener la información de los criterios económicos de VPN y TIR. Para las valoraciones se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros económicos:

- Evaluaciones económicas integradas vista activo, teniendo en cuenta las sinergias del campo producción básica e incremental
- Precios de valoración (USD/BI) : 65 (2016), 68 (2017), 70 (2018) , 80 (2019 en adelante)
- Proyectos evaluados vista ECP ejecutando el proyecto sin acompañamiento de ningún socio.
- OPEX - Tarifas de Costos: tarifas generadas por el modelo de proyección de costos de Ecopetrol y para tarifas inexistentes para nuevas tecnologías de recobro se utilizaron tarifas de campos análogos.

Para el análisis de riesgos se realizó una aproximación al cálculo de probabilidades de éxito con el acompañamiento de la compañía consultora Wood Mackenzie.

Para la estimación de la probabilidad de éxito de los proyectos se establecieron 3 probabilidades independientes: Probabilidad de éxito técnico, de ejecución de proyectos y económico. Ver Figura 12.

**Figura 12. Metodología de cálculo de Probabilidades de éxito**



Fuente: Consultoría Wood Mackenzie

Probabilidad de éxito técnico: Esta probabilidad fue calculada por el equipo técnico de yacimientos con base en su experiencia y conocimiento de las tecnologías y su posible aplicabilidad en los campos. Para su desarrollo se utilizaron las siguientes variables técnicas:

- Movilidad
- Heterogeneidad
- Mecanismos de producción
- Presión
- Saturación de aceite
- Complejidad
- Temperatura
- Espesor
- Saturación de aceite residual

Probabilidad de ejecución de Proyectos: Esta probabilidad se desarrolló con la información de los talleres de riesgos realizados para cada uno de los proyectos y

se validó a juicio de expertos teniendo en cuenta las siguientes variables que inciden en el éxito de la ejecución de los proyectos:

- Gerenciamiento de proyectos
- Operacionales de Perforación, Workover y Completamiento
- Social
- Gestión inmobiliaria
- Compras y contratación
- Ejecución y montaje
- Seguridad física
- Gestión permisos
- Gestión licencias ambientales
- Ingenierías

Probabilidad Económica: se realizó una aproximación a este cálculo con juicio de expertos utilizando el criterio técnico en relación a la capacidad de Ecopetrol de alcanzar las eficiencias que se requieren para que los proyectos sean rentables. Esta probabilidad es una aproximación puesto que se requiere mejorar la metodología de cálculo.

**Tabla 7. Resultados evaluaciones económicas de proyectos**

Campo	Proyecto	VOLUMENES (Mbls.)	VPN (MUSD)	TIR (%)	Prob. éxito técnico	Prob. éxito ejecución	Prob. éxito económico	Prob-Éxito
Casabe	Expansión Inyección Químico	40,48	212,57	23,0%	77%	85%	60%	39%
Yarigui Cantagallo	Inyección de agua	12,30	168,69	92%	90%	85%	95%	73%
Yarigui Cantagallo	Expansión Inyección Químico	20,79	176,67	35,8%	69%	93%	80%	51%
Yarigui Cantagallo	Recuperación primaria	23,41	198,30	40,9%	90%	85%	80%	61%
Sogamoso	Recuperación primaria	2,24	1,42	12,0%	90%	75%	40%	27%
Cristalina	Recuperación primaria	3,56	16,94	32,7%	90%	85%	70%	54%
Garzas	Recuperación primaria	3,20	25,33	59,6%	90%	85%	80%	61%
Garzas	Inyección de agua	3,55	16,45	28,9%	90%	80%	95%	68%
Cicuco	Recuperación primaria	2,99	22,60	31,8%	90%	70%	70%	44%
Casabe	Inyección de agua	76,51	172,42	20,5%	90%	85%	80%	61%
Casabe Sur	Inyección de agua	8,66	128,30	30,0%	90%	85%	95%	73%
Peñas Blancas	Inyección de agua	5,45	51,13	70,4%	90%	85%	95%	73%

Teniendo en cuenta los resultados económicos y la estimación de las probabilidades de éxito se realizó una priorización de los proyectos revisando VPN vs. Probabilidad de éxito revisando el posicionamiento de los proyectos de la Superintendencia en todo el portafolio de proyectos de producción de Ecopetrol.

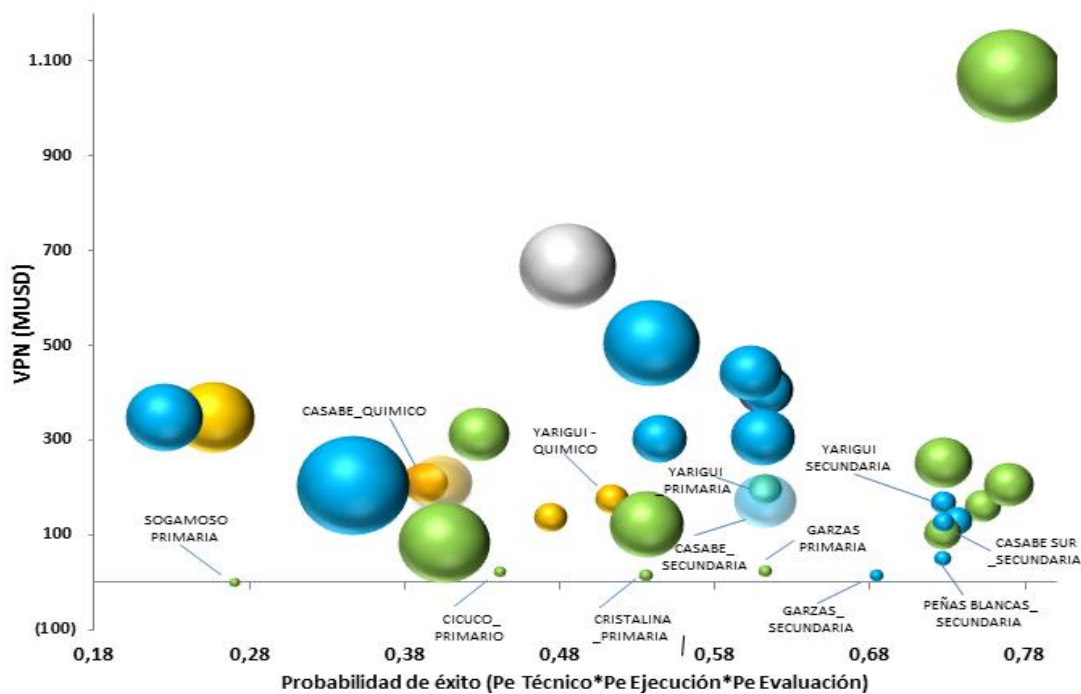
En la Figura 13, están representados los principales proyectos de producción de Ecopetrol donde el tamaño de la burbuja representa el volumen potencial de petrolero a recuperar, el color representa la tecnología así: primaria: verde, secundaria: azul, químico: naranja, y vapor: gris.

Revisando el primer criterio de materialidad, los siguientes campos no son prioritarios para inversiones en el corto plazo: sogamoso, cicuco, cristalina y

garzas. Por el potencial a recobrar de petróleo a través de sus proyectos se concluye que debido a su baja prioridad en el portafolio de Ecopetrol deben ser desplazados en el tiempo y de llegar a buscarse una opción de desarrollo en el corto plazo se deben considerar alternativas como búsqueda de socios o venta del activo. Estas decisiones se toman a nivel de la junta directiva de Ecopetrol por lo cual no hace parte del alcance de este trabajo de aplicación.

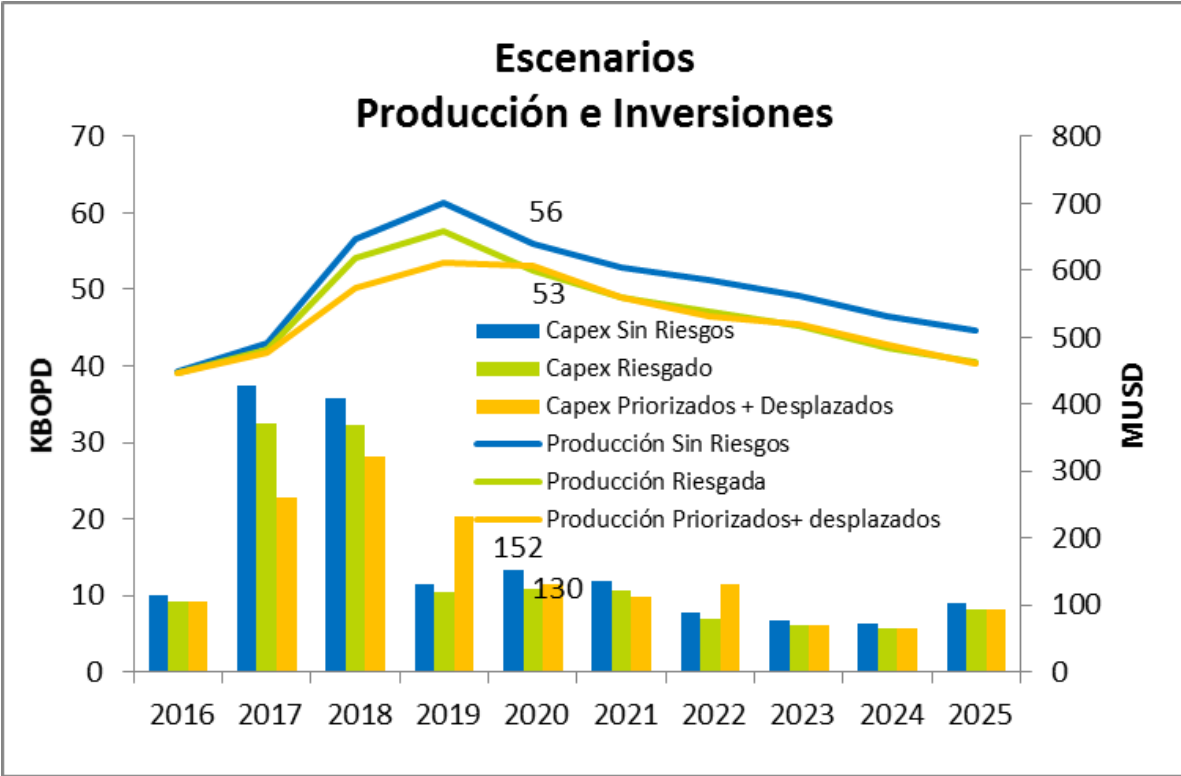
Por criterio de probabilidad de éxito se evidencia que los proyectos de químico de yarigui cantagallo y Casabe tienen un riesgo mayor debido a que representan la aplicación de una nueva tecnología para esos campos. A nivel económico representan TIR superiores al 23% por lo cual es estratégico mantenerlos en el portafolio, continuando con la ejecución de los pilotos de recobro en los campos para disminuir el riesgo de implementación.

**Figura 13. Priorización de proyectos de producción incremental**



Teniendo en cuenta los criterios de materialidad, económicos y riesgos se consolidó el portafolio y se desplazaron en el tiempo los proyectos no prioritarios sogamoso, cicuco, cristalina y garzas. En la Gráfica 2 se muestra el efecto comparativo en la producción y en las inversiones de realizar el desplazamiento de los proyectos no prioritarios y de aplicar la valoración de riesgos al portafolio de proyectos.

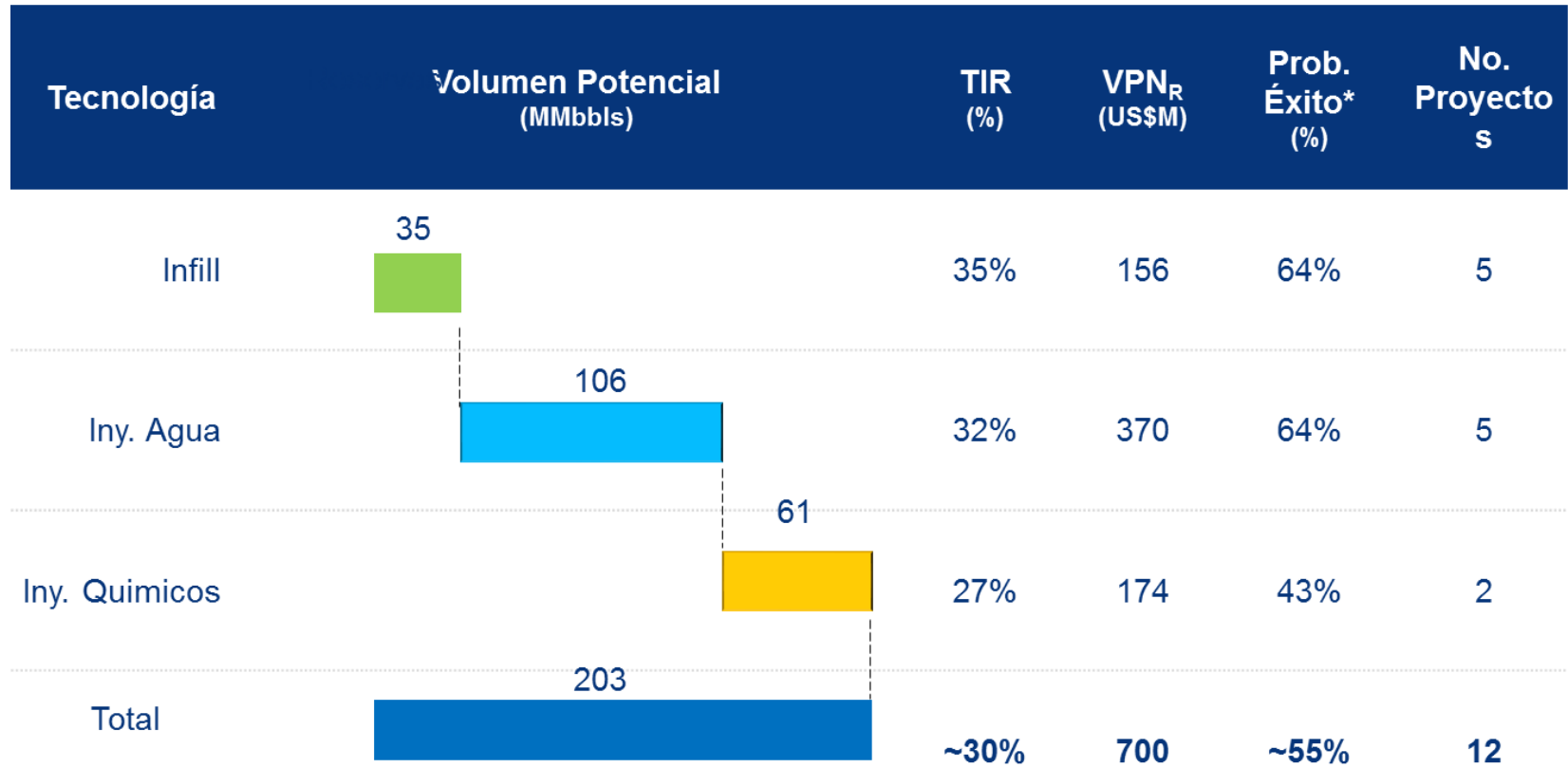
**Gráfica 2. Escenarios comparativos de Producción y Capex del Portafolio de Proyectos**



El consolidado del portafolio de proyectos con sus respectivas fases de maduración se encuentra en las Figura 14 y 15. Del análisis se puede concluir 70% del VPN tienen una probabilidad de éxito comercial arriba del 60%, lo cual positivo considerando los riesgos inherentes a la industria petrolera.



**Figura 15. Resumen Económico y Potenciales del Portafolio de Proyectos Largo Plazo**



Probabilidad éxito: Probabilidad de Éxito (Técnico x Ejecución x Económico)

### **4.3.3 Plan de Iniciativas para las variables estratégicas**

Teniendo en cuenta los resultados del análisis estructural de las variables estratégicas para el desarrollo de los campos petroleros se planearon con los equipos de trabajo, en el marco del Programa de Transformación de Ecopetrol, un conjunto de iniciativas orientadas a apalancar el crecimiento de la compañía asegurando las variables estratégicas identificadas:

- Estrategia de Desarrollo
- Eficiencia del Capex y Opex
- Investigación y Desarrollo
- Experiencia del personal

El subprograma de transformación de recobro se ha estructurado entorno a 4 palancas clave y 5 grupos de iniciativas.

**Figura 16. Resumen de Grupo de Iniciativas**

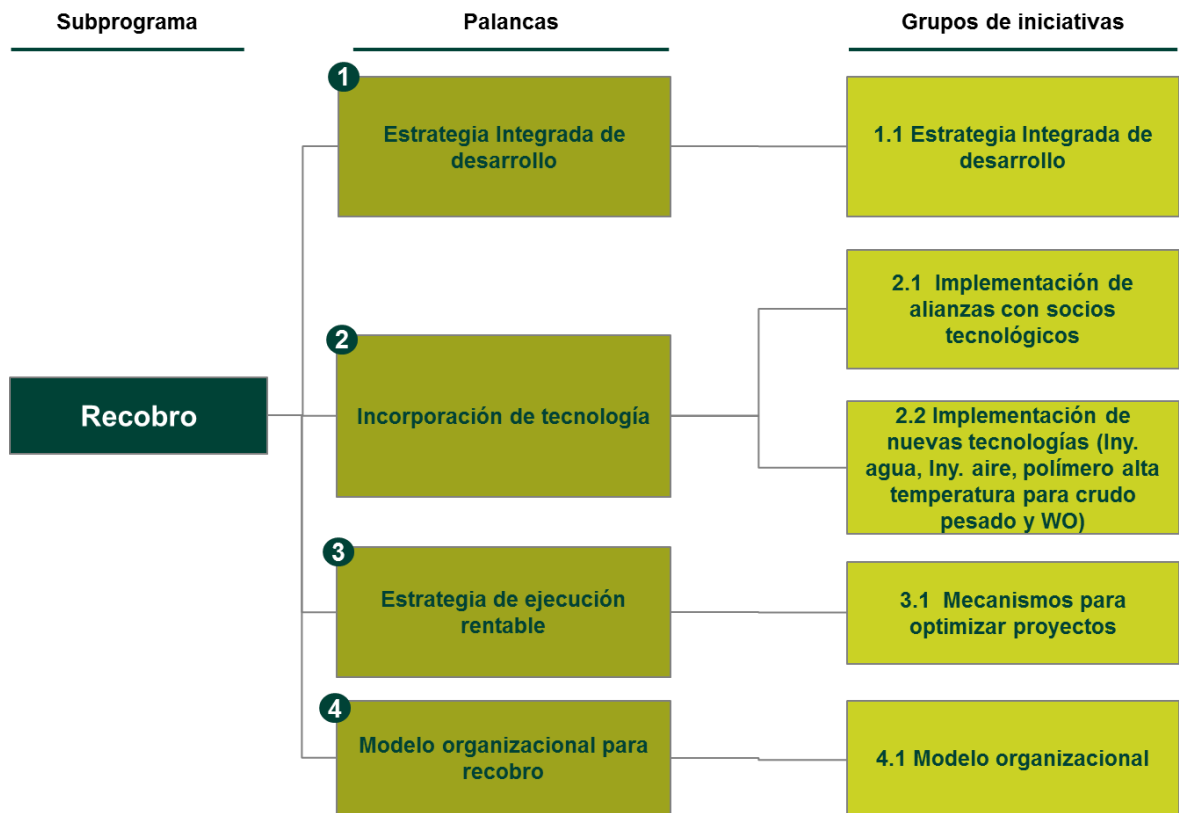


Figura 17. Iniciativas de la Variable Estrategia de Desarrollo Integrada:



**Figura 18. Iniciativas de la Variable Incorporación de Tecnología:**

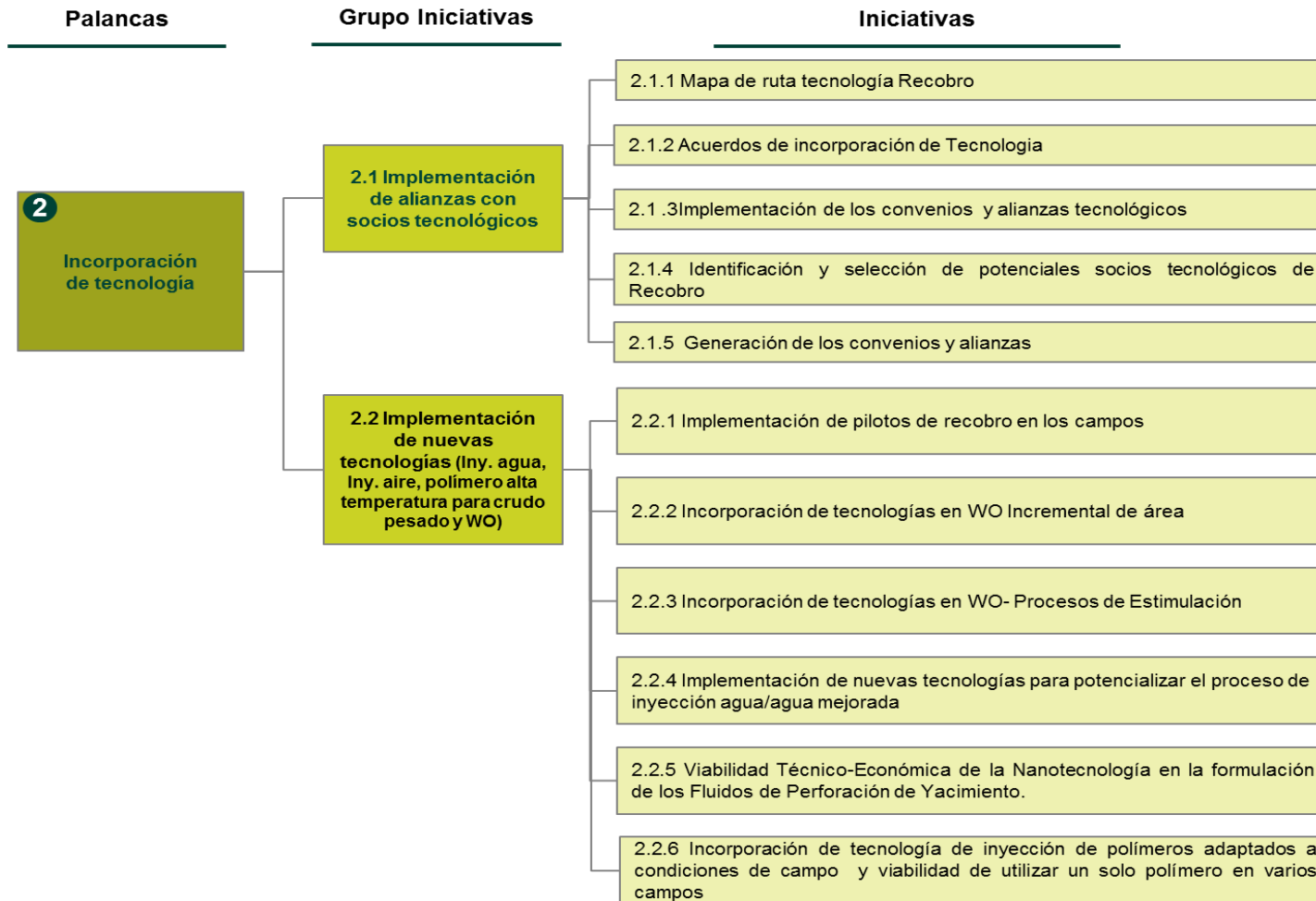




Figura 19. Iniciativas de la Variable Eficiencia Capex y Opex:

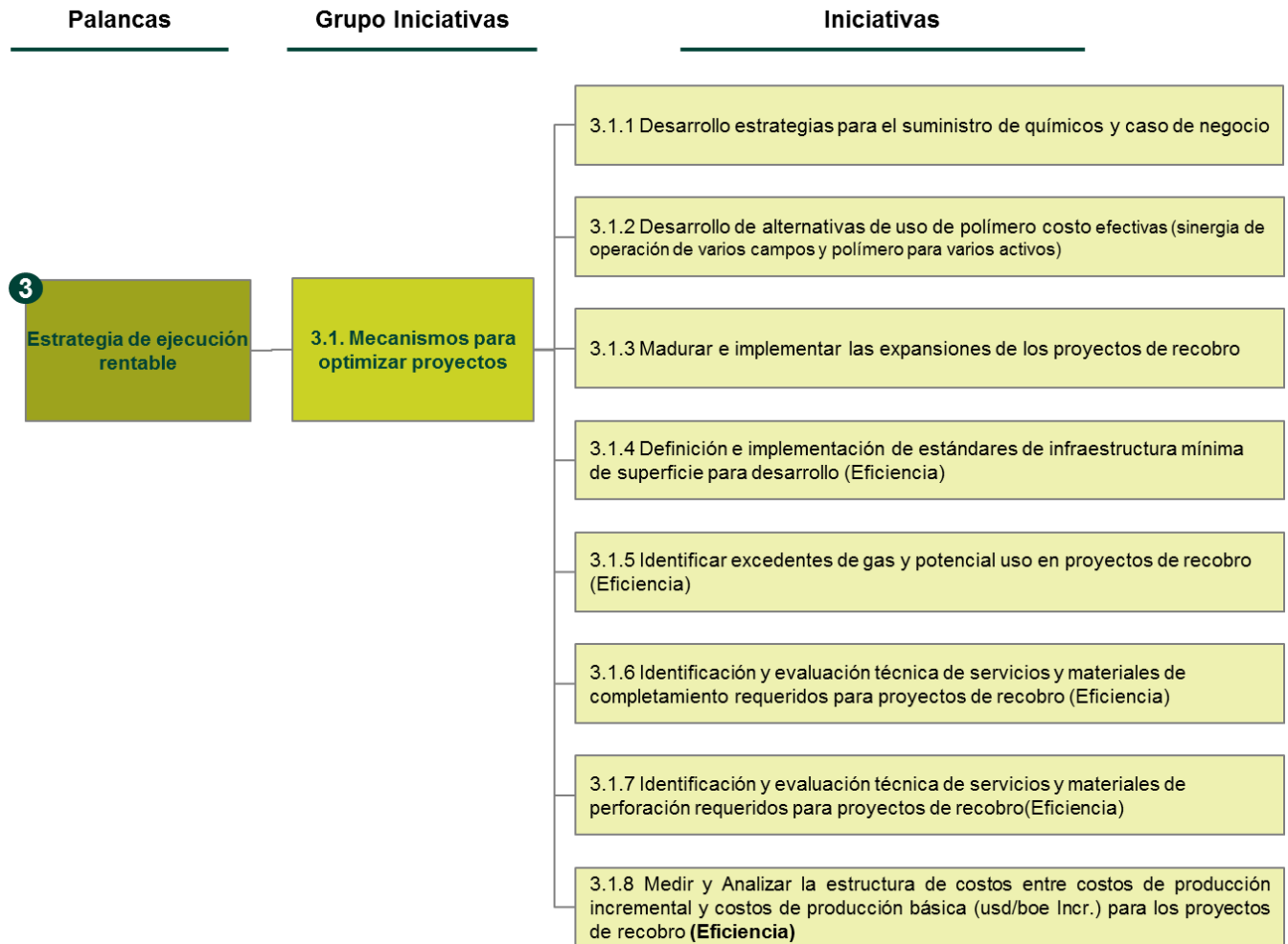
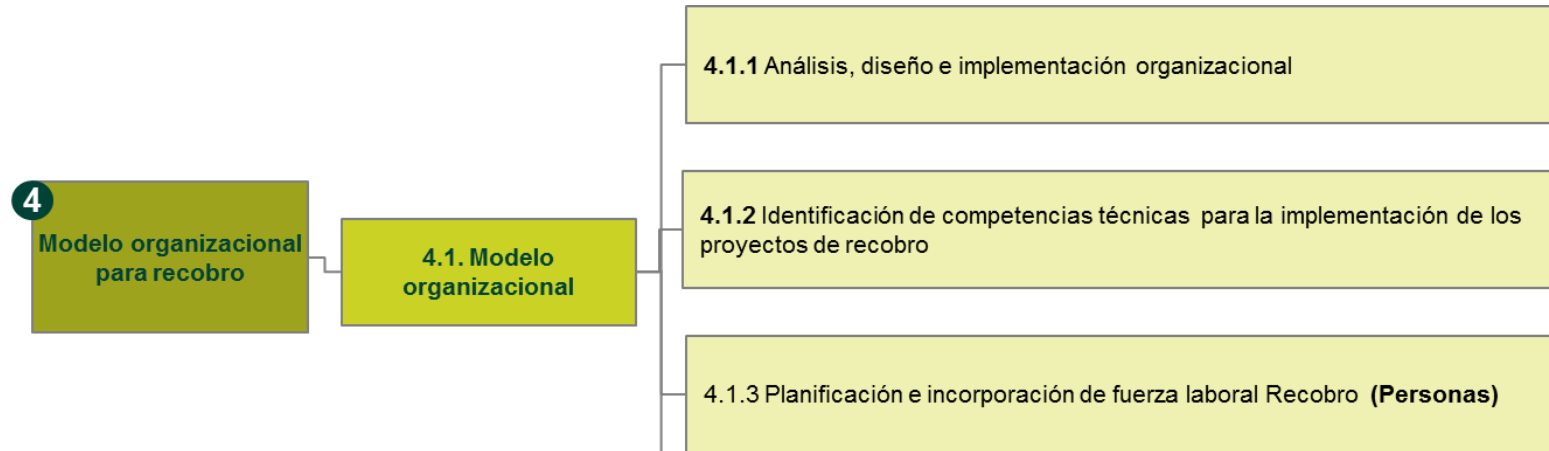


Figura 20. Iniciativas de la Variable Modelo Organizacional:



## 5. CONCLUSIONES

- El análisis de la situación actual es la caracterización del sistema sobre el cual se direcciona la aplicación del análisis prospectivo, con esto se identifican deficiencias, fortalezas, y oportunidades de mejora. En el caso de la Superintendencia de Operaciones del Rio, en esta etapa se observó entre otros aspectos, la prevalencia de una cultura reactiva que interfiere en la alineación con la planeación mediano y largo plazo. Igualmente, se evidencia la ausencia de procesos formales para una exitosa planeación y ejecución de proyectos estratégicos. Asimismo, se carece se alineación entre metas y la capacidad operativa y los recursos del área para lograrlas. Sin embargo, la administración y los funcionarios de Superintendencia son conscientes del diagnóstico y se sienten motivados a direccionar el área hacia el desarrollo de las funciones que debe realizar la Superintendencia para garantizar su crecimiento sostenido a futuro. Adicionalmente, existe un nuevo enfoque gerencial bajo el marco del Programa de Transformación empresarial que concentra su foco en valor priorizando los barriles eficientes, sin un límite volumétrico, generando valor con base en el incremento del factor de recobro, el conocimiento único del entorno colombiano y una base de recursos altamente desarrollada.
- La implementación de actividades de prospectiva estratégica, como la identificación de variables claves y la planeación estructurada de proyectos, acciones y estrategias orientadas al futuro desarrollo de los campos maduros, permitió la creación de un espacio de reflexión conjunto y participativo entre los diferentes actores que participaron en los talleres de trabajo, con el propósito de aportar a la visión de futuro de la Superintendencia de Operaciones de Rio – SOR. Con este proceso se evidenció que más allá de las diferencias inherentes a cada actor los objetivos son comunes entre el personal de Ecopetrol,

buscando siempre alcanzar los objetivos estratégicos de la compañía para llegar el horizonte deseado.

- La pertinencia del uso de actividades de prospectiva estratégica en el desarrollo de campos maduros se evidencia al considerar los riesgos e incertidumbres inherentes a la industria petrolera. En este sentido es fundamental monitorear continuamente las tendencias y retos de la industria petrolera a nivel mundial y nacional, permitiendo así que la organización actúe de manera proactiva ante los cambios.
- El análisis estructural permitió la identificación de las variables clave dentro del grupo que se estudió para el desarrollo de la metodología. En esa medida, es sólo a la luz de estos resultados que la Superintendencia debe lograr canalizar los esfuerzos sobre los elementos que definen el sistema y no sobre aquellos que son producto de su interacción. Consecuentemente, es estratégico para la mejora del sistema del desarrollo de campos maduros que la Superintendencia invierta recursos en el desarrollo de estas variables.
- De acuerdo al análisis estructural realizado al sistema desarrollo de campos maduros de la Superintendencia de Operaciones del Rio, de las 47 variables planteadas inicialmente, existen 5 variables claves que por su motricidad y dependencia característica determinan el comportamiento del sistema, estas son: Estrategia de Desarrollo, Investigación de Desarrollo, Experiencia del personal, Eficiencia del Capex y el Opex, y Precio. De este conjunto de variables se destaca la variable estratégica precio por su alta motricidad y baja dependencia debido a que puede marcar la evolución del sistema por su alta influencia en las demás.

Las variables Estrategia de Desarrollo, Investigación de Desarrollo, Experiencia del personal y Eficiencia del Capex - Opex, presentan una alta motricidad y alta dependencia, y por lo anterior, generalmente, desencadenan efectos

“Boomerang”, es decir influyen sobre el sistema pero esta influencia causa cambios que después de una serie de eventos termina afectándolos.

- Ecopetrol como operador de campos maduros en Colombia tiene el reto de lograr la implementación de nuevas tecnologías de recobro, viabilizar técnica y económicamente nuevos proyectos de producción incremental, lograr la incorporación de nuevas reservas, y la implementación de estrategias de optimización de costos operativos e inversiones, todo con el objetivo de incrementar el factor de recobro de los campos maximizando la rentabilidad para los accionistas de la empresa.
- La caída sustancial de los precios de petróleo ha impulsado la reacción de la industria petrolera, donde el interés de los inversionistas se ha alejado de los “Nuevos Descubrimientos” y se está enfocando hacia la generación de valor para los accionistas en el corto plazo, la disciplina de capital y una mayor eficiencia en los proyectos y operaciones. Las empresas que serán exitosas en un horizonte de precios bajos de petróleo serán las que logren enfocarse en la creación de valor con ciclos de generación de caja más cortos, las que puedan adaptarse rápidamente reduciendo drásticamente el costo de sus operaciones asegurando el desarrollo cada vez más eficientes de sus proyectos, y las que cuenten con un portafolio lo suficientemente robusto que les permita efectuar disciplina de capital ajustada a aquellas opciones de mayor rendimiento.
- La visión futura del desarrollo de los campos petroleros contempla desafíos para la industria petrolera como el mejoramiento de los procesos para el logro de ahorros de costos y mayores eficiencias. Para enfrentar este reto la Superintendencia de Operaciones del Rio deben continuar haciendo esfuerzos permanentes para seguir reduciendo los precios de equilibrio de los activos mediante el desarrollo costo eficiente de proyectos, la reducción de costos operativos, la revisión de la cadena de abastecimiento de bienes y servicios, y

gestionando con las entidades gubernamentales una mayor celeridad a los temas de licenciamiento.

- De acuerdo a los referentes internacionales, los factores claves de éxito en la implementación de proyectos de incremento de factor de recobro son el enfoque continuo en la rentabilidad mediante mejores prácticas y métodos para reducción de costos y optimización continua; la experticia técnica del personal con las competencias técnicas y el conocimiento idóneo; y la excelencia operativa mediante el monitoreo integrado y la resolución de complejidades operacionales. La Superintendencia de Operaciones del Rio debe enfocar sus esfuerzos en desarrollar estrategias para asegurar los factores claves de éxito durante la implementación de las expansiones de nuevas tecnologías de recobro.
- La Superintendencia de Operaciones del Rio tiene una importante proyección de crecimiento debido al potencial de desarrollo de sus campos que se apalanca en la implementación nuevas tecnologías de recobro y nuevos proyectos de producción incremental. El desarrollo del Portafolio de proyectos de la Superintendencia requiere de foco en los factores claves de éxito.
- Las aplicaciones de prospectiva utilizadas en el desarrollo del presente estudio, no solo complementan con los resultados de la planeación llevada por la organización mediante el direccionamiento de las acciones estratégicas, también se constituye en cada una de sus etapas y en su proceso general, como base para la realización de futuros estudios de la misma índole, de ahí la importancia de dejar el análisis documentado para la Superintendencia.
- La planeación estratégica de la Superintendencia de Operaciones del Rio deberá abordarse como un tema esencial en su actuar, considerando que el Portafolio de Proyectos e Iniciativas de transformación derivadas del proceso de

prospectiva estratégica constituyen un aporte directo al fortalecimiento de sus misión y visión estratégica. Estas razones, justifican la importancia de fortalecer un equipo de apoyo a nivel técnico para el proceso de implementación de las nuevas tecnologías, pilotos y proyectos, integrando las distintas partes interesadas en Ecopetrol.

## 6. RECOMENDACIONES

- La Superintendencia de Operaciones del Rio debe realizar un monitoreo periódico al cumplimiento de la promesa de valor del portafolio de proyectos largo plazo, realizando actualizaciones y validaciones periódicas del plan y a medida que pase el tiempo evaluar la aplicabilidad nuevas tecnologías y proyectos acorde con los resultados obtenidos.
- Las actividades relacionadas con los ejercicios de prospectiva estratégica requieren de un tiempo considerable para que la reflexión realizada de los mejores resultados. Es importante se continúe con el proceso de actualización y aplicación de herramientas de prospectiva estratégica para la Superintendencia.
- Se deben diseñar estrategias de comunicación efectivas que permitan que los miembros de la Superintendencia conozcan y entiendan el Portafolio de Proyectos largo plazo, se motiven al ver lo que se proponen lograr y se genere el consecuente desarrollo de estas estrategias en sus acciones cotidianas, contribuyendo a un proceso de toma de decisiones más eficiente y alineado con la planeación estratégica.
- La superintendencia debe continuar con el proceso de identificación de competencias técnicas y fortalecimiento de acciones de desarrollo para el personal buscando tener la experticia y el conocimiento que se requiere para apalancar el desarrollo de los campos. Con el fin de acortar la curva de aprendizaje que se requiere para acelerar los resultados de aplicación de nuevas tecnologías de recobro mejorado en los campos, es importante seleccionar y contratar expertos que hayan trabajado en la implementación de proyectos exitosos.

- La asignación de recursos del portafolio de inversiones de la empresa cada año debe tener en cuenta en la priorización que se continúe con la asignación de presupuesto para la realización de estudios, pruebas experimentales, implementación de pilotos de recobro y desarrollo de nuevos proyectos. En la medida que se obtengan resultados de los pilotos y los proyectos se debe actualizar continuamente el portafolio de proyectos de la Superintendencia.

## BIBLIOGRAFÍA

ABELA, Jaime Andreu. Las técnicas de análisis de contenido: una revisión actualizada. En: Centro de estudios andaluces. [En línea] N°1 (2002). <<http://public.centrodeestudiosandaluces.es/pdfs/S200103.pdf>> [Citado 13 Agosto, 2013]

AMAYA, Jairo. Gerencia Planeación y Estrategia. Universidad Santo Tomas de Aquino. Bogota. 2005. P.395.

BAEZ, Juan. Investigación Cualitativa. 2da Edición. España: ESIC Editorial, 2009. 401p.

BERELSON, Bernard. Content Analysis in Communication Research, Free Press, New York. (1952). P.352.

COELHO, Gilda; GALVAO, Antonio; GUEDES, Antonio; CARNEIRO, Igor Andre; CHAUKE, Claudio Nehme y FELLOWS, Lelio. Strategic foresight applied to the management plan of an innovation development agency. En: Technology Analysis & Strategic Management. Brazil, Vol. 24, N° 3 (2012); p. 267-283.

CUERVO ARANGO, Maria Amerigo. Metodología de cuestionarios: Principios y aplicaciones. En: Boletín de la ANABAD [En línea]. N° 43 (1993). <<http://dialnet.unirioja.es/download/articulo/224222.pdf>> [Citado 11 Agosto, 2013]

GARCÉS OBYRNE, Juan Manuel. Plan de ordenamiento territorial: manual prospectivo y estratégico. TM Editores, 1999. p. 101

GODET, Michael y DURANCE, Philippe. La prospectiva estratégica: para las empresas y los territorios. Traducido por Karel García Cortina. Cuaderno del Lipsor [En línea]. Abril 2009. [Consultado 18 Agosto 2013]. Serie 10. p. 9. Disponible en:< <http://www.lapropective.fr/dyn/francais/actualites/SR10vSpa.pdf>.>

GRANEHEIM, Ulla Hallgreen. Qualitative content analysis in nursing research: concepts, procedures and measures to achieve trustworthiness. En: Nurse Education Today. 2003.8p

IKEAGWUANI, U. M. y G.A., John. Safety in maritime oil sector: Content analysis of machinery space fire hazards. En: Safety Science [Base de datos en Línea]. Vol 51, N°1 (Ene 2013).p.2. [Citado el 12 Julio, 2013]. Disponible en ISI Web of Knowledge.

MOJICA, Francisco Jose. Dos modelos de la escuela voluntarista de prospectiva estratégica. En: Centro de pensamiento estratégico y prospectiva, Universidad Externado de Colombia. (2008). p. 1-11

MOJICA, Francisco Jose. Forecasting y Prospectiva dos alternativas complementarias para adelantarnos al futuro. Universidad Externado de Colombia. (2008). P. 1-18

ORTEGA SAN MARTIN, Fernando. LA PROSPECTIVA: Herramienta indispensable de planeamiento en una era de cambios. En: Sala de lectura Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación. [En Línea]. 2002. [Consultado 18 Agosto 2013]. Disponible en < <http://www.oei.es/salactsi/PROSPECTIVA2.PDF>>

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. The Standard for Portfolio Management. 3ra Edicion. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc., 2013. 190p

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos. 4ta Edición. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc., 2008. 393p

VECCHIATO, Riccardo. Strategic foresight: matching environmental uncertainty. En: Technology Analysis & Strategic Management. Italia, Vol. 24, N° 8 (2012); p. 783-796.

VELAZQUEZ CONTRERAS, Andres; Análisis situacional, intervención y aprendizaje organizacional. En: Revista escuela de administración de negocios Redalyc [En línea]. N°53 (Abril, 2005). Disponible en Internet: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20605305>> [Citado 11 agosto, 2013]. p.7.

VINOPAL, Jennifer. Project Portfolio Management for Academic Libraries: A Gentle Introduction. En: COLLEGE & RESEARCH LIBRARIES. Vol. 73, N° 4 (2012); p. 379-389.

## ANEXOS

### ANEXO A. Entrevista completa al Superintendente de Operaciones del Rio

Con el objetivo de obtener información sobre la práctica de actividades de prospectiva estratégica y estado de la planeación de proyectos del portafolio del Superintendencia, se realizó una entrevista al Superintendente de Operaciones del Rio, los principales apartados de la entrevista y el instrumento utilizado se muestran a continuación. Las preguntas son una adaptación de los fundamentos teóricos de los autores Rohrbeck<sup>53</sup>, Godet y Durance<sup>54</sup>, el PMI<sup>55</sup> y GRANT<sup>56</sup>.

1. La industria petrolera está expuesta a las incertidumbres de la economía global e incertidumbres técnicas y operacionales implícitas de la industria, lo cual se refleja en aspectos como la demanda, la volatilidad de precios, condiciones ambientales, nuevas tecnologías, agotamiento del recurso, entre otros.

De los tipos de actitudes que se relacionan a continuación ¿cuál considera que es la actitud del personal en el área frente a las incertidumbres del futuro y los posibles cambios que se pueda dar en el entorno de la industria petrolera?

Actitudes para afrontar el futuro según Godet y Durance:

- Pasividad: No se hace nada. Solo se sufre el cambio con resignación. No analiza el entorno en el cual se desenvuelve la empresa y piensa que todo va a ir bien siempre.
- Reactividad: Actúa cuando los hechos ocurren, es decir, solo reacciona cuando un problema es evidente. Pasa su vida enfrentando problemas y tratando de solucionarlos.

<sup>53</sup> ROHRBECK, Rene. Corporate Foresight: Towards a Maturity Model for the Future Orientation of a Firm. Berlin: Springer-Verlag, 2011. P. 15-30. ISBN 978-3-7908-2625-8.

<sup>54</sup> GODET, Michel y DURANCE, Philippe. La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios. [En línea]. Paris: Cuadernos del Lipsor, 2009. Serie N°10. P. 23.

<sup>55</sup> PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. The Standard for Portfolio Management. 3ra Ed. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc., 2013. 190p.

<sup>56</sup> GRANT, Robert M. Strategic Planning in a Turbulent Environment: Evidence from the Oil Majors. En: Strategic Management Journal. [En línea]. Vol. 24, N°6. Junio, 2003. p.401-517.

- Pre-Activa: Se anticipa a los cambios previsibles. Evalúa el entorno. Busca anticipar potenciales amenazas y detectar oportunidades. Se prepara para un futuro mejor y estudia los cambios que ocurrirán. Desea ser el mejor preparado para el futuro. Se asimila a un investigador.
- Proactiva: Provoca los cambios que desea y actúa sobre él. Busca tener el control y se encuentra constantemente construyendo lo que está por venir. Esta constantemente interactuando con los demás y consultando expertos. Es un visionario y tiene un perfil innovador. La clave es no sólo adelantarse a los acontecimientos, sino provocarlos.

Se observa en la mayoría de las personas de la dinámica operativa una actitud reactiva. Este perfil lamentablemente no ha tenido el debido acompañamiento por parte de la organización, con el fin de desarrollar u orientar a las personas hacia nuevos estadios como preactivo o proactivo. Un factor que ha influido es la planeación de los planes de carrera del personal, los cuales son difusos o sin foco, quedando a criterio de la administración del momento lo cual no ha permitido realizar acciones verdaderas para orientar a las personas hacia actitudes proactivas. Igualmente, existe un tema cultural, dado que existen algunos jefes con grandes fortalezas técnicas pero con oportunidades de mejora en el tema de liderazgo de personas, haciendo que se dificulte la orientación y apoyo a las iniciativas proactivas del personal a cargo. Otro factor, es la forma en que se implementan los cambios en la compañía, se han dado grandes transformaciones en la empresa las cuales vienen implementados como modelos impuestos y normativos, así que pese a sus buenas intenciones la lectura de esto por parte del personal operativo es que terminan aceptándolo paso a paso y se coarta la iniciativa de proactividad.

2. Los horizontes de planeación estratégica del área de Upstream en las compañías petroleras tienden a ser de 15 años o más. Cuando los proyectos de inversión tienen vidas que se extienden a 40 años y los horizontes de planificación estratégica de 4 y 5 años se limita el potencial para las empresas de relacionar sus asignaciones actuales de recursos con su visión a largo plazo.

¿Qué limitaciones considera que existen para desarrollar una planeación estratégica a mediano plazo (3-5 años) y largo plazo (12-25 años)?

A nivel de compañía existe un direccionamiento a largo plazo, donde desde el 2008 se plantearon las megas 2015 y 2020 y hoy están incorporadas en todos los niveles de la organización. Sin embargo, una de las dificultades para planear al interior de las áreas es la improvisación que se da cuando áreas que debían apalancar el cumplimiento de las metas se ve que no lo van a lograr y se recarga el faltante en otras áreas, haciendo que se desvirtúe la planeación. Por ejemplo, ha pasado que se aprueba el portafolio de proyectos de la vigencia y se generan compromisos para cumplir con la Meta sin el debido análisis y planeación de todos los requerimientos, por ejemplo establecer compromisos de alcanzar cierto nivel de inyección de agua cuando no existe un plan en facilidades alineado. Y estos aspectos hacen que se ponga en tela de juicio si de verdad sirve la planeación, y al final terminamos todos corriendo y se desvían los esfuerzos. Desde luego se deben tener planes de choque pero nos hemos vuelto muy contingentes, muy enfocados al plan de choque, no hemos terminado de consolidar los resultados de un plan de choque cuando ya se está haciendo el otro. Es cierto que los resultados se requieren inmediatos y que hay que trabajar presionados, pero la presión debe ser enfocada.

Empresas globalizadas se toman su tiempo para planear y generan proyectos que pueden llegar a tomar varios años para ver el primer barril de producción. Nuestra cultura es muy latina, muy inmediatista y al final nos exponemos a riesgos por falta

de una adecuada ingeniería y un buen aseguramiento. Pero también hemos llegado al extremo de querer asegurar tanto que se pierde el foco de los proyectos.

Lo que sí es claro es que somos muy inmediatistas y el cumplimiento de la planeación es un vaivén. La urgencia por los resultados hace que se den acciones que desvirtúan la planeación y culturalmente hemos hecho carrera en decir las verdades a medias, es decir, en no reconocer a cabalidad todas las condiciones que verdaderamente se necesitan para lograr las metas.

3. Para asegurarse de que la Prospectiva Empresarial tiene un impacto en la organización, el conocimiento deben ser comunicado en muchos niveles simultáneamente, y los tomadores de decisiones deben participar en la actividad de Prospectiva empresarial.

Pregunta: ¿De qué fuente recibe información sobre tendencias y orientaciones del futuro que le permita anticipar y monitorear los posibles cambios del entorno?

La organización tiene muchas dependencias y mecanismos muy fuertes que suministran, afortunadamente, muchísima información de los diferentes temas operacionales que pueden afectar la Superintendencia. En cuanto al entorno tecnológico, si bien es cierto que los medios que se tiene para manejarlo son buenos, falta articularlo, porque hoy intervienen muchas personas y se diversifican los esfuerzos, y es claro que los diferenciadores tecnológicos son estratégicos y no deben ser a criterio de cada área. En los últimos años la empresa ha empezado a consolidar lo referente al entorno tecnológico y recientemente se creó la vicepresidencia de innovación y tecnología para fortalecerse en este aspecto.

El factor tecnológico es preponderante, hemos contado con suerte que los últimos 4 años hemos estado con precios altos pero si empieza a reducirse el margen porque los precios bajan, será cada vez será más importante el tema tecnológico puesto que estos serán los generadores de los diferenciales.

4. La interpretación de los conocimientos de Prospectiva Empresarial se realiza a nivel de la alta dirección.

Pregunta: En la actualidad, la información que recibe e interpreta sobre orientaciones del futuro ¿Cómo la está incorporando al proceso de planeación estratégica del área?

La información que se recibe desde la alta dirección y de otras áreas se baja en todos los niveles con el fin de que se incorpore en los respectivos procesos de planeación. Como Superintendente se recibe la información y se canaliza hacia abajo. Sin embargo, a nivel operativo sucede a veces que se hace la planeación acorde con la información que se baja y posteriormente esta deben ser modificadas por lineamientos corporativos, generando confusión entre las interpretaciones iniciales dadas para planeación y el resultado final.

5. La Norma para la Gestión del Portafolio del PMI tienen los siguientes planteamientos respecto al portafolio de proyectos:

- La visión de la gestión del portafolio debe estar alineada con la visión de la organización y debe ser un apoyo de la estrategia y los objetivos de la organización.
- El objetivo final de vincular la gestión de portafolio con la estrategia de la organización es el establecimiento de un plan equilibrado ejecutable que ayude a la organización a alcanzar sus metas.
- El uso de técnicas de gestión de portafolio, programa y proyectos son esenciales para cerrar la brecha entre la estrategia de la organización y la realización exitosa del valor del negocio.

Pregunta: Considerando el objetivo estratégico establecido por la compañía a 2020 de producir 1.3Mbls ¿cómo considera que se encuentra la planeación de proyectos a largo plazo en el portafolio para el logro de la meta?

Para la Superintendencia no está claro el panorama a 2020, mi recomendación es que debemos concentrarnos en consolidar los pilotos de EOR y el desarrollo de peñas bancas y cantagallo, y con los resultados de los pilotos en 8 meses planear como se va a desarrollar a futuro los campos.

## ANEXO B. Marco teórico del ADN Organizacional

Los cuatro elementos del ADN organizacional incluyen elementos formales e informales<sup>57</sup>:

- **Decisiones y Normas:** Decisiones describen los mecanismos formales subyacentes de cómo y por quién las decisiones son verdaderamente tomadas mientras las Normas representan las reglas no escritas de la forma en que se hacen las cosas en la organización.
- **Motivadores y Compromisos:** Motivadores son los objetivos, incentivos y alternativas de carrera disponibles para los empleados dentro de una organización, mientras que los Compromisos son las aspiraciones no escritas que impulsan y motivan a las personas para la organización y ellos mismos.
- **Información y Formas de Pensar:** Información describe cómo se mide el desempeño, cómo las actividades son coordinadas, y el conocimiento es transferido, mientras que las Formas de Pensar describen las creencias profundamente arraigadas que los empleados aplican cuando procesan la información.
- **Estructura y Redes:** Estructura representa el modelo de organización formal, mientras que las Redes con conexiones informales que utilizan grupos de individuos para comunicarse, tomar decisiones u obtener apoyo.

Basado en su experiencia de 27 años como consultor, Gary Neilson, junto con Bruce Pasternack, ex vicepresidente de Booz Allen y ahora presidente de la organización civil Special Olympics, definieron siete perfiles genéticos que definen a las organizaciones. A tres de ellos los considera sanos y los llamaron: justo a tiempo, militar y resistente. Otros cuatro son perfiles de organizaciones enfermas: pasivo-agresivo, descoordinado, inmaduro y burocrático.

---

<sup>57</sup> NEILSON, Gary; MARTIN, Karla y POWERS, Elizabeth. The Secrets to successful Strategy Execution. En: Harvard Business review. Vol 51, N°5. (Septiembre, 2008). p. 61-70.

### **Perfiles Organizaciones Enfermas:**

- **Organización Pasivo – Agresiva:** Para ese tipo de organización el consenso para acometer grandes cambios es muy fácil de lograr y su puesta en práctica resulta casi imposible. Sin el poder e incentivos para emprender las transformaciones necesarias, los empleados ignoran los dictados de la dirección y solo consiguen mantener el statu quo. Las organizaciones pasivo-agresivas muestran una gran variedad de síntomas, algunos de los cuales son al principio casi imperceptibles, pero pueden aumentar su gravedad y frecuencia de manera muy rápida. Algunos de esos síntomas pueden ser desde tensiones internas que se ocultan tras amables sonrisas hasta dificultades para averiguar quién es el responsable de la toma de decisiones, la retención de información relevante, unos factores de motivación que emiten mensajes contradictorios, la justificación de los propios fallos por escrito, una estructura organizacional difusa, etc.<sup>58</sup>
- **Organización Descoordinada:** este tipo de perfil se caracteriza por la falta de disciplina y de coordinación imperante que les impide repetir sus éxitos de una manera coherente. En ausencia de una dirección fuerte y de una sólida base de valores compartidos, las iniciativas suelen fracasar o se desarrollan de un modo caótico.
- **Inmadura:** La organización “Del Pasado”: Es la que ha sobrepasado su modelo organizacional. Es demasiado grande y compleja para ser controlada efectivamente por un pequeño grupo de altos directivos, por lo que debe “democratizar” la toma de decisiones. Consecuentemente mucho potencial de la empresa permanece oculto. Este tipo de empresas normalmente pierde oportunidades o fracasa al tratar de aprovecharlas. El poder se suele encontrar concentrado en la cúpula, y la organización reacciona lentamente a los

---

<sup>58</sup> NEILSON, Gary y PASTERNAK, Bruce. Resultados: Conserva lo que está bien, arregla lo que está mal y detona un gran rendimiento. Disponible en <[www.leadersummaries.com/ver-resumen/resultados](http://www.leadersummaries.com/ver-resumen/resultados)>.

desarrollos del mercado. Alguien podría ver oportunidades de ventas o cambios positivos, pero le es casi imposible convertir su nueva idea en la bandera de la organización. El legado de la toma de decisiones desde arriba hacia abajo está demasiado arraigado.

- Burocrática: Tiene demasiada estructura. Abrumada por múltiples frentes de gerencia, esta organización tiende a sufrir de parálisis. Cuando se mueve lo hace lentamente y por reacción. Estas organizaciones son frecuentemente burocráticas y están altamente politizadas. Consumidas por demasiados jefes, en ellas los gerentes pasan su tiempo chequeando el trabajo de los subordinados en lugar de buscar nuevas oportunidades o amenazas en el horizonte. La organización "Sobregenerenciada": Corresponde a la idea "nosotros somos la empresa, y estamos aquí para ayudar": las capas múltiples de la gerencia crean "parálisis por análisis; y predomina el ambiente burocrático y altamente político.

Perfiles sanos:

- Militar: organizaciones jerárquicas que operan bajo un modelo de gestión altamente controlado. Su principal desafío consiste en garantizar el crecimiento más allá del mandato del equipo de liderazgo actual. Su estructura, además, les hace vulnerables a los cambios repentinos que se dan en el mercado, ya que no están habituadas a ellos.
- Justo a tiempo: Tienen la capacidad de atraer a personas motivadas y de inspirar adelantos creativos. Sin embargo, la ausencia de procesos y de estructuras disciplinadas y coherentes impide a estas organizaciones aprovechar todas las oportunidades que se les presentan. A pesar de no alcanzar un rendimiento óptimo, estas organizaciones son lugares de trabajo estimulantes que, para mejorar, tan sólo necesitan efectuar la transición hacia un modelo de gestión más estable y sostenible. Considerando el conjunto de

todos estos rasgos, las organizaciones Justo a Tiempo se encuentran en la frontera que divide los ADN organizacionales sanos de los enfermos. Su equilibrio es muy frágil y, si su ADN se mantiene por un determinado período en buenas condiciones, se ven abocadas a realizar un esfuerzo extra para continuar en esa posición

- Resistente: El primer puesto de eficacia organizacional lo ocupa el modelo de la organización Resistente. En él se combinan de manera óptima y con la mayor cohesión los cuatro elementos básicos del ADN de toda organización. Son empresas que se adaptan con celeridad a las transformaciones que experimenta el mercado y poseen una estrategia corporativa coherente. No sólo saben amoldarse a las novedades: poseen además los mecanismos para prever los cambios y anticiparse a ellos. Atraen a un personal motivado al ofrecer un entorno laboral estimulante, junto con los recursos y el poder necesarios para resolver problemas complejos

## **ANEXO C. Ficha técnica encuesta ADN Organizacional**

**Objetivo:** Identificar el tipo de organización o "personalidad" organizacional (características idiosincráticas) de la Superintendencia de Operaciones del Rio, mediante la respuesta de los empleados a una encuesta sobre cuatro elementos que determinan la eficacia de una organización como son: Toma de decisiones, Información, Estructura y Motivación.

**Población:** Personal directivo de la Superintendencia de Operaciones del Rio

**Tamaño de la muestra:** 30 trabajadores (muestra óptima)

**Técnica:** cuestionario estructurado

**Diseño de muestreo:** selección de encuestados por Muestreo Aleatorio Simple

**Momento estadístico:** 1- 30 septiembre de 2014

**Financiación:** recursos propios

**Margen de error observado:** 8% (error estándar relativo máximo, con una frecuencia de ocurrencia del 50% con un nivel de confianza de 90%)

Preguntas que se formularon: 26 preguntas

## ANEXO D. Instrumento adaptado como cuestionario de ADN Organizacional en la SOR

### Decisiones y Normas

1 Las decisiones importantes estratégicas y operacionales de la Superintendencia son rápidamente ejecutadas

De acuerdo

En desacuerdo

2 Lo que mejor describe la cultura de la Superintendencia :

Persuadir y Convencer

Mando y Control

3 En la Superintendencia todos tienen claro sus responsabilidades

De acuerdo

En desacuerdo

3 Somos disciplinados, es decir, actuamos de forma ordenada y perseverante, enfocando nuestros esfuerzos en el logro de los objetivos estratégicos de la Superintendencia

De acuerdo

En desacuerdo

4 Una vez adoptadas, las decisiones son rara vez cuestionadas. Ordenes son órdenes.

De acuerdo

En desacuerdo

5 Tenemos una cultura distintiva (normas, valores, formas de pensar, idiosincrasia) que nos da una ventaja competitiva (ventaja sobre los competidores de la industria que permite alcanzar rendimientos superiores a ellos).

De acuerdo

En desacuerdo

## Motivadores y Compromisos

7 Si un compañero de trabajo aquí hace un compromiso, puedo contar con ello

De acuerdo

En desacuerdo

8 Las personas que innovan son recompensadas aquí:

De acuerdo

En desacuerdo

9 Las personas en la Superintendencia están más motivados por...

Valores y  
Orgullo

Incentivos y  
Recompensas

10 Nuestros líderes en la Superintendencia predicán con el ejemplo

De acuerdo

En desacuerdo

11 La capacidad de cumplir con los compromisos de desempeño influye fuertemente en la promoción profesional y remuneración (influye más que la antigüedad).

De acuerdo

En desacuerdo

## Información y Formas de pensar

12 La información fluye libremente en la Superintendencia

De acuerdo

En desacuerdo

13 Cuando existen cambios nos adaptamos con éxito

De acuerdo

En desacuerdo

14 La información importante (incluso malas noticias) sobre el entorno competitivo llega a la alta dirección rápidamente

De acuerdo

En desacuerdo

15 Casi nunca enviamos mensajes contradictorios al mercado y al entorno

De acuerdo

En desacuerdo

16 Los altos dirigentes entregan mensajes coherentes

De acuerdo

En desacuerdo

17 Los Líderes de aquí están más...

Enfocados en objetivos  
corto plazo

Orientados al  
Largo plazo

18 Los trabajadores de la línea operativa por lo general tienen la información necesaria para entender el impacto final de sus decisiones del día-día.

De acuerdo

En desacuerdo

19 Tenemos las métricas o indicadores que necesitamos para medir el rendimiento del negocio

De acuerdo

En desacuerdo

20 La Superintendencia está generalmente más:

Orientada a personas

Orientada a Tareas

## Estructura y Redes

21 Atajos o soluciones temporales (por ejemplo, la creación de procedimientos no autorizados para realizar su trabajo) son una ocurrencia común en esta organización

De acuerdo

En desacuerdo

22 Nuestra estructura tiene:

El número adecuado de niveles jerárquicos

Muchos niveles jerárquicos y mucha complejidad

23 Las personas en la Superintendencia colaboran eficazmente

24 La influencia en esta organización (capacidad de inducir cambios y persuadir a otros) depende principalmente de:

Cargo y Rol (funciones)

Reputación, credibilidad y elaciones

25 Muchas personas aquí tienen superposición o traslape de roles

De acuerdo

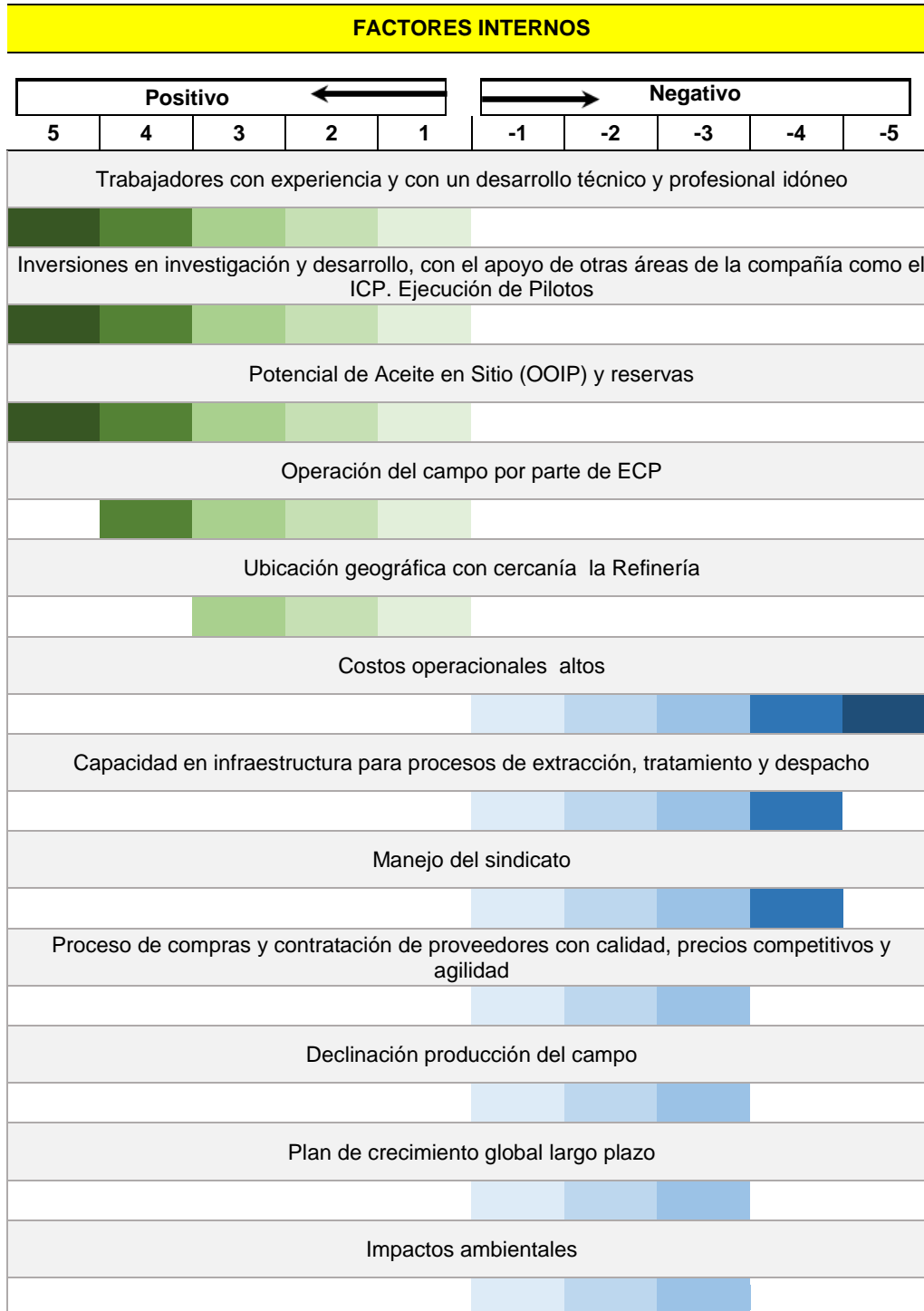
En desacuerdo

26 La Superintendencia está más enfocada en procesos y problemas internos que en la atención que se debe dar a los clientes y consumidores finales del producto (crudo y gas), como lo son la Vicepresidencia de suministro y mercadeo, Refinería Barrancabermeja y Municipios.

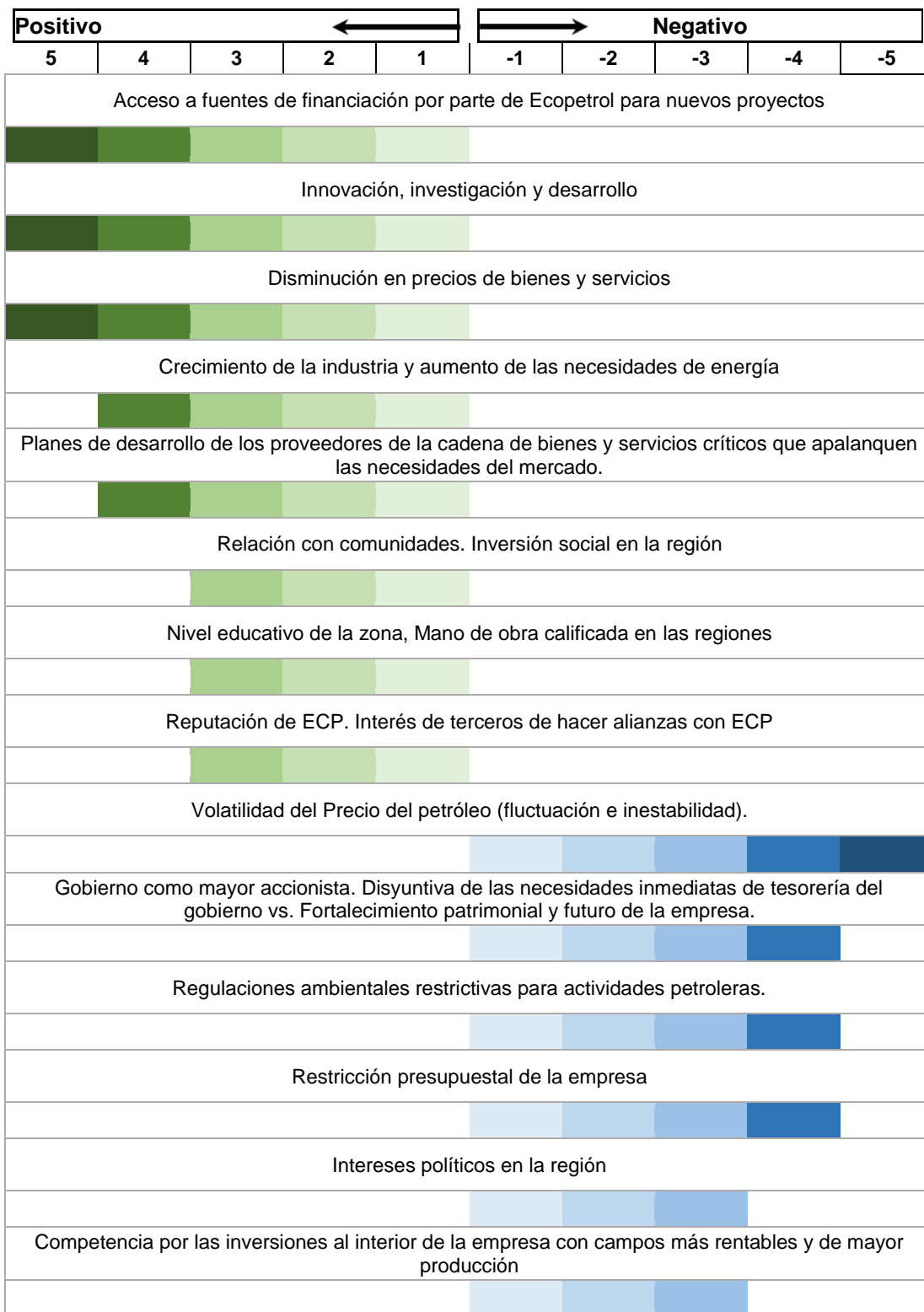
De acuerdo

En desacuerdo

## ANEXO E. Diagnóstico de Aspectos positivos y negativos de la SOR



**FACTORES EXTERNOS**



## **ANEXO F. Análisis interno – Descripción de la Situación actual de la SOR**

El entorno interno es el contexto en el que se da el trabajo en una empresa y su análisis es parte del proceso de planeación estratégica porque permite estudiar y conocer las características de la organización. Para analizar este aspecto en la Superintendencia de Operaciones del Rio, se realizó una búsqueda de documentos internos los cuales se analizaron a la luz de los elementos del marco estratégico de Ecopetrol.

### **1. Superintendencia de Operaciones de Rio**

La Superintendencia de Operaciones del Rio (SOR) de la Gerencia Regional Magdalena Medio (GRM) -Vicepresidencia de producción VPR – Ecopetrol S.A., desarrolla y produce los campos petroleros de casabe, casabe sur, peñas blancas, bajo rio, cristalina, sogamoso, yarigui cantagallo, garzas, cicuco y boquete, con el fin de extraer petróleo y gas para su posterior comercialización. El área de influencia de la Superintendencia son los municipios de Yondó, Cantagallo, Puerto Wilches, Sabana de Torres, Cicuco, y Talaigua Nuevo que pertenecen a los departamentos de Antioquia, Bolivar y Santander respectivamente.

En la Tabla 8 se detallan algunas generalidades de los campos petroleros de la Superintendencia, tales como su ubicación, productos, y factor de recobro.

**Tabla 8. Generalidades de los campos de Superintendencia de Operaciones del Río**

<b>Campo</b>	<b>CASABE</b>	<b>CASABE SUR</b>	<b>PEÑAS BLANCAS</b>	<b>BAJO RIO</b>	<b>YARIGUI CANTAGALLO</b>	<b>GARZAS</b>	<b>CRISTALINA</b>	<b>SOGAMOSO</b>	<b>CICUCO</b>	<b>BOQUETE</b>
<b>Departamento</b>	Antioquia	Antioquia	Antioquia	Antioquia	Bolivar/Santander	Santander	Santander	Santander	Bolivar	Bolivar
<b>Municipio</b>	Yondó	Yondó	Yondó	Yondó	Cantagallo/Puerto Wilches	Puerto Wilches	Sabana de torres	Puerto Wilches	Cicuco/Talaigua Nueva	Talaigua Nuevo
<b>Fecha de inicio de explotación</b>	1945	2010	1958	1970	1943	1957	1959	1938	1956	1961
<b>Producto</b>	Crudo	Crudo	Crudo	Crudo	Crudo y Gas	Crudo	Crudo	Crudo	Crudo	Crudo
<b>Gravedad API Aceite (°)</b>	21.5-24	20-34	27-29	18-27	20,5	29 - 32,8	28 - 31	28	43.8	43.0
<b>Tipo de crudo por su densidad</b>	Mediano	Mediano - Ligero	Mediano	Mediano	Mediano	Liviano	Mediano	Mediano	Liviano	Liviano
<b>Aceite Original en Sitio (MMbbls)</b>	1774	66,3	72,7	2	1048	39	34	17	253	79
<b>Factor de recobro (%)</b>	18,2	6,4	14,6	14,8	19,6	5,4	21,2	6,7	18,4	23,5
<b>Operador del campo</b>	Ecopetrol									

Fuente: Datos tomados de información interna de SOR

Los campos de la Superintendencia son considerados campos maduros debido a que han estado en producción por más de 40 años y se encuentran en su fase de declinación, como se observa en la Tabla 8, el factor de recobro promedio (corte a Dic de 2013) está alrededor del 18%, lo cual representa una gran oportunidad de aumentar los factores de recobro, que a nivel mundial rondan el 30% ((+/- 15 % Recuperación primaria +15 % recuperación secundaria), y de subir la producción de petróleo y gas contribuyendo a las metas de la compañía y a la suficiencia petrolera del país.

## **2. Comercialización de productos**

En los campos petroleros de la SOR se extraen dos productos: petróleo crudo y gas. Los crudos del activo Casabe y parte del activo Yarigui Cantagallo son enviados a la Refinería de Barrancabermeja como materia prima para la conversión en combustibles de diferentes usos, constituyéndose así en el principal cliente de la Superintendencia. Adicionalmente, una parte del producto proveniente de Yarigui Cantagallo, de acuerdo a los requerimientos del área que maneja la comercialización en Ecopetrol (Vicepresidencia de Suministro y Mercadeo), es enviado hacia la estación Ayacucho, donde se mezcla con otros crudos de la región Magdalena Medio y con el crudo de Cicuco-Boquete en el Km 158 conformando la mezcla acida de magdalena blend, la cual se envía al terminal marítimo Coveñas para su exportación, donde el principal cliente son las refinerías del golfo de México en Estados Unidos.

En relación al Gas que se produce en Yarigui Cantagallo, este es destinado para ventas a la Refinería de Barrancabermeja y municipios y corregimientos cercanos a través de la empresa Gas Natural del Oriente S.A. (consumo de Puerto Wilches, Brisas de Bolívar, San pablo, Cantagallo).

### 3. Lineamientos Estratégicos

El Grupo Empresarial Ecopetrol tiene tres lineamientos estratégicos: crecimiento rentable, consolidación de habilitadores y responsabilidad corporativa, los cuales a su vez están compuestos por orientadores estratégicos establecidos para enfocar a la compañía hacia el logro de los objetivos 2015-2030. En la Figura 21 se ilustra el marco estratégico del grupo empresarial.

**Figura 21. Marco Estratégico Grupo Empresarial 2015-2030**



Fuente: Intranet Ecopetrol. Marco Estratégico

Dentro del marco estratégico de la compañía la Superintendencia SOR se encuentra enfocada en el área de Producción. Los lineamientos estratégicos de Responsabilidad Corporativa y Consolidación Organizacional son direccionados por áreas transversales o del corporativo, las cuales brindan soporte a las unidades de negocio de “Crecimiento Rentable” buscando que la empresa pueda alcanzar integralmente las metas establecidas

#### **4.Crecimiento rentable**

Como en cualquier plan de negocios, en el Grupo Empresarial Ecopetrol la eficiencia de la gestión empresarial se mide, no solo por el crecimiento en capacidades y volúmenes, sino también por el crecimiento rentable. En la medida en que se alcancen estas metas, se cumplirá una parte importante de su promesa de valor a los accionistas y demás stakeholders.

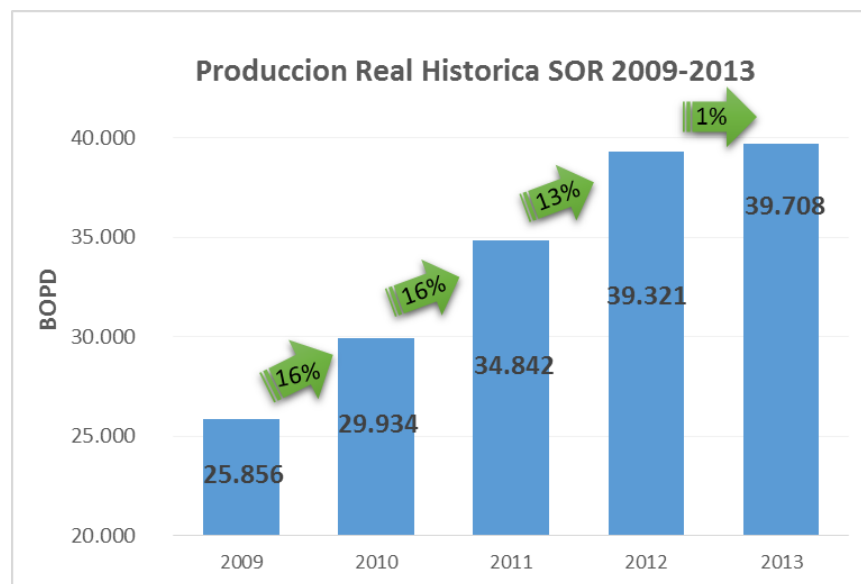
Lograr crecimiento rentable exige alta eficiencia en el uso del capital en los proyectos actuales, en las nuevas inversiones y a nivel global del negocio. La cadena de valor de Ecopetrol está compuesta por upstream, midstream y downstream, cada uno de los cuales tiene unos apalancadores propios que al final todos combinados determinan la capacidad de incrementar el margen de utilidad y la eficiencia del capital.

El crecimiento rentable de los campos de la Superintendencia de Operaciones del Rio se analiza a la luz de los principales apalancadores, tales como: producción, costos de desarrollo, costos de levantamiento y adición de reservas (relación producción/reservas)

#### 4.1 Producción de crudo y gas:

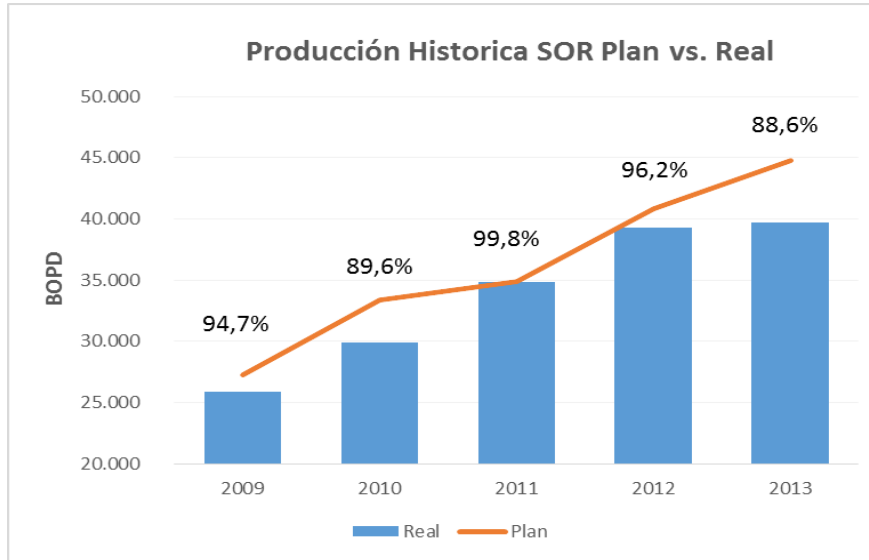
En los últimos años la producción de los campos de la Superintendencia ha aumentado significativamente, pasando la producción de 25856 BOPD en el 2009 a 39708 BOPD en el 2013, representando un 54% de crecimiento en 4 años, tal como se muestra en la Gráfica 3.

**Gráfica 3. Comportamiento histórico de la producción de los campos SOR**



Las cifras también evidencian que al comparar las metas Vs. logros, la SOR no ha logrado cumplir al 100% la meta en los últimos cinco años, en promedio ha estado un 6% por debajo del cumplimiento, tal como se observa en la Gráfica 4:

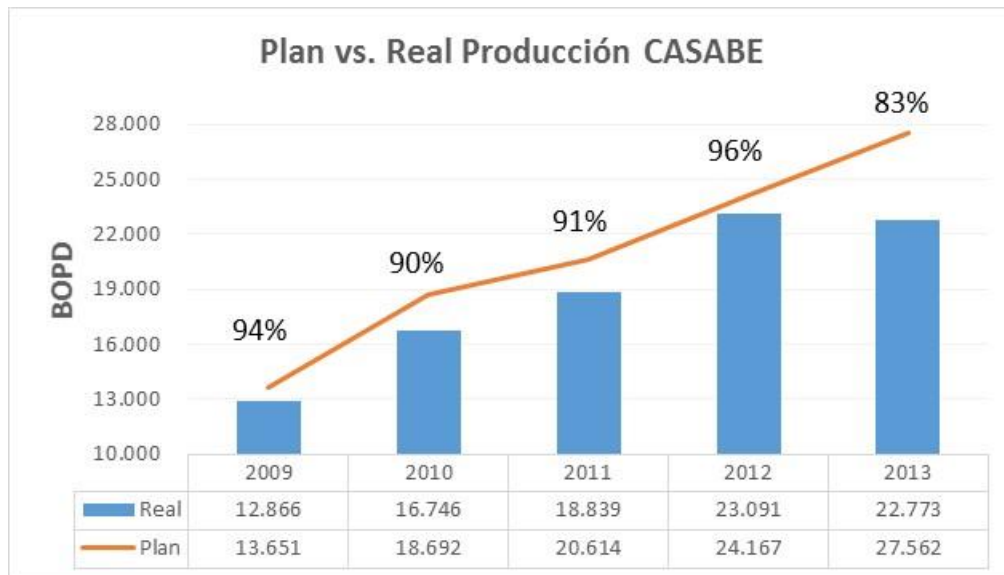
**Gráfica 4. Cumplimiento de la producción histórico de los campos SOR**



A continuación se detallan los resultados de producción para cada uno de los 3 Activos de la Superintendencia: Casabe, Yarigui Cantagallo y Cicuco.

**Activo Casabe**

**Gráfica 5. Comportamiento histórico de la producción Activo Casabe**



En la Gráfica 5 se observa que el Activo Casabe en los años 2009-2012 estuvo en promedio un 7% por debajo de la meta, y en el año 2013 un desempeño del 17% por debajo con un impacto de 4789BOPD menos de lo esperado. El crecimiento de producción de un año a otro fue representativo, aunque no se alcanzó la meta fueron crecimientos de producción muy importantes, 30%, 13% y 23% entre 2010 y 2012, sin embargo, el año 2013 se presentó un variación del -1% , marcando un resultado diferente al comportamiento de crecimiento que ha caracterizado al campo durante los últimos años. Las explicaciones operativas del desempeño histórico del activo se encuentran en la Tabla 9.

**Tabla 9. Explicaciones del cumplimiento histórico de producción Activo Casabe**

<b>AÑO/ ACTIVO</b>	<b>CASABE</b>
<b>2009</b>	% Cump: 94,3%
	Arenamiento en los pozos productores por problemas de inyección preferencial en los pozos inyectoros y cortes eléctricos.
<b>2010</b>	%Cump: 89,6%
	Problemas de alto BSW, continuos cortes eléctricos, bajos caudales de inyección e inundación del sector norte del campo Casabe.
<b>2011</b>	%Cump: 91,4%
	Bajos caudales de inyección en Casabe, incumplimiento en la campaña de perforación 2011, baja confiabilidad eléctrica y retraso en la entrada de la inyección temprana en Casabe Sur.
<b>2012</b>	%Cump: 95,5%
	Incumplimiento de los volúmenes de inyección esperados Casabe: cierres y regulaciones de pozos inyectoros por interferencia con productores y con trabajos de workover, por cercanía a pozos en perforación, por facilidades y por baja succión en la Planta de Inyección de Agua (PIA). Casabe Sur: inyección por retraso en la construcción de la PIA y al completamiento temporal de los pozos CBES-20 y CBES-21 como productores, los cuales se habían planteado inicialmente como inyectoros.
<b>2013</b>	%Cump: 82,6%
	Casabe: Diferida de producción por no cumplimiento de los pronósticos de inyección por retraso en la entrada de inyección de pozos inyectoros perforados y pozos productores nuevos produciendo por debajo del estimado inicial o con diferida operacional. Pozos productores en diferida por estabilización de producción y/o BSW, estudio de Ingeniería y/o control de producción, esperando intervención o con equipo y/o alto BSW. Casabe Sur: Baja inyectividad de los pozos y menor efecto por comportamiento no esperado de los patrones de inyección.

Fuente: Informe Técnico Anual para el Ministerio de Minas y Energía

## Activo Yarigui:

**Gráfica 6. Comportamiento histórico de la producción Activo Yarigui Cantagallo**



Durante los años 2009, 2010, 2012 y 2013 el cumplimiento de la meta estuvo con variaciones del -3% al -6% y en el año 2011 se presentó un crecimiento excepcional en la producción con un cumplimiento del 114% explicado por los efectos del proyecto de recuperación secundaria en el campo.

El crecimiento de la producción real cada año con respecto al año anterior ha estado entre el 1% y 5% y en el 2011 se obtuvo un crecimiento importante del 20%. Las explicaciones operativas del desempeño histórico del Activo se encuentran en la Tabla 10.

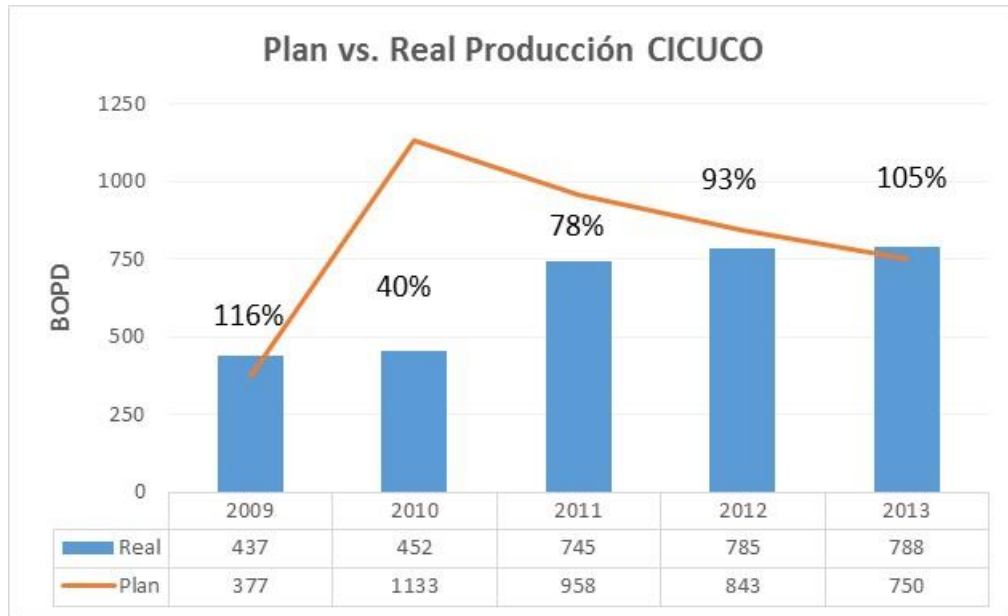
**Tabla 10. Explicaciones del cumplimiento histórico de producción Activo Yarigui-Garzas**

<b>AÑO/ ACTIVO</b>	<b>YARIGUI CANTAGALLO</b>
<b>2009</b>	% Cump: 94,5%
	Yarigui Cgo: Pérdida de productividad por incremento en la declinación del campo del 10% al 14%. Garzas: Estabilización de los pozos por la entrada en operación de la estación Garzas e improductividad de los pozos Gz-4 y Gz-7, y cortes eléctricos.
<b>2010</b>	%Cump: 93,7%
	Retraso de la campaña de perforación y reacondicionamiento de pozos.
<b>2011</b>	%Cump: 114,4%
	Los resultados estuvieron por encima de la meta con cumplimiento del 114%
<b>2012</b>	%Cump: 97,4%
	Yarigui Cgo: Cumplimiento del 44% en inyección de agua debido principalmente a la suspensión en los contratos de construcción de facilidades de superficie afectando el inicio de la inyección de agua en el sector Cantagallo y así la entrada de 5 pozos inyectoros del sector Puerto Wilches. Garzas: Retraso en campaña de completamiento y salida del equipo de workover por condiciones climáticas.
<b>2013</b>	%Cump: 97,8%
	Yarigui Cgo: La principal causa de este resultado fue la no perforación y entrada en producción de la campaña de 5 pozos planeados para la vigencia. Garzas: la cancelación de los trabajos de estimulación de la Vigencia 2012 en el campo Garzas.

Fuente: Informe Técnico Anual para el Ministerio de Minas y Energía

## Activo Cicuco

Gráfica 7. Comportamiento histórico de la producción Activo Cicuco



Los campos del Activo Cicuco pasaron en el año 2011 de ser operados por la Gerencia Campo Menores a la Gerencia Magdalena Medio.

En el 2011 la producción subió un 65% debido a la perforación del pozo Cicuco-39, el cual inició producción con 420BOPD y se estabilizó con 270BOPD. Este fue el último pozo perforado en el campo y hasta la fecha no se han desarrollado proyectos adicionales en este activo, los resultados de producción son de sostenimiento de la operación básica de los pozos existentes.

Las explicaciones operativas del desempeño histórico del Activo se encuentran en la Tabla 11.

**Tabla 11. Explicaciones del cumplimiento histórico de producción Activo Cicuco-Boquete**

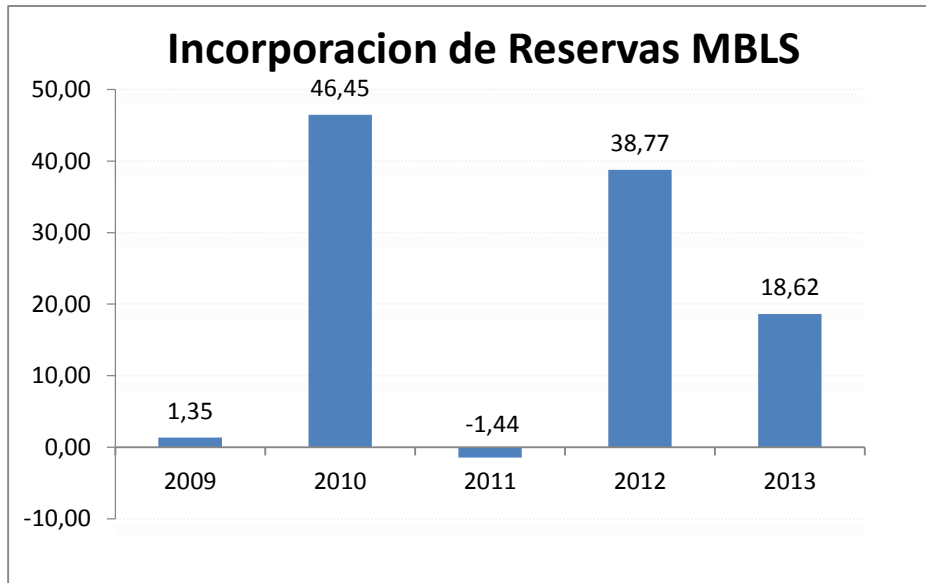
<b>AÑO/ ACTIVO</b>	<b>CICUCO-BOQUETE</b>
<b>2010</b>	%Cump: 39,9%
	El activo en este año estaba bajo la administración de otra Gerencia
<b>2011</b>	%Cump: 77,7%
	Baja producción del pozo Cicuco-29 y reprogramación de las campañas de estimulación y perforación.
<b>2012</b>	%Cump: 93,2%
	Cierre del campo Boquete por daño en uno de los compresores de Gas Lift.
<b>2013</b>	%Cump: 105%
	Los resultados estuvieron por encima de la meta con cumplimiento del 105%

Fuente: Informe Técnico Anual para el Ministerio de Minas y Energía

#### **4.2 Adición de reservas probadas**

La incorporación de reservas probadas ha aumentado en los últimos años de acuerdo a los nuevos proyectos madurados, el precio de petróleo y otras condiciones técnicas y económicas que afectan la rentabilidad de los proyectos y por ende la incorporación.

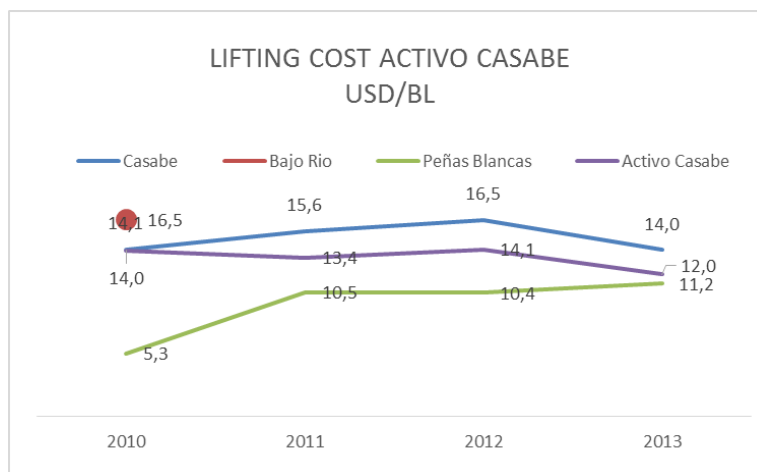
**Gráfica 8. Histórico incorporación de reservas SOR**



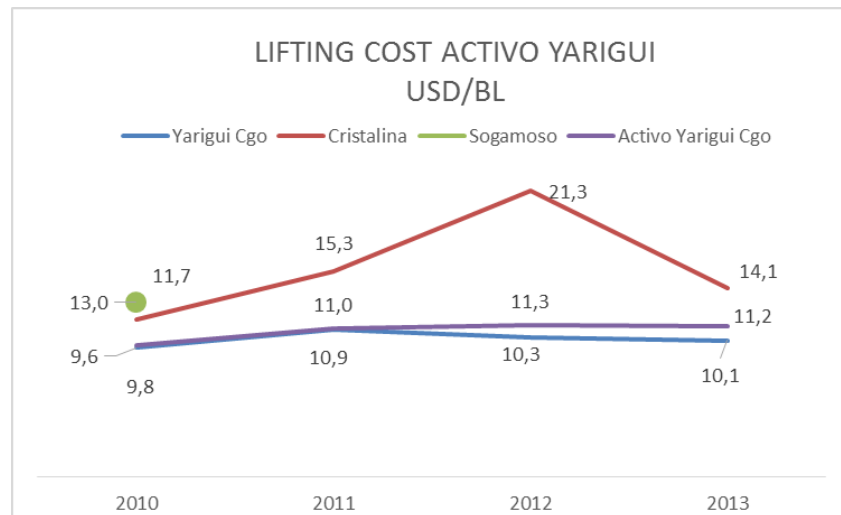
### 4.3 Costos de levantamiento

Los históricos de costos de levantamiento en los activos de la Superintendencia evidencia una optimización de costos a partir del 2013. Ver Gráfica 9. Sin embargo, el reto es grande y se evidencian muchas oportunidades de optimizar el costo operativo de estos campos.

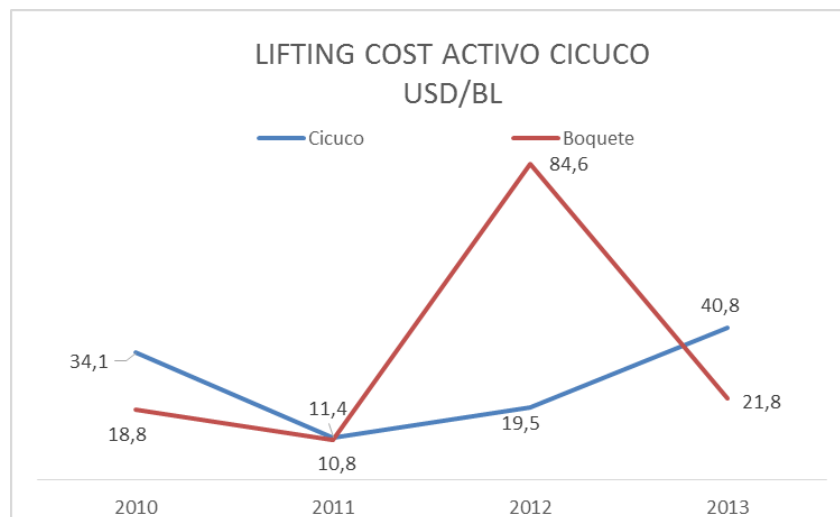
**Gráfica 9. Histórico de Costos de Levantamiento Activo Casabe**



**Gráfica 10. Histórico de Costos de Levantamiento Activo Yarigui**



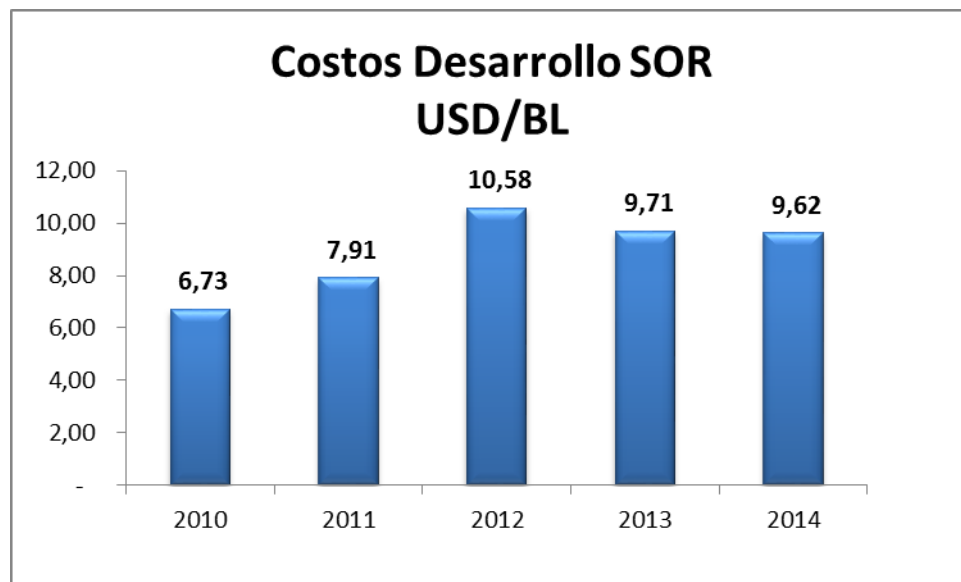
**Gráfica 11. Histórico de Costos de Levantamiento Activo Cicuco**



#### 4.4 Costos de desarrollo

En la Gráfica 12 están los costos de desarrollo históricos de 2010 a 2014 donde los costos oscilan entre 9 y 10 Usd/Bl para los proyectos de la Superintendencia de Operaciones del Río.

**Gráfica 12. Histórico de Costos de Desarrollo SOR**



## ANEXO G. Análisis bibliométrico Campos Maduros

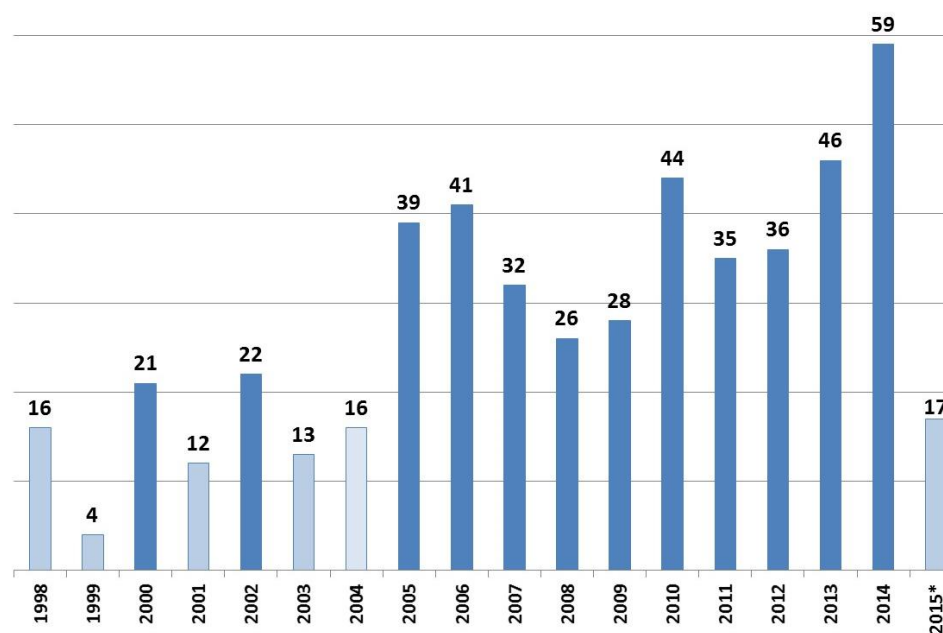
Base de datos: OnePetro / SPE

Período: 1998 a 2014.

Tipo de documentación: Artículos y Conferencias

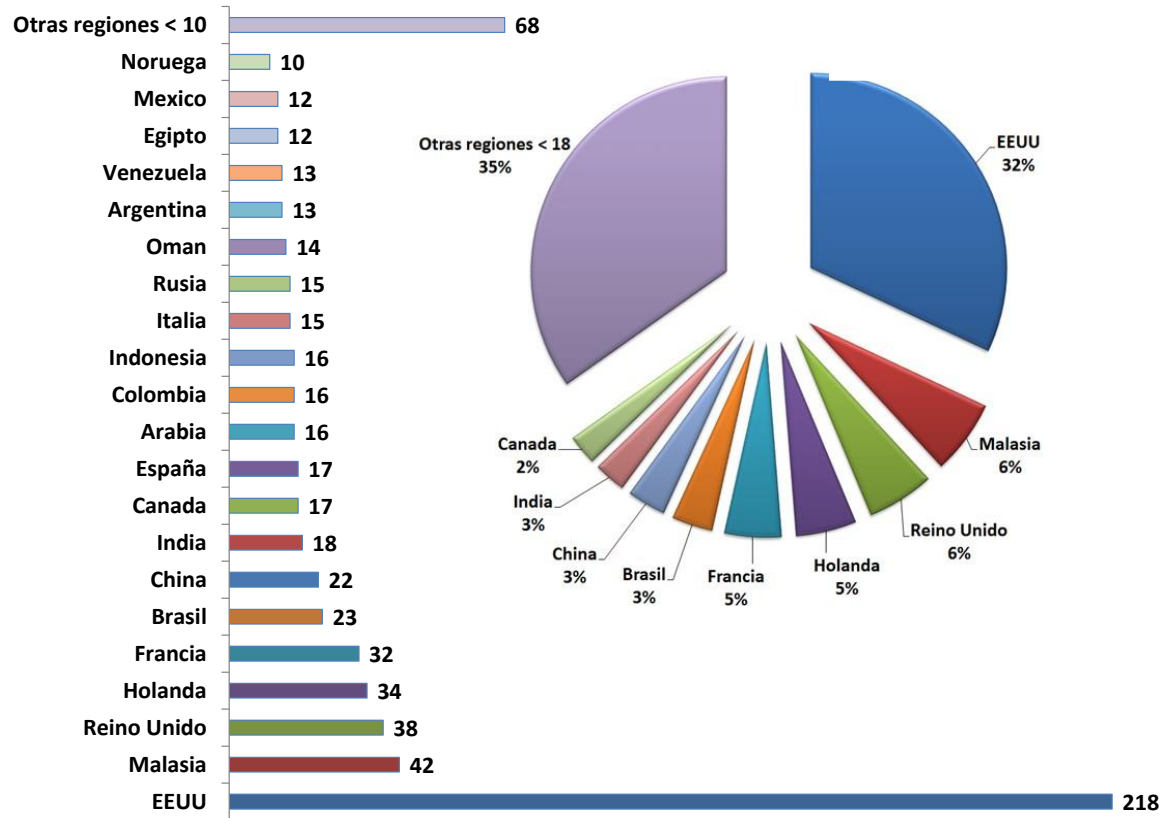
Número de registros: 507

**Gráfica 13. Producción de artículos por año**



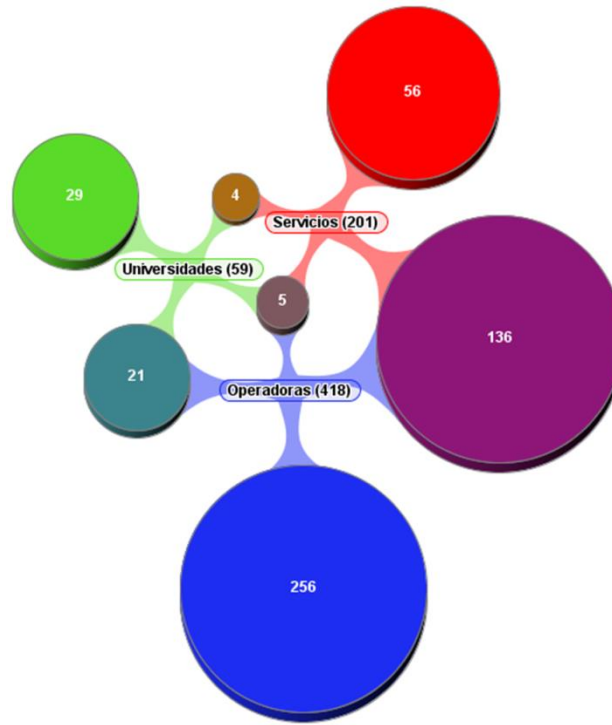
Desde 2010 se han producido en promedio más de 40 publicaciones anuales.

**Gráfica 14. Distribución por región de publicaciones**



Los países con la mayor producción de artículos científicos sobre campos maduros son Estados Unidos, Malasia y Reino Unido.

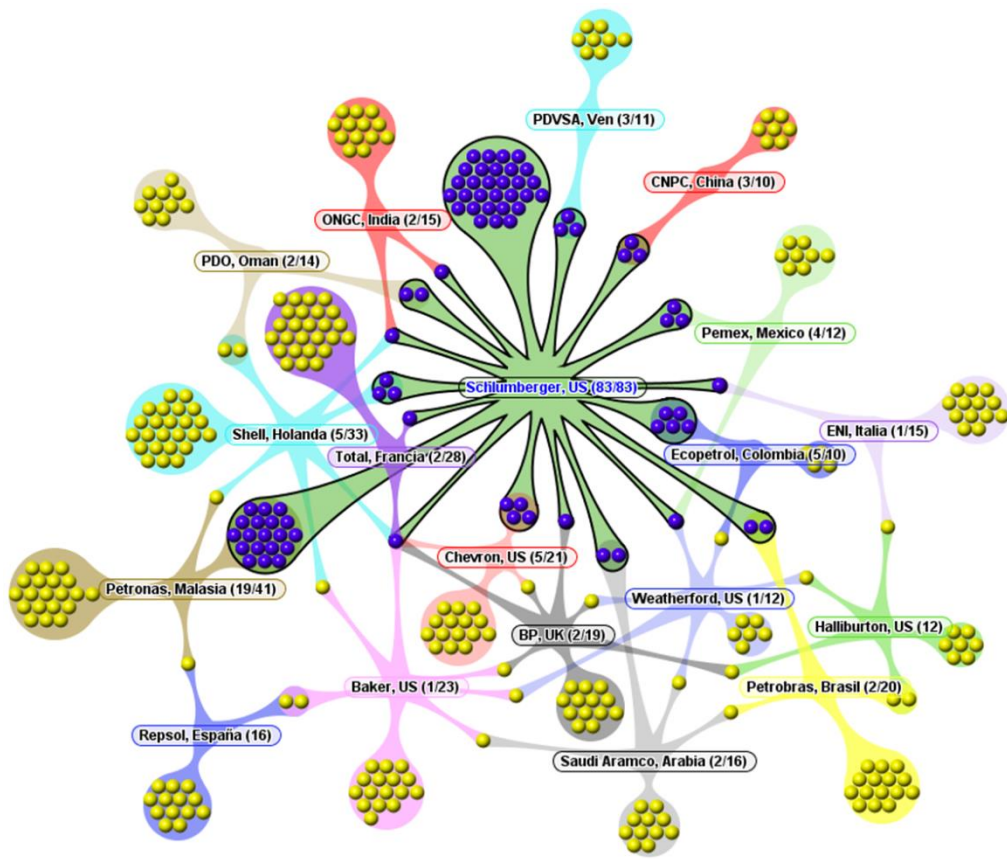
**Figura 22. Distribución por sector de publicaciones**



Las compañías operadoras presentan la mayor producción de artículos pero no trabajan solas, lo hacen con compañías de servicios para probar tecnologías específicas.



Figura 24. Instituciones líderes en producción de artículos Parte 2



Schlumberger (US), Petronas (Malasia), Shell (Holanda), y Total (Francia) tienen la mayor cantidad de publicaciones sobre campos maduros.

**Tabla 12. Producción de publicaciones de las instituciones líderes en el tiempo**

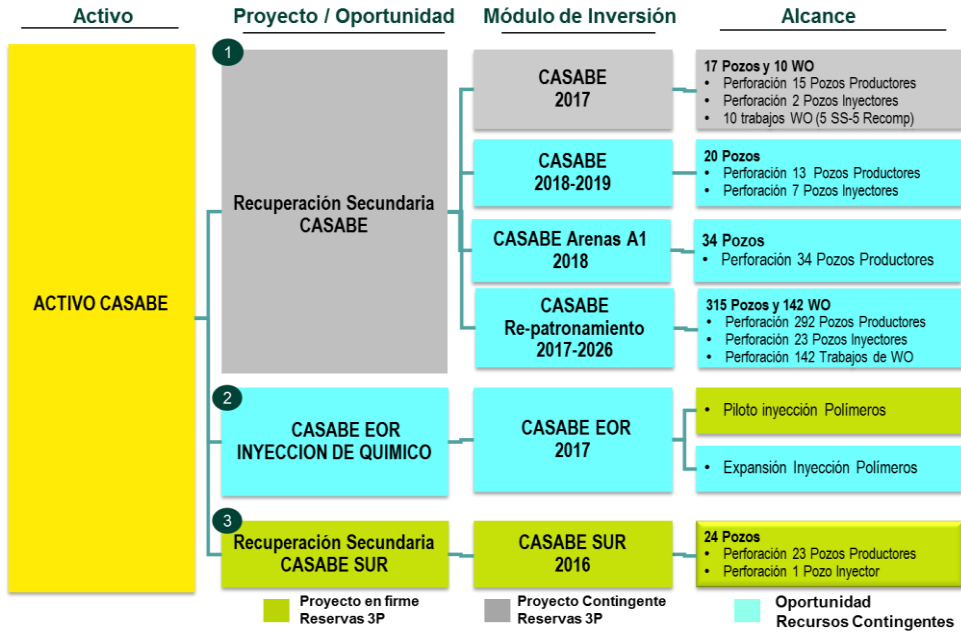
TOTALES	INSTITUCIONES	2010	2011	2012	2013	2014	2015
83	Schlumberger, US	4	9	5	11	11	2
41	Petronas, Malasia		5	1	5	14	1
33	Shell, Holanda	3	1	3	1	2	2
28	Total, Francia	1	4	2	1	5	
23	Baker, US	2	1	1		2	1
21	Chevron, US	1	2	2	3	2	1
20	Petrobras, Brasil	2				1	
19	BP, UK	3	1	2	3		
16	Repsol, España	1	1	1	1	3	
16	Saudi Aramco, Arabia	1	2	1		2	1
15	ENI, Italia	2		2	3	3	
15	ONGC, India	2		3	1		
14	PDO, Oman	1		3			
12	Halliburton, US	1		1	1	4	
12	Pemex, Mexico	2		2	1		2
12	Weatherford, US	1			2	2	1
11	PDVSA, Ven	1	1				
10	CNPC, China	1			5	1	
10	Ecopetrol, Colombia	2	1		2		

Durante los últimos años se ha incrementado la producción científica de temas relacionados con el desarrollo de campos maduros. Empresas como PDVSA, Petrobras, Ecopetrol, PDO tienden a presentar menos productividad científica en el tema.

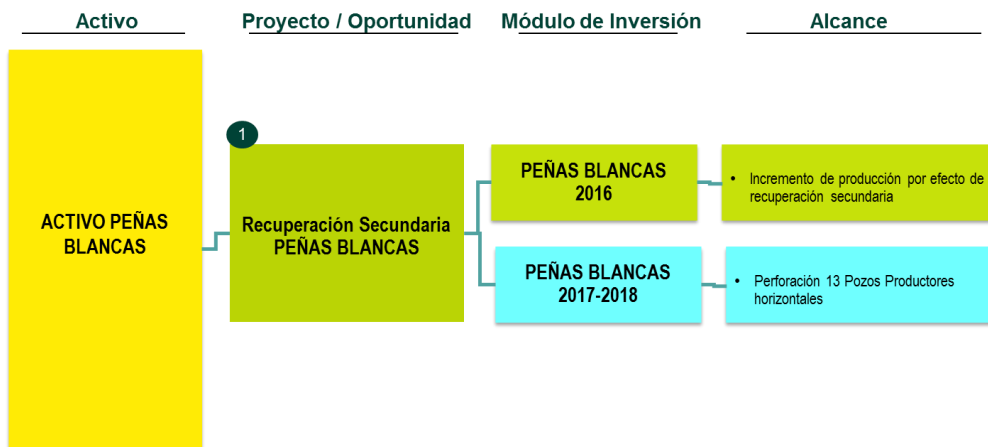


## ANEXO H. Inventario de proyectos por activo

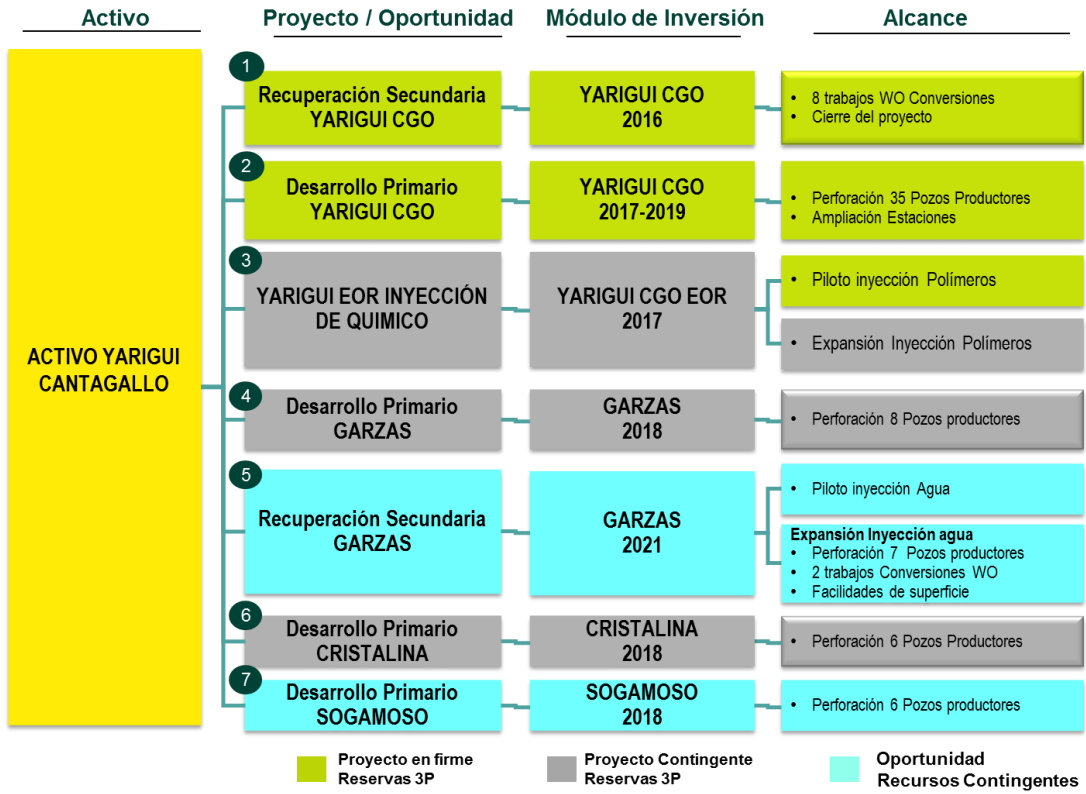
**Figura 26. Proyectos Activo Casabe (Campos Casabe Sur y Casabe)**



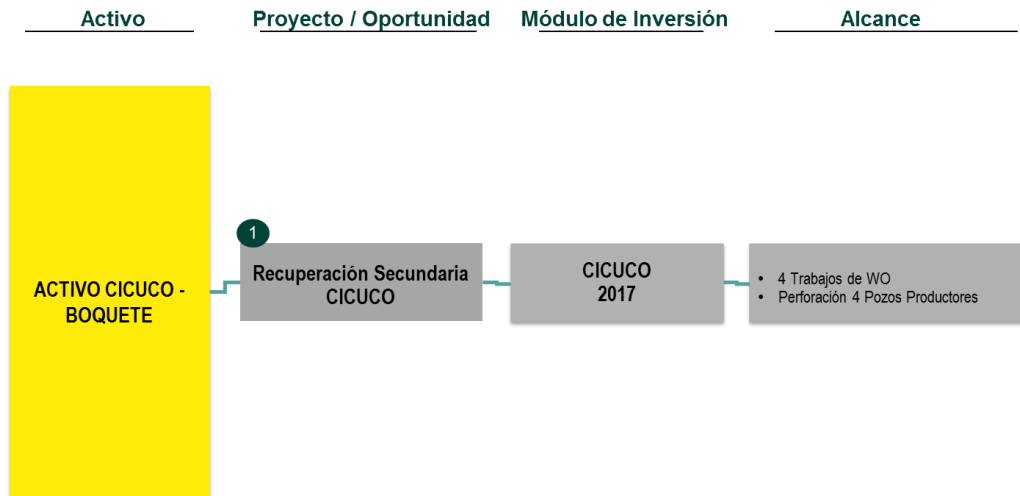
**Figura 27. Proyectos Activo Casabe (Campo Peñas Blancas)**



**Figura 28. Proyectos Activo Yarigui Cantagallo**

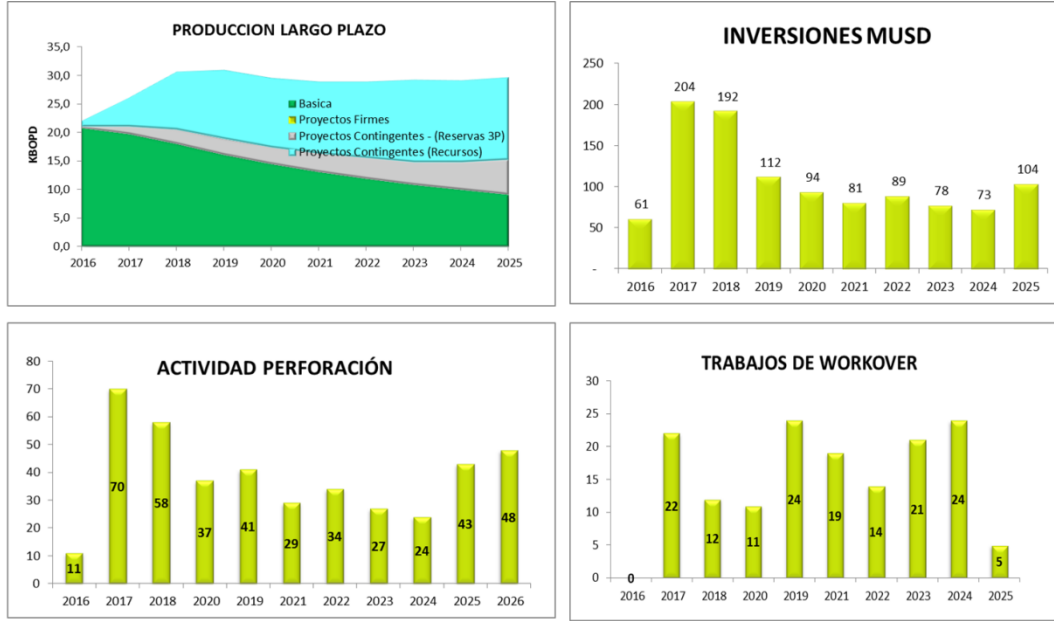


**Figura 29. Proyectos Activo Cicuco Boquete**

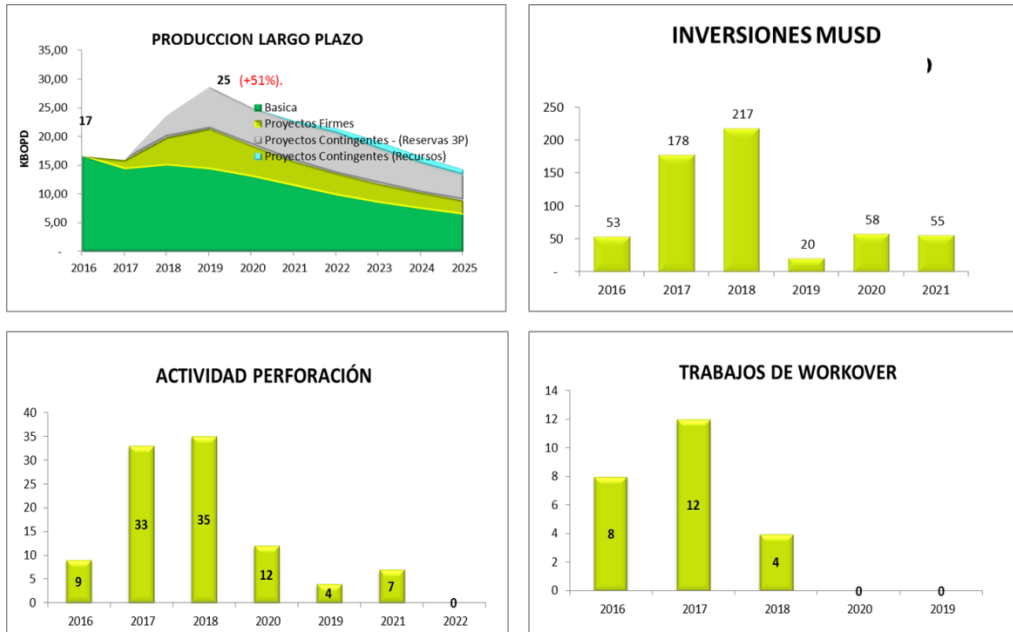


## ANEXO I. Plan de Crecimiento 2016-2025

**Figura 30. Plan de crecimiento inicial 2016-2025 Activo Casabe**



**Figura 31. Plan de crecimiento inicial 2016-2025 Activo Yarigui Cantagallo**



**Figura 32. Plan de crecimiento inicial 2016-2025 Activo Cicuco**

