

ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE LOS RIESGOS EN EL GRUPO DE PROCESOS  
DE SEGUIMIENTO Y CONTROL MEDIANTE EL PLAN DE ADMINISTRACIÓN  
DE RIESGOS (PAR) EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE INYECCIÓN  
DE AGUA (PIA) PARA LA SUPERINTENDECIA DE OPERACIONES DEL RÍO  
DE ECOPETROL S. A. EN EL MUNICIPIO DE PUERTO WILCHES,  
SANTANDER.

OLGA LUCIA VARGAS ESPINOSA

ESPECIALIZACION EN GERENCIA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE BUCARAMANGA

BUCARAMANGA ABRIL DE 2011

ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE LOS RIESGOS EN EL GRUPO DE PROCESOS  
DE SEGUIMIENTO Y CONTROL MEDIANTE EL PLAN DE ADMINISTRACIÓN  
DE RIESGOS (PAR) EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE INYECCIÓN  
DE AGUA (PIA) PARA LA SUPERINTENDECIA DE OPERACIONES DEL RÍO  
DE ECOPETROL S. A. EN EL MUNICIPIO DE PUERTO WILCHES,  
SANTANDER.

OLGA LUCIA VARGAS ESPINOSA

Proyecto presentado para optar al título de Especialista en Gerencia

ESPECIALIZACION EN GERENCIA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE BUCARAMANGA

BUCARAMANGA ABRIL DE 2011

## CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	
LISTA DE FIGURAS	
LISTA GRÁFICAS	
LISTA DE ANEXOS	
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCION .....	10
1. PRELIMINARES .....	12
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	12
1.1.1 Antecedentes .....	12
1.1.2 Planteamiento del Problema .....	13
1.1.3 Justificación del Problema .....	14
1.2 OBJETIVOS .....	15
1.2.1 Objetivo General .....	15
1.2.2 Objetivos Específicos .....	16
1.3 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
1.4 SINTESIS DEL PROYECTO .....	16
2. MARCO TEORICO.....	18
2.1 MARCO REFERENCIAL .....	21
2.1.1 Geográfico.....	21
2.1.2 Histórico.....	23
2.1.3 Legal – Ambiental.....	24
2.1.4 Conceptual.....	24
2.2 SUPUESTOS IMPLICITOS .....	25
3. METODOLOGÍA.....	27
3.1 POBLACIÓN.....	28
3.2 TECNICA DE OBSERVACIÓN.....	28
3.3 INSTRUMENTOS.....	29
3.4 TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	30
3.5 TECNICAS DE ANÁLISIS.....	30
4. ANALISIS CUALITATIVO-COMPARATIVO DE LA PROPUESTA.....	32
4.1 GESTIÓN DEL RIESGO.....	32
5. LECCIONES APRENDIDAS .....	47
6. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.....	55
6.1 RECURSOS HUMANOS.....	55
6.2 RECURSOS INSTITUCIONALES.....	55
6.3 PRESUPUESTO .....	56
6.4 TIEMPO.....	57
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
8. BIBLIOGRAFIA.....	59
9. GLOSARIO.....	60

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Seguimiento de riesgos	44
Tabla 2. Comportamiento del indicador	45
Tabla 3. Validación de brechas	50
Tabla 4. Presupuesto del desarrollo del trabajo	56

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Sistema de Inyección de Agua y extracción de petróleo	18
Figura 2. Sistema de Inyección Periférica	19
Figura 3. Sistema de Inyección Dispersa	20

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. TOTAL RIESGOS ENCONTRADOS MES A MES AÑO 2010 .....	33
Gráfica 2. DISTRIBUCIÓN GENERAL DEL RIESGO 2010 .....	33
Gráfica 3. DISTRIBUCIÓN GENERAL DEL RIESGO SEGÚN ESTADO.....	35
Gráfica 4. DISTRIBUCIÓN Y ESTADO DE LOS RIESGOS DE HSE Y SEGURIDAD FÍSICA .....	36
Gráfica 5. DISTRIBUCIÓN Y ESTADO DE LOS RIESGOS DE EJECUCIÓN Y MONTAJE.....	37
Gráfica 6. ESTADO DEL RIESGO LEGISLATIVO, NORMATIVO, CONTABLE Y TRIBUTARIO ....	38
Gráfica 7. ESTADO DEL RIESGO DE GERENCIAMIENTO DEL PROYECTO .....	38
Gráfica 8. ESTADO DEL RIESGO DE COMPRAS Y CONTRATACIÓN .....	38
Gráfica 9. ESTADO DEL RIESGO RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL .....	39
Gráfica 10. ESTADO DE LOS RIESGOS TÉCNICOS (ESTUDIOS E INGENIERÍA).....	39
Gráfica 11. ESTADO DEL RIESGO DE LOGÍSTICA Y TRANSPORTE .....	39
Gráfica 12. DISTRIBUCIÓN DE RIESGOS LATENTES MES POR MES AÑO 2010.....	40
Gráfica 13. DISTRIBUCIÓN DE RIESGOS MATERIALIZADOS AÑO 2010.....	41
Gráfica 14. DISTRIBUCIÓN DE RIESGOS MITIGADOS AÑO 2010.....	41
Gráfica 15. DISTRIBUCIÓN DE RIESGOS CERRADOS AÑO 2010.....	42
Gráfica 16. RIESGOS MATERIALIZADOS SEGÚN ESTADO.....	43
Gráfica 17. RIESGOS MATERIALIZADOS SEGÚN VALORACIÓN MATRIZ DE RIESGOS.....	43
Gráfica 18. WBS LECCIONES APRENDIDAS-CONSTRUCCIÓN PIA .....	48
Gráfica 19. CRONOGRAMA DE LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO DE GRADO. ....	57

## **LISTA DE ANEXOS**

**ANEXO 1.** PLAN DE ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS

**ANEXO 2.** IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE RIESGOS

**ANEXO 3.** MATRIZ DE RIESGOS

**ANEXO 4.** INFORME REUNIÓN 1. Informe de Seguimiento y Control Gestión de Riesgos.

**ANEXO 5.** INFORME REUNIÓN 2. Informe de Seguimiento y Control Gestión de Riesgos.

**ANEXO 6.** INFORME REUNIÓN 3. Informe de Seguimiento y Control Gestión de Riesgos.

**ANEXO 7.** INFORME REUNIÓN 4. Informe de Seguimiento y Control Gestión de Riesgos.

**ANEXO 8.** INFORME REUNIÓN 5. Informe de Seguimiento y Control Gestión de Riesgos.

**ANEXO 9.** INFORME REPORTE No. 3. Informe de Seguimiento y Control Gestión de Riesgos.

**ANEXO 10.** INFORME REPORTE No. 4. Informe de Seguimiento y Control Gestión de Riesgos.

**ANEXO 11.** INFORME REPORTE No. 5. Informe de Seguimiento y Control Gestión de Riesgos.

## **RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE LOS RIESGOS EN EL GRUPO DE PROCESOS DE SEGUIMIENTO Y CONTROL MEDIANTE EL PLAN DE ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE INYECCIÓN DE AGUA PARA LA SUPERINTENDECIA DE OPERACIONES DEL RÍO DE ECOPETROL S. A. EN EL MUNICIPIO DE PUERTO WILCHES, SANTANDER.

**AUTOR(ES):** OLGA LUCIA VARGAS ESPINOSA

**FACULTAD:** Esp. En Gerencia

**DIRECTOR(A):** FRANCISCO JAVIER MONTOYA HERRERA

### **RESUMEN**

ECOPETROL S.A., tiene ambiciosos planes de crecimiento, con una meta de producción de un millón de barriles de crudo diarios por lo que aumentó sus actividades de exploración mediante la recuperación secundaria de sus campos de producción. Al plan de recuperación pertenece el campo Yariguí-Cantagallo que en los años 2004-2005 recopila, analiza y estudia información, obteniendo un modelo de recuperación mediante inyección de agua a nivel de yacimiento. ECOPETROL cuenta con un Modelo de Maduración de Gestión de Proyectos, que emite directrices para el control de los mismos; en la construcción de la Planta se evidenciaron problemas presupuestales, vencimiento de tiempos, materialización de riesgos previstos y no previstos, entre otros. El objeto del trabajo es gestión de los riesgos, con el fin de identificar posibles causas que han generado diferencias entre lo que se planeó por parte de ECOPETROL S.A y lo que se ejecutó por la firma contratista encargada de la construcción; el análisis que se hará desde la Gestión de Riesgos de proyectos conceptualizados por el PMI. El trabajo es de carácter académico, cuyo fin es identificar falencias que han llevado al proyecto al desfase actual. La ausencia de un gerenciamiento del riesgo durante la construcción de la planta de inyección de agua, fue la motivación para el desarrollo del presente estudio en pro de hacer un aprendizaje corporativo, que facilite el desarrollo de proyectos similares y minimice la materialización de los riesgos. Se analizará la gestión de los riesgos en el grupo de procesos de seguimiento y control mediante el Plan de Administración de Riesgos, en la construcción de la planta de inyección de agua y se generarán lecciones aprendidas, con el fin de capitalizar experiencias, en proyectos futuros similares dentro de la organización.

### **PALABRAS CLAVES**

Gestión riesgos grupo de procesos seguimiento-control; Planta Inyección de Agua

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## GENERAL SUMMARY OF THE JOB GRADE

TITLE ANALYSIS OF RISK MANAGEMENT IN PROCESS MONITORING AND CONTROL'S GROUP BY THE RISK MANAGEMENT PLAN IN THE CONSTRUCTION OF WATER PLANT INJECTION TO THE OPERATIONS SUPERINTENDENCY OF THE RIVER IN ECOPETROL S.A... ON THE MUNICIPALITY OF PUERTO WILCHES, SANTANDER

AUTHOR (S): OLGA LUCIA VARGAS ESPINOSA

FACULTY: ESP IN MANAGEMENT

DIRECTOR (A): FRANCISCO JAVIER MONTOYA HERRERA

### SUMMARY

ECOPETROL SA, has ambitious growth plans, with a production target of one million barrels a day by which increased its exploration activities through the secondary recovery of its production fields. To the recovery plan belongs the field Yariguí- Cantagallo which in the years 2004-2005 collects, analyzes and studies information, obtaining a model of recovery by water injection to reservoir level. ECOPETROL has a Maturity Model Project Management, which publish b guidelines for the control thereof, in the construction of the plant budget problems were observed, due of time, realization of anticipated and unanticipated risks, among others. The object of the labor is risk management, in order to identify possible causes behind differences between what was planned by ECOPETROL SA and what was executed by the contracting firm responsible for the construction, the analysis that will from the Risk Management project conceptualized by the PMI. The work is academic in nature, aiming to identify weaknesses that have led the project to the existing gap. The absence of a risk management during the construction of the water injection plant, was the motivation for the development of this study in favor of making corporate learning, wich facilitate the development of similar projects and minimize the risk's materialize. It will analyze the risk's management in the group of monitoring and control processes through the Risk's Management Plan, in the construction of water injection plant and generate learned lessons, with the propuse of create experiences to capitalize on future projects similar within the organization

### KEY WORDS

Risk management group monitoring process-control; Ground Water Injection

V ° B ° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

## INTRODUCCIÓN

Es sugestivo pensar que la Administración y Gestión de Proyectos es una técnica innovadora, aun cuando podemos reconocerla como una disciplina relativamente nueva, la verdad es que sus conceptos fundamentales datan de finales del siglo XIX<sup>1</sup> en respuesta a los retos organizacionales, presupuestales, entre otros, exigidos por las enormes obras de infraestructura iniciadas en la época por los países de acelerado crecimiento económico.

No obstante, las mega obras y las grandes inversiones poco comunes en esa época son hoy por hoy más habituales y menos exclusivas de gobiernos o estados; el crecimiento de la economía y la globalización de la misma, estimularon a las empresas a crear organizaciones más complejas y a observar técnicas que les garantizara un crecimiento sostenido.

La conceptualización en la Gestión, Administración y Control de los Proyectos, que tomó fuerza para la segunda mitad del siglo XX con la creación del Project Management Institute (PMI) dio un sinnúmero de respuestas a las empresas que buscaban asegurar su crecimiento; la facilidad y adaptabilidad a diferentes modelos de negocio de los conceptos dados por el PMI, han hecho de esta técnica la más usada por las empresas a nivel mundial.

De igual forma esta práctica ha sido usada y adaptada por diferentes compañías colombianas, entre ellas ECOPETROL S.A., que para el año 2005 finalizó la primera versión del Modelo de Maduración y Gestión de Proyectos (MMGP), “su

---

<sup>1</sup> <http://office.microsoft.com/es-es/project-help/historia-breve-de-la-administracion-de-proyectos-HA001135342.aspx>

versión del PMBOK para el modelo del negocio dentro de la empresa”, modelo con el cual la petrolera Colombiana planea, organiza, ejecuta, controla y pone en marcha, todos los proyectos de inversión con los que pretende en la próxima década convertirse en la empresa de referencia en el negocio de hidrocarburos y combustibles en el país.

Con lo anterior y teniendo como premisa que la Dirección de Proyectos es la metodología que ayuda a gestionar e impulsar los cambios necesarios para lograr ventajas competitivas; se analizará un proyecto gestado por ECOPETROL S.A. bajo la dirección de la Superintendencia de Operaciones del Río, la construcción de una Planta de Inyección de Agua (PIA) en el municipio de Puerto Wilches (Santander); desde la perspectiva de la Gestión del Riesgo en el grupo de procesos de seguimiento y control, estructurada por el Modelo Maduración y Gestión de Proyectos de ECOPETROL S.A.

## 1. PRELIMINARES

### 1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. Antecedentes: En el año 2003 el Gobierno Colombiano autoriza un cambio organizacional en la Empresa Colombiana de Petróleos<sup>2</sup>, con el ánimo de internacionalizarla y hacerla más competitiva, decide convertir la estatal petrolera en una empresa pública por acciones, permite el ingreso de capital privado, libera responsabilidades estatales y le da mayor autonomía de funcionamiento, nace ECOPETROL S.A.

Hoy la empresa tiene ambiciosos planes de crecimiento, entre estos, se ha trazado la meta de producción de un millón de barriles de crudo diarios por lo que la compañía aumentó sus actividades de exploración y ha gestado proyectos para la recuperación secundaria y terciaria de sus campos de producción petrolera.

De este plan de recuperación hace parte el campo Yariguí<sup>3</sup> -Cantagallo perteneciente a la Superintendencia de Operaciones del Río SOR, de la Gerencia Magdalena Medio, quien durante los años 2004 y 2005 hace la recopilación, análisis y estudio de la información obteniéndose un modelo de recuperación del campo a través de la inyección de agua a nivel de yacimiento.

En el año 2007 se inscribe y se aprueba en portafolio la construcción de una Planta de Inyección de Agua (PIA) para el campo Yariguí-Cantagallo en el municipio de Puerto Wilches (Santander), en el año 2008 se finaliza la ingeniería conceptual del proyecto y se sanciona la Fase II de maduración del proyecto de Inyección, el 27 de junio del 2008 se recibe la ingeniería básica de la Planta de

---

<sup>2</sup> <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=32&conID=36271>

<sup>3</sup> Nombre del asentamiento indígena presente en el municipio de Pto. Wilches y gran parte del Magdalena Medio.

Inyección, con la cual se presenta en comité de Fase III la primera fase de inyección 35.000 Barriles de Agua Por Día (BWPD) conservando la filosofía de Inyección de la Fase II; en el año 2009 se tramita control de cambios moviendo fecha de finalización de primera fase de diciembre del 2008 a diciembre del 2009. Se madura en fase III la segunda fase del proyecto (105.000 Barriles de Agua Por Día BWPD).

El periodo de ejecución del proyecto se estimó para los años 2007 – 2010.

1.1.2. Planteamiento del Problema: La Gestión y Administración de Proyectos es una técnica que permite diagnosticar y controlar variables que pueden determinar el éxito o fracaso de iniciativas empresariales, así mismo, el considerar la empresa como el organismo de un ser humano implica que para que un negocio pueda sobrevivir y prosperar, todas sus piezas funcionales deben trabajar en conjunto hacia objetivos o proyectos específicos.

*ECOPETROL somos todos*; es una prueba de cómo ECOPETROL S.A. comparte la definición de empresa como un organismo; de igual forma, la compañía tipifica todas las contrataciones para ejecución de obras o prestación de servicios como proyectos, cuenta con una Gerencia de Proyectos y tiene en su Modelo de Maduración de Gestión de Proyectos, MMGP, todas las directrices para el control de los mismos, esto evidencia el compromiso corporativo con esta disciplina.

Sin embargo, aun cuando las técnicas ofrecidas por el PMI buscan el máximo de control sobre todo tipo de proyectos, existen diferencias significativas entre lo que se planea y lo que se ejecuta; es común para los proyectos de pequeño, mediano o gran presupuesto dentro de ECOPETROL S.A, la aprobación de mayores cantidades de obras, obras adicionales entre otras figuras contractuales que tiene la empresa para dar cumplimiento al alcance los proyectos iniciados.

Este es el caso de la construcción de la Planta de Inyección de Agua para el Campo Yariguí-Cantagallo, donde se han evidenciado problemas presupuestales, vencimiento de tiempos, materialización de riesgos previstos y no previstos, entre otros.

El objeto de este trabajo es hacer un análisis del proyecto, con el fin de identificar posibles causas que han generado las diferencias entre lo que se planeó por parte de ECOPETROL S.A y lo que se ejecutó por parte de la firma contratista encargada de la construcción; análisis que se hará desde la perspectiva de la Gestión de Riesgos de proyectos conceptualizados por el PMI.

1.1.3. Justificación del Problema: El presente trabajo es de carácter académico, cuyo alcance no es hacer señalamiento, sino identificar falencias que han llevado al proyecto al desfase actual.

Durante el proceso de la construcción de la planta de inyección de agua, se evidenció que el desarrollo y la implementación del Plan de Administración de Riesgos, acompañado de una buena gestión del riesgo, al inicio del proyecto, tiene efectos favorables para el mismo, dentro de los que se pueden mencionar:

- ✓ Durante el período de planeación se identifican riesgos en las actividades iniciales a realizar, permitiendo ampliar y/o mejorar el pre-alistamiento del proyecto.
- ✓ Se asigna al proyecto los recursos económicos en función de mitigar los riesgos identificados en la planeación, para dar cumplimiento a los objetivos fijados para el desarrollo del proyecto.

- ✓ Se disipará el problema de sobre ejecución del proyecto en materia de costos y tiempo, al contar con un PAR actualizado a cada una de las diferentes situaciones que presente el proyecto.
- ✓ Los resultados económicos y financieros del proyecto deberán mejorar, como consecuencia directa de un gerenciamiento del riesgo, que permita predecir situaciones antes que éstas se materialicen.
- ✓ Aumenta la rentabilidad del proyecto permitiendo su finalización y entrega dentro del cronograma inicial, consiguiendo la acumulación de capital con la puesta en marcha de la inyección de agua a los pozos inyectores y la posterior producción de crudo.

La evidente ausencia de un gerenciamiento del riesgo durante la construcción de la planta de inyección de agua, sumado a los aspectos favorables que ésta tiene para un proyecto fueron las motivaciones que llevaron al presente estudio en pro de hacer un aprendizaje corporativo, que facilite contrataciones y desarrollo de proyectos similares y minimice la materialización de los riesgos de proyectos futuros.

## **1.2. OBJETIVOS**

1.2.1. Objetivo General: Analizar la gestión de los riesgos en el grupo de procesos de seguimiento y control mediante el Plan de Administración de Riesgos (PAR)<sup>4</sup> en la construcción de la planta de inyección de agua (PIA) para la Superintendencia de Operaciones del Río de ECOPEPETROL S.A. en el municipio de Puerto Wilches, Santander.

---

<sup>4</sup> Ver anexo No. 1 Plan de Administración de Riesgos

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Analizar el Plan de Administración de Riesgos, e identificar los riesgos materializados y no contemplados<sup>5</sup> durante la construcción de la Planta de Inyección de Agua de Isla VI, en la fase 4 del Modelo de Maduración de Gestión de Proyectos de ECOPETROL S.A.
- ✓ Evidenciar la actualización del Plan de Administración de Riesgos (PAR) de la Planta de Inyección de Agua, por medio de la Matriz de Riesgos<sup>6</sup> y con la participación de los Stakeholder del proyecto.
- ✓ Generar lecciones aprendidas<sup>7</sup>, con el fin de capitalizar experiencias, en proyectos futuros similares dentro de la organización.

### 1.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La mayor limitación fue la disponibilidad de la información requerida, dado que ésta forma parte de los procesos internos de ECOPETROL S.A., por lo que antes de ahondar en el tema, se aseguraron todas las autorizaciones requeridas.

### 1.4. SÍNTESIS DEL PROYECTO

Por el no seguimiento en un 100% del Modelo de Maduración de Gestión de Proyectos MMGP, durante el desarrollo de la construcción de la Planta de

---

<sup>5</sup> Ver anexo No. 2 Identificación y Valoración de Riesgos

<sup>6</sup> Ver anexo No. 3 Matriz de Riesgos

<sup>7</sup> Ver Capítulo 5 Lecciones Aprendidas

Inyección de Agua PIA, se ha evidenciado a través del Análisis del Plan de Administración de Riesgos (PAR), la materialización de riesgos que han generado sobrecostos al proyecto.

El trabajo se basa en el planteamiento de buenas prácticas que le permita a ECOPETROL S.A. aplicar el Modelo de Maduración de Gestión de Proyectos (MMGP) acompañado de un buen Gerenciamiento del Riesgo y del Costo en futuros proyectos de la Superintendencia de Operaciones del Río de ECOPETROL S.A.

## 2. MARCO TEÓRICO

La inyección de agua tiene origen en el año 1865, curiosamente se produjo de forma accidental cuando el flujo de agua de acuíferos poco profundos relacionados a yacimientos y acumulaciones de aguas superficiales, a través de las formaciones petrolíferas penetraba hasta el intervalo productor en los pozos que ya se habían perforado y aumentaba la producción de pozos vecinos.

Cabe destacar que hoy en día más de la mitad de la producción mundial de petróleo se logra gracias a la inyección de agua, siendo este el principal método de recuperación secundaria.

En la formación básicamente lo que ocurre es lo siguiente:

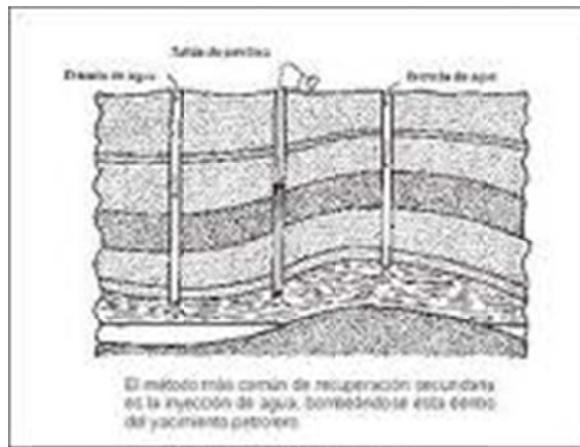


Figura 20. Recuperación por inyección de agua.

Figura 1. Sistema de Inyección de Agua y extracción de petróleo<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Tomado de [www.preparatoriaabierta.com.mx](http://www.preparatoriaabierta.com.mx)

El agua proveniente de un pozo inyector, penetra entre los poros de la roca saturada con petróleo y lo empuja hacia las zonas de menor presión, es decir hacia el pozo productor. De esta forma se logra la producción a través de la inyección de agua.

Profundizando más en el tema, se puede resaltar que la inyección de agua puede llevarse a cabo de dos formas de acuerdo con la posición de los pozos inyectores y los productores:

- a) Inyección Periférica: este método consiste en la inyección de agua en el área externa de la zona de petróleo a través de pozos inyectores cuya profundidad debe ser la adecuada para que el agua sea añadida al acuífero relacionado al yacimiento y de esta forma aumentar su influencia en la producción, así:

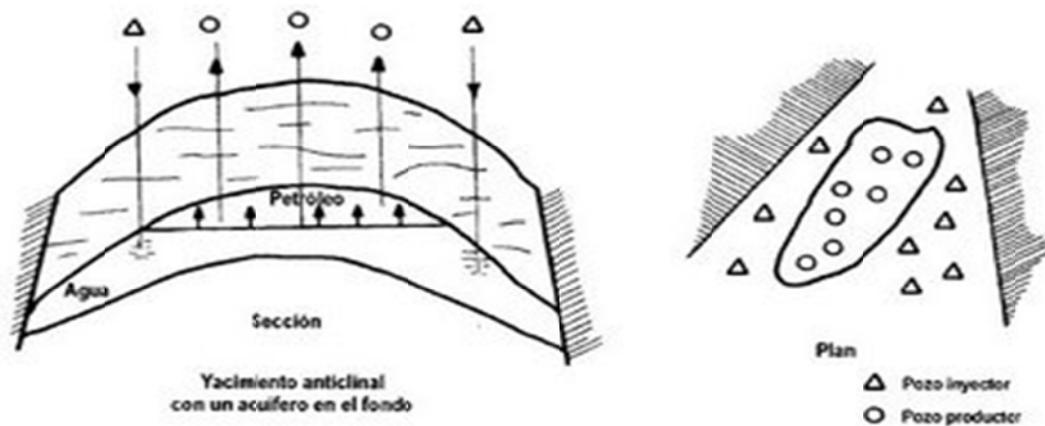


Figura 2. Sistema de Inyección Periférica<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Tomado de [www.blog-petrolero.blogspot.com](http://www.blog-petrolero.blogspot.com)

Este tipo de inyección se realiza cuando no se tiene una buena descripción del yacimiento, por esta razón presenta varias desventajas como la incapacidad de realizar un seguimiento detallado del flujo de la invasión, el lento proceso invasión-desplazamiento y en el peor de los casos el método puede fallar por no existir una conexión adecuada entre la periferia y la zona de petróleo.

Por otro lado presenta varias ventajas como la mínima cantidad de pozos usados puesto que viejos pozos pueden ser usados como inyectores recudiendo así la inversión económica, además de la excelente relación de producción petróleo-agua que se logra si existe una conexión adecuada entre la periferia y la zona de petróleo.

- b) Inyección Dispersa: este método consiste en la inyección de agua dentro de la zona de petróleo, generando así el desplazamiento de los fluidos presentes en el área hacia los pozos productores que están posicionados en arreglo geométrico con respecto a los inyectores.

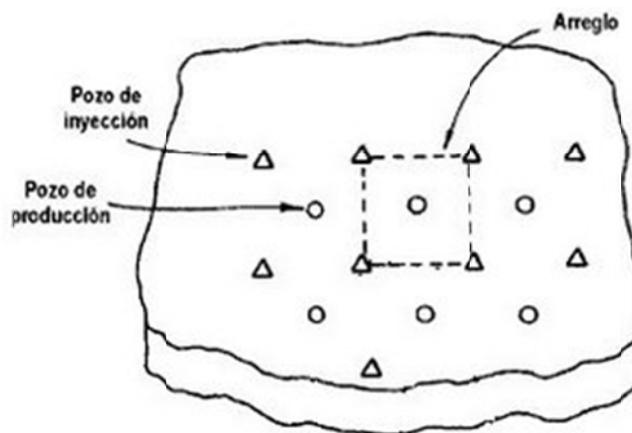


Figura 3. Sistema de Inyección Dispersa<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Tomado de [www.blog-petrolero.blogspot.com](http://www.blog-petrolero.blogspot.com)

El arreglo de pozos tanto productores como inyectores dependerá de los límites del yacimiento así como de propiedades tales como permeabilidad y porosidad que presente el mismo.

Este método presenta una serie de ventajas bastante interesantes como la rápida respuesta a la estimación del yacimiento, volumen considerable de petróleo recuperado en poco tiempo y el fácil control y seguimiento del flujo de invasión en la formación.

Pero como todo método también tiene sus desventajas, la principal es la considerable inversión económica que requiere debido a la cantidad de pozos usados, además de mayor requerimiento de recursos humanos puesto que se debe tener un mayor control y seguimiento en todo el proceso.

## **2.1. MARCO REFERENCIAL**

2.1.1. Geográfico: El Municipio de Puerto Wilches se encuentra a una altura promedio de 75 metros sobre el nivel del mar, se caracteriza por ser una zona bastante cálida y húmeda, su temperatura es de 33°. La precipitación media anual (PMA) es de 3.104,5 mm y la precipitación media mensual (PMM) es de 258.7mm.

En época de verano el Río Grande de la Magdalena reduce considerablemente su nivel de agua hasta en un 100%, conllevando a que personas que dependen de estas vías de comunicación se vean perjudicadas por la dificultad del transporte fluvial y al mismo tiempo sus actividades económicas se frustren.

La mayor parte del territorio es plano con algunas ondulaciones, orillales bajos, terrazas, pantanos y ciénagas.

Las actividades agrícolas y agropecuarias se ubican en zonas con características geográficas y biofísicas diferentes, determinándose así zonas definidas en cuanto a su uso actual y potencialidad.

La actividad económica se fundamenta en la agricultura y gira alrededor del cultivo de la palma de aceite, que es la respuesta a un ejercicio de planeación agroecológico efectuado hace más de cuarenta años y se ubica en la zona sur.

Geofísicamente la característica más importante de la zona Norte, es la presencia de humedales y cuerpos de agua, que desde el centro del Municipio se van intensificando hacia el norte, derivándose en estos, una alta potencialidad para la producción de especies de agua y anfibias.

En la zona norte se cultiva maíz y plátano de manera tradicional, ignorando toda la potencialidad de riqueza ictiológica. Predominan las llanuras aluviales y varios niveles de terraza, sometidas a inundaciones periódicas, que conlleva a una fertilidad mediana en las tierras altas, y muy propensa en la zona de vega y rivera de los ríos. Los suelos presentan escasa erosión.

Los límites del municipio de Puerto Wilches son:

- ✓ ORIENTE: Municipio de Sabana de Torres, que en tiempo pasado.
- ✓ OCCIDENTE: Río Magdalena
- ✓ NORTE: Río Lebrija
- ✓ SUR: Río Sogamoso

2.1.2. Histórico: El petróleo es la fuente de energía más importante del mundo, mantener altos niveles en la producción de crudo es tan importante como la capacidad misma de refinarlo y transformarlo a otros productos, sin embargo en el modelo del Upstream las empresas enfrentan retos para mantener los niveles de producción, razón por la cual se ha creado métodos para aumentar la producción en los pozos y favorecer el factor de recobro en la producción de hidrocarburos.

En Colombia la industria afronta los mismos retos, por lo que ha adoptado soluciones ya consolidadas a nivel mundial para mantener la productividad, empresas como PETROBRAS-COLOMBIA LIMITED, BP EXPLORATION COMPANY y ECOPETROL S.A. usan plantas de inyección de agua como una alternativa para mantener dicha productividad, aquí algunas de las plantas construidas en Colombia.

- ✓ Planta de Inyección de agua Campo Casabe – ECOPETROL S.A. (Yondó– Antioquia)
- ✓ Planta de Inyección de agua Campo Tello – ECOPETROL S.A. (Neiva–Huila)
- ✓ Planta de Inyección de agua Campo Balcón – ECOPETROL S. A. (Neiva– Huila)
- ✓ Planta de Inyección de agua Campo San Francisco – ECOPETROL S.A. (Neiva – Huila)
- ✓ Planta de Inyección de agua Campo Cusiana – BP EXPLORATION COMPANY. (Casanare)
- ✓ Planta de Inyección de agua Campo Cupiagua - BP EXPLORATION COMPANY. (Casanare)
- ✓ Planta de Inyección de agua Campo Santiago - PETROBRAS- COLOMBIA LIMITED (Maní – Casanare)<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Fuente TECNIAVANCE INGENIEROS LDTA.

2.1.3. Legal – Ambiental: ECOPETROL es una empresa de capital mixto, el tener capital del Estado Colombiano la obliga a seguir estrictos protocolos que garanticen la transparencia en la contratación; para el caso del presente trabajo, la Planta de Inyección de Agua PIA construida en el municipio de Puerto Wilches está en constante auditoria de entes territoriales (Municipio y Gobernación) así como de la misma empresa, en pro de velar por el cumplimiento de todos los organismos participantes del proyecto.

En cuanto a las normas Ambientales, Ecopetrol S.A. no sólo está regida y vigilada por los Ministerios de la Protección Social, Medio Ambiente, Minas y Energía entre otros en Colombia, sino que además, debe cumplir con las normativas internacionales que rige a la industria del petróleo a nivel mundial, muestra de ello es la inversión de más de US\$1.000 millones en la construcción de la planta de HIDROTRATAMIENTO, HDT en la refinería de Barrancabermeja (Santander), para producir combustibles limpios y cumplir con la normativa internacional de producir combustibles limpios con menos de 300ppm (partes por millón) de Azufre en la producción de Gasolina y 50ppm (partes por millón) de Azufre para el Diesel (por galón).

2.1.4. Conceptual: Ubicado en los límites de los departamentos de Bolívar y Santander, Yariguí-Cantagallo es un campo atípico: sus más de 100 pozos se distribuyen a lo largo de once islas sobre el río Magdalena.

Bajo la operación directa de ECOPETROL S.A, Cantagallo, como se le conoce fue uno de los campos insignia de Colombia en las décadas de los cincuenta y los sesenta. Su clímax de producción se dio en 1963, cuando de sus pozos se extrajeron 20.000 barriles diarios.

Pero desde 1965 comenzó una declinación continua que llegaría a su punto más bajo en 2003, cuando produjo menos de 5.000 barriles diarios. Esa situación y un plan articulado para mejorar el recobro en sus campos maduros, lo pusieron en el listado de los que entrarían en un proceso de recuperación secundaria de los niveles de producción<sup>12</sup>.

En este plan de recuperación secundaria se ubica la construcción de la planta de inyección de agua a nivel de pozo y de cuyo desarrollo es objeto este trabajo.

Cabe resaltar que el pasado 31 de Marzo de 2011 el equipo de trabajo de Producción y Proyectos del Campo Yariguí - Cantagallo fue objeto de reconocimiento por parte de la Superintendencia, por alcanzar la meta de producción de 15.500 barriles por día, de los cuales 12.700 barriles fue el resultado de la recuperación secundaria por inyección de agua desde la Planta de Inyección de Agua de Puerto Wilches; dicha producción no se alcanzaba desde Diciembre de 1966.

## **2.2. SUPUESTOS IMPLÍCITOS**

El trabajo hace un análisis de la Gestión de Riesgos, en el grupo de Procesos de Seguimiento y Control de las obras ejecutadas en la Planta de Inyección de Agua PIA en el municipio de Puerto Wilches para ECOPETROL S.A, por cuanto para dicho análisis serán omitidos supuestos del orden técnico, como resistencia y características de los materiales, requerimientos mecánicos, civiles, eléctricos,

---

<sup>12</sup> [http://www.ecopetrol.com.co/especiales/Informe\\_Carta\\_Abr2006/rev\\_produccion2.htm](http://www.ecopetrol.com.co/especiales/Informe_Carta_Abr2006/rev_produccion2.htm)

hidráulicos, etc.; en su lugar se hace énfasis en los supuestos documentales que hacen parte de las evidencias del proyecto presentados por el ejecutor de la obra.

Adicionalmente se gestaron permisos para disponer con fines académicos de información contenida en documentos restringidos por ECOPETROL S.A. por tanto: las fuentes documentales de ECOPETROL S.A., Schrader Camargo Ingenieros Asociados S.A.<sup>13</sup> y el Consorcio CEI-ACI <sup>14</sup> son totalmente confiables, cuentan con profesionales que disponen de instrumentos y protocolos que garantizan la veracidad de la información que consignan en cada informe, así mismo existen en todas las compañías procesos de gestión documental con la que se garantiza la integridad de los documentos consultados ofreciendo a este trabajo información de calidad para hacer los respectivos análisis.

---

<sup>13</sup> Empresa que ejecuta las obras de construcción de la Planta de Inyección de Agua.

<sup>14</sup> Empresa contratista encargada de la Interventoría del contrato de construcción de la Planta de Inyección de Agua.

### 3. METODOLOGÍA

El seguimiento de este proyecto en su fase de ejecución y para efectos de este trabajo se realizó teniendo en cuenta el ciclo PHVA (Planear- Hacer – Verificar – Actuar) también conocido como “Ciclo de Deming<sup>15</sup>”; esta metodología permite en el gerenciamiento de proyecto, ubicar y controlar metas puntuales.

Es importante definir cada uno de los pasos que conforman el ciclo:

a) Planear:

- En esta etapa se definen las metas del proyecto.
- Se definen métodos para cumplirlas.
- Se brinda educación y capacitación.

Se realizan acciones preventivas en base a conseguir resultados de acuerdo a los requisitos del cliente.

b) Hacer:

- Se da la ejecución del proyecto.
- Se realiza implementación de los procesos.
- Desarrollo de un plan piloto.
- Se implementan mejoras.

c) Verificar:

- En este paso se verifican los resultados de las tareas ejecutadas.
- Se evalúa la efectividad de los procesos.

---

<sup>15</sup> Conocida así porque fue presentada por Edwards Deming en la década de los 50's es comúnmente usada como técnica de mejoramiento continuo en procesos de calidad o planeación estratégica.

- Se realiza el seguimiento y medición de los procesos teniendo en cuenta las políticas y objetivos.
- d) Actuar:
- Se realiza la toma de decisiones para la eliminación de no conformidades generadas a partir de la verificación.
  - Se toman acciones correctivas.

Mediante la implementación del PHVA es posible definir una red de procesos, políticas de calidad y objetivos y con la definición de un representante de gerencia se tiene el aseguramiento de procesos.

### **3.1. POBLACIÓN**

La población beneficiada en el desarrollo del presente trabajo, son los líderes de construcción de ECOPETROL S.A., el grupo de Ingeniería de ECOPETROL S.A, y la Gerencia de Proyectos contratada para hacer el seguimiento y control al proyecto durante la ejecución del mismo, debido a que podrán capitalizar las experiencias buenas y malas que se evidenciaron durante el desarrollo de la obra de construcción de la Planta de Inyección de Agua de la Isla VI, alrededor del tema de Gestión de Riesgos en proyectos similares.

### **3.2. TÉCNICA DE OBSERVACIÓN**

Se promueve para el seguimiento a este proyecto:

Visitas de campo al sitio de la obra

Reuniones semanales de avance de obra

Talleres mensuales de Riesgos

### **3.3. INSTRUMENTOS**

- a) Plan Detallado de Trabajo (PDT): Este instrumento creado por el equipo de Programación y Control de la empresa constructora, integra la mayor parte del proceso de constructibilidad que la empresa planea para realizar la obra, a su vez el PDT se convierte en el derrotero de seguimiento de las actividades técnicas, de construcción y de costos del proyecto, permitiendo medir las desviaciones del proyecto con respecto a la programación del mismo.
  
- b) Informes Ejecutivos Semanales y Mensuales: El objetivo de los informes semanales y mensuales de avance de obra es hacerle seguimiento periódico al Programa Detallado de Trabajo, para evidenciar atrasos en la construcción y sobrecostos en la misma, además de identificar las posibles causas y establecer los planes de acción para mitigarlos, con el fin de ponerse al día en el cronograma.
  
- c) Plan de Administración de Riesgos: El Plan de Administración de Riesgos (PAR) del proyecto, contiene la información histórica y de soporte de las distintas actividades realizadas como parte de la implementación del Ciclo de Gestión de Riesgos para proyectos, de acuerdo al Manual de Riesgos de

ECOPETROL, (documento interno del Plan de Calidad) y se constituye en un plan subsidiario del Plan de Ejecución del Proyecto PEP; desde su planeación, describe la forma como se enfocan, planifican y ejecutan las actividades de la misma y contiene el registro de riesgos, se establece las medidas de mitigación generadas de los distintos talleres con expertos e indica las actividades correspondientes de seguimiento y control a los riesgos identificados en el PAR.

### **3.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Plan Detallado de Trabajo PDT

Reportes diarios de obra

Informes semanales y mensuales de avance de obra

Actualización del PAR en los talleres de análisis de riesgos.

### **3.5. TÉCNICAS DE ANÁLISIS**

En el desarrollo del presente trabajo se realizaron las siguientes técnicas de análisis, con el objeto de obtener la información y conclusiones del mismo.

- a) Talleres de Riesgos: se desarrollaron a través de reuniones sistemáticas mensuales con el equipo de profesionales pertenecientes a la Gestión del Riesgo del proyecto y reuniones de seguimiento semanal con personal de

ECOPETROL, la Gestión de Contrato y la firma Contratista, para realizar el control al avance de la obra y del presupuesto del proyecto.

- b) Reportes de Riesgos: se participa en la elaboración de los documentos resultantes de los talleres de riesgos, estos reportes muestran la situación del proyecto. (Ver en documentos anexos los Informes de Reunión y Plan de Administración de Riesgos).
  
- c) Histogramas y gráficas de distribución: con esta técnica se graficó los datos obtenidos en el estudio, con el objeto de analizar y observar tendencias del proyecto.

## **4. ANÁLISIS CUALITATIVO-COMPARATIVO DE LA PROPUESTA**

### **4.1. GESTIÓN DEL RIESGO**

La Gestión del Riesgo, en el desarrollo del proyecto objeto de éste estudio, estuvo a cargo de un grupo interdisciplinario, quienes en once 11 oportunidades se reunieron en forma sistemática para dar cumplimiento a la actualización de la Matriz de Riesgos, valorando los riesgos identificados e identificando nuevos riesgos.

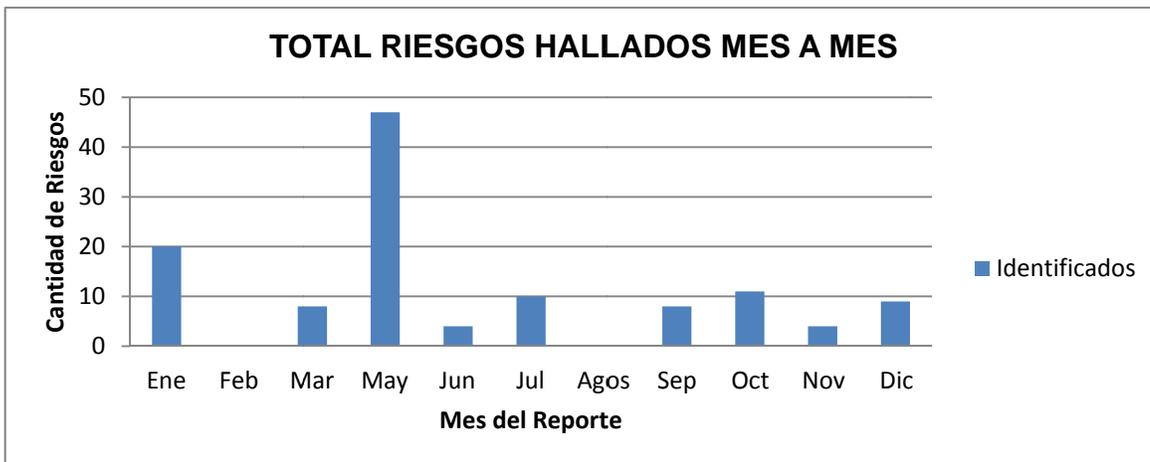
A continuación un análisis de lo encontrado en las diferentes actualizaciones de la matriz:

El primer hallazgo para interés del presente trabajo es el hecho de que el primer reporte de gestión aparece en Marzo del 2010, aun cuando el proyecto inicio trabajos en junio del 2009, es decir 9 meses después de su inicio.

a) Riesgos encontrados mes a mes.

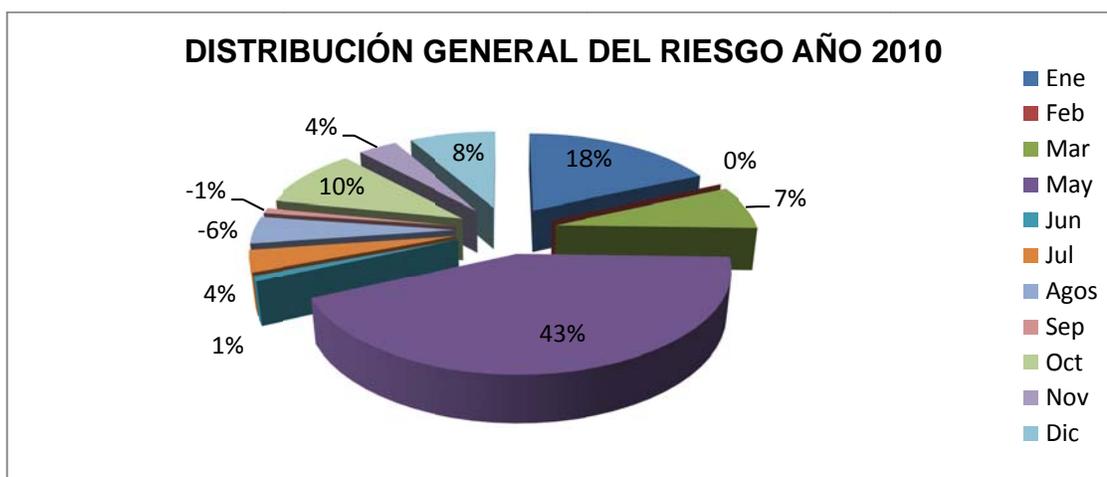
La gráfica No 1, muestra el número de riesgos identificados mes a mes en los talleres de riesgos; en la misma se observa un incremento en los últimos 3 meses del 2010, esto obedece a la solicitud de la Vicepresidencia de Explotación y Producción de ECOPETROL S.A, de inyectar 35.000 barriles de agua en los pozos a recuperar antes de finalizar el año, dicha inyección estaba contemplada

para el primer trimestre del año 2011 y para desarrollarse en condiciones normales de recursos y tiempo.



Gráfica 1. TOTAL RIESGOS ENCONTRADOS MES A MES AÑO 2010

En la gráfica No. 2 muestra la distribución porcentual de los riesgos durante el año 2010, en ella se evidencia que Mayo fue el mes en el que se identificó el mayor número de riesgos, pese a que el pico de actividades fue en Noviembre y Diciembre del mismo año, debido a que se acercaba el cumplimiento del hito de inyección temprana.



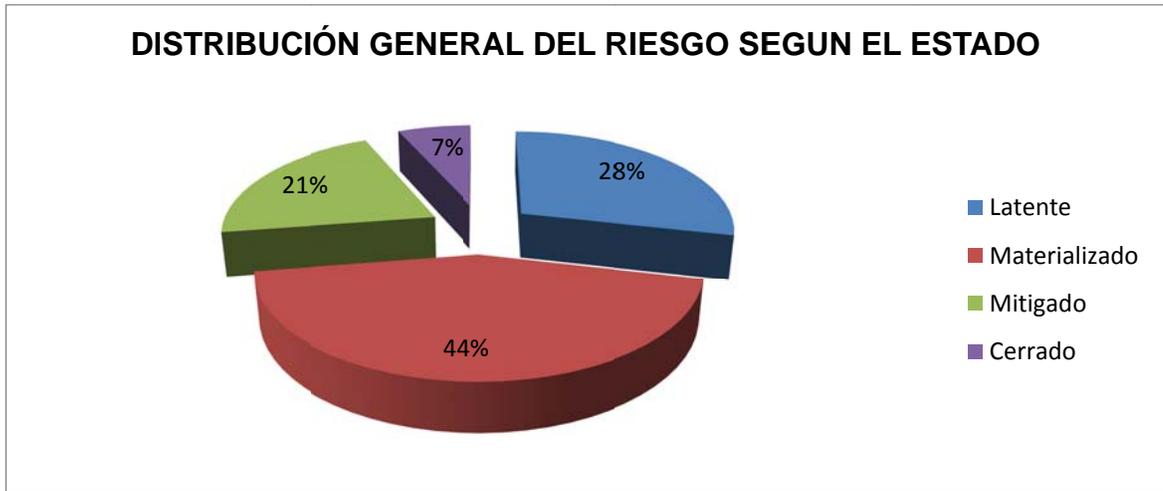
Gráfica 2. DISTRIBUCIÓN GENERAL DEL RIESGO 2010

## b) Estados del riesgo

Según la matriz de riesgos que sirvió de base para el desarrollo de éste proyecto se identificaron cuatro estados para los riesgos así:

- ✓ Latentes: son los riesgos identificados y que por la gestión que se ha hecho sobre los mismos, aún se considera que tiene probabilidad de ocurrencia.
- ✓ Materializados: Son los riesgos que identificados o no, se ha evidenciado al menos una vez en cualquier actividad realizada con relación al proyecto.
- ✓ Mitigados: son los riesgos identificados, que se han podido minimizar mediante el seguimiento y control de la Gerencia del Riesgo.
- ✓ Cerrados: son los riesgos controlados de manera definitiva en un 100% y no existe probabilidad de una nueva ocurrencia.

La gráfica No. 3, muestra una distribución general del riesgo según el estado del mismo, se observa que la materialización de los riesgos en el proyecto, estuvo muy por encima del 5% que fue la meta planeada.



Gráfica 3. DISTRIBUCIÓN GENERAL DEL RIESGO SEGÚN ESTADO

c) Distribución del estado del riesgo por especialidad

Durante el tiempo de ejecución del proyecto y una vez conformado el equipo que trabajaría en la Gestión y Administración de los Riesgos, se establecieron las especialidades técnico – administrativas a las que se les haría el seguimiento, con el fin de clasificar los riesgos identificados dentro de una de ellas.

- ✓ Riesgos de HSE y Seguridad Física
- ✓ Riesgos de Instalación y Montaje
- ✓ Riesgos del orden Legislativo, Normativo, Contable y Tributario.
- ✓ Riesgos Gerenciamiento del proyecto
- ✓ Riesgos de compras y contratación
- ✓ Riesgos Responsabilidad Social Empresarial
- ✓ Riesgos Técnicos (Estudios e ingeniería)
- ✓ Riesgos de logística y transporte

A continuación se observa la distribución de los riesgos según su estado y clasificados de acuerdo a la especialidad en el que fue identificado y su estado.

De la gráfica No. 4, se concluye que la gestión de riesgos hecha por parte del personal de DHS y de HSE del proyecto fue mínima, debido a que la mayoría de los riesgos se mantuvieron latentes durante la ejecución del proyecto y no se evidencian acciones que se hubiesen reflejado en el indicador de riesgos mitigados; no obstante cabe resaltar que el proyecto terminó con cero accidentes.



Gráfica 4. DISTRIBUCIÓN Y ESTADO DE LOS RIESGOS DE HSE Y SEGURIDAD FÍSICA

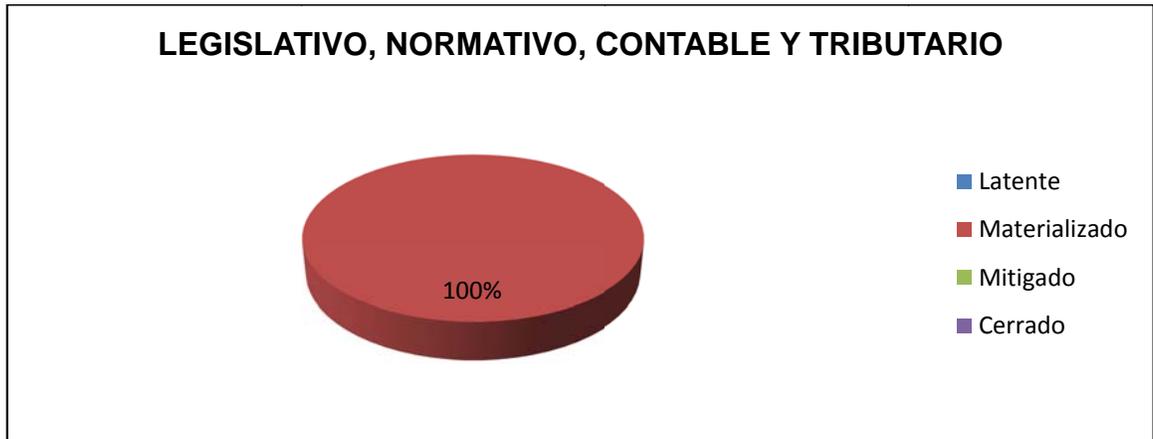
En la gráfica No. 5, se observa que en la Instalación y Montaje del proyecto, se presentó una mayor Gestión para mitigar los riesgos identificados, sin embargo fue insuficiente, ya que los riesgos materializados tienen mayor participación. Dentro de los riesgos materializados más relevantes en el montaje, se presentó una falla total en un tanque de almacenamiento de lodos.



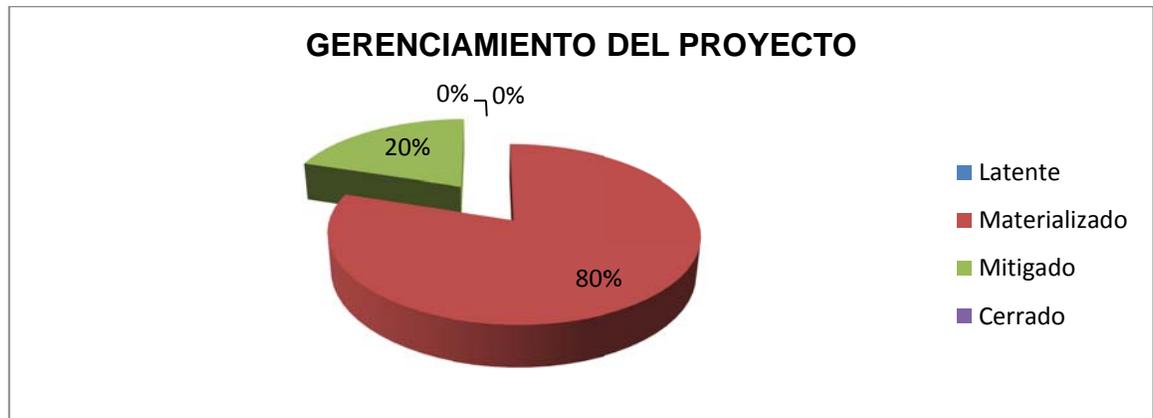
Gráfica 5. DISTRIBUCIÓN Y ESTADO DE LOS RIESGOS DE EJECUCIÓN Y MONTAJE

De las gráficas 6 a la 11, se observa que la materialización de los riesgos fue una constante en todas las especialidades, se evidencia que estuvo primero el cumplimiento del hito de inyección temprana de 35.000Bls, que la Gestión de Riesgos; ésta decisión dificultó el seguimiento y respuesta de la Gestoría del Riesgo debido a que fueron incrementadas las actividades de obra y los recursos.

La materialización de los riesgos en las diferentes especialidades que muestran las gráficas, reflejan la diferencia en la definición del proyecto inicialmente y lo real ejecutado, en términos de espacio, tiempo y normativa.



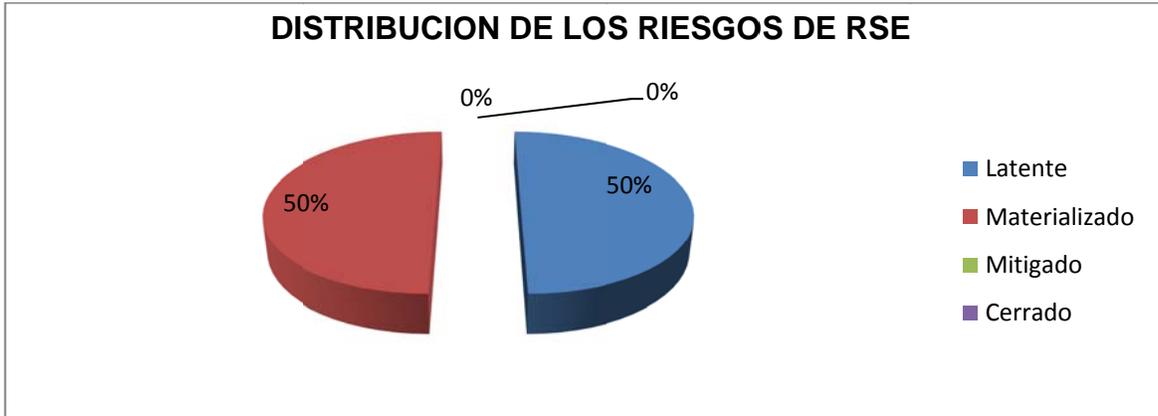
Gráfica 6. ESTADO DEL RIESGO LEGISLATIVO, NORMATIVO, CONTABLE Y TRIBUTARIO



Gráfica 7. ESTADO DEL RIESGO DE GERENCIAMIENTO DEL PROYECTO



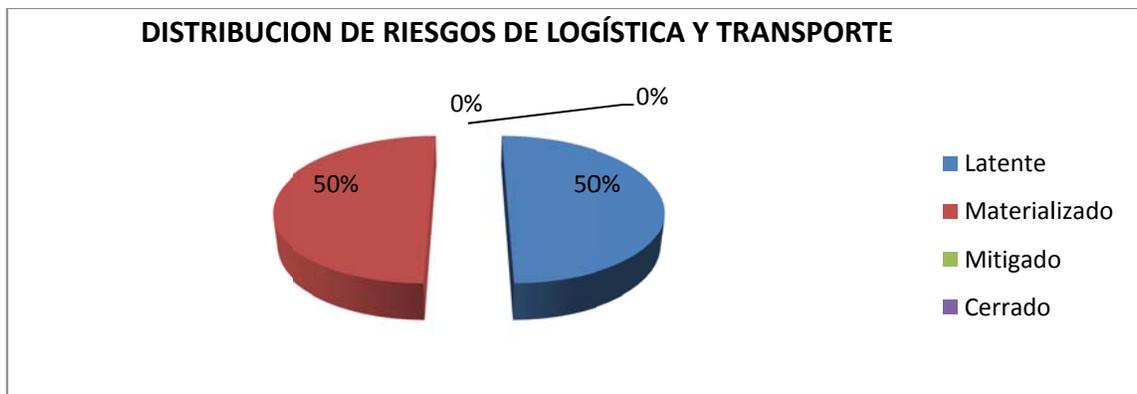
Gráfica 8. ESTADO DEL RIESGO DE COMPRAS Y CONTRATACIÓN



Gráfica 9. ESTADO DEL RIESGO RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL



Gráfica 10. ESTADO DE LOS RIESGOS TÉCNICOS (ESTUDIOS E INGENIERÍA)

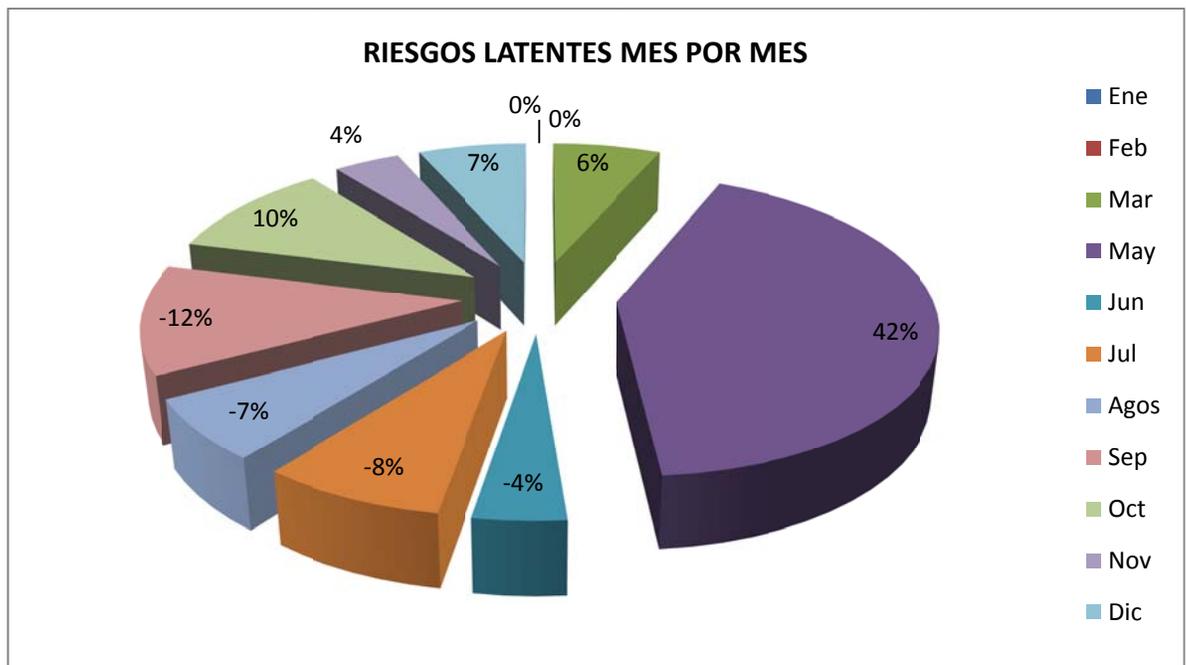


Gráfica 11. ESTADO DEL RIESGO DE LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

d) Distribuciones del Estado de los Riesgos mes a mes año 2010

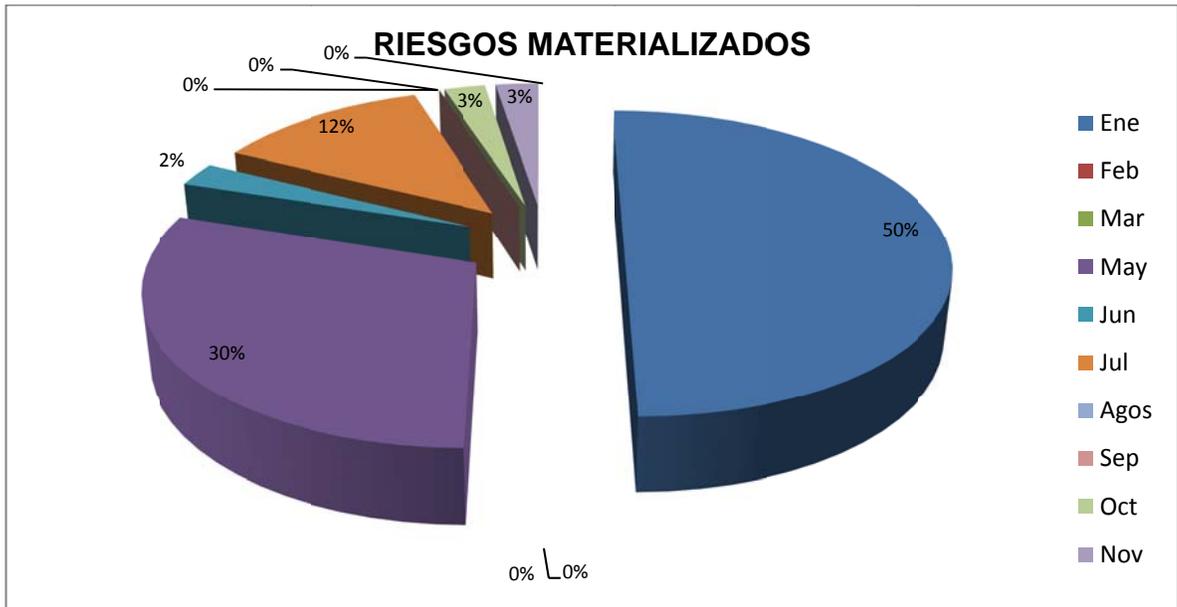
De las gráficas 12 a la 15 se muestra la distribución del estado de los riesgos, durante el año 2010.

En la gráfica 12, se observa que en Mayo se alcanzó el mayor número de riesgos latentes, debido a que en ese mes se estableció el seguimiento a los riesgos, a través de reportes el estado de los riesgos.

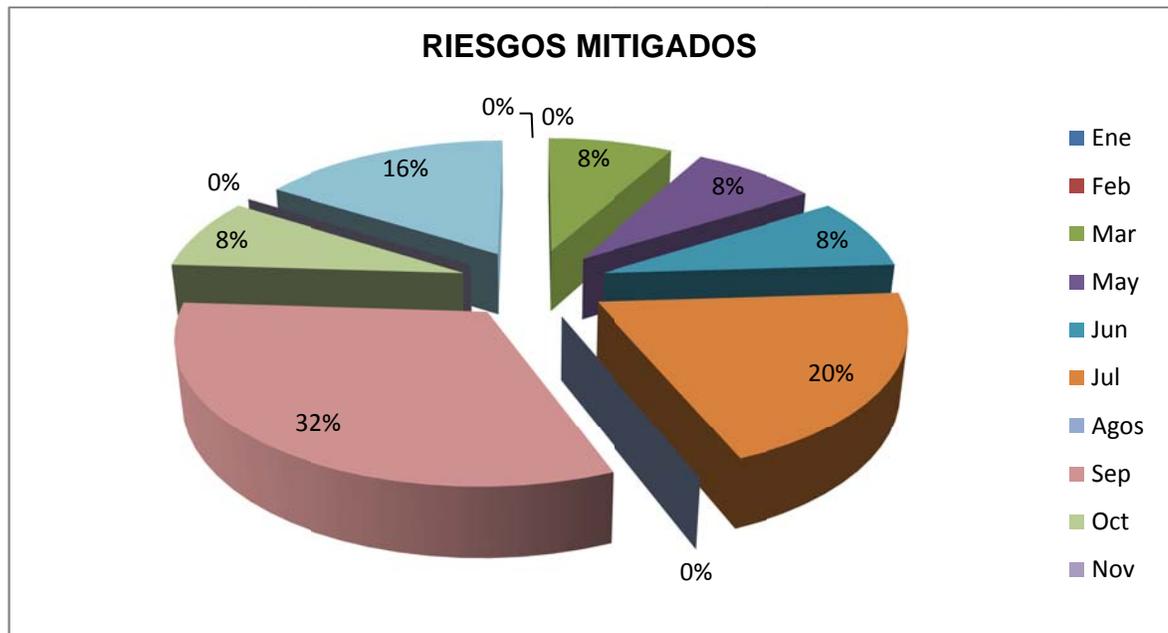


Gráfica 12. DISTRIBUCIÓN DE RIESGOS LATENTES MES POR MES AÑO 2010

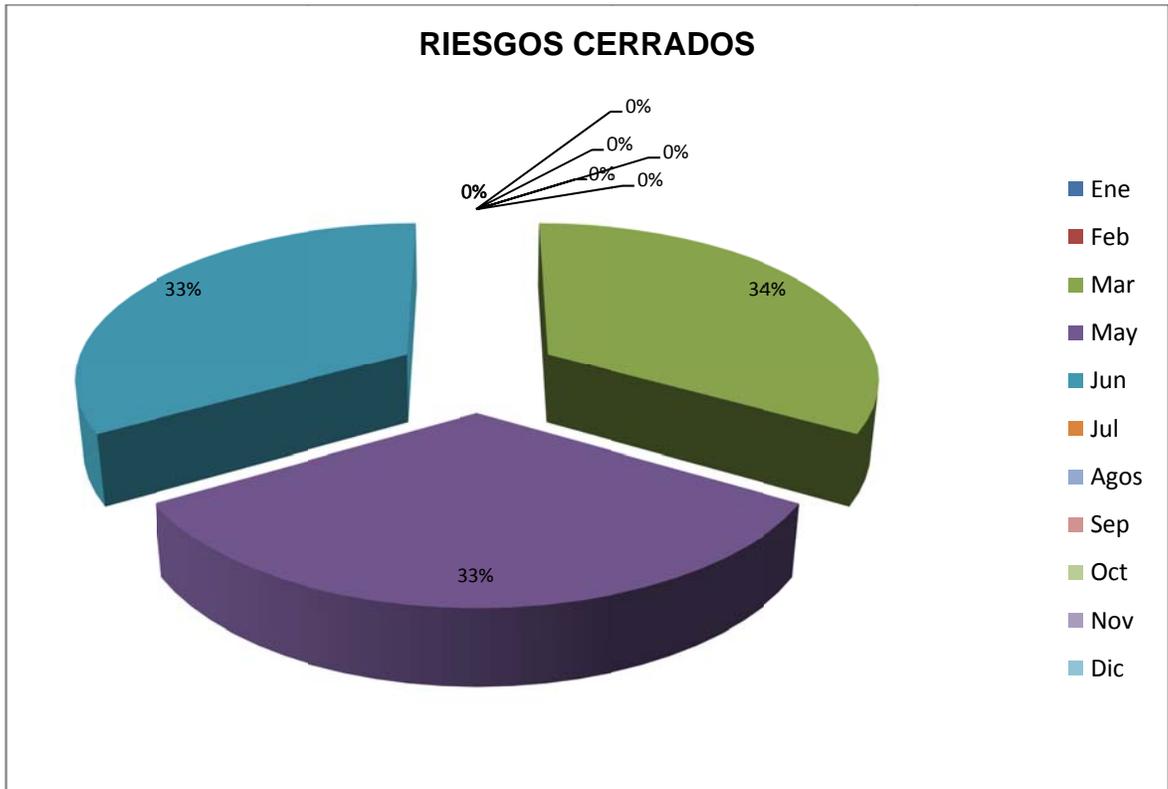
En la gráfica No. 13, se observa que la materialización del riesgo fue sistemática y fue una constante a lo largo de la ejecución de actividades del proyecto.



Gráfica 13. DISTRIBUCIÓN DE RIESGOS MATERIALIZADOS AÑO 2010

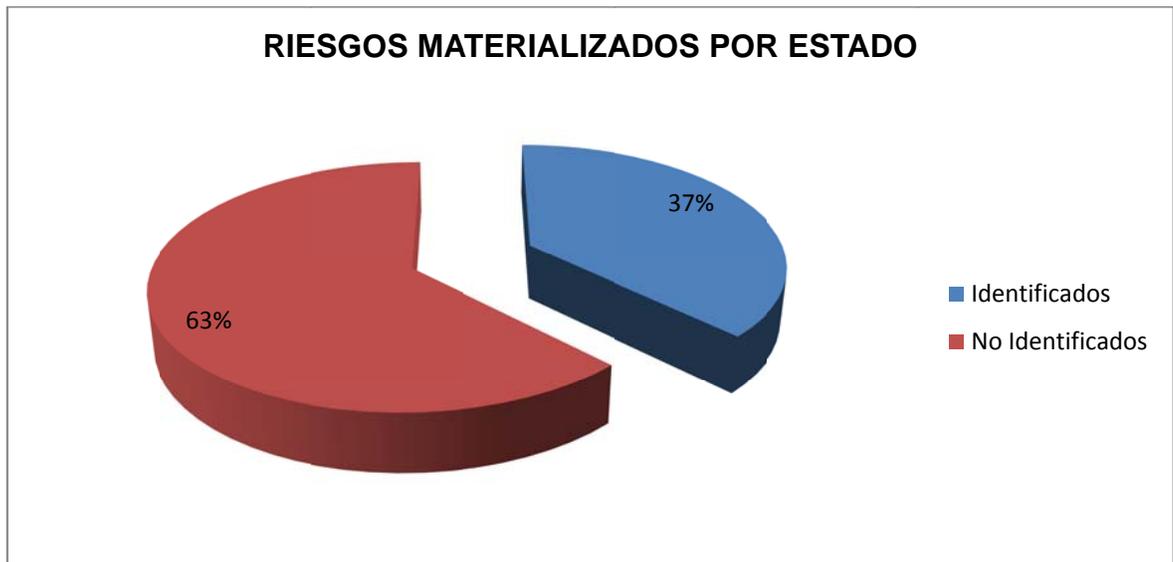


Gráfica 14. DISTRIBUCIÓN DE RIESGOS MITIGADOS AÑO 2010



Gráfica 15. DISTRIBUCIÓN DE RIESGOS CERRADOS AÑO 2010

En la gráfica No. 16 muestra de la distribución de la totalidad de los riesgos según si éste fue identificado ó no, de ahí se puede concluir que los riesgos materializados, en su mayoría no fueron identificados en ninguno de los talleres, hasta tanto se hicieron evidentes.



Gráfica 16. RIESGOS MATERIALIZADOS SEGÚN ESTADO

La gráfica 17 muestra la distribución de los riesgos materializados valorados según la Matriz de Riesgos.



Gráfica 17. RIESGOS MATERIALIZADOS SEGÚN VALORACIÓN MATRIZ DE RIESGOS

<b>Tabla de seguimientos de riesgos</b>												
	Repor 1	Repor 2	Repor 3	Repor 4	Repor 5	Repor 6	Repor 7	Repor 8	Repor 9	Repor 10	Repor 11	
	Ene	Feb	Mar	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic	
General	20	0	8	47	1	4	-5	-1	11	4	9	
Sumatoria General	19	19	27	74	75	79	74	73	84	88	97	
Latente	0	0	5	32	3	6	5	9	8	3	5	
Materializado	20	0	0	12	1	5	0	0	1	1	0	
Mitigado	0	0	2	2	2	5	0	8	2	0	4	
Cerrado	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
<b>Acumulados</b>												
Latentes	0	0	5	37	34	28	23	14	22	25	30	
Materializado	20	20	20	32	33	38	38	38	39	40	40	
Mitigados	0	0	2	4	6	11	11	19	21	21	25	
Cerrados	0	0	1	2	3	3	3	3	3	3	3	
<b>Totalizados</b>												
Materializados	0	0	13	19	6	0	1	0	1	0	0	40
Identificados	0	0	8	6	1	0	0	0	0	0	0	15
No Identificados	0	0	5	13	5	0	1	0	1	0	0	25
Muy Alto	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Alto	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	5
Medio	0	0	11	16	1	5	0	0	1	1	0	35

Tabla 1. Seguimiento de Riesgos año 2010

e) Indicador de gestión

El Indicador de Gestión de Riesgos, se calculó a partir de 3 indicadores:

- ✓ Índice de ejecución de Planes de respuesta. IPR
- ✓ Índice de Materialización de Riesgos IMR
- ✓ Índice de Reducción de Riesgos IRR

El IGR se calcula así:

$$\text{IGR} = 0,5 \cdot \text{IPR} + 0,3 \cdot \text{IMR} + 0,2 \cdot \text{IRR}$$

El IGR produce un valor entre 0.0 y 1.0, para evaluar la gestión de riesgos del contrato, este se evaluó de la siguiente forma:

0,0 < IGR < 0,59: Valor inaceptable, la gestión de riesgos no existe o de ser así la misma no es efectiva.

0,60 < IGR < 0,79: Es necesaria una revisión, se evidencia una gestión de riesgo, pero se requiere un fortalecimiento en uno o varios aspectos.

0,80 < IGR < 1,0: Se evidencia gestión de riesgos, se encuentra en un buen nivel.

La tabla muestra el comportamiento del indicador a lo largo del proyecto.

<b>AÑO 2010</b>	<b>VALOR INDICADOR</b>
<b>Marzo</b>	0,57
<b>Mayo</b>	0,65
<b>Junio</b>	0,66
<b>Julio</b>	0,66
<b>Agosto</b>	0,67
<b>Septiembre</b>	0,66
<b>Octubre</b>	0,67
<b>Noviembre</b>	0,67
<b>Diciembre</b>	0,68

Tabla 2. Comportamiento del Indicador

De la tabla 2 se concluye que el proyecto necesitó una Gestión de Riesgos más agresiva con el fin de haber logrado mitigar o controlar una mayor cantidad de riesgos inherentes a la construcción de la obra.

## 5. LECCIONES APRENDIDAS

El objetivo de las lecciones aprendidas es compartir y usar conocimiento derivado de la experiencia, para promover la repetición de resultados deseables o impedir la reaparición de resultados indeseables. Las lecciones aprendidas sirven para mejorar la toma de decisiones, la operación de los procesos, el desempeño individual y el de los equipos de trabajo. Si las lecciones aprendidas no se usan (aplican), la organización no aprende.<sup>16</sup> Los sistemas de lecciones aprendidas son un componente fundamental de los programas de gestión de conocimiento en las organizaciones.

Hay diversos tipos, para propósitos prácticos las lecciones aprendidas se pueden dividir en aquellas que se derivan del desarrollo de actividades o proyectos, y aquellas resultantes de la ocurrencia de incidentes o accidentes. En términos más amplios, toda práctica recomendada con argumentos sustentados es una lección aprendida susceptible de ser aplicada.

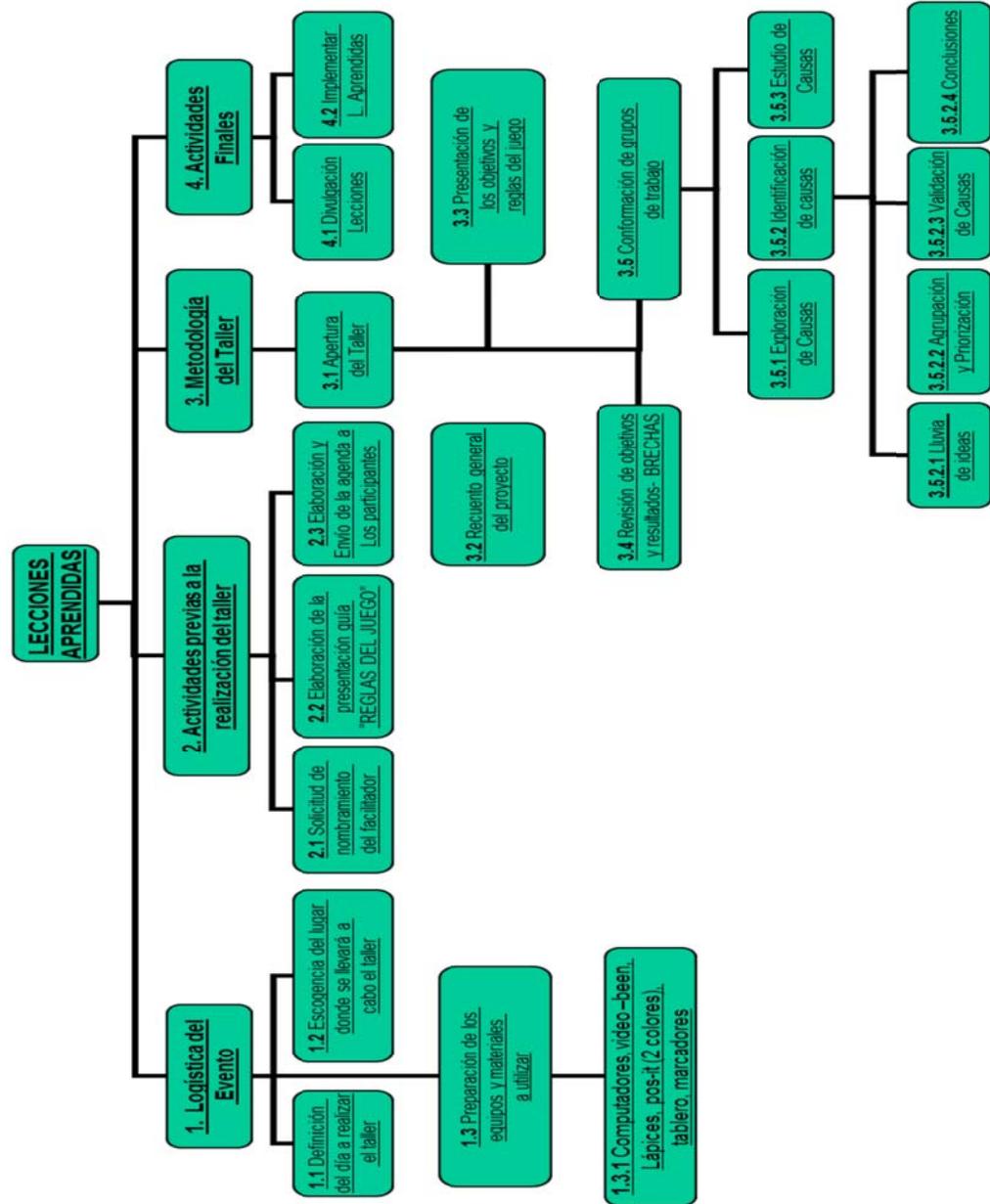
Para el desarrollo del presente trabajo y como ejercicio netamente académico, se tomó como guía la metodología del Modelo de Maduración de Gestión de Proyectos para Lecciones Aprendidas, estructuradas de la siguiente forma:

---

<sup>16</sup> Tomado del Manual de Usuario Gestión del Conocimiento Portal Corporativo: Lecciones Aprendidas.

WBS Lecciones Aprendidas-Construcción Planta de Inyección de Agua

**EDT** – Lecciones Aprendidas – Construcción  
Planta de Agua PIA Puerto Wilches



Gráfica 18. WBS LECCIONES APRENDIDAS-CONSTRUCCIÓN PIA

a) Recomendaciones:

- ✓ Se debe realizar cercana a la culminación de la actividad, para captar claramente las lecciones aprendidas.
- ✓ Tener claro objetivo (s) y resultado (s) de actividad o proyecto a evaluar
- ✓ Invitar a la gente correcta (roles críticos y cliente, preferiblemente)
- ✓ Ser autocrítico y constructivo

b) Metodología: Retrospección

- ✓ Validación de brechas

<b>OBJETIVOS</b>	<b>RESULTADOS</b>
Cumplimiento de Cronograma	No. No se cumplió el cronograma inicial, debido a que se introdujo obras adicionales no contempladas.
Cumplimiento de la Calidad de la Obra	Sí. La obra se entregó cumpliendo con todos los estándares de calidad exigidos por ECOPETROL S.A.
Cumplimiento del Plan de HSE	Sí. Se cumplieron con la meta corporativa de cero accidentes e incidentes.
Manejo de los riesgos planeados Vs materializados	No. Se evidenció la materialización de riesgos no contemplados en el PAR.
Niveles de comunicaciones con los involucrados	Sí. Se cumplió con el procedimiento de coordinación establecido para el contrato.
Cumplimiento de estrategia de ejecución	Sí. Se estrategia planeada logro el objetivo trazado inicialmente.

OBJETIVOS	RESULTADOS
Cumplimiento del objetivo propuesto	Sí. Se inyectaron 70.000bbls de agua a los pozos inyectoros del campo Yariguí.
Cumplimiento en la entrega del proyecto	Sí. El proyecto fue entregado satisfactoriamente al departamento de Producción de ECOPETROL S.A.
Asegurar la satisfacción del cliente en términos de producción.	Sí. Se entregaron las facilidades de inyección mediante la construcción de una PIA en la zona de Puerto Wilches (Isla VI) con una capacidad de 35.000 BWPD, en la fase I y otros 35.000 BWPD en una fase II.
Alcanzar un índice de ejecución presupuestal del 100%.	Sí. Se cumplió con las metas de causación propuestas.

Tabla 3. Validación de Brechas

c) Identificación de primeras causas: Que estuvo bien / Que estuvo Mal

Lo Que Estuvo Bien:

- ✓ Compromiso por parte del equipo de trabajo a partir de su designación al proyecto, para cumplir con las metas y compromisos del proyecto.
- ✓ Sensibilización de todo el equipo del proyecto en aspectos HSE que permitieron que los trabajos terminaran cero accidentes e incidentes.
- ✓ Aumento de la credibilidad y confianza entre el cliente y la Gerencia Técnica de Desarrollo, por la designación de un equipo de trabajo exclusivo para el proyecto, generando compromiso y resultados.

## Lo Que Estuvo Mal

- ✓ El plan de compras no estuvo acorde con la ejecución de la obra.
- ✓ Con la alta rotación de personal tanto funcionario como contratista, no se implementó un adecuado plan de entrega de cargo y comunicaciones que garantice la transferencia de conocimiento a todos los Stakeholders.
- ✓ Baja definición del alcance del proyecto y falta de planos aprobados para construcción al inicio de las obras.
- ✓ No involucrar permanentemente a todas las áreas relacionadas con el proyecto (Planeación, Programación, Control, Ejecución y Cierre).
- ✓ No hay respuesta oportuna por parte de DHS ante la gestión de licencias y permisos ambientales.
- ✓ Más de un contratista trabajando en la misma área ocasiona poca capacidad de ejecución y disminución de rendimientos.

d) Identificación de la causa raíz: Causas y aprendizaje

## Causa Raíz de lo que Estuvo Bien:

- ✓ El proyecto inicio con la asignación de un líder que transfiere con claridad las metas del proyecto.

- ✓ Permanentes campañas de divulgación y concientización en aspectos de seguridad industrial por parte del ECPETROL S.A, la Gestoría y el Contratista.
- ✓ Las buenas relaciones entre los Stakeholders, hizo que las interferencias se solucionaran de forma práctica, redundando en tiempo a favor del desarrollo del proyecto.

#### Causa Raíz De Lo Que Estuvo Mal

- ✓ El plan de compras y contratación no estuvo acorde con la ejecución de la obra, porque el contratista tuvo que adquirir equipos que no tenía contemplado.
- ✓ El desarrollo apresurado de las obras no permitieron una entrega del cargo y una adecuada transferencia del conocimiento por parte de los funcionarios que se iban retirando del proyecto.
- ✓ El modelo de contratación permite que el alcance no quede congelado desde el inicio, lo que hizo que éste proyecto ampliara su alcance sin los debidos controles de cambio.
- ✓ El equipo de Interventoría dio inicio a las obras de Inyección Temprana y no hizo sincronización de hotos con el equipo de Planeación.
- ✓ Las licencias ambientales se sacaron durante el desarrollo de la obra. Lo anterior produjo atrasos en las obras.
- ✓ No se consideró la disminución del rendimiento de las actividades por efectos climáticos en la zona, en la matriz de riesgos.

e) Lección aprendida: Recomendaciones de qué hacer y qué no hacer.

#### Lecciones Aprendidas De lo Que Estuvo Bien:

- ✓ Conformar un equipo de proyecto (Cliente, Gestoría y Áreas de Soporte) desde su inicio con su líder respectivo, genera mayor disponibilidad y compromiso.
- ✓ Continuar con la divulgación permanente, mediante charlas, capacitaciones y presentaciones lúdicas, que permitan fomentar el autocuidado incluyendo la participación activa del cliente.
- ✓ Los resultados del equipo de trabajo, fortalecen la credibilidad para con el Cliente final del proyecto.
- ✓ Continuar con la aplicación de los planes de acción que salen como resultado de los talleres de lecciones aprendidas y causa raíz de los proyectos.

#### Lecciones Aprendidas De Lo Que Estuvo Mal:

- ✓ Elaboración de la matriz de riesgos con posibles desviaciones que presenten los estudios previamente realizados.
- ✓ Verificación del cronograma de compras según tiempos de entrega y trámite del proceso, lo cual se debe tener en cuenta para los hitos de ejecución del proyecto.

- ✓ Mantener al equipo de trabajo durante la ejecución del proyecto o garantizar la adecuada transferencia del conocimiento.
- ✓ Definir y congelar el alcance antes de iniciar las compras y construcción.
- ✓ Conformar el grupo de trabajo desde el inicio del proyecto de tal forma que se tengan responsables visibles de cada área involucrada y generar reuniones periódicas para la revisión del proyecto.
- ✓ Conformar el equipo con el recurso humano suficiente para realizar las actividades de planeación contractual y antes de iniciar la obra, el grupo de interventoría.
- ✓ Definir claramente desde el inicio del proyecto el rol que desempeñaran cada uno de los funcionarios de DHS asignados al proyecto.
- ✓ Ejecutadas las actividades por un contratista a la vez y no ejecutarse simultáneamente.

## **6. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS**

### **6.1. RECURSOS HUMANOS**

El presente trabajo contó con la colaboración de quienes participaron en el desarrollo de la construcción de la Planta de Inyección de Agua PIA, así:

Por ECOPETROL se obtuvo información de la planeación y ejecución del proyecto por parte de los Especialistas de las áreas Civil, Eléctrica, Mecánica, Instrumentos, Gestión de Riesgos, Control Presupuestal e Higiene Seguridad Industrial y Medio Ambiente.

Por CEI-ACI, la Gerencia del Proyecto: se obtuvo información de la Dirección, de la Coordinación Técnica y de la Coordinación de Programación y Control del Proyecto.

### **6.2. RECURSOS INSTITUCIONALES**

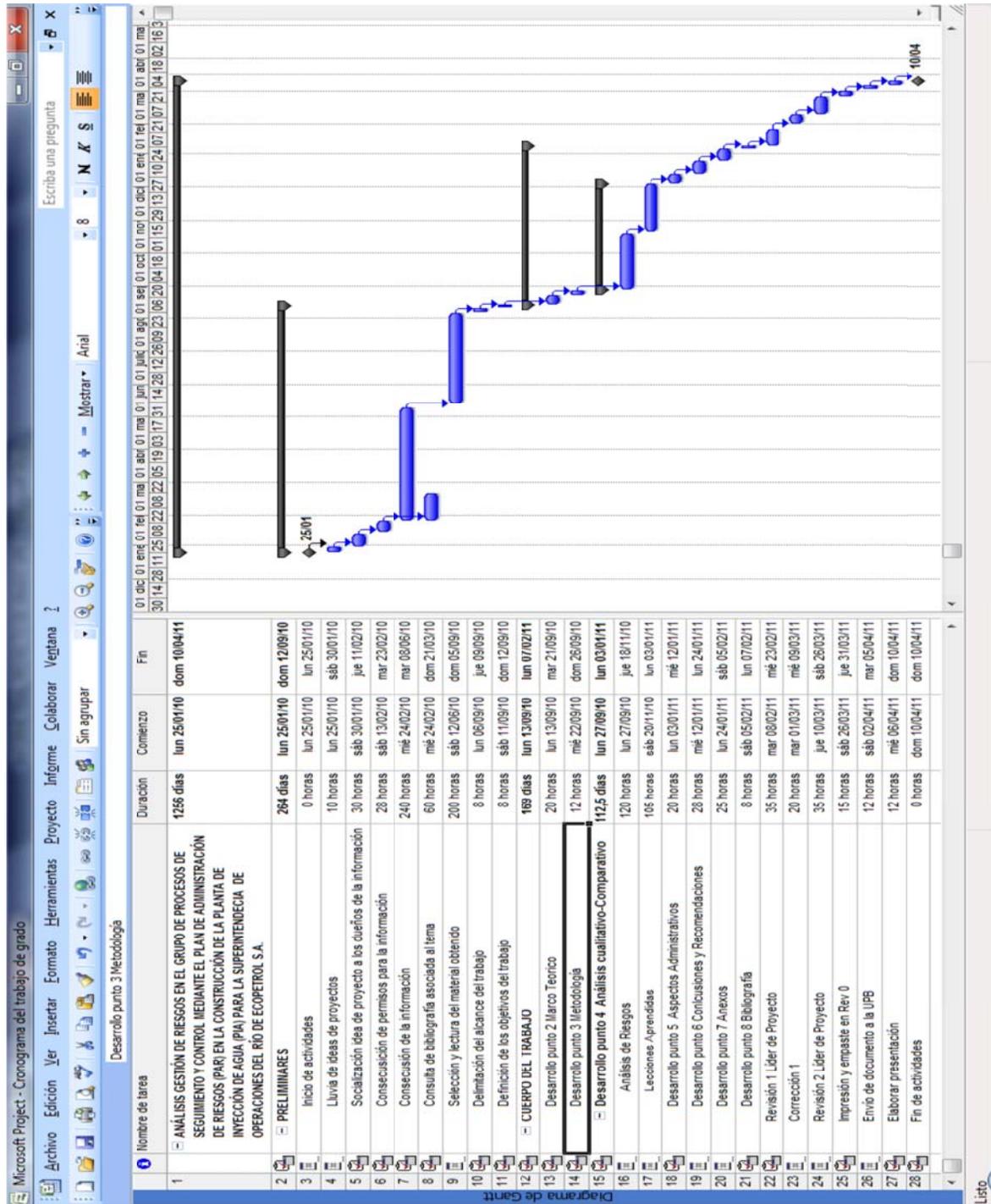
Por parte de la empresa ECOPETROL S.A. y del Consorcio CEI-ACI, se recibió el apoyo incondicional en cuanto a la consecución de la información, no obstante con el compromiso que ésta se usara solo con fines académicos.

### 6.3. PRESUPUESTO

RECURSO	CANTIDAD	TIEMPO MESES	VR UNITARIO MES	VR TOTAL
Personal	1	2	\$200.000	\$400.000
Equipos PC	1	2	\$150.000	\$300.000
Desplazamientos (2 Bogotá)	2	0,10	\$300.000	\$600.000
Papelería (Impresora-papel-tinta-fotocopias-CD)		2	\$150.000	\$300.000
TOTAL INVERSIÓN PARA EL DESARROLLO DEL PRESENTE ESTUDIO				\$1.600.000

Tabla 4. Presupuesto del desarrollo del trabajo

## 6.4. TIEMPO



Gráfica 19. CRONOGRAMA DE LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO DE GRADO.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dentro de los hechos más relevantes evidenciados durante la ejecución de la PIA se encuentran:

- ✓ El cambio de alcance durante el período de construcción del proyecto, condujo a que el 59% de los riesgos materializados en la ejecución, no se identificaran y por tanto no se tomaron acciones de mitigación.
- ✓ La demora en la implementación de los talleres de riesgos durante la ejecución del proyecto, condujo a que se materializaran riesgos antes de su identificación propiamente dicha.

Una vez terminado el análisis de la ejecución del proyecto objeto del presente estudio, el equipo de trabajo recomienda:

- ✓ No iniciar un proyecto de gran cuantía, sin tener la ingeniería de detalle aprobada.
- ✓ No permitir inclusiones en el alcance inicial del proyecto.
- ✓ Cumplir rigurosamente el Modelo de Maduración de Gestión de Proyectos en cada una de las fases.
- ✓ Fortalecer los planes de mitigación de riesgos, una vez éstos sean identificados.

## **8. BIBLIOGRAFÍA**

### **Inyección de Agua y Gas en Yacimientos Petrolíferos - 2da Edición**

Autor: **Magdalena Paris de Ferrer**

ISBN: 9802968854

Publicador: Astro Data – 2001

### **Fundamentos de la Dirección de Proyectos**

Tercera Edición

Norma Nacional Americana ANSI/PMI 99-001-2004

### **Modelo de Maduración de Gestión de Proyectos de ECOPETROL**

Documento (ECP-DPY-MMGP-001)

### **Manual de Riesgos de ECOPETROL,**

Documento (ECP-UGR-M-002)

## 9. GLOSARIO

**ACUÍFEROS:** formación geológica subterránea compuesta de grava, arena o piedra porosa, capaz de almacenar y rendir agua.

**BLS:** Barriles

**BP COMPANY:** BRITISH PETROLEUM EXPLORATION COMPANY Compañía de Explotación Petrolera, asociada a ECOPETROL.

**BWPD:** Barriles de Agua Por Día

**DHS:** Dirección de Higiene Seguridad Industrial Medio Ambiente y Gestión Social.

**ECOPETROL S.A:** Empresa Colombiana de Petróleos Sociedad Anónima

**HDT:** Planta de Hidrotratamiento de Combustibles.

**HSE:** Higiene, Seguridad Industrial y Medio Ambiente

**ICTIOLÓGICA:** rama de la zoología dedicada al estudio de los peces.

### **INTERVALO PRODUCTOR**

**LECCIONES APRENDIDAS:** compartir conocimiento derivado de la experiencia, para promover la repetición de resultados deseables.

**MMGP:** Modelo de Maduración y Gestión de Proyectos de ECOPETROL S.A

**PAR:** Plan de Administración de Riesgos

**PDT:** Plan Detallado de Trabajo

**PETROBRAS:** Petróleo Brasileiro, compañía Brasileira asociada a ECOPETROL.

**PIA:** Planta de Inyección de Agua

**PMBOK:** colección de procesos y áreas de conocimiento generalmente aceptadas como las mejores prácticas dentro de la gestión de proyectos.

**PMI:** Project Management Institute

**PPM:** Partes por Millón

**RÍO GRANDE DE LA MAGDALENA:** Nombre original del Rio Magdalena

**SCHRADER CAMARGO INGENIEROS ASOCIADOS S.A:** empresa constructora de la Planta de Inyección de Agua.

**UPSTREAM:** Industria Petrolera.

**YACIMIENTOS:** Una concentración de petróleo.

**YARIGUÍ-CANTAGALLO:** Campo de producción petrolera, perteneciente a la Vicepresidencia de Explotación y Exploración de ECOPETROL S.A., donde se encuentra ubicada geográficamente la planta de inyección de agua.<sup>i</sup>

---

<sup>i</sup> Glosario tomado del Plan de Ejecución del Proyecto (PEP) desarrollado en la Fase 3 del Modelo de Maduración de Proyectos de Ecopetrol S.A.